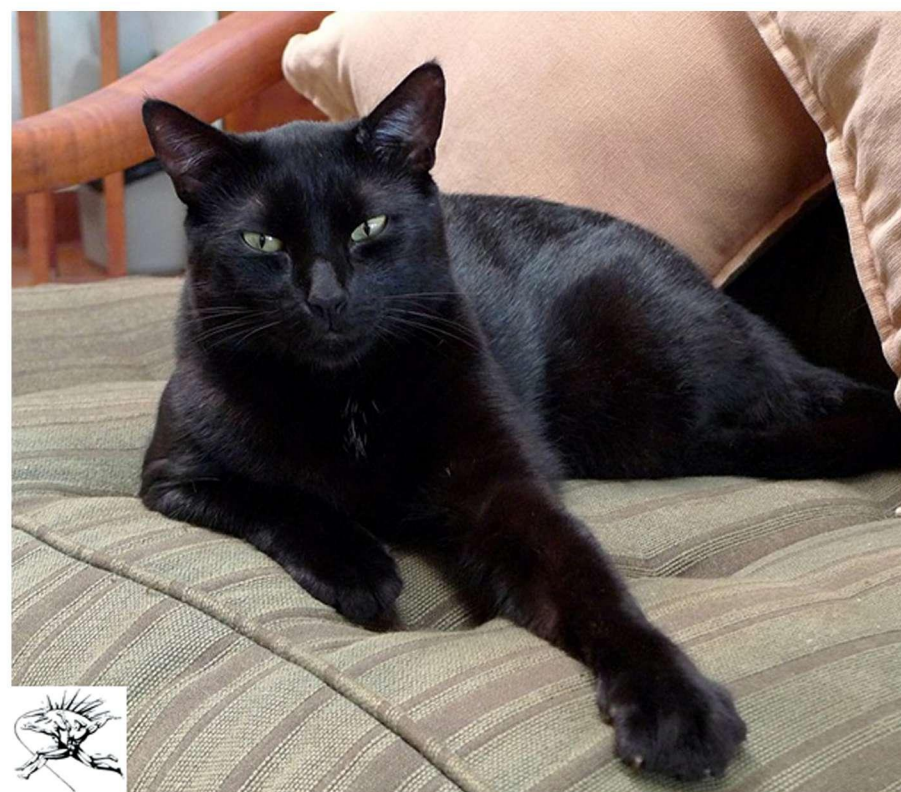

ПРОМЫШЛЕННЫЕ РОБОТЫ в машиностроении

альбом схем и чертежей

ПОД РЕДАКЦИЕЙ ЛАУРЕАТА ЛЕНИНСКОЙ
И ГОСУДАРСТВЕННОЙ ПРЕМИИ СССР
Д-РА ТЕХН. НАУК ПРОФ. Ю. М. СОЛОМЕНЦЕВА

Допущено Министерством
высшего и среднего специального образования СССР
в качестве учебного пособия
для студентов машиностроительных
специальностей вузов



МОСКВА «МАШИНОСТРОЕНИЕ» 1987

Авторы Ю. М. Соломенцев, д-р техн. наук проф., К. П. Жуков, канд. техн. наук проф., Ю. А. Павлов, канд. техн. наук доц., О. Н. Трифонов, д-р техн. наук проф., А. В. Бабич, канд. техн. наук, В. Г. Беляев, д-р техн. наук проф.; А. А. Гусев, д-р техн. наук проф., М. В. Калабин, канд. техн. наук; Е. М. Канаев, канд. техн. наук, И. Б. Кнауэр, канд. техн. наук, Ю. Г. Козырев, канд. техн. наук, В. С. Кулешов, д-р техн. наук проф., В. Г. Михеев, канд. техн. наук, А. А. Панов, канд. техн. наук; В. П. Степанов, канд. техн. наук, В. И. Царенко.

Рецензенты: кафедра «Детали машин» Московского высшего технического училища им. Н. Э. Баумана, кафедры «Станкостроение» и «Техническая кибернетика» Ленинградского ордена Ленина политехнического института имени М. И. Калинина.

Промышленные роботы в машиностроении: Альбом
П81 схем и чертежей: Учеб. пособие для технических вузов/
Ю. М. Соломенцев, К. П. Жуков, Ю. А. Павлов и др.;
Под общ. ред. Ю. М. Соломенцева — М.: Машиностроение, 1986 — 140 с. ил.

4 р. 80 к.

Альбом содержит чертежи общих видов и конструктивных элементов наиболее характерных моделей промышленных роботов, транспортных и грузоподъемных устройств для автоматизации механосборочных и других технологических процессов. Даны классификация и принципиальные схемы роботов.

Для студентов машиностроительных вузов, обучающихся по специальностям «Автоматизация и комплексная механизация в машиностроении», «Промышленные роботы и робототехнические системы», «Технология машиностроения, металлорежущие станки и инструменты».

П 2703000000-223-223-87 ББК 34.4я73я6
038(01)-87

Учебное пособие
ПРОМЫШЛЕННЫЕ РОБОТЫ В МАШИНОСТРОЕНИИ
АЛЬБОМ СХЕМ И ЧЕРТЕЖЕЙ

Юрий Михайлович Соломенцев, Константин Петрович Жуков,
Юрий Александрович Павлов и др.

Редактор Н. В. Скугаревская
Художественный редактор С. С. Водниц
Переплет художника Р. А. Казакова
Технический редактор Н. В. Тимофеев
Корректор О. Е. Мишина

ИБ № 4932

Сдано в набор 25.03.86. Подписано в печать 21.01.87. Т-04541. Формат 60×90¹/₄.
Бумага офсетная № 2. Гарнитура литературная. Печать офсетная. Усл. печ. л. 35,0.
Усл. кр.-от. 71,0. Уч.-изд. л. 43,5. Тираж 45 000 экз. (1-й завод 1—25 000 экз.)
Заказ 3464. Цена 4 р. 80 к.

Ордена Трудового Красного Знамени издательство «Машиностроение», 107076, Москва,
Стромынский пер., 4.

Типография издательства «Омская правда», 644056, Омск, проспект Маркса, 39.
© Издательство «Машиностроение», 1987 г.

СОДЕРЖАНИЕ

Список литературы	2	4. Системы агрегатно-модульного построения промышленных роботов в машино-	
Предисловие	3	строении (К. П. Жуков, Ю. А. Павлов, И. В. Калабин)	61
Введение	3	4.1 Принципы агрегатно-модульного построения промышленных роботов	61
(Ю. М. Соломенцев, Ю. Е. Козырев)		4.2 Основные конструктивные модули промышленных роботов с гидро- и	
1. Классификация промышленных роботов в машиностроении (Ю. Е. Козырев,	4	пневмоприводами	62
В. И. Царенко, Ю. А. Павлов, К. П. Жуков)		4.3 Электромеханические промышленные роботы модульной конструкции	62
1.1 Основные технические параметры и обозначение моделей промышленных	4	типа РПМ 25	
роботов	4	5. Универсальные (многоцелевые) промышленные роботы в машиностроении	76
1.2 Типоразмерные ряды промышленных роботов	4	(К. П. Жуков, Ю. А. Павлов, В. Г. Михеев, В. П. Царенко)	76
1.3 Характеристики групп промышленных роботов в соответствии с видом	4	5.1 Промышленные роботы типа «Универсал-5»	77
производства	4	5.2 Промышленные роботы типа УМ160Ф2	86
1.3.1 Промышленные роботы в литейном производстве	4	6. Специализированные (целевые) промышленные роботы	86
1.3.2 Промышленные роботы для обслуживания кузнечно-прессового	4	6.1 Промышленные роботы для автоматизации штамповочного производства	88
оборудования	4	(А. В. Бабич, К. П. Жуков, Ю. А. Павлов, В. П. Степанов)	88
1.3.3 Промышленные роботы для обслуживания металлорежущих станков	5	6.1.1 Промышленные роботы типа «Циклон 5»	89
1.3.4 Промышленные роботы для сборки	5	6.1.2 Промышленные роботы типа «Ритм 01»	90
1.3.5 Промышленные роботы для обслуживания оборудования цехов	5	6.1.3 Промышленные роботы типа РГШ 40	
металлопокрытий	5	6.2 Специализированные промышленные роботы для обслуживания станков	91
1.4 Компонировочные схемы промышленных роботов	5	с ЧПУ (К. П. Жуков, Ю. А. Павлов)	91
2. Типовые конструктивные элементы и комплектующие изделия промышленных	8	6.2.1 Промышленный робот М20П 40 01	92
роботов (К. П. Жуков, Ю. А. Павлов, О. Н. Трифонов, В. Г. Беляев)		6.2.2 Промышленный робот М10П 62 01	
2.1 Унифицированные узлы для промышленных роботов	8	6.3 Специализированные промышленные роботы унифицированной конструкции	93
2.2 Гиповые механизмы промышленных роботов	8	для обслуживания станков (К. П. Жуков, Ю. А. Павлов, В. И. Царенко)	93
2.3 Комплектные электроприводы для промышленных роботов	10	6.3.1 Промышленный робот М20Ц 48 01	93
2.4 Гидравлические и пневматические приводы для промышленных роботов	12	6.3.2 Промышленный робот М40 05 01	93
2.5 Захватные устройства промышленных роботов	14	6.3.3 Промышленные роботы типа МА40160П	94
3. Устройства управления промышленными роботами (И. Б. Кнауэр, Е. М. Канаев,	56	7. Промышленные роботы и автоматические манипуляторы специального назначения	
В. С. Кулешов, Ю. А. Павлов, К. П. Жуков)		в машиностроении (А. А. Панов, К. П. Жуков, Ю. А. Павлов,	134
3.1 Классификация систем управления промышленными роботами	56	А. А. Гусев)	134
3.2 Устройства циклового программного управления	56	7.1 Автоматический манипулятор для обслуживания гальванических участков	134
3.3 Устройства числового программного управления	57	7.2 Манипулятор штабелер для обслуживания автоматизированных складов	135
3.4 Датчики положения и перемещения подвижных звеньев манипуляторов	58	и транспортных устройств	
		7.3 Автоматические манипуляторы и промышленные роботы для выполнения	135
		сборочных операций	

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Белянин П. Н. Промышленные роботы. М.: Машиностроение, 1975. 398 с.
2. Белянин П. Н. Промышленные роботы и их применение. Робототехника для машиностроения, 2-е изд., перераб. и доп. М.: Машиностроение, 1983. 311 с., ил.
3. Козырев Ю. Г. Промышленные роботы. Справочник. М.: Машиностроение, 1983. 376 с., ил.
4. Патон Б. Е., Спыну Г. А., Тимошенко В. Г. Промышленные роботы для сварки. Киев: Наукова думка, 1977. 227 с.
5. Промышленная робототехника / А. В. Бабич, А. Г. Баранов, И. В. Калабин и др. / Под ред. Я. А. Шифрина. М.: Машиностроение, 1982. 415 с., ил.
6. Промышленные роботы: Каталог / Под ред. Ю. Г. Козырева. М.: НИИМАШ, 1982. 101 с.
7. Робототехника / Ю. Д. Андрианов, Э. Н. Бобриков, В. Н. Гончаренко и др.; Под ред. Е. П. Попова, Е. И. Юревича (Автоматические манипуляторы и робототехнические системы). М.: Машиностроение, 1984. 288 с.
8. Современные промышленные роботы. Каталог / Под ред. Ю. Г. Козырева, Я. А. Шифрина (Автоматические манипуляторы и робототехнические системы). М.: Машиностроение, 1984. 152 с.
9. Управляющие системы промышленных роботов / Ю. Д. Андрианов, Л. Я. Глейзер, М. Б. Игнатьев и др. / Под ред. И. М. Макарова, В. А. Чиганова (Автоматические манипуляторы и робототехнические системы). М.: Машиностроение, 1984. 288 с.
10. Устройство промышленных роботов / Е. И. Юревич, Б. Г. Аветиков, О. Б. Коротко и др. М.: Машиностроение, 1980. 332 с.

ПРЕДИСЛОВИЕ

В соответствии с Основными направлениями экономического и социального развития СССР на 1986—1990 годы и на период до 2000 года важным вопросом является перевод народного хозяйства на рельсы интенсификации. Ключевая роль в ускорении научно-технического прогресса принадлежит машиностроению, задача которого состоит в обеспечении быстрого перехода в промышленном производстве от отдельных единиц технологического оборудования к автоматизированным комплексам (участкам, линиям и цехам), а в будущем и заводам-автоматам. Важнейшей особенностью таких автоматизированных производств является их гибкость, предусматривающая возможность легкой перестройки оборудования на выпуск широкой номенклатуры изделий в условиях трудосберегающей (безлюдной) технологии.

Создание и широкое внедрение гибких автоматизированных производств определяется в настоящее время ускорением развития станкостроения, робототехники, вычислительной техники, микроэлектроники и приборостроения, являющихся катализатором научно-технического прогресса. Промышленные роботы (ПР) представляют собой универсальное средство автоматизации производственных процессов в условиях большого разнообразия и частого изменения выпускаемой продукции. В машиностроении ПР эффективно используются для выполнения как основных, так и вспомогательных операций по обслуживанию технологического оборудования в составе гибких производственных систем (ГПС). От традиционных средств автоматизации ПР отличаются прежде всего универсальностью и гибкостью переналадки на различные производственные функции. В ГПС промышленные роботы широко применяют для обслуживания станков с ЧПУ, кузнечно-прессовых и литейных машин, складского оборудования, выполнения транспортных, сборочных и других операций. Совместно с основным технологическим оборудованием, вспомогательными средствами и устройствами управления ПР образуют различного вида робототехнические комплексы — основные структурные модули ГПС.

Для обеспечения принципиально новых задач, стоящих перед машиностроением, необходимо в кратчайшее время осуществить подготовку квалифицированных инженерно-технических кадров, способных разрабатывать и эксплуатировать современные ГПС. За последние годы Минвуз СССР совместно с отраслевыми министерствами организовали в ряде передовых вузов подготовку и переподготовку специалистов по главным направлениям комплексной автоматизации производства: робототехнике, автоматике, основанной на микропроцессорной технике, автоматизированному проектированию систем машин, информационно-измерительным системам на базе ЭВМ. Для вновь организованных специальностей в вузах создается современная техническая база, разрабатываются новые учебные планы и программы. Изданы фундаментальные монографии и справочники по новым направлениям развития науки и техники. Среди них следует выделить книги П. Н. Беянина, М. Б. Игнатъева, Ю. Г. Козырева, И. М. Макарова, Е. П. Попова, Я. А. Шифрина по проблемам робототехники, монографии В. А. Лещенко, С. А. Майорова, Г. В. Орловского, В. Э. Пуша по вопросам проектирования и эксплуатации гибких производственных комплексов, общим принципам построения гибкого автоматического производства, книги В. П. Морозова и Я. С. Дымарского, В. Л. Сосонкина, В. Г. Колосова, В. А. Чиганова по микропроцессорным системам управления.

Учебное пособие «Промышленные роботы в машиностроении» представляет собой альбом схем и чертежей общих видов с кратким техническим описанием ПР, широко используемых для автоматизации механосборочных и других технологических процессов. В альбоме приведены классификационные таблицы и справочные данные, необходимые для выбора комплектующих изделий при проектировании промышленных роботов. Даны примеры конструкций современных ПР.

В создании альбома принимал участие большой авторский коллектив в составе ряда ведущих специалистов промышленных предприятий различных отраслей машиностроения, а также преподавателей Московского ордена Трудового Красного Знамени станкоинструментального института.

Авторский коллектив надеется, что альбом будет служить базовым учебным пособием для студентов машиностроительных вузов при выполнении курсовых и дипломных проектов, проведении учебно-исследовательских работ, а также станет полезным инженерно-техническим работникам, преподавателям вузов и техникумов, занимающимся вопросами робототехники и гибких производственных систем.

В связи с тем, что выпуск альбома по робототехнике осуществляется впервые, авторский коллектив с благодарностью воспримет все замечания и пожелания его пользователей.

Д-р техн. наук проф. Ю. М. Соломенцев

ВВЕДЕНИЕ

Основным направлением развития машиностроения является увеличение выпуска продукции и рост ее качества при одновременном снижении трудовых затрат. Это обеспечивается путем совершенствования существующих и внедрения новых видов оборудования и технологических процессов, средств их механизации и автоматизации, а также улучшения организации и управления производством.

Работа над созданием и совершенствованием средств автоматизации должна развиваться в двух направлениях: создание средств автоматизации выпускаемого и действующего в настоящее время оборудования с целью повышения его эффективности; создание новых автоматизированных технологических комплексов, где увязаны вопросы повышения производительности, надежности, точности выполнения работ, а также уровня автоматизации операций с необходимой и экономически оправданной гибкостью для быстрой переналадки с целью адаптации к изменяющимся производственным условиям.

Уровень и способы автоматизации зависят от вида производства его серийности, оснащенности техническими средствами.

Эффективность автоматизации за счет применения робототехники может быть достигнута только при комплексном подходе к созданию и внедрению промышленных роботов (ПР), обрабатывающего оборудования, средств управления, вспомогательных механизмов и устройств и т. п. Проводить значительный объем организационно-технологических мероприятий ради единичного внедрения ПР нерентабельно. Только расширенное применение ПР в составе сложных роботизированных систем будет оправдано технически, экономически и социально. По сравнению с традиционными средствами автоматизации применение ПР обеспечивает большую гибкость технических и организационных решений, снижение сроков комплектации и запуска в производство гибких автоматизированных систем. По предварительным данным, например, обеспечение автоматической установки и снятия деталей на станках с помощью ПР позволяет рабочему обслуживать от четырех до восьми металлорежущих станков. Тем самым промышленные роботы необходимо рассматривать и как важный фактор обеспечения многостаночного обслуживания, а значит, и экономии рабочей силы. Наибольший экономический эффект может быть достигнут при обслуживании роботом нескольких станков, при обеспечении двух- и трехсменной работы оборудования.

С экономическими вопросами, возникающими при применении промышленных роботов, тесно связан и социальный аспект их использования. При установлении целесообразности применения роботов в том или ином случае (особенно при необходимости замены рабочего для выполнения работ на участках с опасными, вредными для здоровья условиями труда) на первое место должны выдвигаться интересы человека, его безопасности и удобства работы. Надо учитывать и фактор непрерывного роста уровня общеобразовательной и специальной подготовки трудящихся в нашей стране.

Промышленные роботы должны освободить человека от выполнения механической бездумной работы, скомпенсировать все возрастающую потребность в низкоквалифицированном труде.

Основными предпосылками применения промышленных роботов являются:

— облегчение труда рабочего с конечной целью освобождения его от неквалифицированного, монотонного, а также тяжелого труда;

— повышение производительности труда и качества выпускаемой продукции за счет интенсификации технологических процессов и обеспечения постоянного режима работы оборудования в две и три смены;

— создание предпосылок для следующего качественного скачка в организации производства и перехода к полностью автоматизированному гибкому производству.

Расширение областей применения ПР в различных отраслях машиностроения требует решения при их проектировании следующих основных задач: 1) повышение технологической гибкости в целях наилучшего удовлетворения конкретным условиям использования; 2) упрощение конструкций в целях снижения себестоимости изготовления и эксплуатации.

Первая из поставленных задач может быть решена, например, созданием универсальных ПР с технологическими возможностями, значительно превышающими требования конкретного производства. Универсальность обычно достигается путем усложнения конструкции манипулятора, устройства управления, а следовательно, удорожания ПР. Кроме того, жесткая структура построения роботов не всегда лучшим образом удовлетворяет требуемым условиям применения, что приводит к большому разнообразию моделей ПР.

Вторая задача решается путем создания целевых и специализированных ПР, наиболее полно удовлетворяющих заданным технологическим требованиям. Однако разнообразие технологических задач приводит и в этом случае к очень большому числу моделей ПР, а следовательно, вновь повышает стоимость их изготовления и эксплуатации.

Указанное противоречие может быть преодолено путем создания промышленных роботов агрегатного типа на базе типовых автономных конструктивных модулей, которые можно использовать индивидуально и в различных комбинациях с другими модулями. ПР модульного типа технологически являются наиболее гибкими. В то же время себестоимость изготовления и эксплуатации ПР агрегатно-модульного типа снижается за счет широкой унификации их элементов как в механической части, так и в устройстве управления.

Использование единой системы агрегатно-модульного построения ПР, содержащей конструктивные модули манипуляторов, захватных механизмов, унифицированные блоки циклового и числового программного управления, а также комплектующие узлы (электро-, гидро- и пневмоприводы, датчики-преобразователи и средства автоматики), дает возможность разработать общий типаж средств автоматизации в машиностроении. Создание такого типажа, в котором кроме основного технологического оборудования, входят ПР, транспортно-загрузочные устройства, автоматизированные склады и другие вспомогательные технические средства, способствует сокращению времени на проектирование, изготовление и внедрение различных гибких автоматизированных производственных систем: участков, линий, а в дальнейшем — цехов и заводов-автоматов на их базе.

Структурным элементом при агрегатном построении гибких автоматизированных производственных систем является робототехнический комплекс в составе одной или нескольких единиц оборудования (станков, прессов и т. п.) вместе с обслуживающим их ПР.

Робототехнические комплексы должны отвечать следующим требованиям: 1) обеспечивать технологическую гибкость и адаптацию к изменениям условий производства; 2) производить стыковку оборудования разного назначения при широком варьировании транспортно-загрузочных и других вспомогательных средств; 3) обладать высокой работоспособностью и надежностью в эксплуатации; 4) предусматривать возможность дальнейшего развития и усовершенствования.

Создание единого типажа робототехнических комплексов и средств автоматизации вспомогательных операций, объединяющих эти комплексы в общем автоматизированном производстве, является основой для дальнейшей разработки гибких производственных систем. При этом трудоемкость создания, отладки и внедрения гибких производственных систем, дифференцированных по назначению, составу и уровню автоматизации, может быть существенно уменьшена.

1. КЛАССИФИКАЦИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ РОБОТОВ В МАШИНОСТРОЕНИИ

1.1. ОСНОВНЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ И ОБОЗНАЧЕНИЕ МОДЕЛЕЙ ПРОМЫШЛЕННЫХ РОБОТОВ

Технологические возможности и конструкцию промышленных роботов (ПР) определяют следующие основные параметры: грузоподъемность, число степеней подвижности, форма и размеры рабочей зоны, погрешность позиционирования и тип системы управления (ГОСТ 25378-82).

Назначение ПР, предполагаемая область применения и условия производства, для которых он предназначен, определяют значения перечисленных параметров, которые входят в техническую характеристику модели. За исключением погрешности позиционирования значения параметров входят в таблицы типажа и в виде соответствующих индексов — в обозначение модели ПР.

При многоруком и многозахватном исполнении манипулятора наряду с суммарной грузоподъемностью указывается грузоподъемность одной руки (одного захватного устройства).

Для промышленных роботов и манипуляторов с ручным управлением, выпускаемых для машиностроения, ГОСТ 25204-82 определяет следующий ряд по грузоподъемности (в кг):

- 1) сверхлегкая серия (до 1,0 кг) — 0,08; 0,16; 0,32; 0,63;
- 2) легкая серия (свыше 1,0 до 10 кг) — 1,25; 2,5; 5,0; 10,0;
- 3) средняя серия (свыше 10 до 100 кг) — 20; 40; 80;
- 4) тяжелая серия (свыше 100 до 1000 кг) — 160; 250; 320; 500; 1000;
- 5) сверхтяжелая серия (свыше 1000 кг) — 1250; 1500; 2000; 2500; 3000; 5000; 7500; 10 000.

Ряд грузоподъемности ПР установлен в результате анализа основного состава технологического оборудования по отраслям и распределений изготавливаемых деталей различной массы.

Предлагаемый ряд регламентирует максимальное значение грузоподъемности для каждого типоразмера ПР, обеспечиваемое при номинальных значениях эксплуатационных характеристик (скорости перемещений рабочих органов манипулятора, максимальных вылетах руки, погрешности позиционирования и др.).

Для обозначения моделей промышленных роботов принята следующая система буквенных и цифровых индексов, определяющих:

- 1) вид оборудования: М — манипулятор, КМ — манипуляторы для кузнечно-прессового оборудования; ЛМ — для литейного;
- 2) грузоподъемность (кг) — числовое значение в соответствии с принятым рядом;
- 3) тип системы программного управления: позиционная цикловая (с ограниченным числом точек позиционирования) — Ц; позиционная числовая — П; контурная (непрерывная) — К; комбинированная (универсальная) — У; в обозначении моделей манипуляторов, управляемых оператором, индекс типа системы управления опускается;
- 4) компоновочная схема — двузначное число (00, 01, ..., 99);

- 5) конструктивное исполнение (число рук, величины ходов, наличие дополнительных механизмов и т.п.) — двузначное число (00, 01, ..., 99).

Для обозначения ПР агрегатно-модульной конструкции после индекса вида оборудования (М) вводится индекс А. Например, промышленный робот грузоподъемностью 40 кг, с позиционной системой управления, работающий в цилиндрической системе координат (компоновка типа 81 и конструктивное исполнение 01), имеет обозначение: ПР М40П81.01.

1.2. ТИПОРАЗМЕРНЫЕ РЯДЫ ПРОМЫШЛЕННЫХ РОБОТОВ

Классификация роботов в машиностроении распространяется на модели, предназначенные для автоматизации вспомогательных операций при обслуживании основного технологического оборудования, а также выполнения сборочных операций.

Типоразмерные ряды ПР предусматривают задание основных параметров и установление размерных рядов промышленных роботов общемашиностроительного применения при обязательном условии их пригодности для работы в составе гибких производственных модулей, участков или линий.

В классификационной таблице ПР разделяются на группы в соответствии с видами производства: А — для обслуживания литейных машин; Б — кузнечно-прессового оборудования; В — металлорежущих станков; Г — линий гальванопокрытий; Д — выполнения сборочных операций. В пределах каждой группы модели ПР располагаются в возрастающем порядке по грузоподъемности.

Примеры типоразмерных рядов ПР, используемых в станкостроении для обслуживания кузнечно-прессового оборудования (группа Б) и металлорежущих станков (группа В), приведены на листе 1.

1.3. ХАРАКТЕРИСТИКИ ГРУПП ПРОМЫШЛЕННЫХ РОБОТОВ В СООТВЕТСТВИИ С ВИДОМ ПРОИЗВОДСТВА

Выбираются модели промышленных роботов, включенных в таблицу типов, и устанавливаются их технические характеристики на основании областей применения и по результатам анализа состава оборудования, конструктивно-технологических параметров изготавливаемых деталей, а также выполняемых функций, характерных для каждого вида производства.

Промышленные роботы должны комплектоваться набором захватных устройств различного назначения в диапазоне размеров, определяемом технической характеристикой модели.

В соответствии с требованиями машиностроения предусматриваются следующие технологические группы ПР:

- для литейного производства;
- для кузнечно-прессового оборудования;
- для обслуживания металлорежущих станков;
- для оборудования цехов металлопокрытий;
- для сборки.

1.3.1 Промышленные роботы в литейном производстве

Наиболее распространенной областью применения промышленных роботов в литейном производстве является обслуживание машин для литья под давлением, пескоструйных и дробеметных камер, а также транспортирование отливок.

Основными функциями, выполняемыми ПР, являются: извлечение отливок из рабочей зоны машины, последовательный перенос отливки на позицию контроля, в охлаждающую установку, укладка в штамп обрезного пресса, удаление из штампа, раскладка в тару, установка стержней в литейные формы, а также заливка металла.

ПР, применяемые в литейном производстве, должны иметь специальное конструктивное исполнение, предусматривающее защиту от воздействия окружающей среды: герметизацию шкафов, пультов, направляющих и трущихся поверхностей, размещение системы управления в отдельном блоке и др.

Совершенствование конструкций ПР для обслуживания машин литья под давлением и термопласт-автоматов направлено на увеличение быстродействия и эксплуатационной надежности. Предусмотрено расширение производства упрощенных конструкций специализированных промышленных роботов, а также разработка конструкций ПР, построенных на агрегатно-модульном принципе.

1.3.2 Промышленные роботы для обслуживания кузнечно-прессового оборудования

В функции ПР, предназначенных для применения в кузнечно-прессовом производстве, входят: захват заготовки из ориентированного положения, перенос на рабочую позицию, перестановка с позиции на позицию (в том числе с поворотом), съем готовой детали и укладка ее в тару, захват и сброс отходов, выдача команд для управления оборудованием роботизированного технологического комплекса.

К промышленным роботам для обслуживания кузнечно-прессовых машин относятся: 1) ПР для прессов кривошипных, чеканочных кривошипно-коленных, винтовых (группы Б1...Б6); 2) ПР для обслуживания прессов кривошипных горячештамповочных (группы Б7...Б8).

1.3.3 Промышленные роботы для обслуживания металлорежущих станков

Наиболее эффективно применение промышленных роботов в составе гибких производственных модулей, участков и линий в сочетании с автоматизированными станками средней размерной группы, обрабатывающими штучные заготовки.

Основными функциями, выполняемыми ПР, являются: установка заранее ориентированной заготовки в рабочую зону станка, снятие детали со станка и укладка ее в тару (накопитель), кантование деталей (при необходимости), очистка базовых поверхностей деталей и приспособлений, выдача технологических команд (управление оборудованием), контроль деталей. Расширение функциональных возможностей промышленных роботов может быть обеспечено за счет применения вспомогательной оснастки и механизмов (координатных тактовых столов, подъемных платформ и т. д.).

Новые разработки ПР отличаются в основном агрегатной конструкцией, что делает возможным получение нескольких конструктивных модификаций базовой модели.

1.3.4 Промышленные роботы для сборки

В сборочном производстве ПР применяются как для обслуживания автоматического сборочного оборудования, так и для непосредственно выполнения сборочных операций (установки в штабель, свинчивания,

запрессовки, клепки, гибки, отбортовки, склеивания). Для выполнения операций ПР должны обеспечивать: 1) возможность прямолинейного движения руки преимущественно в вертикальном направлении; 2) высокую жесткость конструкции вдоль вертикальной оси, позволяющую создавать значительные усилия в направлении сборки; 3) возможность компенсации ошибок позиционирования (например, за счет податливости конструкции в плоскости, перпендикулярной основному направлению сборки); 4) высокую скорость перемещения рабочего органа.

Учитывая эти требования, наиболее целесообразны конструкции сборочных ПР с работающей в горизонтальной плоскости шарнирно-сочлененной рукой и вертикальным ходом рабочего органа. Грузоподъемность ПР не превышает 40 кг. Сборочные ПР, кроме того, отличаются высокой маневренностью манипулятора и значительными размерами зоны обслуживания при достаточной компактности конструкции.

1.3.5 Промышленные роботы для обслуживания оборудования цехов металлопокрытий

Промышленные роботы для обслуживания ванн гальванопокрытий или выполнения окрасочных работ могут использоваться в различных отраслях промышленности при нанесении покрытий на детали гальваническим, химическим и анодно-механическим способами.

Развитие ПР данной группы направлено на повышение производительности за счет увеличения скорости перемещения манипулятора и разработки конструкции с электроприводами, а также уменьшение металлоемкости и занимаемой рабочей площади.

1.4. КОМПОНОВОЧНЫЕ СХЕМЫ ПРОМЫШЛЕННЫХ РОБОТОВ

Компоновочные схемы ПР удобно классифицировать на основе применяемой системы координатных перемещений манипулятора. Возможные компоновочные схемы ПР приведены на листе 2.

Манипуляторы одной группы могут иметь различное конструктивное исполнение, т. е. различные компоновочные схемы, которым присваивается индекс (двузначное число). Первое число индекса соответствует номеру группы. Типы манипуляторов определяются следующими конструктивными признаками: мобильностью (стационарные и передвижные), типом и конструкцией опорной системы (портальные, напольные, рельсовые), числом рук (однорукие, двурукие, многорукие), числом степеней подвижности кисти рук, числом схватов и т. д.

Выбор оптимальной компоновки и конструктивного исполнения манипуляторов зависит от назначения ПР и особенностей его согласования с конкретным технологическим оборудованием.

ТИПОРАЗМЕРНЫЙ РЯД ПРОМЫШЛЕННЫХ РОБОТОВ В СТАНКОСТРОЕНИИ (ГРУППЫ Б и В)

Промышленные роботы для обслуживания кузнечно-прессового оборудования (группа Б)

Номер в группе	Назначение ПР	Модель	Грузоподъемность (кг) на число рук	Конструктивное исполнение	
Б1	ПР для подачи заготовок на однокривошипные открытые прессы	КМ0,08Ц42.11	0,08×1	Напольное с выдвижной рукой и консольным механизмом подъема	
Б2	ПР простого действия усилием до 100 кН	КМ0,63Ц41.12	0,63×1	Напольное с выдвижной рукой и консольным механизмом подъема	
Б3	ПР для загрузки-выгрузки заготовок на листоштамповочных прессах усилием 630 кН	КМ1,25Ц42.16	0,63×2	Напольное, с выдвижной рукой и консольным механизмом подъема, с двумя руками	
Б4	Б4.1	ПР агрегатной конструкции для обслуживания прессов	МА2,5Ц42.01	1,25×2	Напольное, с выдвижными руками и механизмом подъема, двухрукое
	Б4.2		МА2,5Ц42.02	0,8×3	Напольное, с выдвижными руками и механизмом подъема, трехрукое
	Б4.3		МА2,5Ц42.03	1,25×2	То же, что МА2,5Ц42.01, но с промежуточным точным позиционированием рук
Б5	Б5.1	ПР агрегатной конструкции для обслуживания прессов	МА5Ц42.01	2,5×2	То же, что МА2,5Ц42.01
	Б5.2		МА5Ц42.02	1,6×3	То же, что МА2,5Ц42.02
	Б5.3		МА5Ц42.03	5,0×1	То же, что МА2,5Ц42, но однорукое
Б6	Б6.1	ПР агрегатной конструкции	МА10Ц42.01	5,0×2	То же, что МА5Ц42.01
	Б6.2		МА10Ц42.02	3,2×3	То же, что МА5Ц42.02
Б7	ПР для загрузки-выгрузки заготовок при обслуживании прессов усилием 10 000—25 000 кН	КМ10Ц31.01	10×1	Напольное с выдвижной рукой и качающейся кистью	
Б8	ПР для обслуживания прессов усилием 25 000—65 000 кН	КМ40Ц31.01	40×1	Напольное с выдвижной рукой и качающейся кистью	

Промышленные роботы для обслуживания металлорежущих станков (группа В)

Номер в группе	Назначение ПР	Модель	Грузоподъемность (кг) на число рук	Конструктивное исполнение	
B1	ПР для обслуживания металлорежущих станков	M10П62.01	10×1	ПР встроен в станок	
B2	ПР для обслуживания металлорежущих станков	M20П40.01	20×1	ПР напольной конструкции	
B3	ПР для обслуживания металлорежущих станков	M20П40.01	20×1		
B4	B4.1	ПР агрегатной конструкции для обслуживания металлорежущих станков	M20Ц48.01	10×2	Базовая модель агрегатной гаммы, включающая полный набор модулей
	B4.2		M20Ц48.02	10×2	То же, что M20Ц48.01, но без поворота кисти руки
	B4.3		M20Ц48.11	10×2	То же, что M20Ц48.01, но в одноруком исполнении (может оснащаться двойным схватом)
	B4.4		M20Ц48.12	10×2	То же, что M20Ц48.02, но в одноруком исполнении
	B4.5		M20Ц05.01	10×2	То же, что M20Ц48.01, но без качания рук
	B4.6		M20Ц05.02	10×2	То же, что M20Ц05, но без поворота кисти руки
	B4.7		M20Ц05.11	10×2	То же, что M20Ц05.01, но в одноруком исполнении
	B4.8		M20Ц05.12	10×2	То же, что M20Ц05.11, но без поворота кисти руки
B5	ПР для обслуживания металлорежущих станков с горизонтальной осью шпинделя	M40П08.01	20×2	Портальное двурукое с вертикальным перемещением рук	
B6	ПР для обслуживания металлорежущих станков с горизонтальной осью шпинделя	CM40Ф2.80.01	40×1	То же, что M40П08.01, но с двухзвенной рукой рычажного типа	

Номер в группе	Назначение ПР	Модель	Грузоподъемность (кг) на число рук	Конструктивное исполнение	
B7	B7.1	ПР агрегатной конструкции для обслуживания станков с горизонтальной и вертикальной осью шпинделя	M40П05.02	40×1 при двух схватах 40×2)	Базовая модель гаммы (имеет одно- или двухзахватное исполнение)
	B7.2		M40П05.03	40×1 (при двух схватах 40×2)	То же, что M40П05.02, но без поворота кисти со схватом
B8	ПР для обслуживания токарных станков моделей 1620Ф3С19 и 16К20Т1	CM80Ц48.15	40×2	Портальное, двурукое с выдвижной рукой	
B9	ПР для обслуживания станков при обработке валов	MA80Ц49.01	40×2	Портальное имеет несколько модификаций, различающихся величинами перемещений рук	
B10	B10.1	ПР агрегатной конструкции для обслуживания станков с горизонтальной осью шпинделя при обработке деталей типа фланцев	MA80Ц48.01	40×2	Базовая модель
	B10.2		MA80Ц25.01	40×2	Базовая модель без качания рук с тактовым столом
	B10.3		MA80Ц01.01	40×2	Базовая модель MA80Ц25 без тактового стола
	B10.4		MA80Ц25.05	40×2	
B11	ПР агрегатной конструкции напольного типа	MA80Ц40.01	40×2	Напольное, поворотное с выдвижной рукой и механизмом подъема	
B12	ПР многоцелевого назначения	УМ160Ф2.81.01	160×1	Портальное с шарнирной конструкцией руки	
B13	B13.1	ПР агрегатной конструкции многоцелевого назначения	MA160П51.01	160×1	Портальное, однорукое с шарнирной конструкцией
	B13.2		MA160П01.02	160×1	То же, что MA160П51.01, но без качания руки и с шаговым приводом поворота кисти

Компоновочные схемы

Система координат движений звеньев руки манипулятора		Рабочая зона	Обозначение группы (конструктивное исполнение)	Компоновочная схема и ее индекс					
Декартова	Плоская		1 (01...19)						
	Пространственная		2 (20...29)						
Полярная	Плоская		3 (30...39)						
	Цилиндрическая		4 и 5 (40...59)						
	Сферическая		6 и 7 (60...79)						
Сложная полярная	Цилиндрическая		8 (80...89)						
	Сферическая		9 (90...99)						

Обозначения:

- L – горизонтальное перемещение руки;
- H – вертикальное перемещение руки;
- L₁ – горизонтальное перемещение корпуса (каретки) манипулятора;
- H₁ – линейное перемещение кисти руки;
- ψ – угол поворота манипулятора;
- ψ₁, ψ₂ – углы поворота звеньев руки;
- α – угол поворота кисти руки;
- β, β₁ – углы качания кисти руки

2. ТИПОВЫЕ КОНСТРУКТИВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ И КОМПЛЕКТУЮЩИЕ ИЗДЕЛИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ РОБОТОВ

2.1. УНИФИЦИРОВАННЫЕ УЗЛЫ ДЛЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ РОБОТОВ

Типовыми механизмами являются: редукторы (зубчатые простые, планетарные и волновые); тяговые устройства (зубчато-реечные, шариковинтовые); направляющие и опоры качения для линейных и поворотных перемещений исполнительных органов; соединительные и тормозные муфты; уравнивающие (например, пружинные) механизмы, дифференциальные зубчатые механизмы с замкнутым потоком передаваемой мощности; захватные устройства.

Ответственными элементами конструкции манипуляторов ПР являются направляющие и опоры их исполнительных органов, например, поворотной колонны, линейно перемещаемой каретки, качающейся руки и др.

В качестве опор для вращательного движения исполнительных устройств применяют радиальные, радиально-упорные и упорно-радиальные шариковые и роликовые подшипники специального исполнения.

Для обеспечения линейных перемещений используют различные конструкции роликовых и шариковых направляющих.

На листе 3 в табл. 1 приведены технические данные роликовых опор серии Р88 (типа танкеток) с циркулирующими роликами (рис. 1). Данные опоры качения, используемые в направляющих линейных перемещений, характеризуются высокой контактной жесткостью, долговечностью, низким коэффициентом трения и высокой точностью перемещения исполнительных органов манипулятора.

На листе 3 в табл. 2 приведены технические данные роликовых опор (типа танкеток) единого унифицированного ряда (рис. 2). Опоры данного типа выполнены в закрытом исполнении с защитным кожухом, имеющим отверстие для подвода смазки, и съемником для удаления грязи с направляющей.

На листе 3 в табл. 3 приведены основные технические данные для рельсовых направляющих качения с шариковой подвижной кареткой (рис. 3). Особенностью конструкции направляющих данного типа является обеспечение линейного контакта шариков с неподвижным рельсом, имеющим специальные продольные канавки, а также возможность создания предварительного натяга. В результате этого значительно возрастает допустимая нагрузка на направляющие и увеличивается их долговечность в сравнении с аналогичными шариковыми опорами обычного исполнения. Призматическая форма направляющей дает возможность воспринимать любые виды нагрузок: вертикальные, горизонтальные поперечные, изгибные и крутильные.

На листе 3 в табл. 4 приведены основные размеры и техническая характеристика линейных направляющих качения с шариковой втулкой (рис. 4). Направляющая скалка круглого сечения выполнена с продольными пазами, по которым перекачиваются шарики, установленные с натягом относительно охватывающей втулки. В корпусе втулки имеются каналы для возврата шариков при движении по направляющей скалке.

На листе 4 приведены размеры и технические характеристики направляющих качения.

На листе 4 в табл. 1 приведены технические данные линейных направляющих качения с шариковой втулкой (см. рис. 1) серии Н. Особенностью конструкции является использование специального профиля направляющей скалки, выполненной в виде трехшлицевого вала. Подвижная втулка, в корпусе которой имеются каналы для возврата шариков, имеет два исполнения: цилиндрическое со шпонкой, цилиндрическое с фланцем.

На рис. 2 показана конструкция, а в табл. 2, лист 4 приведены размеры линейных направляющих качения обычного исполнения. В направляющих использована шариковая втулка с вкладышем, имеющим каналы возврата шариков.

В табл. 3 приведены типы и размеры шариковых втулок (рис. 3) серии 6-5108Л. В корпусе втулок данной серии предусмотрен вкладыш с каналами возврата шариков, а подвижная втулка выполнена со специальным профилем ее внутреннего отверстия.

Направляющие качения с шариковой втулкой, конструкции которых приведены на листе 4, рис. 2 и 3, обеспечивают восприятие только радиальных нагрузок в отличие от направляющих качения, приведенных на листе 3, рис. 4 и на листе 4, рис. 1.

Конструкции и технические данные передач винт-гайка качения в различных исполнениях корпуса гайки показаны на листе 4, рис. 4, табл. 4. Натяг в передаче обеспечивают с помощью двух полугаек, относительное угловое положение которых устанавливается и фиксируется при сборке. Недостатком данной конструкции являются большие осевые размеры, а также ограниченная скорость осевого перемещения гайки из-за малой величины шага резьбы при заданном диаметре винта.

Передача винт-гайка качения, конструкция, размеры и нагрузочная характеристика которой приведены на листе 4, рис. 5, табл. 5, выполнена двухзаходной с увеличенным шагом. Это обеспечивает возможность достижения высокой скорости осевых движений исполнительных механизмов манипуляторов. Использование специального арочного профиля резьбы дает возможность обеспечить необходимый натяг в передаче с помощью одной гайки, в корпусе которой выполнен канал возврата шариков. Это сокращает осевой размер передачи в сравнении с конструкцией, приведенной в табл. 4, лист. 4.

На листе 5, табл. 1, рис. 1 показана конструкция, приведены размеры и основные параметры унифицированной серии волновой зубчатой передачи с гибким колесом, выполненным в форме тонкостенного стакана.

На листе 5 рис. 2, табл. 3 показана конструкция и приведены основные размеры, а также расчетные соотношения для определения частоты вращения выходного вала дифференциальной волновой зубчатой передачи с гибким колесом в форме кольца. Данная унифицированная серия дифференциальных волновых зубчатых передач предназначена для использования в механизмах привода звеньев манипулятора (например, в редукторах приводов, ориентирующих движение кисти ПР с двумя степенями подвижности).

Конструкция и технические данные унифицированной серии волновой зубчатой передачи с гибким колесом, выполненным в форме кольца, приведены на листе 5, рис. 3, табл. 4 и 5. В отличие от передачи с гибким колесом-стаканом волновая передача с гибким колесом-кольцом имеет при том же передаточном отношении меньшие осевые размеры.

В табл. 6 (лист 5) приведены технические данные зубчатых муфт (см. рис. 4).

На рис. 5 (лист 5) показана конструкция соединительных муфт типа сиффона, используемых в приводах ПР.

На рис. 6 (лист 5) приведены конструкции электромагнитных тормозных муфт, замыкаемых при помощи постоянного магнита 1 (исполнение 1) или пружин 2 (исполнение 2). Размыкание муфт осуществляется при включении электромагнита 3. В комплектных электроприводах тормозные электромагнитные муфты встраивают непосредственно в двигатели.

2.2. ТИПОВЫЕ МЕХАНИЗМЫ ПРОМЫШЛЕННЫХ РОБОТОВ

На листе 6 показан механизм поворота манипулятора ПР типа «Универсал-5» с электромеханическим приводом. Основанием механизма является неподвижная опора 1, закрепленная на плите 2, относительно оси 3 которой на радиально-упорном подшипнике 4 вращается фланец 5. Натяжение подшипника 4 осуществляется гайкой со сферической шайбой 6. Фланец 5 дополнительно опирается на упорный подшипник 7, установленный в расточке опоры 1. Для защиты подшипников 4 и 7 от пыли и грязи на опоре 1 установлены ограждения 8 и 9.

К фланцу 5 жестко крепится платформа 10 с установленным на ней механизмом редуктора 11. Конструкция механизма привода с двигателем 12 постоянного тока, тахогенератором 13, датчиком углового положения 14, связанных друг с другом зубчатыми передачами редуктора 11, аналогична показанному на листе 21. Зубчатая шестерня 15, установленная на выходном валу 16 редуктора, находится в зацеплении с колесом 17, неподвижно установленным на фланце опоры 1. Таким образом, при вращении вала двигателя 12 весь механизм привода 11 вместе с платформой 10 совершает поворот относительно оси 3. Движение поворота ограничено упорами 18 с резиновыми амортизаторами 19.

На фланце 5 с помощью винтов и штифтов крепится, например, рука манипулятора (на рисунке не показана), к которой осуществляется подвод электро-, пневмомагистралей с помощью распределительного щитка 20 с электроразъемами и штуцера 21, установленных на платформе 10. Подвод внешних электрокабелей и воздушного шланга к манипулятору выполнен с помощью разъемов 22 и штуцера 23, закрепленных на кожухе основания 2. Для возможности соединения внешних подводов со штуцером 21 на вращающейся платформе 10 и рас-

пределительным щитом 20 на поверхности барабана 24 во внутренней полости кожуха основания 2 пневмо- и электромагистралей уложены в несколько витков.

На листе 7 показана конструкция механизма подъема с электроприводом для манипулятора ПР типа «Универсал-5».

Платформа 1, на которой монтируется рука манипулятора (на рисунке не показана), устанавливается с помощью шарниров 2 и 3 пантографа.

Пантограф представляет собой пространственный механизм, рычаги которого шарнирно связаны между собой в средних точках. Шарнирное соединение представляет собой вал 5, установленный на подшипниках качения 4, с которым жестко связаны рычаги 3. Подшипники 4 установлены во втулках, которые укреплены в расточках рычагов 2.

Нижние шарниры рычагов 2 установлены на каретке 6, а верхние — на каретке 7. Каретка 6 перемещается на опорах качения 8 по направляющим 9, выполненным на основании 10 механизма подъема.

Привод перемещения каретки 6 — электромеханический: от двигателя 11 постоянного тока движение передается шариковой гайкой 13, закрепленной на каретке. Заданное положение каретки 6 фиксируется при помощи электромагнитного тормоза 14. Контроль скорости перемещения каретки осуществляется тахогенератором 15, а положения — кодовым датчиком, связанным с ходовым винтом 12 зубчатой передачей 16.

Каретка 7 перемещается на роликах 17 по направляющим 18, выполненным на платформе 1. На каретке 7 имеются цапфы 19, на которых на подшипниках установлены рычаги 3.

При движении каретки 6 по направляющим 9 рычаги 2 и 3 поворачиваются относительно оси 5, а каретка 7 перемещается по направляющим 18. При этом платформа 1 совершает поступательное движение в вертикальном направлении. Для уравнивания платформы к рычагам 3 прикреплены тросы 20, охватывающие шкивы 21, которые установлены на кронштейнах 22 основания. Другие концы тросов связаны с пружинами 23.

Конструкция механизма поворота руки манипулятора ПР типа «Универсал-5» с зубчато-червячным редуктором показана на листе 8.

Поворотный стол 1, на котором крепится с помощью направляющих планок и винтов рука манипулятора (на рисунке не показана), приводится во вращение двигателем 2 постоянного тока через зубчатый и червячный редукторы. Зубчатый редуктор включает в себя вал-шестерню 3, связанную муфтой 4 с ротором двигателя, и зубчатое колесо 5, которое зацепляется с колесом 6, неподвижно установленным на валу червяка 7. Соосно с червяком установлен тахогенератор 8, присоединенный к валу червяка при помощи муфты 9.

Электродвигатель, зубчатый редуктор и тахогенератор смонтированы на основании 10, к которому призонными болтами крепится корпус 11 червячного редуктора.

С целью выбора люфта в передаче червячное колесо 12 выполнено разрезным: нижняя часть надета на шлицы вала 13, а верхняя базируется на ступице нижней части. Выбор люфта производится эксцентриком 14 путем поворота верхней и нижней частей червячного колеса относительно друг друга. После установки требуемого бокового зазора (0,02...0,05 мм) обе части червячного колеса стягиваются винтами 15.

Датчик 16 углового положения (потенциометр типа ППМЛ-М) крепится к кронштейну на корпусе 11 и приводит в шестерней 17 от зубчатого венца на наружной поверхности поворотного стола 1.

Конструкция аналогичного механизма поворота руки манипулятора с зубчато-волновым редуктором показана на листе 9.

Двигатель 1 постоянного тока, установленный на кронштейне корпуса 2 зубчатого редуктора, присоединен муфтой 3 к входному валу-шестерне 4. Кроме того, входной вал редуктора связан зубчато-ременной передачей 5 с тахогенератором 6, закрепленным при помощи хомута на корпусе 7 механизма поворота.

Зубчатое колесо 8 редуктора закреплено на валу 9. На переднем конце вала установлен генератор волн 10 зубчатой волновой передачи, а задний конец, выполненный в виде шестерни, находится в зацепле-

нии с зубчатым колесом 11 привода кодового датчика 12 углового положения. Для выбора люфта в передаче колесо 11 выполнено разрезным.

Жесткое колесо 13 зубчатой волновой передачи неподвижно установлено в расточке корпуса 14. Гибкое колесо 15, выполненное в виде тонкостенного стакана, установлено на шлицевой втулке выходного вала-шестерни 16 редуктора. Вал-шестерня 16 с коническим зубчатым венцом вращается на подшипниках в расточке корпуса 7 и зацепляется с коническим колесом 17, установленным на шлицевой втулке на валу 18, к которому с помощью фланца крепится стол 19 с вертикальной осью вращения. На поворотном столе с помощью направляющих планок и винтов крепится рука манипулятора. Предельный угол поворота стола ограничен жесткими упорами 20 и резиновым амортизатором 21.

На листе 10 показана конструкция механизмов руки манипулятора ПР-4 и ее кинематическая схема. Характерной особенностью данного манипулятора является оснащение его рычажно-шарнирной двузвенной рукой складывающегося типа. На стойках 1 корпуса основания 2 в подшипниковых опорах 3 установлен сварной корпус 4 плечевого (вертикального) звена руки, который приводится во вращение относительно оси подшипников при помощи кривошипно-шатунного механизма привода (см. кинематическую схему). Привод звеньев руки — электромеханический, включает в себя электродвигатель постоянного тока, зубчатый волновой редуктор 7, датчик положения ДП и тахогенератор ТГ. Конструкция механизма привода показана на листе 7. На выходном валу редуктора привода вертикального звена установлен кривошипный диск (на листе 7 не показан), который при вращении двигателя M_1 через шатун 5 обеспечивает качательное движение B_1 вертикального звена 4 руки.

Передача движения B_2 к горизонтальному звену 13 от привода с двигателем M_2 осуществляется кривошипным механизмом, состоящим из кривошипа 6, шатуна 5 и Г-образного рычага 8, который установлен в подшипнике на оси вращения вертикального звена 4. Другое плечо рычага 8 шарнирно связано с тягой 9, которая, в свою очередь, с помощью шарнира 10 присоединена к горизонтальному звену 13 руки.

Передача движений к механизму кисти руки (качание B_3 и вращение B_4) осуществляется при помощи цепных передач 11, 12 и 14, 15, содержащих по две ветви: от звездочек 18, 19 на выходных валах зубчатых волновых редукторов с двигателями M_3 и M_4 , соответственно, к звездочкам 20 и 21 на оси вращения горизонтального звена; от звездочек 20, 21 к звездочкам 22, 23, приводящим в движение механизм кисти (движение B_3 и B_4 , осуществляемое при помощи конических колес 16 с передаточным числом $u=2$). Натяжение цепей производится стяжными винтами 24.

На выходном валу 17 кисти закреплен фланец 25 для присоединения захватного устройства (на листе 10 не показан). При помощи штуцеров 26, ввернутых во фланец, осуществляется подвод сжатого воздуха к пневмоприводу схвата.

Конструкция механизма с зубчатым редуктором для прямолинейного вертикального перемещения руки манипулятора ПР РГШ-40 показана на листе 11, рис. 1, механизма электропривода вертикального перемещения каретки — на листе 21.

Выходной вал механизма привода с помощью муфты соединен с вал-шестерней 1, установленной на подшипниках 2 в литом разъемном корпусе 3. Шестерня 1 зацеплена с двумя зубчатыми колесами 4 и 5 (передаточное число $u=6$). Зубчатое колесо 4 установлено на одном валу с реечной шестерней 6, а колесо 5 связано торсионом 8 с реечной шестерней 7. При вращении гайки 9 втулка 10 с запрессованными в нее пальцами 11 перемещается по винтовым пазам шестерни 7, закручивая торсион 8. При этом кинематическая цепь, составленная последовательно шестерней 1, колесом 5, торсионом 8, шестерней 7, рейкой механизма подъема (на рис. 1 не показана), зубчатыми блоками 6 и 4, оказывается замкнутой и нагруженной на шестернях 6, 7 и зубчатых колесах 5 и 4 вращающимися моментами, действующими в противоположных направлениях. Этим обеспечивается выбор люфта в кинематической цепи привода.

Конструкция зубчатого планетарного редуктора, предназначенного для передачи крутящего момента от дифференциального редуктора к механизму кисти руки и обратной связи по моменту от исполнительного механизма к приводу, показана на листе 11, рис. 2.

Планетарный редуктор с помощью фланца крепится к корпусу дифференциального редуктора. В литом алюминиевом корпусе 1 неподвижно установлены колеса 2 и 3 с внутренними и колесо 18 с наружными зубьями. В расточке корпуса 1 на радиальных подшипниках установлены водила 4, 5 и 6 с выполненными заодно с ними шестернями. На осях каждого водила на иглозатых подшипниках смонтированы по три сателлита 7, 8 и 9. Внутрь водила-шестерни 10 ввернута втулка 11 с левой резьбой, затягиваемая гайками 12 и 13. Вращением втулки 11 обеспечивается закрутка торсиона 14, который противоположным концом жестко закреплен в квадратном отверстии выходного вала дифференциального редуктора. Находящаяся в зацеплении с шестерней водила 6 обойма 15 шариковой муфты передает крутящий момент от шестигранного вала 17. Шарик 16 распределен равномерно по всем шести граням вала 17, соприкасаются с ними и перекатываются по кольцевым канавкам во вкладыше обоймы 15.

Сателлиты 7 и 8 находятся в зацеплении с шестернями на выходных валах дифференциального редуктора (см. лист 13, поз. 14 и 15). При этом водила 4 и 5 (лист 11) получают вращение, которое с помощью промежуточных шестерен 19 передается к соответствующим механизмам кисти руки.

Шестигранный вал 17 получает вращение от механизма кисти руки, которое передается через шариковую муфту на шестерню водила 6, а затем через сателлиты 9 — на вал-шестерню 10 и на предварительно закрученный торсион 14, соединенный с валом дифференциального редуктора (лист 13, поз. 16). Таким образом осуществляется силовое замыкание кинематической цепи привода механизма кисти руки: при движении все шестерни механизма прижимаются друг к другу моментом предварительной закрутки торсиона 14 (лист 11).

В механизмах привода вращательного движения звеньев манипулятора ПР типа РПМ-25 применен комбинированный червячно-зубчатый редуктор, конструкция которого показана на листе 12.

Первая ступень редуктора с червячной передачей обеспечивает большое передаточное отношение и бесшумность работы при высоких оборотах электродвигателя 1, соединенного с валом червяка 3 с помощью сильфонной муфты 2. На противоположном конце вала червяка имеется соединительная муфта 4 для привода тахогенератора 5. Кроме того, червячная передача, обладая свойством самоторможения, надежно фиксирует заданное положение выходного вала редуктора.

Вторая ступень редуктора с зубчатой цилиндрической передачей выполняется безлюфтовой за счет использования принципа замыкания энергетического потока, образованного двумя кинематическими цепями. Параллельно работающие зубчатые передачи включают в себя шестерню 7, выполненную заодно со ступицей червячного колеса 6, и зубчатые колеса 8 и 9. Зубчатое колесо 8 непосредственно закреплено на выходном валу 10, на шлицевом конце которого установлена шестерня 11. Колесо 9 связано с шестерней 12 через торсион 13, который одним концом жестко закреплен в отверстии вала 14. На противоположном конце торсиона установлены втулка 15 с резьбой и гайка 16, прижимающая резьбовое тонкостенное кольцо на ступице шестерни 12 к наружной поверхности втулки 15.

При монтаже редуктора производится закрутка торсиона 13 с последующей фиксацией его гайкой 16. Таким образом, при зацеплении шестерен 11 и 12 с зубчатым венцом 17 поворотного стола (на листе 12 не показан) создается крутящий момент, обеспечивающий выбор люфта в зубчатых передачах редуктора. Механизм привода поворота и качания кисти руки манипулятора ПР типа «Универсал-15» включает в себя зубчатый дифференциальный и планетарный редукторы.

Редуктор зубчатый дифференциальный, конструкция которого показана на листе 13, предназначен для передачи крутящего момента от каждого из двух гидродвигателей по параллельным кинематическим цепям на входы зубчатых планетарных редукторов механизма привода кисти руки с двумя степенями подвижности.

Механизм дифференциального редуктора собран в алюминиевом корпусе 1 с горизонтальным разъемом. К корпусу крепятся два гидродвигателя 2 и 3, соединенные муфтами 4 и 5 с коническими дифференциалами, которые установлены на радиальных подшипниках. Водила 6 и 7 смонтированы внутри центральных конических колес 8, 9 и 10, 11 на игольчатых подшипниках. Сателлиты 12 и 13 базируются соответственно на водилах 6 и 7 в радиальных подшипниках. На концах валов водил установлены на шлицах шестерни 14 и 15, приводящие в движение входные валы зубчатого планетарного редуктора.

Вал 16 с зубчатыми колесами 17 и 18 смонтирован в корпусе 1 на радиальных подшипниках. На валу 16 установлен блок зубчатых колес 19. На переднем конце вала 16 имеется квадратное отверстие для торсионного приводного вала планетарного редуктора, предназначенного для выбора люфта в кинематических цепях.

Дифференциалы связаны между собой при помощи зубчатых передач, включающих в себя шестерни (выполнены заодно с центральными колесами 9 и 10), блок зубчатых колес 19, а также шестерни (выполнены заодно с центральными колесами 8 и 11) и колеса 17, 18 на валу 16.

Для обеспечения вращения кисти руки движение от гидродвигателя 2 передается по двум кинематическим цепям: 1) центральное колесо 8 — сателлиты 12 — водило 6 — шестерня 14; 2) шестерня на центральном колесе 8 — колеса 18 и 17 — промежуточное колесо — шестерня на центральном колесе 11 — сателлиты 13 — водило 7 — шестерня 15. Шестерни 14 и 15 вращаются при этом с одинаковой скоростью.

При качании кисти движение от гидродвигателя 3 также передается по двум кинематическим цепям: 1) центральное колесо 10 — сателлиты 13 — водило 7 — шестерня 15; 2) шестерня на центральном колесе 10 — блок колес 19 — шестерня на центральном колесе 9 — сателлиты 12 — водило 6 — шестерня 14. Шестерни 14 и 15 вращаются при этом в разных направлениях с одинаковой скоростью.

Торсионный вал 16, который через зубчатые колеса 17, 18 и шестерни на центральных колесах 8, 11 связан одновременно с гидродвигателями 2 и 3, осуществляет обратную связь по крутящему моменту от исполнительного механизма (кисти руки) к приводам его степеней подвижности.

Обратная связь по положению для каждой степени подвижности реализуется при помощи датчиков-потенциометров 20, которые установлены сверху на корпусе 1. Потенциометры приводятся во вращение зубчатыми венцами на муфтах 4 и 5 через двухступенчатые редукторы с передачами 21/22 и 23/24. Выбор люфта в редукторах осуществляется разрезными подпружиненными зубчатыми колесами 22 и 24.

Механизм привода поворота манипулятора (лист 14, рис. 1) размещен в корпусе 1, закрепленном на основании 2. На опоре качения 3, выполненной в виде специального упорно-радиального шарикоподшипника, на радиальном подшипнике 4 установлена поворотная платформа 5, имеющая кольцевой паз (в пределах угла поворота), в котором помещен корпус 6 с датчиком 7 углового положения потенциометрического типа. Вал датчика муфтой 8 соединен с валом 9, установленным на подшипниках в корпусе 6. На свободном конце вала 9 закреплен шкив 10, который зубчатым ремнем 11 соединен со шкивом 12, жестко закрепленным вместе с платформой 5 на выходном валу 13 зубчатого волнового редуктора.

К корпусу 1 крепится фланец приводного электродвигателя 14 постоянного тока с дисковым печатным якорем и встроенным тахогенератором 15. Вал двигателя шпонкой соединен с валом 16, который вращается на подшипниках относительно корпуса 1. С валом 16 при помощи компенсирующей кулачковой муфты 17 связан кулачок 18 генератора волн, на который надет гибкий подшипник 19, перекачивающийся по внутренней расточке гибкого колеса 20. Гибкое колесо находится в зацеплении в зонах наибольшей радиальной деформации с жестким колесом 21, неподвижно прикрепленным к корпусу 1. Гибкое колесо 20, выполненное в виде тонкостенного стакана с фланцем, жестко крепится к выходному валу 13 редуктора, поворачивая его при вращении вала двигателя 14.

На листе 14, рис. 2 показаны различные варианты конструкции

зубчатых волновых редукторов механизмов приводов кисти руки манипулятора ПР.

Особенностью конструкции механизма привода вращения кисти руки, показанного на рис. 2, а, является встройка электродвигателя 1, зубчатого волнового редуктора 2 и электромагнитного тормоза 3 непосредственно в шарнирные соединения звеньев руки манипулятора.

На фланцах вилкообразного корпуса 4 руки закреплен приводной электродвигатель 1, ротор которого жестко соединен с валом генератора волн 6. На противоположном конце вала 5 на шлицах установлены фрикционные диски 7 электромагнитного тормоза 3, который также прикреплен к корпусу 4.

Корпус 8 кисти руки с фланцем установлен на подшипниках 9 и 10 подвижно относительно корпуса 4. С корпусом 8 связано жесткое колесо 11 с внутренними зубьями. Гибкое колесо 2 неподвижно прикреплено к корпусу 4 руки. Генератор волн 6 с насаженным на него гибким подшипником 12 соединяется с фланцем втулки 13 приводного вала 5 при помощи крестообразной кулачковой муфты 14.

Зубчатый волновой редуктор механизма привода поворота кисти руки манипулятора, показанный на рис. 2, б, имеет два жестких колеса 1 и 2 с внутренними зубчатыми венцами, которые одновременно находятся в зацеплении с широкой гибкой шестерней 3, выполненной в виде тонкостенной свободно установленной цилиндрической оболочки. Генератор волн имеет два рабочих участка, образованных соосно расположенными гибкими подшипниками 4 и 5, которые напрессованы на общий кулачок 6 эллиптической формы. Полый вал 7 генератора волн установлен на подшипниках 8 и приводится во вращение с помощью шкива 9 зубчато-ременной передачи от двигателя (на рис. 2, б не показан), который монтируется на корпусе 10 руки. С корпусом 10 жестко связано колесо 1 и фланец 11 с кольцевой направляющей, относительно которой на специальных (радиальном и упорном) игольчатых подшипниках 12 вращается корпус 14 с фланцем 15 для крепления кисти руки 13. С корпусом 14 жестко связано колесо 2 зубчатой волновой передачи.

Во внутренних расточках вала 7 и фланца 15 на игольчатых подшипниках установлен вал 16 с приводным шкивом 17 для второй степени подвижности кисти руки (на рисунке не показана).

На рис. 2, в показана конструкция, аналогичная приведенной на рис. 2, а, где гибкое колесо 1 закреплено на выходном валу 2.

Механизм привода вращения кисти руки манипулятора, показанный на рис. 2, г, смонтирован непосредственно на цапфах 1 и 2 корпуса 3 руки. Электрогидравлический двигатель 4 жестко связан со втулкой 5 генератора волн 6, конструкция которого аналогична показанной на рис. 1. Этой же втулкой со шпонкой соединен вал электромагнитного тормоза 7, который прикреплен к цапфе 2 руки. К цапфе 1 с помощью фланца крепится гибкая шестерня 8, зацепляющаяся в зонах ее наибольшей деформации с зубчатым колесом 9, которое жестко связано с корпусом 12 кисти руки.

При вращении вала двигателя 4 колесо 9 поворачивается, обкатываясь с большим передаточным отношением по гибкой шестерне 8. Вместе с колесом 9 поворачивается на радиально-упорных подшипниках 10 и 11 корпус 12 кисти руки.

2.3. КОМПЛЕКТНЫЕ ЭЛЕКТРОПРИВОДЫ ДЛЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ РОБОТОВ

Электрические приводы ПР разнообразны по техническим характеристикам и зависят от применяемых двигателей. Используются двигатели: 1) постоянного тока, в том числе малоинерционные (с дисковым, гладким или полым цилиндрическим ротором), высокомоментные с возбуждением от постоянных магнитов, вентильные и комбинирован-

ные, работающие в режимах шагового и непрерывного управления; 2) переменного тока (асинхронные с короткозамкнутым ротором и частотным или частотно-токовым управлением, с фазным ротором и комбинированным управлением со стороны статора и ротора, асинхронные линейные); 3) шаговые (силовые вращательного движения, линейные одно- и многокоординатные, плоскостные); 4) электромеханические на базе регулируемых двигателей со встроенными планетарными или волновыми редукторами, шариковинтовыми передачами и другими механизмами; 5) электромагнитные линейные.

Широкое применение в ПР получили комплекты регулируемые и следящие электроприводы постоянного тока, которые содержат: двигатель, преобразователь (транзисторный, тиристорный), устройство управления преобразователем, силовой трансформатор блока питания, дроссели в цепи якоря, а также встроенные в электродвигатель тахогенератор, датчик перемещения (в следяще-регулируемых приводах) и электромагнитный тормоз.

На листе 15 в табл. 1 приведены технические характеристики некоторых наиболее распространенных в промышленности регулируемых электроприводов постоянного и переменного тока. Электроприводы исполнительных механизмов ПР должны обеспечивать: 1) высокое быстродействие, определяемое наибольшими значениями ускорения при пуске; 2) большую перегрузочную способность по току (или по моменту) в переходных режимах работы; 3) возможность работы во всех четырех квадрантах механической характеристики; 4) высокие энергетические показатели, характеризуемые большой удельной мощностью, т.е. отношением мощности привода к массе двигателя; 5) широким диапазоном регулирования скорости.

Этим требованиям в наибольшей степени отвечают современные электроприводы постоянного тока с малоинерционными двигателями и высокомоментными двигателями с возбуждением от постоянных магнитов. Регулирование в приводе обычно осуществляется при помощи аналогового сигнала напряжения, изменяющегося в диапазоне ± 10 В, или импульсных сигналов, формируемых устройствами программного управления.

На листе 15 в табл. 2 и 3 приведены технические характеристики, габаритные и присоединительные размеры высокомоментных электродвигателей постоянного тока (рис. 1) (с возбуждением от постоянных высокоэнергетических магнитов) серии ПБВ.

Момент инерции этих двигателей в 5...6 раз меньше, чем у обычных электродвигателей с обмоткой возбуждения, а диаметральный размер в 1,5 раза. Электродвигатели обладают большой перегрузочной способностью по току (крутящему моменту): кратность момента 8—16. Однако двигатели данной серии являются тихоходными и применяются при относительно небольших скоростях перемещения исполнительных механизмов манипуляторов.

В табл. 4 приведены технические данные высокомоментных электродвигателей постоянного тока серии ЗШАТ-А (ЧССР) (рис. 2), характеризующихся высокими значениями номинальной и максимальной частоты вращения. Двигатели имеют три исполнения: S — короткое, M — среднее, L — длинное.

В табл. 5, лист 15 и табл. 1, лист 16 приведены технические данные малоинерционных электродвигателей постоянного тока серии ПСПТ (лист 15, рис. 3) и МИ (лист 16, рис. 1) с гладким якорем относительно малого диаметра. Высокая перегрузочная способность этих двигателей обеспечивается применением беспазового шихтованного якоря в виде гладкого цилиндра, на поверхности которого укреплены с помощью специальных методов склейки его обмотка. Эти двигатели по динамическим свойствам примерно равноценны высокооборотным гидродвигателям, работающим на средних давлениях 4... 6 МПа.

Технические данные малоинерционных электродвигателей постоянного тока серии ДПУ (лист 16, рис. 2) с дисковым якорем приведены в табл. 16.

В табл. 3, лист 16 приведены технические характеристики, габаритные и присоединительные размеры маломощных электродвигателей постоянного тока с обычным пазовым якорем, коллектором и постоян-

ными магнитами серии ДК1 (рис. 3). Данные двигатели являются относительно тихоходными. Они укомплектованы встроенными датчиками перемещения и электромагнитным тормозом.

В табл. 4 приведены технические данные быстродействующих малоинерционных двигателей постоянного тока серии ПЯ (рис. 4) с печатным дисковым якорем. Данные двигатели малой мощности широко используются в приводах звеньев манипуляторов при относительно небольших моментах нагрузки.

Технические данные мало мощных электродвигателей постоянного тока с полым якорем и возбуждением от постоянных магнитов серии ДП (лист 17, рис. 1) приведены на листе 17 в табл. 1.

В табл. 2 и 3, лист 17 приведены технические данные высокооборотных микродвигателей постоянного тока серии СЛ (рис. 2) и ДПР (рис. 3), которые применяют в малых и быстроходных ПР, а также используют в качестве тахогенераторов для регулируемых приводов разных типоразмеров.

В табл. 4, лист 17 приведены технические данные асинхронных электродвигателей серии 4А (рис. 4) (специального исполнения) с регулированием скорости вращения за счет изменения частоты и величины тока в трехфазной статорной обмотке. Данный тип регулируемых электродвигателей является перспективным для приводов ПР, так как отличается невысокой стоимостью, малой инерционностью и хорошими динамическими свойствами. Однако данные двигатели имеют низкую частоту вращения, обусловленную техническими характеристиками электроприводов типа «Размер-2М».

Высокомоментный электромеханизм поступательного движения серии ЭМП (рис. 1, табл. 1, лист 18) представляет собой электродвигатель постоянного тока с полым цилиндрическим якорем и многополюсным индуктором с радиально расположенными постоянными магнитами. Имеется три исполнения электромеханизма: обычное (с вращающимся полым якорем), обращенное (с вращающимся индуктором) и бесконтактное (с вращающимся индуктором, без коллектора). С вращающимся якорем или индуктором конструктивно связана шариковая гайка, которая при вращении ротора выдвигает ходовой винт. Электромеханизмы оснащены встроенным тахогенератором, датчиком перемещения (с механизмом привода) и электромагнитным тормозом.

В приводах ПР широко используют шаговые электродвигатели, которые характеризуют большое быстродействие, широкий диапазон регулирования скорости, высокая точность перемещения и простота управления.

Шаговые электродвигатели серии ДРШ и ШД-5 (рис. 2), технические данные которых приведены в табл. 2, лист 18, используют в качестве серводвигателей в электрогидравлических приводах совместно с гидроусилителем момента (см. раздел 2.4). В малых ПР шаговые двигатели могут использоваться без гидроусилителя момента.

Силовые шаговые двигатели серии ЕС (НРБ) (рис. 3), технические данные которых приведены в табл. 3, лист 18, широко используют в приводах различных манипуляторов и других вспомогательных устройств. Применение шаговых электродвигателей дает возможность исключить контур обратной связи по перемещению в устройствах программного управления следящерегулируемыми приводами ПР.

Для измерения угловой скорости (частоты) вращения вала двигателя в регулируемых приводах ПР применяют тахогенераторы постоянного и переменного тока (рис. 4), основные технические характеристики, габаритные и присоединительные размеры которых приведены в табл. 4, лист 18.

Конструкция механизма комплектного электропривода поворота манипулятора ПР типа «Универсал-5» показана на листе 19.

Механизм включает в себя электродвигатель постоянного тока с блоком тиристорного преобразователя (на листе 19 не показан). Двигатель фланцем крепится на крышке 2 зубчатого редуктора так, чтобы шестерня 3 находилась в зацеплении с зубчатым колесом 4, установленным на подшипниках 5. Шестерня 6 одновременно зацепляется с колесами 7 и 8, установленными на валах 9 и 10, которые вращаются на подшипниках 11 и 12 в корпусе 13 редуктора. На валу 9 жестко закреплена шестерня 14, находящаяся в зацеплении с зубчатым венцом

на поворотной платформе (на листе 19 не показана). Шестерня 15 установлена на игольчатых подшипниках 16 на конце вала 10 и одновременно жестко закреплена относительно торсиона 17. На противоположный конец торсиона 17, имеющий квадратное сечение, надета резбовая втулка 18 с левой резьбой, с помощью которой осуществляется предварительная закрутка торсиона относительно вала. Затыжка торсиона 17 возможна при помощи гайки 19 и контргайки 20. Шестерня 15 также находится в зацеплении с зубчатым венцом поворотной платформы и благодаря закрутке торсиона 17 обеспечивает выбор люфта в зубчатых передачах.

Тахогенератор 21, входящий в состав комплектного электропривода, крепится с помощью хомута в специальном стакане на крышке редуктора. Муфтой 22 вал тахогенератора соединен с валом 23, установленным на подшипниках 24. На свободном конце вала 23 жестко закреплена ступица 25 разрезного зубчатого колеса. Вторая часть 26 этого колеса поворачивается относительно ступицы под действием пружин 27 с целью выбора зазора в передаче. Разрезное колесо 25, 26 находится в зацеплении с зубчатым колесом 4 редуктора.

На свободном конце вала 28 закреплена шестерня 29, которая зацепляется с разрезным зубчатым колесом 30, установленным на вал фотоэлектрического кругового датчика положения 31. Датчик крепится с помощью фланца на крышке дополнительного корпуса 32.

Таким образом комплектный электропривод обеспечивает следящерегулируемый режим вращения вала двигателя 1.

Конструкция механизма осевого перемещения руки манипулятора ПР типа «Универсал-5» с комплектным электроприводом постоянного тока показана на листе 20.

Механизм выдвижения руки устанавливается по направляющей шпонке на платформу механизма поворота и крепится к ней шпильками и гайками. Во внутренней полости корпуса 1 сборной конструкции по призматическим направляющим качения 2 перемещается в продольном направлении рука 3. На верхней грани корпуса руки закреплена зубчатая рейка 4, находящаяся в зацеплении с шестерней 5. Шестерня 5 выполнена разрезной, причем угловое положение нижней части шестерни изменяется относительно ее верхней части под действием предварительно закрученного торсиона 6. Тем самым обеспечивается выбор люфта в зубчато-реечной передаче.

На шлицевом валу 7 установлено колесо 8 с внутренним зубчатым венцом, которое зацепляется с шестерней 9, закрепленной на роторе двигателя 10 постоянного тока. Приводной двигатель 10 жестко закреплён в специальной гильзе, установленной в расточке на верхней крышке 11 редуктора. Одновременно зубчатое колесо 8 зацепляется с шестерней 12, установленной на роторе тахогенератора 13. На ступице колеса 8 закреплено зубчатое колесо 14, которое зацепляется с шестерней 15, жестко связанной с ротором фотоэлектрического кодового датчика положения 16. Для выбора люфта в передаче колесо 14 выполнено разрезным, обе половины которого разводятся пружиной 17.

Конструкция унифицированного механизма электропривода для модуля подъема руки манипулятора ПР типа РГШ-40 показана на листе 21.

На кронштейне 1, который крепится к корпусу 2 механизма привода, установлен электродвигатель 3 постоянного тока (типа МИ-2) и тахогенератор 4. Привод тахогенератора осуществляется ременной передачей от шкива 5, закрепленного на валу 6, который установлен на подшипниках 7 в кронштейне 1 и связан с валом электродвигателя 3 при помощи муфты 8. Натяжение ремня осуществляется смещением по направляющим пазам стакана 9 и установленного в нем на подшипниках вала 10 со шкивом 11.

На свободном конце вала 6 установлен на шпонке шкив 12 зубчато-ременной передачи, ведомый шкив 13 которой жестко закреплён на выходном валу 14, установленном на подшипниках в корпусе 2. Вал 14 при помощи муфты, закрепленной на его свободном конце, соединяется с входным валом редуктора (например, зубчатого волнового) механизма привода. С этим же валом с помощью беззазорной зубчатой передачи связан датчик положения (на листе 21 механизмы редуктора и привода датчика не показаны). Кинематическая схема механизма

привода манипулятора приведена на листе 75. Натяжение зубчатого ремня 15 осуществляется смещением кронштейна 1 относительно корпуса 2 по направляющим пазам с последующим его креплением винтами.

Фиксация заданного положения выходного вала 14 привода осуществляется при помощи электромагнитного тормоза 16, который установлен внутри корпуса 2.

Ременные передачи механизма привода и тахогенератор закрыты кожухами 17 и 18. На кожухе 17 и корпусе 2 установлены электрические разъемы 19 и 20 для присоединения электрических кабелей.

На листе 22 показаны конструкции механизмов комплектных электроприводов с зубчатыми волновыми редукторами для звеньев руки манипуляторов различного типа.

Электромеханизм привода, показанный на рис. 1, используется для поворота руки манипулятора ПР типа РГШ-40. На корпусе 1 зубчатого волнового редуктора установлен дополнительный корпус 2 с закрепленным на нем электродвигателем 3 типа 4МИ-12Ф3, тахогенератором 4 и механизмом привода 5 датчика положения потенциометрического типа. На валу двигателя 3 установлен шкив 6, связанный зубчатым ремнем 7 с блоком шкивов 8, который закреплён на входном валу 9 волнового редуктора. Один шкив данного блока связан зубчатым ремнем 10 со шкивом 11, установленным на входном валу зубчатого механизма привода 5 датчика. К торцу шкива 6 крепится вал 12, с помощью которого шкив дополнительно опирается на подшипники 13. Вал 12 с муфтой 14 связан с валом тахогенератора 4, корпус которого установлен в стакане 15, имеющем фланец для крепления его на корпусе 2. Вал 9 установлен на подшипниках 16 в крышке 17 корпуса 1. С валом 9 при помощи кольца 18 и пальцев 19 связан генератор волн 20, выполненный в форме эллипса, на наружной поверхности которого закреплён гибкий подшипник 21. При вращении вала 9 подшипник 21 перекачивается по внутренней поверхности гибкого зубчатого колеса 22, выполненного в виде тонкостенного стакана с фланцем, с помощью которого он крепится на выходном валу 23 редуктора. Гибкое колесо 22 в зонах наибольшей радиальной деформации (под действием генератора волн) зацепляется с неподвижно закрепленным жестким зубчатым колесом 24. Для ограничения угла поворота вала 23 (до 270°) служат подвижный 25 и неподвижный 26 упоры.

Передаточное число зубчатого волнового редуктора $u=80$; наибольший крутящий момент на выходном валу $T_k=680$ Нм.

На свободном конце вала 23 установлен эксцентрик 27, действующий на путевые выключатели 28.

К торцу выходного вала 23 крепится зубчатое колесо 29, находящееся в зацеплении с колесом 30, которое жестко установлено на гильзе руки манипулятора.

Электромеханический привод для каждой степени подвижности руки манипулятора ПР типа ПР-4 имеет унифицированную конструкцию, которая показана на рис. 2, лист 22. Привод содержит электродвигатель 1 с дисковым печатным якорем (типа ПЯ-250Ф), зубчатый волновой редуктор, смонтированный в корпусе 2, кодовый датчик 3 углового положения типа ППК-15, закрепленный на кронштейне 4, и тахогенератор типа ТГП-2,5, который крепится непосредственно к крышке двигателя 1 и соединяется с его ротором при помощи муфты (на рис. 2 не показана). Вал двигателя 1 жестко соединен с полым валом 6 зубчатого волнового редуктора, который дополнительно опирается на подшипник 7, установленный в расточке фланца выходного вала 8 редуктора. На вал 6 напрессовано внутреннее кольцо подшипника 9, выполняющего одновременно функцию шариковой муфты для передачи крутящего момента к валу 10 генератора волн, который дополнительно опирается на подшипник 11. Для возможности передачи момента на конце полого вала 10 прорезаны пазы, в которых размещены шарики подшипника 9. Наружное кольцо этого подшипника установлено в подвижном вдоль оси стакане 12, который пружиной 13 постоянно прижимает наружное кольцо к шарикам, обеспечивая натяг в подшипнике 9. Передаточное отношение шариковой муфты подшипника 9, соединяющей вал 6 с валом 10, $i_1=0,5$. На входном валу 10 волнового редуктора с радиальным зазором закреплён специально

профилированный кулачок 14 генератора волн, соединенный с этим валом компенсирующей кулачковой муфтой 15, с помощью которой обеспечивается самоустановка генератора волн в процессе работы. На кулачке 14 установлен гибкий подшипник 16, взаимодействующий с гибким зубчатым колесом 17, которое находится в зацеплении в двух зонах наибольшей радиальной деформации с жестким колесом 18, закрепленным в корпусе 2. Ведомое гибкое колесо 17 соединено с выходным валом 8, который установлен на подшипниках 19 в корпусе 2.

Передаточное число зубчатого волнового редуктора $u_2=102,5$ позволяет получить большой крутящий момент ($T_2=100$ Нм) на его выходном валу 8.

Зубчатая ременная передача, включающая в себя шкив 20, закрепленный на входном валу 10 редуктора, шкив 21 на валу датчика 3 и зубчатый ремень 5, обеспечивает передаточное отношение $i_3=0,625$.

2.4. ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ И ПНЕВМАТИЧЕСКИЕ ПРИВОДЫ ДЛЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ РОБОТОВ

Наибольшее распространение получили промышленные роботы с гидро- и электрогидравлическими регулируемыми и следящерегулируемыми приводами. Современные гидроприводы ПР имеют хорошие статические и динамические характеристики, а также высокий КПД. Повышение рабочего давления от 6,3 до 21 МПа, а в отдельных конструкциях до 35 МПа позволяет создать гидродвигатели с большим вращающим моментом (от 100 до 6300 Нм) при малых собственных размерах и массе. Однако для гидроприводов характерны существенные недостатки: необходимость дорогостоящего и громоздкого автономного энергетического блока (насосной станции) и трубопроводов; утечки масла; необходимость введения устройств для охлаждения масла; высокая стоимость наладочных работ.

В случае, когда не требуется большой крутящий момент или осевое усилие, в ПР применяют пневмоприводы. Для этих приводов характерны следующие особенности: простота управления, невысокая стоимость, надежность, отсутствие источников загрязнения, пожаро- и взрывобезопасность. Недостатком пневматических приводов ПР являются: невысокая статическая жесткость; трудность поддержания заданной скорости и осуществления точного позиционирования; необходимость специальных устройств подготовки сжатого воздуха и смазки механизмов с целью предупреждения коррозии.

В настоящее время широкое распространение получили комплекты электрогидравлические приводы вращательного и поступательного движений с широким диапазоном регулирования скорости при постоянном вращающем моменте. Создана единая серия управляющей аппаратуры и унифицированных насосных станций для этих приводов.

На листе 23 приведены основные характеристики комплектов гидрориводов, разработанных специально для ПР.

Для осуществления линейных перемещений в гидроприводах ПР применяются гидроцилиндры серии ЦРГ (рис. 1, лист 24). Общий вид, характеристика и присоединительные размеры гидроцилиндров приведены в табл. 1, лист 24.

Гидроцилиндры серии ЦРГ работают на минеральных маслах с вязкостью 12—250 мм²/с (при температуре масла 10—50°С) и конструктивно представляют собой гильзы, выполненные из прецизионных труб с шарнирным креплением. В гидроцилиндрах обеспечивается малое трение поршня и штока, а также возможность регулирования режима торможения в конце хода штока благодаря встроенным тормозным устройствам.

Цилиндры серии ЦРГ имеют малую массу, небольшие габариты, повышенную герметичность, большой срок службы, малые трение и

давление трогания с места, плавную и безударную остановку поршня в конце хода при значительных нагрузках и скоростях движения (до 1,5 м/с).

Линейные электрогидравлические шаговые приводы серии Г28-2 (рис. 2) предназначены для осуществления возвратно-поступательных перемещений механизмов ПР по программе, представленной в виде электрических импульсов, число которых определяет заданное перемещение, а частота — скорость этого перемещения. В качестве управляющего устройства привода используется электрический шаговый двигатель (ШД) типа ШД-5Д1 совместно с гидроусилителем (ГУ) момента, который представляет собой следящий гидрозолотник специального исполнения.

Линейные шаговые электрогидравлические двигатели (ЛЭГШД) могут работать в разомкнутом режиме управления (без датчика обратной связи по положению). Однако при высоких скоростях перемещения ЛЭГШД серии Г28-2 комплектуются датчиками положения штока гидроцилиндра. В качестве управляющего устройства вместо ШД могут использоваться электрические серводвигатели постоянного тока серии ДП.

Габаритные и присоединительные размеры комплектов ЛЭГШД приведены в табл. 2, лист 24, общий вид на рис. 2.

Приводы электрогидравлические следящие серии ПЭГС предназначены для обеспечения возвратно-поступательных линейных перемещений механизмов по программе, задаваемой устройством ЧПУ в виде электрических сигналов напряжения. Приводы комплектуются электромагнитным преобразователем (ЭМП) и встроенными датчиками обратной связи по скорости и положению. В качестве рабочей жидкости используются минеральные масла с вязкостью не более 40 мм²/с при температуре 10...60°С.

Габаритные и присоединительные размеры гидроприводов серии ПЭГС приведены в табл. 3, лист 24, общий вид на рис. 3.

Конструктивно привод представляет собой дифференциальный гидроцилиндр 1, на котором смонтированы дросселирующий распределитель 2 с электромагнитным управлением и блок 3 обратной связи. Электронное оборудование устройства управления приводом находится в отдельном блоке с автономным источником питания.

Приводы ПЭГС позволяют осуществлять поступательное движение звеньев манипулятора со скоростью до 1000 мм/с при погрешности позиционирования $\pm 0,5$ —5,0 мм. Сочетание резинового уплотнения с фторопластовой накладкой обеспечивает малое трение в гидроцилиндрах. Предусмотрена также возможность регулирования режима торможения в конце хода штока за счет настройки дросселирующего клапана. В качестве датчика обратной связи по положению используется вращающийся трансформатор.

Широкое применение в ПР получили комплекты электрогидравлические шаговые приводы (ЭГШД) поворотного типа серии Э32 Г18-2 (рис. 4, лист 24) и Э32 Г18-3 (рис. 5, лист 24), основные технические характеристики которых приведены в табл. 4 и 5, лист 24. Привод состоит из шагового серводвигателя 1 типа ШД-5Д1М или ДРШ-1, гидроусилителя (ГУ) момента 2, содержащего реверсивный золотник типа 54БП173-11 с управляющим электромагнитом, и гидромотора 3 типа 2Г18, связанного с золотником ГУ винтовой парой. Наибольшая частота управляющих импульсов ЭГШД достигает 16 кГц, что обеспечивает наибольшую частоту вращения выходного вала до 4000 мин⁻¹ при статической ошибке отработки шага под нагрузкой, не превышающей $\pm 1,2$ угл. град. Приводы работают на чистых минеральных маслах вязкостью 17—60 мм²/с при температуре масла 30—60°С.

Неполноповоротные гидродвигатели серии ДПГ (рис. 1, 2, лист 25) состоят из корпуса 1 и приводного вала 2 с лопастью. Во внутренней кольцеобразной полости корпуса помещена неподвижная перегородка, разделяющая эту полость на две части: рабочую и сливную. С торцов корпус закрыт крышками, в которых выполнены отверстия для подвода и отвода рабочей жидкости и установлены тормозные устройства, срабатывающие в конце поворота вала. Размеры гидродвигателей серии ДПГ приведены в табл. 1 и 2, лист 25.

Поворотные электрогидравлические следящие приводы серии СП

(рис. 3, лист 25), основные технические характеристики которых приведены в таблице на листе 25, а габаритные и присоединительные размеры — в табл. 3, лист 25, дают возможность максимально упростить механизмы ПР за счет безредукторного соединения выходного вала гидродвигателя с исполнительным устройством (например, рукой или кистью манипулятора).

Конструктивно привод серии СП выполнен на базе неполноповоротного гидродвигателя 1 серии ДПГ (габаритные и присоединительные размеры данной серии гидродвигателей приведены в табл. 1 и 2, лист 25). К крышке гидродвигателя со стороны свободного конца вала крепится редуктор 7 привода датчиков 3 обратной связи по скорости и положению. Непосредственно к корпусу гидродвигателя крепится электрогидравлический усилитель 2 типа УЭГ-8, включающий в себя реверсивный следящий золотник 4 с электромагнитным управлением и корректирующие звенья 5 и 6. В приводе используются минеральные масла с вязкостью не более 40 мм²/с при температуре 30—60°С.

Поворотные комплекты электрогидравлические следящие приводы серии SH4-40 (рис. 4, лист 25), техническая характеристика которых приведена в таблице на листе 23, а присоединительные и габаритные размеры — в табл. 4, лист 25, получили меньшее применение в ПР и используются (как и ЭГШД) для выполнения значительных по длине (свыше 3 м) перемещений исполнительных механизмов (например, каретки манипулятора портального типа). Эти приводы обеспечивают широкий диапазон скоростей, высокую точность позиционирования, плавность движения при малых частотах вращения двигателя (от 1 мин⁻¹).

Комплектный электрогидравлический привод включает в себя: гидродвигатель 1, гидроусилитель момента 2 с электромагнитным управлением, тахогенератор 3, а для обеспечения следящего режима — датчик перемещения типа вращающегося трансформатора, соединяемого с валом двигателя с помощью редуктора (на рис. 4, лист 25 не показан).

В качестве исполнительного гидродвигателя для поворотных следящих гидроприводов используются гидромоторы различного вида. Технические характеристики аксиально-поршневых гидромоторов серий Г15-2 и МРАК (ЧССР), а также роликолопастных гидромоторов типа ГМ-80 приведены в табл. 5, лист 25. Габаритные и присоединительные размеры наиболее распространенных в машиностроении гидромоторов серии Г15-2 (рис. 5, лист 25) приведены в табл. 6, лист 25.

Унифицированные гидростанции серии СР, технические характеристики которых приведены в табл. 7, лист 25, предназначены для очистки, охлаждения и подачи рабочей жидкости (масла) в гидросистемы ПР и других рабочих машин. Гидростанции имеют небольшие габариты и могут быть встроены, например, в полость основания манипуляторов. При комплектовании насосом постоянной подачи гидростанции имеют водяное охлаждение масла, а насосом с переменной производительностью — воздушное, кроме того, они могут присоединяться к внешним охлаждающим устройствам. Габаритные и присоединительные размеры гидростанций серии СР приведены в табл. 8, лист 25 (с водяным охлаждением типов СР40В...СР63Р) и в табл. 9, лист 25 (с внешними охлаждающими устройствами типов СР40...СР160).

В приводах поступательных движений звеньев манипуляторов ПР широкое применение получили реверсивные гидропневматические цилиндры серии ЦРГП (рис. 1, лист 26), технические характеристики, габаритные и присоединительные размеры которых приведены в табл. 1, лист 26.

В качестве рабочей среды здесь используется сжатый воздух или минеральные масла. Гидропневмоцилиндры обеспечивают высокую максимальную скорость (до 1,5 м/с) линейных возвратно-поступательных перемещений, возможность регулирования скорости в широком диапазоне, точное позиционирование в любой точке в пределах наибольшего хода поршня (при использовании в следящих приводах), а также плавное торможение в конце хода.

Конструктивно гидропневмоцилиндры серии ЦРГП (исполнение 2) (рис. 1, лист 26) выполнены аналогично гидроцилиндрам серии ЦРГ (см. лист 24) и имеют малые размеры и массу.

Для выполнения неполноповоротных вращательных движений ис-

полнительных механизмов в ПР используют пневматические двигатели: **лопастные** (серии ПДЛ) или **поршневые** (серии ПДП). Двигатели серии ДПЛ имеют конструкцию, аналогичную гидродвигателям серии ДПГ.

Технические характеристики, габаритные и присоединительные размеры поворотных пневмодвигателей серии ПДЛ (рис. 2, лист 26) приведены в табл. 2, лист 26. Пневмодвигатели данного типа выпускаются в двух исполнениях: 1 — однолопастные, 2 — двухлопастные. Двухлопастные пневмодвигатели обеспечивают при тех же габаритах удвоенное (по отношению к однолопастным) значение номинального крутящего момента, но при этом значительно ограничивают наибольший угол поворота выходного вала.

В качестве механизма, преобразующего поступательное перемещение штока пневмоцилиндра во вращательное движение выходного вала, в пневмодвигателях серии ПДП используют зубчато-реечную передачу.

Поршневые поворотные пневмодвигатели серии ПДП (рис. 3, лист 26), технические характеристики, габаритные и присоединительные размеры которых приведены в табл. 3, лист 26, также выпускаются в двух исполнениях: 1 — с одинарным пневмоцилиндром; 2 — со сдвоенным пневмоцилиндром для каждого из направлений вращения выходного вала.

В качестве рабочей среды в пневмодвигателях серии ПДЛ и ПДП применяют сжатый воздух, подготовленный в специальных установках для использования его в пневмосхемах ПР: температура сжатого воздуха должна быть в пределах от 0 до 60°С, степень очистки воздуха от пыли и влаги — не ниже 10-го класса загрязненности, а степень насыщенности маслом — 2—4 капли на 1 м³ (для возможности смазки трущихся поверхностей и защиты их от коррозии).

На листе 27 показаны примеры конструкции приводов прямолинейных перемещений звеньев манипуляторов ПР с гидро- и пневмоцилиндрами.

Привод с гидроцилиндром, показанный на рис. 1, лист 27, предназначен для выдвижения руки манипулятора ПР типа М20Ц. Особенностью данного привода является автоматическое двустороннее торможение поршня 1 в конце хода. При подводе давления в рабочую полость поршень 1 перемещается влево и в конце хода втулкой 2, закрепленной на его штоке 3, входит в отверстие крышки 4, в которую встроен регулировочный дроссель 5. При этом сливное отверстие перекрывается обратным клапаном, встроенным в штуцер 6, и масло вытесняется через дроссель 5, благодаря которому скорость движения штока 3 замедляется.

При подводе давления в штоковую полость обратный клапан, встроенный в штуцер 6, открывается, а поршень 1 перемещается с большой скоростью вправо. При входе втулки 7 в отверстие крышки 8 происходит аналогичный процесс торможения с помощью обратного клапана, встроенного в штуцер 9, и регулируемого дросселя 5 в крышке 8.

Поршень 1 уплотняется манжетами 10, а шток 3 — манжетами 11. Крышки 4 и 8 притягиваются к гильзе 12 стяжками 13.

Привод с пневмоцилиндром (рис. 2, лист 27) используется в механизмах подъема руки манипулятора ПР типа РПГ-10. Пиноль 1 присоединена с помощью фланца 2 к механизму руки манипулятора (на рис. 2 не показан) и перемещается в расточке крышки 3, привернутой к гильзе 4. В гильзе имеются два поршня 5 и 6. Поршень 5 установлен на втулке на наружной поверхности гильзы 4 и прижимается к ее упорному кольцу пружины 7. Поршень 6 установлен на штоке 8, который может перемещаться по направляющей втулке 9 во внутренней расточке пиноли 1. В штоке 8 выполнено осевое отверстие, соединенное радиальными сверлениями с внутренней полостью цилиндра, которая расположена между поршнями 5 и 6. С задней стороны гильза 4 закрыта крышкой 10, к которой крепится воздухораспределительное устройство 11 с каналами для подвода и отвода сжатого воздуха. К фланцу 2 крепится штуцер для подвода и отвода масла, поступающего во внутреннюю полость гидроцилиндра. Подвижные соединения поршней 5 и 6 и гильзы 4, а также пиноли 1 относительно поршня 5 и штока 8 уплотнены манжетами.

При подаче масла под давлением во внутреннюю полость гильзы

4 и отключении подачи воздуха к пневмоцилиндру его поршни 5 и 6 расходятся до упора в крышки, сжимая при этом пружину 7, а пиноль выдвигается из цилиндра на величину хода, осуществляя подъем руки манипулятора.

При отключении давления масла и выключении подачи сжатого воздуха поршни 5 и 6 сходятся, вытесняя масло из внутренней полости цилиндра через сверления в штоке 8: осуществляется быстрое опускание руки манипулятора. Пружина 7, перемещая поршень 5, способствует увеличению скорости движения пиноли 1. В конце хода поршня 6 радиальные отверстия в его штоке 8 перекрываются втулкой 9; происходит торможение пиноли 1 перед установкой ее на упор.

На рис. 3, лист 27 показана конструкция механизма выдвижения упора, ограничивающего ход руки манипулятора ПР типа СМ40Ц. Упор представляет собой телескопический пневмоцилиндр 1, закрытый с двух сторон крышками 2 и 3, которые прикреплены к гильзе цилиндра стяжками 4. Поршни 5, последовательно установленные во внутренней полости цилиндра, связаны между собой с помощью упоров 6, ограничивающих их перемещение. Величины ходов поршней соответствуют двоичным разрядам: при использовании в различных комбинациях восьми перемещений поршней обеспечивается 256 положений штока 7 в диапазоне от 0 до 255,5 мм с дискретностью, равной 0,5 мм. Дискретность перемещения штока 7 соответствует наименьшему ходу крайнего левого поршня, упор которого жестко связан с крышкой 2. Работа пневмоупора обеспечивается за счет включения в схему управления определенного числа электромагнитных золотников пневмораспределителя (см. схему управления).

Двухпозиционный пневмоцилиндр, конструкция которого показана на рис. 4, лист 27, используется в механизме поперечного смещения (сдвига) манипулятора ПР типа «Ритм-05».

Гильза 1 закрывается с двух сторон крышками 2 и 3, которые прикреплены винтами 4 к фланцам 5, и базируется по торцовой поверхности. Для крепления пневмоцилиндра на задней крышке 3 выполнен поперечный паз, а фланец 5 прижимается к основанию шпильками 6. Поршень 7 закреплен на штоке 8 гайкой 9 и перемещается до упора в крышки 2 и 3. Уплотнение штока и поршня осуществляется манжетами 10 и 11.

На рис. 1, 2 и 3, лист 28 показаны конструкции гидропневмоприводов угловых перемещений звеньев манипуляторов.

Неполноповоротный пневмодвигатель, конструкция которого показана на рис. 1, лист 28, предназначен для изменения углового положения подвижного звена в пределах от 0 до 270°.

В корпусе, состоящем из гильзы 1 с крышками 2 и 3, который закреплен при помощи фланца 4 на каком-либо базовом звене манипулятора, установлен на подшипниках качения 5 ротор 6 с лопастью. Ротор может вращаться в обоих направлениях до упора лопасти в неподвижный сектор 7, закрепленный на гильзе 1 корпуса. Через штуцеры 8 в одну из внутренних полостей пневмодвигателя, образованных лопастью ротора и сектором 7, подается сжатый воздух от пневмораспределительного устройства (на рисунке не показано). Противоположная полость пневмодвигателя связана при этом с атмосферой. В зависимости от того, какая полость подключается к давлению, ротор двигателя вращается до упора в ту или другую сторону. Места подвижных сопряжений лопасти с гильзой, а также ротора с крышками 2 и 3 уплотнены специальными манжетами. На фланце 9, к которому крепится поворотное звено манипулятора, установлен подвижный упор 10. Переставляя неподвижные упоры-винты 11, можно изменять угол и зону качания ротора. Через штуцер во фланце 4 и центральное отверстие, выполненное в роторе, сжатый воздух подводится к подвижному звену манипулятора.

Механизм поворота кисти руки манипулятора ПР «Циклон-5» с пневмоцилиндрами показан на рис. 2, лист 28.

В корпусе 1 механизма поворота, закрепленном при помощи фланца на заднем конце руки 2, установлен на подшипниках скольжения 3 и 4, вал 5, который соединен с кистью руки (на рис. 2 не показана). На вал 5 посажена шестерня 6, которая находится в зацеплении с рейкой, нарезанной на плунжере 7. Плунжер перемещается в направляю-

щей втулке 8 под действием штоков поршней 9 и 10 пневмоцилиндров 11 и 12, которые прикреплены к корпусу 1 перпендикулярно его оси.

В зависимости от того, в какие полости пневмоцилиндров подается от пневмораспределителя сжатый воздух, их поршни перемещаются в том или ином направлении, толкая штоками плунжер 7. Регулируемые упоры 13 и 14 позволяют установить необходимые зону и угол поворота вала 5. Подвод и отвод воздуха осуществляется через шланги, которые присоединяются к штуцерам 15 и 16.

На рис. 3, лист 28 показана конструкция механизма поворота (качания) кисти руки манипулятора с гидроцилиндром 1 двустороннего действия.

Поршни 2 закреплены с двух сторон на штоке-рейке 3. Свободные концы штока выполнены в виде плунжеров 4, которые в крайних положениях поршней входят в калиброванные отверстия в крышках 5 гидроцилиндра 1. Масло, вытесняемое плунжерами 4, проходит через дроссели 6 в сливное отверстие 7, создавая эффект торможения. Впуск масла в гидроцилиндр осуществляется через обратные клапаны 8. Для предотвращения утечки масла на поршни 2 надеты манжеты 9, закрепляемые кольцом 10.

Шток-рейка 3 зацепляется с шестерней 11, которая закреплена на полом вала 12 механизма кисти руки манипулятора. С валом связан подвижный упор 13, регулируя который, можно изменять зону и угол качания кисти руки.

На рис. 4, лист 28 показана конструкция блока торможения движения механизма привода ПР «Циклон-3Б» с пневмоцилиндром.

Пневматическое тормозное устройство двустороннего действия смонтировано в корпусе пневмоцилиндра 1 привода руки манипулятора. Устройство состоит из золотникового распределителя 2 выдвижного типа, блока дросселей 3, обратного клапана 4, блока бесконтактных датчиков 5 начала торможения, электромагнитного пневмораспределителя 6 и ресивера 7.

При движении руки вперед сжатый воздух из сети через обратный клапан 4 пневмораспределительного устройства поступает в поршневую полость цилиндра 1. Начало движения соответствует утопленному в корпусе положению штока 8 золотникового распределителя 2. В начальный период перемещения поршня шток 8 освобождается и занимает крайнее левое положение. При этом воздух начинает поступать в поршневую полость цилиндра 1 через канал А золотника, минуя обратный клапан 4. При движении поршня воздух из штоковой полости цилиндра 1 вытесняется через канал Б другого золотника 9 в ресивер 7.

При подходе поршня в крайнее положение специальный упор (на рисунке не показан) утапливает шток 9 золотника, перекрывая канал Б и направляя поток воздуха через один из дросселей 3. Дросселями регулируется интенсивность торможения поршня пневмоцилиндра 1 в крайних положениях при прямом и обратном ходах.

Контроль конечного положения поршня осуществляется датчиками 5, флажки которых связаны со штоком 10, также перемещаемым упором. Сигнал от датчиков 5 поступает в устройство программного управления, переключающее электромагниты пневмораспределителя 6.

При движении поршня пневмоцилиндра в обратном направлении цикл работы тормозного устройства аналогичен. Однако упор в этом случае воздействует на шток 8 золотника 7, а воздух поступает в штоковую полость цилиндра 1 через канал Б и вытесняется из его поршневой полости через канал А.

На листе 29 показана конструкция механизма привода поворота руки манипулятора ПР 3388.

Механизм поворота смонтирован в корпусе 1, в котором на подшипниках качения 2 установлен вал с шестерней 3, находящейся в постоянном зацеплении с рейками 4. Внутри вала-шестерни 3 установлен шлицевой вал 5, который соединяется с втулкой механизма подъема.

На рейках 4 смонтированы поршни 6 и 7 гидроцилиндра 8 и пневмоцилиндров 9 соответственно. Соединение поршней со штоками и гильзами цилиндров уплотняется манжетами 10 со стороны рабочих поверхностей поршней 6, имеющих гидродемпферы 11. В крышках 12 цилиндров установлены валики 13, имеющие четырехгранный хвосток

вик под ключ. Шлицевая часть валиков входит во втулки 14, которые при повороте валиков перемещаются по резьбе. Втулки 14 имеют проточки для демпферов 11. Вращением валиков 13 изменяется положение втулок 14, т. е. ход поршней 6 и 7, а вместе с ними и угол поворота руки манипулятора. Кроме того, в крышках 12 установлены дроссели 15, которые позволяют изменять скорость при торможении. Обратные клапаны 16 предназначены для подачи масла в рабочие полости гидроцилиндров 8. Механизм поворота приводится в действие пневмогидравлическим преобразователем (на листе 29 не показан). Масло подводится в рабочие полости гидроцилиндров 8. При этом, если к одной полости подведено масло с рабочим давлением, то соответствующая полость другого гидроцилиндра соединяется со сливом. Под действием усилия, возникающего на одном из поршней 6, он перемещается из одного крайнего положения в другое, осуществляя поворот вала 5. Поршень 6 другого цилиндра при этом принудительно перемещается до упора во втулку 14. При входе демпфера 11 в отверстие втулки 14 происходит постепенное закрытие щели и осуществляется торможение всего механизма. При подаче масла в рабочую полость другого цилиндра вращение вала 5 реверсируется.

Пневмоцилиндры 9 предназначены для автоматического выбора зазора в зубчато-реечной передаче под действием усилия, возникающего на поршнях 7. Для этого рабочие полости пневмоцилиндров 9 постоянно соединены между собой и с блоком подготовки воздуха, поступающего из сети (см. принципиальную пневмогидравлическую схему на листе 29).

Конструкция механизма подъема и поворота руки манипулятора ПР ПРЦ-1 с пневмоприводами показана на листе 30.

Механизм имеет жесткую несущую конструкцию, которая состоит из неподвижной траверсы 1, установленной на четырех колоннах 2. Неподвижная траверса 1 имеет центральное отверстие с установленной в нем направляющей втулкой 3. Колонны 2 жестко крепятся на раме 4 с помощью прижимных крышек 5. На неподвижной траверсе 1 установлены также два пневмогидравлических преобразователя 6 механизма поворота 19, конструкция которого была показана на листе 29. По колоннам 2, как по направляющим, перемещается подвижная траверса 7, на которой в конических роликоподшипниках 8 установлен поворотный шток 9. Сверху смонтирована платформа 10, на которой устанавливаются различного исполнения руки, а снизу — втулка 11, соединяющаяся со шлицевым валом 12 механизма поворота.

Подвижная траверса 7 перемещается двумя пневмоцилиндрами 13. При подъеме траверсы 7 в конце хода штока цилиндра 13 автоматически осуществляется ее торможение. При опускании траверсы 7 соприкасается с регулировочным винтом 14 цилиндра торможения 15 и вместе со штоком этого цилиндра движется вниз до упора в крышку 5.

Регулировка угла поворота платформы 10 выполняется следующим образом: на центральном штоке 9 закреплен рычаг 16, который может поворачиваться в пределах установленного угла, настраиваемого винтами 17 относительно кронштейнов 18; кронштейны переставляются по направляющим пазам и крепятся винтами.

На листе 31 показана конструкция механизмов руки и кисти со схватом манипулятора ПР типа «Ритм-01» с пневмоприводами прямолинейного и вращательного движений. Корпус руки выполнен в виде двух последовательно соединенных между собой цилиндров 1 и 2. К фланцу 3, прикрепленному к заднему торцу цилиндра 1, подведены воздушные трубопроводы 4 для пневмоприводов механизма руки, кисти и схвата. Поршень 5 пневмоцилиндра 1 привода качания в вертикальной плоскости кисти 6 связан со штоком 7, который присоединен к обойме шариковой муфты 8. Шариковая муфта дает возможность передать усилие от перемещающегося вдоль оси штока 7 на тягу 9, которая, кроме того, поворачивается вокруг своей оси вместе с кистью 6. Тяга 9 жестко связана с рейкой 10 зубчато-реечного механизма качания кисти. В зависимости от подачи сжатого воздуха в ту или другую полость цилиндра 1 направление качания меняется. В штоковую полость цилиндра 1 встроен гидравлический демпфер 11, представляющий собой гидроцилиндр двустороннего действия, поршень 12 которого перемещается вместе со штоком 7. В обе полости гидроцилиндра за-

лито масло, которое переливается при движении поршня из одной полости в противоположную через калиброванное отверстие в поршне 12, демпфируя при этом колебания штока.

Вращение кисти 6 относительно продольной оси выполняется при помощи неполноповоротного пневмодвигателя 13, установленного во внутренней расточке цилиндра 2. Подача сжатого воздуха в одну из рабочих камер пневмодвигателя 13 осуществляется через штуцеры 14. Ротор 15 пневмодвигателя связан эвольвентным шлицевым соединением с установленным в подшипниках 16 шпинделем 17, к фланцу которого привернута кисть 6. Противоположный конец ротора 15 с помощью шлицевого соединения связан с ротором гидравлического демпфера 18. Гидродемпфер представляет собой неполноповоротный гидродвигатель, в который залито масло, переливающееся из одной полости в другую через калиброванное отверстие в лопасти 19. Движение поворота кисти ограничено упорами 20, на которые воздействуют шарики 21, размещенные в определенном количестве в круговом пазу на фланце 22.

На переднем фланце кисти 6 закреплен пневмоцилиндр 2 одностороннего действия для привода механизма схвата. Шток 23 поршня пневмоцилиндра связан при помощи кулисно-рычажного механизма 24 с зажимными губками 25 схвата.

В верхней части цилиндров 1 и 2 укреплена зубчатая рейка 26 механизма осевого перемещения руки манипулятора (на листе 31 не показан). От попадания пыли и грязи механизмы руки манипулятора защищены гофрированным щитком 27.

На листе 32 показаны различные варианты конструкции гидроприводов линейных перемещений звеньев манипуляторов с электрогидравлическим шаговым двигателем (ЭГШД).

Комплектный ЭГШД 1 крепится с помощью фланца на корпусе 2 зубчатого редуктора, шестерня 3 которого установлена непосредственно на роторе двигателя, а колесо 4 — на шейке ходового винта 5. Шестерня 3 своим торцом взаимодействует с тормозным устройством: гидромеханическим (исполнения 1 и 2) или электромагнитным (исполнение 3). Исполнения 1 и 2 отличаются друг от друга установкой ЭГШД (левой или правой).

Гидромеханическое тормозное устройство (исполнения 1 и 2) состоит из двух плунжеров 6 и 7, воздействующих на плечи рычага 8, который при повороте относительно своей оси входит во впадины между зубьями на торце шестерни 3. Поворот рычага 8 осуществляется под действием пружины 9, выдвигающей плунжер 6 и таким образом фиксирующей шестерню 3. При подаче масла под давлением в рабочую полость плунжера 7 рычаг 8 устанавливается в среднем положении, при котором шестерня 3 остается свободной.

Электромагнитный тормоз (исполнение 3) представляет собой фрикционную муфту, чашка 6 которой прикреплена к торцу шестерни 3, а катушка 7 с дисками жестко связана фланцем 8 с корпусом 2. При отключении катушки 7 диски сжимаются под действием пружин 9, затормаживая шестерню 3. При включении катушки диски расжимаются под действием электромагнитного поля и, сжимая пружины 9, растормаживают шестерню 3.

В исполнении 1 и 2 ходовой винт 5 установлен на радиальных и упорных подшипниках 14 с предварительным натягом, обеспечивающим высокую осевую жесткость механизма. Шариковая гайка 15, состоящая из двух полугаек, также установлена на винте с предварительным натягом. Гайка смонтирована в корпусе 16, который крепится к подвижному звену манипулятора.

Исходное угловое положение ходового винта контролируется бесконтактным датчиком 17.

В исполнении 3 ходовой винт 5 установлен на радикальных и упорных подшипниках 10 с предварительным натягом. Шариковая гайка 11, состоящая из двух полугаек, установлена на винте. Гайка смонтирована в корпусе 12. Исходное угловое положение ходового винта контролируется бесконтактным датчиком 13.

На рис. 1, лист 33 показана конструкция механизма уравнивания руки манипулятора ПР типа «Универсал-15» с пневмоцилиндром.

Рука 1 манипулятора совершает качательное движение в верти-

кальной плоскости относительно оси цапфы 2 под действием винтового механизма 3 привода качания. На основании 4 закреплен дополнительный кронштейн 5, в цапфах 6 которого установлен качающийся пневмоцилиндр 7 двустороннего действия. Шток 8 поршня цилиндра шарнирно связан с рычагом 9, закрепленным на оси 10, которая привернута винтами к базовой поверхности руки 1 манипулятора параллельно оси ее качания.

При движении руки в полости пневмоцилиндра подается сжатый воздух. Шток 8 выдвигается и действует на рычаг 9, который при этом стремится повернуть руку относительно оси цапфы 2 в направлении ее подъема, разгружая механизм 3 привода качания. При опускании руки усилие, действующее на шток пневмоцилиндра, уравнивает силу тяжести руки вместе с закрепленной в ее схвате деталью, также разгружая привод качания.

Механизм уравнивания руки манипулятора ПР типа М20П, показанный на рис. 2, лист 33, предназначен для уменьшения нагрузки на двигатель подъема, что позволяет уменьшить его размеры и массу, а также повысить частоту включения.

Уравнивающее устройство крепится на верхней плите 1 механизма вертикального перемещения руки и включает в себя пневмоцилиндр 2, предохранительный клапан 3 со встроенным глушителем, а также глушитель 4, установленный в бесштоковой полости пневмоцилиндра 2. Шток 5 пневмоцилиндра 2 соединен с помощью шарнира 6 с передней частью корпуса 7 механизма выдвижения руки.

Давление сжатого воздуха, заполняющего цилиндр 2 при движении руки вверх, обеспечивает разгрузку шариковой винтовой пары и электродвигателя механизма подъема от веса механизма выдвижения руки. При перемещении руки вниз сжатый воздух выпускается из цилиндра 2 через предохранительный клапан 3 со встроенным глушителем. При этом глушитель 4 работает как воздушный фильтр и очищает атмосферный воздух, которым заполняется бесштоковая полость пневмоцилиндра 2.

2.5. ЗАХВАТНЫЕ УСТРОЙСТВА ПРОМЫШЛЕННЫХ РОБОТОВ

Захватные устройства (ЗУ) ПР предназначены для базирования и удержания объекта в определенном положении при манипулировании.

Признаки, по которым классифицируют хватные устройства, приведены в табл. 1, лист 34, где показана классификационная схема.

Наиболее важной с технологической точки зрения является классификация ЗУ по характеру базирования объекта манипулирования. Центрирующие ЗУ определяют положение оси или плоскости симметрии объекта (заготовки, детали, инструмента и т. д.) при установке в зажимное приспособление, накопительное устройство или рабочий орган станка. Среди центрирующих наиболее многочисленна группа механических зажимных ЗУ, оснащенных кинематически связанными рабочими элементами схвата в виде губок, кулачков, призм и т. д. Центрирующими могут быть и ЗУ с эластичными камерами, деформируемыми под действием давления воздуха в их внутренних полостях.

Базирющие ЗУ определяют положение установочной поверхности (или поверхностей) объекта манипулирования, что характерно для поддерживающих и некоторых зажимных типов ЗУ. Фиксирующие ЗУ сохраняют положение объекта манипулирования, которое тот имел в момент захватывания.

Если требуется обеспечивать перебазирование объекта манипулирования, то ЗУ должно иметь автономно управляемое перемещение каждого его рабочего элемента. Таким свойством обладают ЗУ с многозвенными шарнирными пальцами, снабженными сенсорными устройствами. Однако ЗУ, перебазирющие объект манипулирования при его захватывании, не имеют пока промышленного применения из-за сложности конструкции и управления.

При выборе типа ЗУ для ПР необходимо в качестве исходных данных учитывать: 1) тип и конструкцию основного и вспомогательного технологического оборудования (например, станков, накопительных или транспортных устройств и т. д.), обслуживаемых данным ПР; 2) характеристики объекта манипулирования; 3) тип и конструкцию самого ПР; 4) особенности технологического процесса, выполняемого робототехническим комплексом.

В табл. 2, лист 34 приведены наиболее распространенные конструкции ЗУ, определяемые типом объектов манипулирования (заготовки или детали), а также характером их базирования при захватывании. Показанные в таблице конструктивные схемы различаются типами привода, исполнительными механизмами и рабочими элементами-схватками.

В зависимости от формы и габарита объектов манипулирования ЗУ могут быть различных типоразмеров: 1) для коротких тел вращения (типа фланцев) диаметром до 160, 200, 250 и 315 мм (массой от 10 до 40 кг); 2) для длинных тел вращения (типа валов) диаметром до 60, 80, 100 и 160 мм (с массой от 10 до 160 кг); 3) для призматических (корпусных) изделий размером до 160, 250 и 400 мм (с массой от 10 до 40 кг) и т. д.

Конструкция ЗУ определяется двигателем привода исполнительного механизма, преобразующего движение привода в необходимое перемещение рабочих элементов схвата. В ЗУ используют различные исполнительные механизмы для преобразования с определенным отношением линейного или углового движения выходного звена привода в поступательное или вращательное перемещение рабочего элемента.

При этом можно выделить две группы исполнительных механизмов: 1) с постоянным коэффициентом передачи рабочего усилия, не зависящим от положения схвата; 2) с переменным коэффициентом передачи усилия в зависимости от положения схвата. Преимуществом исполнительных механизмов с переменным передаточным отношением является возможность достижения больших усилий зажима. Однако наибольшие усилия достигаются обычно лишь в узком диапазоне рабочих перемещений.

В связи с этим для обеспечения надежного удержания объектов манипулирования при широком диапазоне их размеров необходимо использовать в ЗУ исполнительные механизмы с постоянным передаточным механизмом (например, зубчато-реечные, винтовые, некоторые рычажные и др.) или предусматривать переналадку исполнительных механизмов с переменным передаточным отношением (например, рычажного типа).

В табл. 3, лист 34 приведены кинематические схемы некоторых ЗУ и значения коэффициента передачи $k=P/F$, где P — тяговая сила на приводе; F — сила зажима в функции основных геометрических параметров исполнительных механизмов и положений схвата (при переменном коэффициенте передачи усилия).

Конструктивно места крепления сменных ЗУ на кисти руки манипулятора выполняют в виде фланца с центрирующей расточкой и крепящими резьбовыми отверстиями вокруг нее. Такая конструкция места крепления ЗУ является наиболее простой и универсальной.

С целью унификации конструктивных элементов стандартизованы присоединительные размеры фланцевых мест крепления, а также диаметры цилиндрических хвостовиков ЗУ для ПР в машиностроении.

Грузоподъемность захватных устройств должна соответствовать одному из значений следующего ряда: 0,63; 1,25; 2,5; 5; 10; 20; 40; 80; 160; 250; 500 и 1000 кг.

На рис. 1 и табл. 4 (лист 34) даны присоединительные размеры мест крепления на фланцах сменных ЗУ. В табл. 5 приведены допустимые крутящие и изгибающие моменты в местах крепления сменных ЗУ.

На рис. 2 показано крепление быстросменных ЗУ, а в табл. 6 приведены допустимые осевые нагрузки в местах крепления этих ЗУ. Конструкция хвостовика быстросменных ЗУ показана на рис. 3; основные размеры данных хвостовиков приведены в табл. 8. На рис. 4 показана конструкция гнезда для установки быстросменных ЗУ, а в табл. 7 основные размеры посадочных гнезд.

На листе 35 показаны два варианта унифицированных конструкций однопозиционных схватов для изделий типа гладких и ступенчатых валов, имеющих широкий диапазон изменения диаметров (рис. 1, 2). Рассматриваемые варианты конструкции, отличающиеся наибольшими осевыми размерами захватываемых изделий, обеспечивают их центрирование независимо от диаметра. Высокая стабильность установки (0,05...0,07 мм) достигается за счет профилирования губок схвата.

Две пары рычагов 1, выполненных заодно с зажимными губками, свободно установлены на своих осях 2. На рычагах нарезаны зубчатые секторы, входящие попарно в зацепление с рейками 3, которые связаны между собой рычагами 4, образующими шарнирный параллелограмм. Шарнирный параллелограмм обеспечивает независимую работу каждой пары зажимных рычагов 1, что необходимо для захватывания и центрирования ступенчатых валов диаметром от 40 до 90 мм и длиной до 250 для схвата первого исполнения, а для второго исполнения — диаметром от 40 до 100 мм и длиной 500 мм. Место соединения тяги 5 с гнездом, выполненным во втулке 6 привода зажима и разжима схвата, а также байонетное соединение хвостовика 7 схвата с головкой шпинделя 8 кисти руки унифицированы.

Предусмотрены два исполнения унифицированного захватного устройства: сменное и быстросменное. В сменном захватном устройстве (рис. 1) хвостовик 7 крепится к шпинделю 8 кисти руки при помощи байонетного замка 9, накидного рычага 10 с резьбой и гайки 11. В быстросменном захватном устройстве (рис. 2) применяется только байонетное крепление 9, которое может быть использовано и при автоматической смене схвата. При установке хвостовик 7 вводится в гнездо с одновременным отжимом фиксатора 10, который при повороте схвата на 90° входит под действием пружины в отверстие во фланце.

На листе 36 показаны варианты конструкции унифицированных захватных устройств, оснащенных встроенными датчиками касания пружинно-рычажного типа. Схват (исполнение 1, рис. 1) предназначен для деталей типа дисков и фланцев.

В отличие от захватных устройств, показанных на листе 35, данный схват имеет только одну пару губок 1, зажим и разжим которых осуществляется за счет осевого движения тяги 2 с жестко связанной с ней зубчатой рейкой 3. Рейка находится в зацеплении с зубчатыми секторами, нарезанными на рычагах зажимных губок. К тыльной стороне каждой из губок прикреплены плоские пружины 4, противоположные концы которых жестко связаны с рычагами 5. Под действием пружин рычаги 5 поворачиваются до упора выступающей части в рычаги зажимных губок 1. При этом упоры 6 нажимают на конечные выключатели 7. Если губка 1 коснется какого-либо препятствия (например, корпуса станка), то пружина 4 немного прогнется и повернет рычаг 5 так, что его выступ выйдет из соприкосновения с рычагом губки 1, а упор 6 освободит контакт конечного выключателя 7; движение манипулятора при этом блокируется. Кожух 8 предохраняет механизм схвата от стружки и грязи.

Захватное устройство, показанное на рис. 2, лист 36 (исполнение 2), предназначено для деталей типа валов. С целью автоматического обнаружения очередной детали, размещенной в приспособлении, схват оснащен специальным датчиком касания рычажного типа. На корпусе 1 захватного устройства установлен кронштейн 2, к которому прикреплен планка 3 с микровыключателем 4. На планке шарнирно установлены рычаг 5 и тяга 6 с упором 7, который воздействует на микровыключатель 4. При касании рычагом 5 детали он поворачивается на небольшой угол и перемещает тягу с упором вверх, размыкая при этом микровыключатель. Возврат рычага 5 происходит за счет пружины 8.

На листе 37 показаны варианты конструкций двухпозиционных центрирующих захватных устройств для деталей типа ступенчатых валов. Такие захватные устройства сокращают длительность цикла установки заготовки и снятия обработанной на станке детали, выполняемого при смене позиций схватов.

Захватное устройство, показанное на рис. 1 (исполнение 1), предназначено для заготовок и деталей типа ступенчатых валов с широким диапазоном изменения размеров по диаметру и длине.

Схват 1 с заготовкой, которая зажата губками, сомкнутыми под действием пружины 3, находится в позиции I. При этом губки другого схвата 2, находящегося в позиции II, разомкнуты под действием толкателя 4, который связан с гидроприводом (на листе 37 не показан). При движении вниз толкатель, сжимая возвратную пружину 5, воздействует на шток 6, к которому подвижно присоединены рычаги 7 шарнирного параллелограмма вместе с зубчатыми рейками 8. Рейки 8 находятся в зацеплении с зубчатыми секторами 9, которые прикреплены к рычагам схватов 1 и 2. Такое устройство обеспечивает независимую работу каждой пары губок при захватывании и зажиме ступенчатых валов.

В рабочей позиции станка губки схвата 2 сжимаются под действием пружины 5 (при отключении давления в гидроприводе), захватывая обработанную деталь. После освобождения детали из патрона или центров станка включается золотник гидропривода поворота схватов, который состоит из двух параллельно работающих гидроцилиндров 10.

Штоки-рейки 11 гидроцилиндров находятся в зацеплении с зубчатыми секторами 12, которые прикреплены к корпусу 13. При движении штока-рейки 11 корпус 13 вместе с установленными в нем на осях 14 губками схватов 1 и 2 поворачивается так, чтобы схват 1, находящийся в позиции I, переместился в позицию II. В этой позиции после зажима заготовки в патроне выключается гидропривод схвата, который через толкатель 4 воздействует на шток 6 и прижимает губки. Затем манипулятор перемещает кисть руки с захватом в позицию разгрузки, в которой обработанная деталь, находящаяся в схвате 2, освобождается после того, как схват 1 захватит очередную заготовку. Смена позиций схвата осуществляется при изменении направления движения штоков-реек 11 гидроцилиндров 10.

Конструкция двухпозиционного захватного устройства (исполнение 2) для деталей типа фланцев показана на рис. 2, лист 37. Схват 1 с заготовкой, зажатай его губками под действием пружин 3, находится в позиции I. Схват 2, находящийся в позиции II, разжимается под действием толкателя 4 гидроцилиндра (на рисунке не показан), сжимающего при движении вниз возвратную пружину 5. Вместе с толкателем 4 перемещается, сжимая пружины 3, шток 6, на котором закреплены зубчатая рейка 7. Рейка 7 находится в зацеплении с зубчатыми секторами, нарезанными на цилиндрической части рычагов схвата. При отключении давления в гидроцилиндре толкатель 4 под действием пружины 5 перемещается влево, освобождая шток 6, который, находясь под действием пружины, также перемещается вверх, сжимая губки схвата.

Смена позиций схватов производится при вращении шпинделя 8 от отдельного привода механизма кисти руки (на листе 37 не показан) через коническую шестерню 9 и зубчатый сектор 10, который жестко закреплен на корпусе 11. При вращении шпинделя 8 корпус 11 поворачивается относительно оси 12 на угол 90° в необходимом направлении. Контроль зажима губок схвата 2 осуществляется датчиком 13 рычажного типа, который воздействует на микровыключатель 14.

Конструкция захватного устройства с пневмоприводом, применяемого в ПР М40П для деталей фланцевого типа, показана на листе 38.

Схват оснащен тремя плоскими губками 1, закрепленными на рычагах 2 под углом 120° относительно друг друга. Привод губок захватного устройства — пневматический. Воздух из заводской пневмосети подается в коробку пневмозолотников 3 и через пневмоклапан 4 быстрого выхлопа в одну из полостей пневмоцилиндра 5: правую — при зажиме, а левую — при разжиме детали. Поступательное перемещение штока 6 пневмоцилиндра преобразуется при помощи рычага 7 и шарнирных параллелограммов 8 в радиальное (по отношению к зажимаемой детали) движение рычагов 2 левой и верхней губок. Привод правой нижней губки 2 осуществляется при помощи пары зубчатых колес 9, 10 и шарнирного параллелограмма 11. Введение в кинематические цепи шарнирных параллелограммов обеспечивает сохранение углового положения рычагов 2 зажимных губок, центрирующих деталь при ее зажиме.

Оси поворотных рычагов закреплены в верхней 12 и нижней 13 параллельных плитах, которые связаны между собой планками 14, обра-

зующими жесткий каркас. Каркас с зажимными губками крепится к основанию 15 при помощи трех стержней 16 и пружин 17, компенсирующих погрешности позиционирования схвата с заготовкой при установке ее, например, в патрон станка.

Крепление схвата к механизму кисти руки осуществляется при помощи кронштейна 18. При недопустимой деформации кронштейна (например, при упоре схвата в какое-либо препятствие) подпружиненный упор 19 нажимает на конечный микровыключатель 20, который подает аварийный сигнал в устройство управления ПР. Электрокабель подключается через разъем 21.

Контроль состояния зажима или разжима деталей губками схвата осуществляется соответственно датчиками 22 и 23. Датчики представляют собой конечные микровыключатели, на которые воздействуют плоские пружины, упирающиеся в рычаг шарнирного параллелограмма 11.

На листе 39 показана конструкция центрирующего схвата с гидроприводом для деталей типа валов диаметром от 40 до 250 мм и массой до 160 кг. Данный схват применяется в ПР типа СМ160Ф2, предназначенном для обслуживания токарных станков с ЧПУ. Схват выполнен с двумя парами зажимных рычагов и автономными приводами, обеспечивающими возможность центрирования и зажима ступенчатых валов, шейки которых имеют разные диаметры.

Каждая пара рычагов 1 с прикрепленными к ним плоскими губками 2 имеет направляющие пазы, обеспечивающие радиальное (по отношению к зажимаемой детали) перемещение губок. Центрирование и закрепление детали осуществляется за счет ее прижима к нижнему торцу штока 3, имеющего вертикально расположенный направляющий паз. Шарнирные соединения рычагов 1 и штока 3, а также опоры для их направляющих пазов выполнены в виде вращающихся на подшипниках 4 валов 5. Корпус 6, в котором установлены валы 5, а также приводные валы-шестерни 7 и 8 для каждой пары рычагов, прикреплен к боковой поверхности корпуса 9 схвата. В корпусе 9, который крепится к фланцу 10 кисти руки, размещены гидромоторы 11 с червячными редукторами механизма зажима и разжима схвата. Вал червяка 12 установлен подвижно в осевом направлении и прижимается к его левой опоре пружиной 13. К свободному концу вала червяка прикреплен рычаг 14, второе плечо которого упирается в подпружиненный толкатель 15. При превышении осевой нагрузки, на червяке усилие предварительно сжатой пружины 13 вал червяка 12 смещается вправо, и

рычаг 14 нажимает на конечный микровыключатель 16, который дает сигнал на отключение гидромотора 11. Самотормозящая червячная передача надежно фиксирует положение зажимных рычагов при зажиме детали.

Червячные колеса 17 редуктора установлены на радиально-упорных подшипниках в корпусе 9 и соединены шпонками с валами-шестернями 7, которые вращаются на подшипниках в корпусах 6. Вал-шестерня 7 каждой пары зажимных рычагов находится в зацеплении с рейкой, нарезанной на штоке 3. Для уравнивания действующих сил используется дополнительный вал-шестерня 8, которая зацепляется с рейкой на другой стороне штока 3. Валы-шестерни 7 и 8 одновременно зацепляются с зубчатыми рейками, нарезанными на рычагах 1. На свободных концах валов 7 и 8 закреплены упоры 18, которые при достижении исходного положения рычагов при разжиме детали нажимают на конечные микровыключатели 19, отключающие гидропривод.

На листе 40 показана конструкция двухпозиционного захватного устройства с гидроприводом для деталей типа фланцев или дисков большого диаметра (от 400 до 500 мм) с массой до 80 кг. Схват применяется в ПР типа МА80Ц, предназначенном для обслуживания тяжелых токарных станков с ЧПУ. В корпусе 1 с обеих сторон выполнены по две направляющих, в которых перемещаются ползушки 2 призматической формы, прижимаемые планками 3. К ползушкам винтами прикреплены зубчатые рейки 4, которые попарно сцеплены с шестернями 5 и 6. Такое соединение обеспечивает встречное движение ползуна при перемещении одной из них при помощи штока 7 гидроцилиндра. Каждая пара ползушек, расположенных с одной стороны корпуса схвата, приводится от отдельного гидроцилиндра. С ползушкой жестко связана линейка 8 с закрепленной на ней сменной призматической зажимной губкой 9, имеющей рифления. Линейки 8 дополнительно опираются на прямолинейные направляющие, выполненные с двух сторон на корпусах 10 и 11, которые, соответственно снизу и сверху, прикреплены к корпусу 1. Переналадка захватного устройства на другой диапазон диаметральных размеров изделий осуществляется перестановкой зажимных губок 9 относительно линеек 8. Каждая пара зажимных губок, размещенных с одной стороны корпуса и имеющих автономный привод, образует рабочую позицию схвата. Одна из рабочих позиций применяется в качестве загрузочной для крепления заготовки, а другая — разгрузочной для крепления детали. Места рабочих позиций меняются при повороте схвата на 180° относительно вертикальной оси

вместе с кистью руки 12. К кисти руки крепится фланец с вилкой 13, на который на цапфах 14 установлен корпус 1 схвата. Шарнирная подвеска корпуса схвата позволяет компенсировать погрешность позиционирования кисти руки при установке заготовки в патрон станка и снятии обработанной детали. Регулировка углового положения корпуса 1 схвата относительно вертикальной оси осуществляется при помощи подпружиненного упора 15.

На рис. 1, лист 41 показана конструкция специального быстросменного схвата с поворотными зажимными губками для деталей типа тел вращения небольшого диаметра. Данный схват позволяет изменять положение детали при установке ее, например, из накопителя в патрон станка.

Хвостовик 1 схвата унифицированного типа крепится в шпинделе 2 кисти руки при помощи байонетного замка и фиксатора, который под действием пружины (на рис. 1 не показаны) входит в паз на фланце 3. В расточке корпуса 1 установлен поршень 4, который перемещается под действием тяги 5, связанной с головкой 6 механизма привода (на рис. 1 не показан). К поршню 4 с помощью пальцев крепятся рычаги 7 и 8 шарнирного параллелограмма, на длинном плече 9 которого на подшипниках установлен вал 10 с фланцем. К фланцу винтами крепятся сменные губки 11. В верхней части одного из рычагов 9 шарнирно установлен пневмоцилиндр 12, шток которого также шарнирно связан с валом 10. При выдвижении штока пневмоцилиндра вал 10 вместе с губкой 11 поворачивается на угол, определяемый ходом поршня. Установленное положение губок фиксируется.

На рис. 2, лист 41 показана конструкция магнитного захватного устройства специализированных погрузочно-разгрузочных и транспортных манипуляторов.

Захватное быстросменное устройство предназначено для мелких деталей плоской формы. Диск 1 с помощью фланца 2 устанавливается на хвостовике 3 кисти руки и крепится с помощью байонетного замка и планки 4. К диску 1 винтами прикреплен корпус 5 с магнитной плитой 6. Управление угловым перемещением постоянных магнитов, размещенных в корпусе 5, производится гидроцилиндрами 7 с зубчатой реечной передачей (на рис. 2 не показаны). Масло к гидроцилиндрам подается через штуцеры 8 и 9, которые закреплены на кронштейне 10 устройства 11 гидравлической разводки манипулятора.

Специализированные захватные устройства для сборочных ПР и манипуляторов рассмотрены в разделе 7.3.

Роликовые опоры (типа танкеток) серии P88

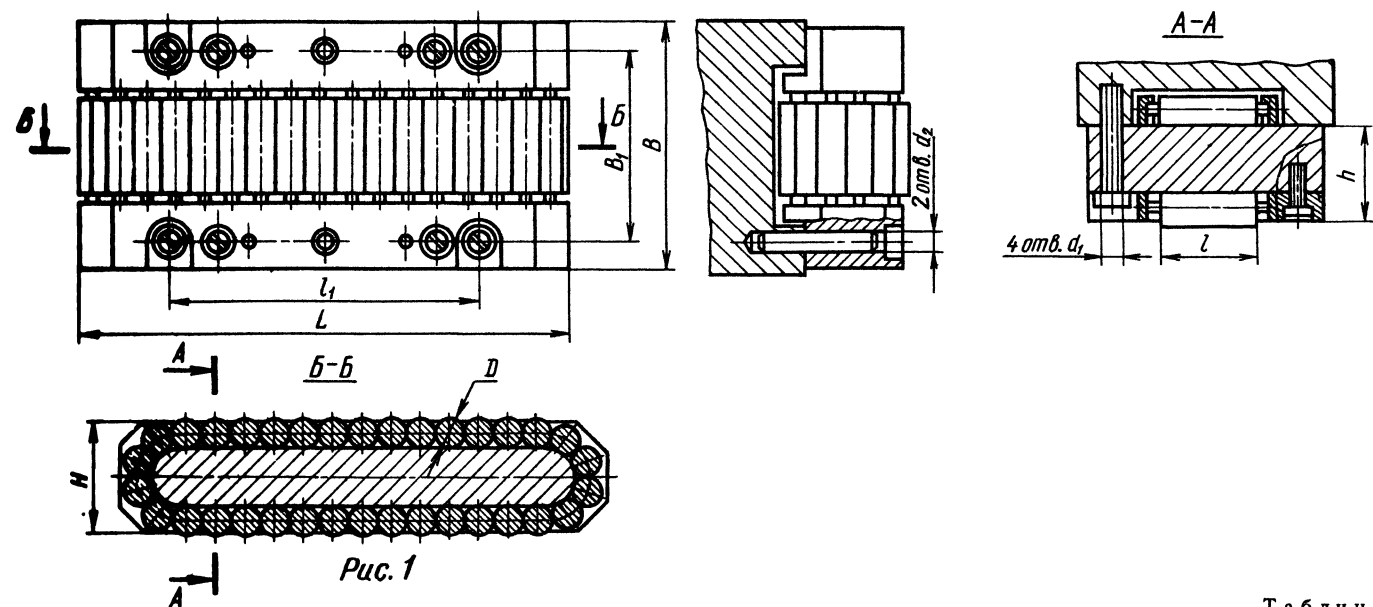


Таблица 1

Типоразмер	Размер, мм										Нагрузка, кН		Масса, кг
	L	B	H	h	D	B ₁	l	l ₁	d ₁	d ₂	F _д	F _с	
P88-101	75	42	22	16	6	34	14	44	5	4	4,08	2,5	0,4
P88-102	95	52	32	24	8	42	20	52	6	4	7,25	4,95	1
P88-103	135	66	39	29	10	52	25	80	7	5	14,5	10,5	2,3

Примечание. F_д — динамическая, F_с — статическая нагрузки.

Роликовые опоры (типа танкеток) унифицированной серии

Тип 01...06

Тип 07...08

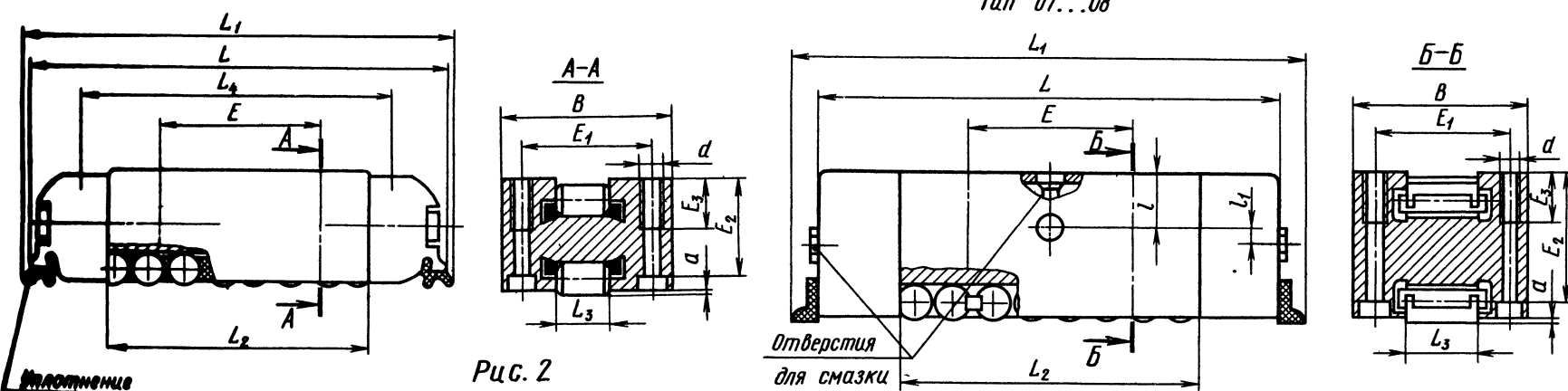


Рис. 2

Таблица 2

Тип	Размер, мм															Нагрузка, кН		Масса, кг
	H	L	B	L ₁	L ₂	L ₃	a	L ₄	E	E ₁	d	E ₂	E ₃	l	l ₁	F _д	F _с	
01	19	69	27	75	44	10	0,2	50	25,5	20,6	M4	15,5	6	—	—	365	330	0,162
02	26	86	40	92	53	14	0,2	63	28	30	M6	21	10	—	—	660	560	0,41
03	26	102	40	108	69	14	0,2	79	44	30	M6	21	10	—	—	830	750	0,525
04	26	126	40	132	93	14	0,2	103	68	30	M6	21	10	—	—	1060	1030	0,695
05	38	133	52	133	85	20	0,2	100	51	41	M8	31	14	—	—	1560	1330	1,27
06	38	206	52	206	158	20	0,2	172	102	41	M8	31	14	—	—	2650	2650	2,28
07	65	211	76	234	134	30	0,5	—	76	62	M10	55	22	26	34	4000	3450	7,5
08	85	281	104	303	185	40	0,5	—	101,5	82,5	M14	75	30	33	45	7300	6200	16

Рельсовые направляющие качения с шариковой подвижной кареткой

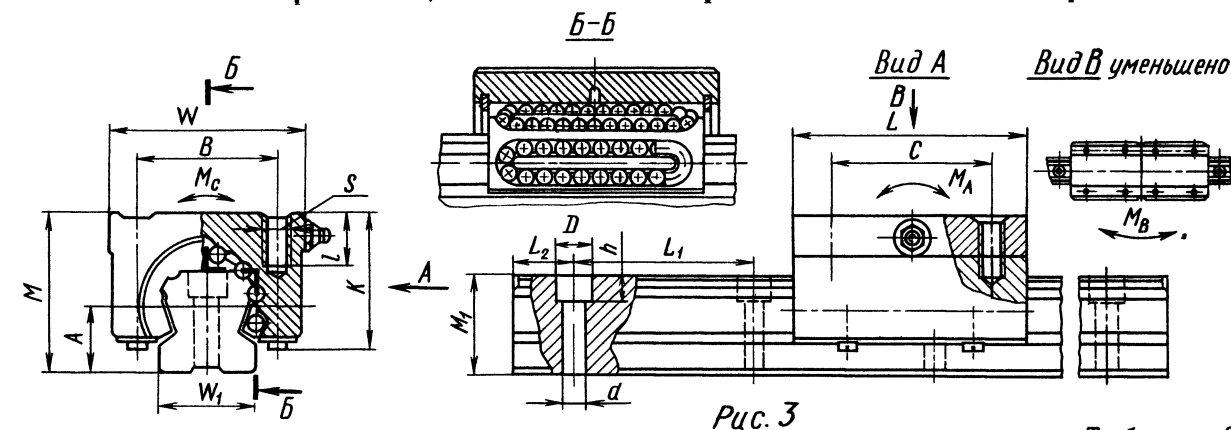


Таблица 3

Тип	Размер, мм												Нагрузка, кН		Момент, Н м			
	W	B	L	C	A	M	S×l	K	W ₁	M ₁	d/D×h	L ₁	L ₂	F _Д	F _С	M _А	M _В	M _С
N-20	48	35	62	35	17	37	M 6×12	29	23	23	6/9,5×7	60	20	7	9	177	149	64
N-25	60	40	73	40	20	45	M 8×16	35,5	28	28	7/11×9	80	20	11,6	14,4	367	326	12
N-30	70	50	83	50	25	55	M 8×16	42	34	34,5	7/11×9	80	20	17,2	20,4	520	453	21
N-40	86	60	102	60	32	70	M10×20	53	45	44,5	9/14×10	105	22,5	28,4	32,2	1156	999	45
N-50	100	75	115	75	32	80	M12×25	67	48	47,5	11/17,5×12	120	30	41,5	44	1619	1398	78
N-70	126	96	133	85	40	100	M12×25	85	63	62	14/20×15	150	35	59,1	61,6	3099	2681	152,8
N-85	156	120	165	110	50	125	M16×32	105	73	77	18/26×21	180	40	80,6	85	5262	4472	255,6
N-100	178	138	185	125	58	145	M20×40	122	90	90	22/32×25	210	40	11,2	143	7252	6280	506,6

Направляющие качения с шариковой втулкой серии P

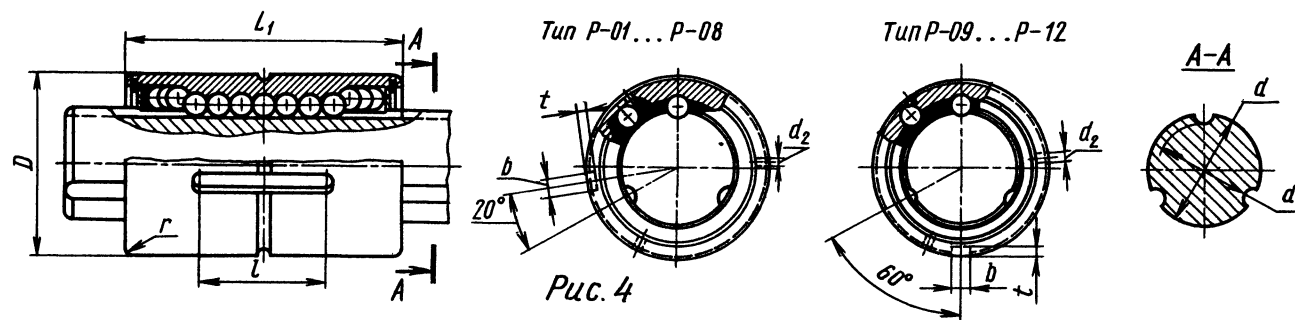


Таблица 4

Тип	Размер, мм									Нагрузка, кН		Момент T _с , Н·м
	d	d ₁	D	L	b	t	l	r	d ₂	F _Д	F _С	
P-03	10	8,5	21	33	3	1,5	10	0,5	1,5	1,5	2,2	6,6
P-04	13	11	24	36	3	1,5	12	0,5	1,5	1,8	2,7	10,5
P-05	16	14	31	50	3,5	2	14	0,5	2	3,2	4,7	2,3
P-06	20	17,5	35	63	4	2,5	25	0,5	2	5,4	7,9	4,7
P-07	25	22,5	42	71	4	2,5	32	0,5	3	7,3	10,8	8,1
P-09	40	36	64	100	4	2,5	38	0,5	3	8,3	12,3	11
P-08	30	27,5	47	80	6	3,5	46	0,5	4	14,9	22,0	26,4
P-10	50	45	80	125	8	4	50	1	4	21,6	31,9	47,9
P-11	60	55,5	90	140	12	5	55	1	5	25,2	37,3	67,1
P-12	80	74	120	160	16	6	60	2	5	36,9	54,6	131,0

Роликовые и шариковые направляющие

Лист 3

Направляющие качения с шариковой втулкой серии Н

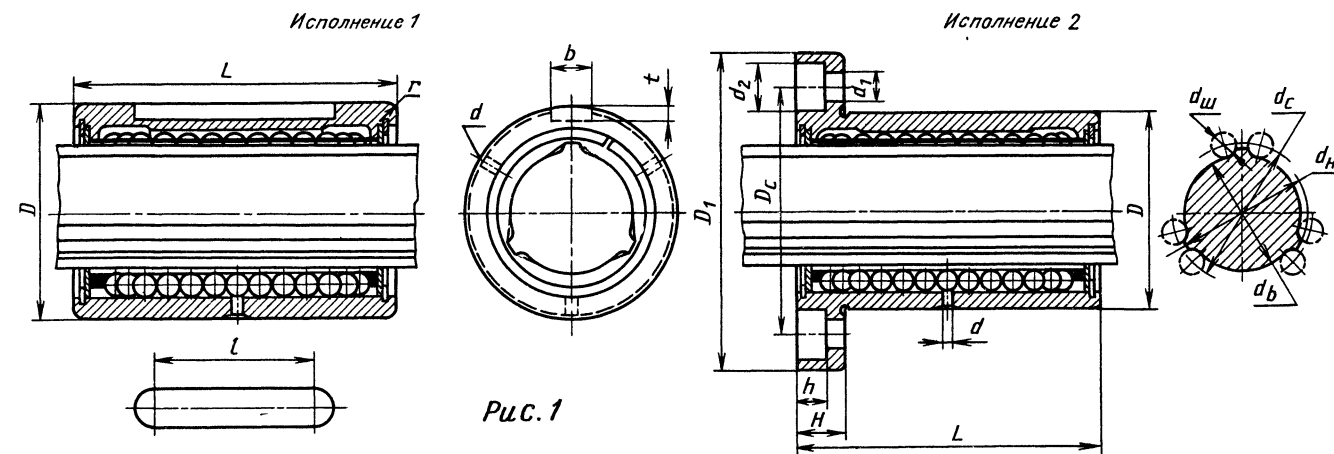


Таблица 1

Тип	Размер, мм														Момент, Н м		Нагрузка, кН		Масса, кг
	d_b	d_H	d_c	$d_{ш}$	D	L	b	t	l	d	H	r	D_c	$d_1/d_2 \times h$	T_D	T_C	F_D	F_C	
Н-2	11,7	14,5	15	2,381	23	40	3,5	2	16,5	2	7	2	32	4,5/8×4,4	27	45	3,9	5,1	0,06
Н-3	15,3	19,6	20	3,175	30	50	4	2,5	22	3	7	3	38	4,5/8×4,4	66	96	7,0	9,0	0,14
Н-4	19,5	24,2	25	3,969	37	60	5	3	28	3	9	3	47	5,5/9,5×5,4	137	188	11,6	14,4	0,25
Н-5	22,5	29,2	30	4,762	45	70	7	4	34	3	10	3	54	6,6/11×6,5	243	324	17,2	20,4	0,44
Н-6	31,0	39,4	40	6,350	60	90	10	4,5	45	4	14	4	70	3/14×8,6	534	684	28,4	32,2	1,0
Н-7	39,0	48,8	50	7,938	75	100	15	5	45	4	16	4	86	11/17,5×10,8	976	1170	41,5	44,0	1,7
Н-8	54,5	67,2	70	11,112	100	110	18	6	50	4	20	4	177	14/20×13	1944	2293	59,1	61,6	3,1
Н-9	67,0	82,0	85	11,906	120	140	20	7	60	5	22	5	138	16/23×15,2	3223	3834	80,6	85,0	5,5
Н-10	81,0	97,0	100	14,288	140	160	28	9	65	5	25	5	162	18/25×17,5	5268	7600	112,0	143,0	9,5

Направляющие качения с шариковой втулкой обычного исполнения

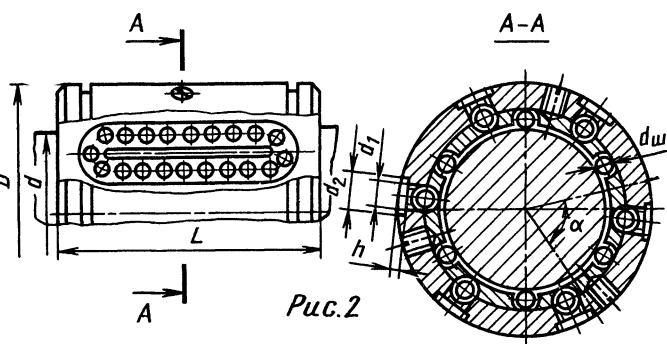


Таблица 2

Тип	Размер, мм										Нагрузка, кН
	d	D	$d_{ш}$	d_1	d_2	h	L	a	α		
28	45	3,000	M4	7,0	1,8	45	55	1,12			
32	52	4,000	M5	8,5	2,0	52	55	1,69			
36	56	4,000	M5	8,5	2,0	56	58	1,72			
40	65	4,763	M6	10,0	2,5	65	58	2,45			
50	78	5,556	M8	12,5	2,5	78	60	3,35			
60	96	7,000	M10	15,0	3,0	96	60	5,35			
80	120	8,731	M10	15,0	3,0	123	60	9,22			
100	150	11,113	M14	21,0	4,0	156	60	15			
125	190	14,288	M16	24,0	5,0	196	60	25			

Направляющие качения с шариковой втулкой серии 6-5108Л

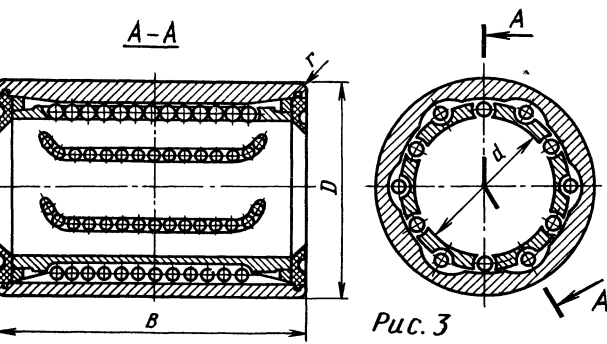
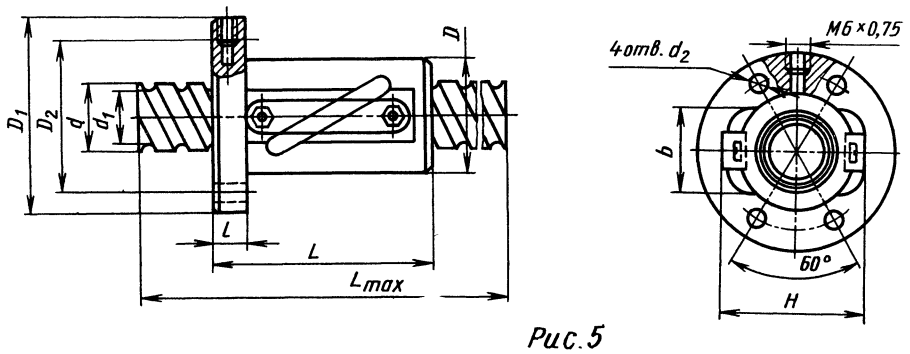


Таблица 3

Тип	Размер, мм				Нагрузка, кН
	d	D	b	r	
6-510804Л	20	32	45	0,2	0,52
6-510806Л	30	47	68	1,5	1,39
6-510808Л	40	62	80	0,5	2,73
6-510810Л	50	75	100	0,5	3,8
6-510812Л	60	90	125	0,5	5
6-510816Л	80	120	165	1,0	10,5



Передача винт-гайка качения

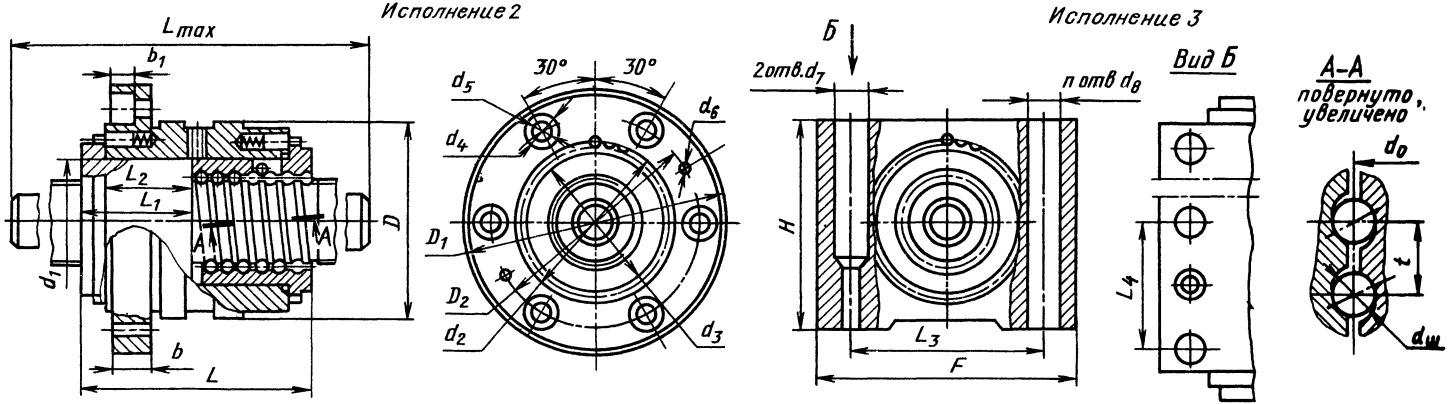


Рис. 4

Таблица 4

Типо-размер $d_0 \times t$	$d_{ш}$	Количество шариков в передаче	Размер, мм																		Нагрузка, кН			
			Гайка						Корпус гайки															
			L_{max}	L	L_1	L_2	d_1	d_2	d_3	Исполнение 2						Исполнение 3								
b	b_1	D	D_1	D_2	d_4	d_5	d_6	H	F	d_7	$h \times d_8$	L_3	L_4											
25×5	3	26×6	710	78	38	30	35	43,3	37	12	6	50	80	65	11	7	5,7	50	66	9	4×9	50	46	8,90
32×5		1000	45				54,6	48,5	16	8	60	95	75	14	9	60		90	11	4×11	70	42	11	
40×5		1200	18				70	110	88	17	11	72	100	13	4×13	76		38	12,3					
40×10	6	21×6	130	64	54	55	65,8	60	20	10	19	13	7,7		6×13	43	30,4							
50×5	3	52×6	82	40	30	65	75,4	69,5	18	8					80	125	100	84	110	4×13	86	38	13,5	
50×10	6	26×6	130	66	54		80,3	74	24	12				85	130	105	90	114	6×13	90	43	34,1		
63×10		33×6					1900	80			93,1	87	100	150	124	108	144	17	6×17	112	41	38,3		
80×10		42×6				2400	100	114			108	120	180	148	126	160	128		42,8					
80×20	10	25×9	240	119	107	105	122	116	28	16	130	190	158	132	182	2×22	140		60	84,3				
100×10	6	52×6	134	66	54	120	134,8	128,5			140	200	168	150	212	4×26	160	70	47					
100×20	10	31×6	240	119	107	125	139,7	133,5			150	210	178	156	220	8×26	168	58	93,1					

Передача винт-гайка качения с большим шагом

Таблица 5

Типо-размер	Размер, мм												Нагрузка, кН		Ход, h	Примечания
	d	d_1	L_{max}	$d_{ш}$	D	L	D_1	l	D_2	d_2	b	H	F_D	F_C		
16R	16	13,7	1000	2,778	30	57	57	10	44	5,5	23	46	4,6	14	16	1. $d_{ш}$ — диаметр шариков.
20R	20	17,5	1500	3,175	34	67	60	10	47	5,5	26	46	6,6	21	20	2. Число заходов (z) — 2, число рабочих витков (n) — 1,5.
25R	25	21,9	2000	3,969	44	81	71	12	57	6,6	34	60	9,8	33	25	3. $h=tz$, где t — шаг, z — число заходов.
32R	32	28,4	3000	4,763	56	98	90	15	72	9,0	41	68	14,2	50	32	4. F_D — динамическая нагрузка, F_C — статическая.
40R	40	35,2	4000	6,350	65	123	107	18	85	11	51	87	23	84	40	

Волновая зубчатая передача с гибким колесом-стаканом

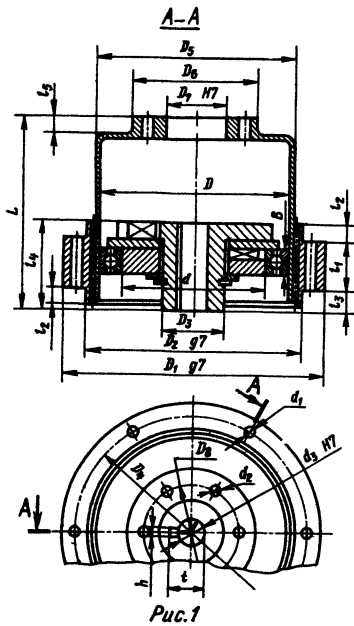


Таблица 1

Типоразмер	Передающее число	Вращающий момент на тихоходном валу, 10 Н·м						Z_g	$m, \text{м}$	x_g
		Частота вращения генератора, мин ⁻¹								
		3500	2830	1450	950	750	500			
С80	80	10	11	11	11	11	11	156	0,5	4,95
	100	11	12	15	16	16	16	200	0,4	3,35
	125	11	12	16	18	20	21	264	0,3	5,35
	160	11	12	16	18	20	22	320	0,25	4,55
	200	11	12	16	18	20	22	404	0,2	3,35
	250	11	12	16	18	20	22	536	0,15	5,35
С100	80	20	20	20	20	20	20	164	0,6	4,35
	100	24	25	27	27	27	27	200	0,5	3,75
	125	24	25	32	37	38	38	246	0,4	3,73
	160	24	25	32	37	40	46	332	0,3	5,35
	200	24	25	32	37	40	46	400	0,25	4,80
	250	24	25	32	37	40	46	498	0,2	3,10
С120	80	36	36	36	36	36	36	152	0,8	2,85
	100	45	48	57	57	57	57	200	0,6	4,51
	125	45	48	60	68	68	68	240	0,5	3,35
	160	45	48	60	69	76	86	306	0,4	3,60
	200	45	48	60	69	76	86	400	0,3	4,68
	250	45	48	60	69	76	86	488	0,25	4,55
С160	80	78	78	78	78	78	78	160	1,0	2,95
	100	83	88	112	121	121	121	202	0,8	3,35
	125	83	88	112	128	141	160	264	0,6	4,85
	160	83	88	112	128	141	160	320	0,5	3,95
	200	83	88	112	128	141	160	406	0,4	4,85
	250	83	88	112	128	141	160	460	0,35	5,07
С200	80	—	140	140	140	140	140	160	1,25	3,41
	100	—	176	184	184	184	184	198	1,0	4,85
	125	—	176	222	254	277	277	250	0,8	5,10
	160	—	176	222	254	280	319	330	0,6	5,02
	200	—	176	222	254	280	319	406	0,5	4,35
	250	—	176	222	254	280	319	508	0,4	4,85

Таблица 2

Типо- размер	Размер, мм																			Масса, кг	Подшип- ник $D \times d \times B$
	D_1	L	D_5	l_1	D_3	l_2	d_1	D_4	d_3	h	t	l_4	l_3	D_7	l_5	d_2	D_8	D_6	D_3		
C80	110	72	82	20	90	3	6	100	14	5	16,3	32	6	26	8,6	6	40	52	26	1,3	80×60×13
C100	135	88	102	25	110	4	6	120	14	5	16,3	40	8	32	9,5	6	50	64	32	2,5	100×74×15
C120	170	110	125	30	135	4	6	150	19	6	21,8	40	7	40	13	6	60	79	32	4,6	120×90×18
C160	215	140	163	40	177	5	6	195	24	8	27,3	52	7	52	16,3	6	80	103	48	9,0	160×120×24
C200	266	169	202	50	218	6	8	240	28	8	31,3	65	9	65	14,6	12	104	126	55	17,8	200×150×30

Примечания: 1 z_g — число зубьев гибкого колеса 2 При ведомом гибком колесе для двухволновых передач передаточное отношение $i = 0,5 z_g$. 3 z_b — число зубьев жесткого колеса, $z_b = z_g + 2$ 4 x_g — коэффициент смещения гибкого колеса 5 x_b — коэффициент смещения жесткого колеса, $x_b = x_g + 0,06$

Дифференциальная волновая зубчатая передача с гибким колесом-кольцом

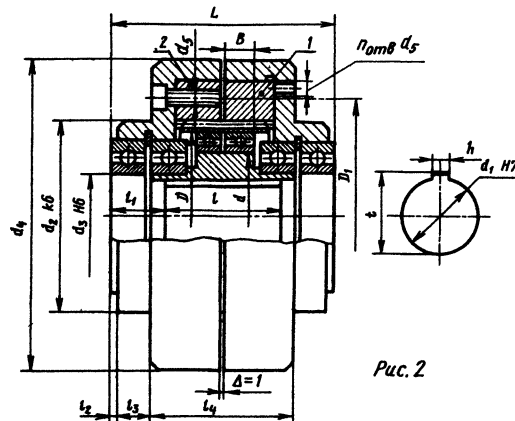


Рис. 2

Волновая зубчатая передача с гибким колесом-кольцом

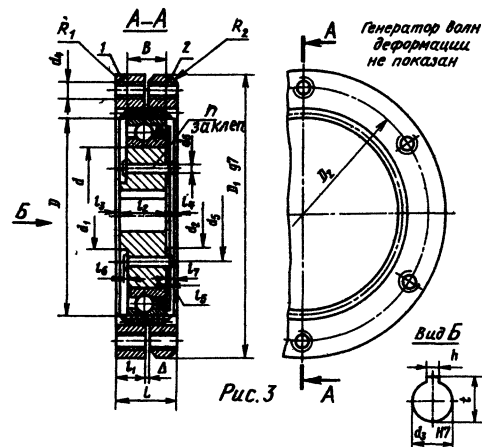


Таблица 4

Типо-размер	Пере-даточ-ное отно-шение	Вращающий момент при заданном вкл., 10 Н·м	z_g	m , мм	x_g , мм
K80	80	6,5	156	0,5	4,95
	100	9,0	200	0,4	3,35
	125	10	264	0,3	5,35
	160	12	320	0,25	4,55
K100	80	12	164	0,6	4,35
	100	14	200	0,5	3,75
	125	16	246	0,4	3,73
	160	18	332	0,3	5,35
K120	80	20	152	0,8	2,85
	100	26	200	0,6	4,51
	125	30	240	0,5	3,35
	160	34	306	0,4	3,50

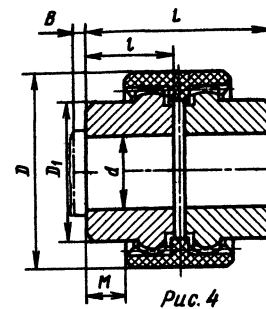


Рис. 4

Муфты зубчатые

Таблица 5

T_K , Н·м	n , мин ⁻¹	Размер, мм							Масса, кг
		B	l	L	M	D	D_1	d	
10	14 000	15	23	50	6,5	40	25	4...14	0,175
16	11 800	16	25	54	8,5	48	32	8...19	0,225
20	10 600	17	26	56	7,5	52	36	10...24	0,316
45	8 500	20	40	84	14	66	44	10...28	0,739
60	7 500	20	40	84	18	76	50	12...32	0,95
80	6 700	20	40	84	18	83	58	14...38	1,22
100	6 000	22	42	88	19	92	65	20...42	1,49
140	5 600	22	50	104	27	100	68	20...42	1,49

Примечание. T_k — номинальный крутящий момент; n — наибольшая частота вращения.

Муфты сильфонные

Таблица 6

Типо-размер	Размер, мм																				Мас-са, кг	Подшипник $D \times d \times B$		
	D_1	l	Δ	L	l_2	l_3	l_4	D_2	d_4	d_3	h	t	n	d_1	d_2	d_5	l_5	l_6	l_7	d_6			R_1	R_2
K80	110	10	0,5	20,5	15,6	0,95	3,95	100	M6	14	5	16,3	2	36	34	46	1	2	1,8	3	0,2	1,5	80×60×13	
K100	135	13	1	27,0	19,4	1,80	5,80	120	M8	14	5	16,3	2	42	40	56	1	—	2,6	4	0,4	2,0	2,0	100×75×15
K120	170	16	1	33,0	23,2	2,90	6,90	150	M10	19	6	21,8	3	54	50	72	1	—	2,6	4	0,4	2,0	3,3	120×90×18

Примечания: 1. Передача используется для уменьшения осевых габаритов. 2. z_g — число зубьев гибкого колеса. 3. Для двухходовых передач передаточное отношение $i = 0,5z_g + 1$. 4. x_g — коэффициент смещения гибкого колеса; 5. $z_b = z_g + 2$, где z_b — число зубьев жесткого зубчатого колеса 1, $z_{bm} = z_g$, где z_{bm} — число зубьев жесткой полушестерни. 6. $x_b = x_g + 0,06$, $x_{bm} = x_g + 1,06$.

Муфты электромагнитные тормозные

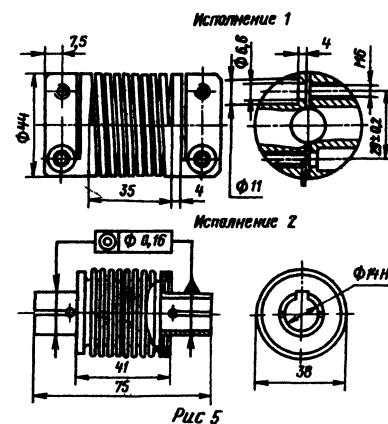


Рис 5

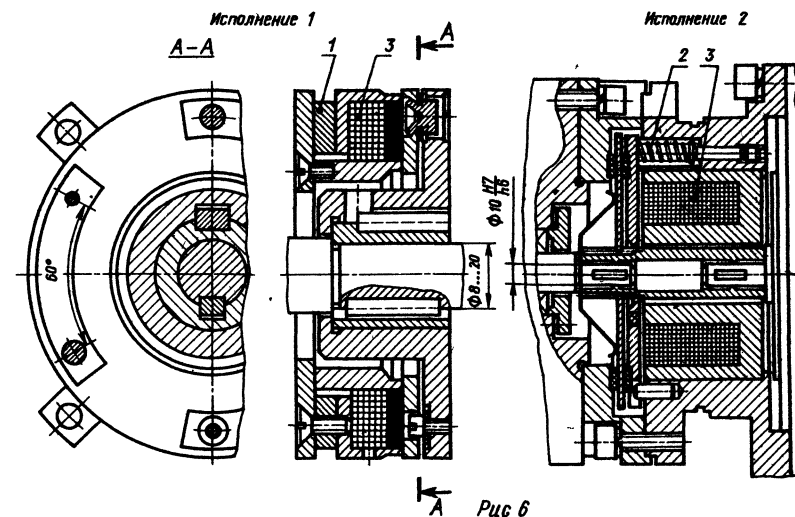
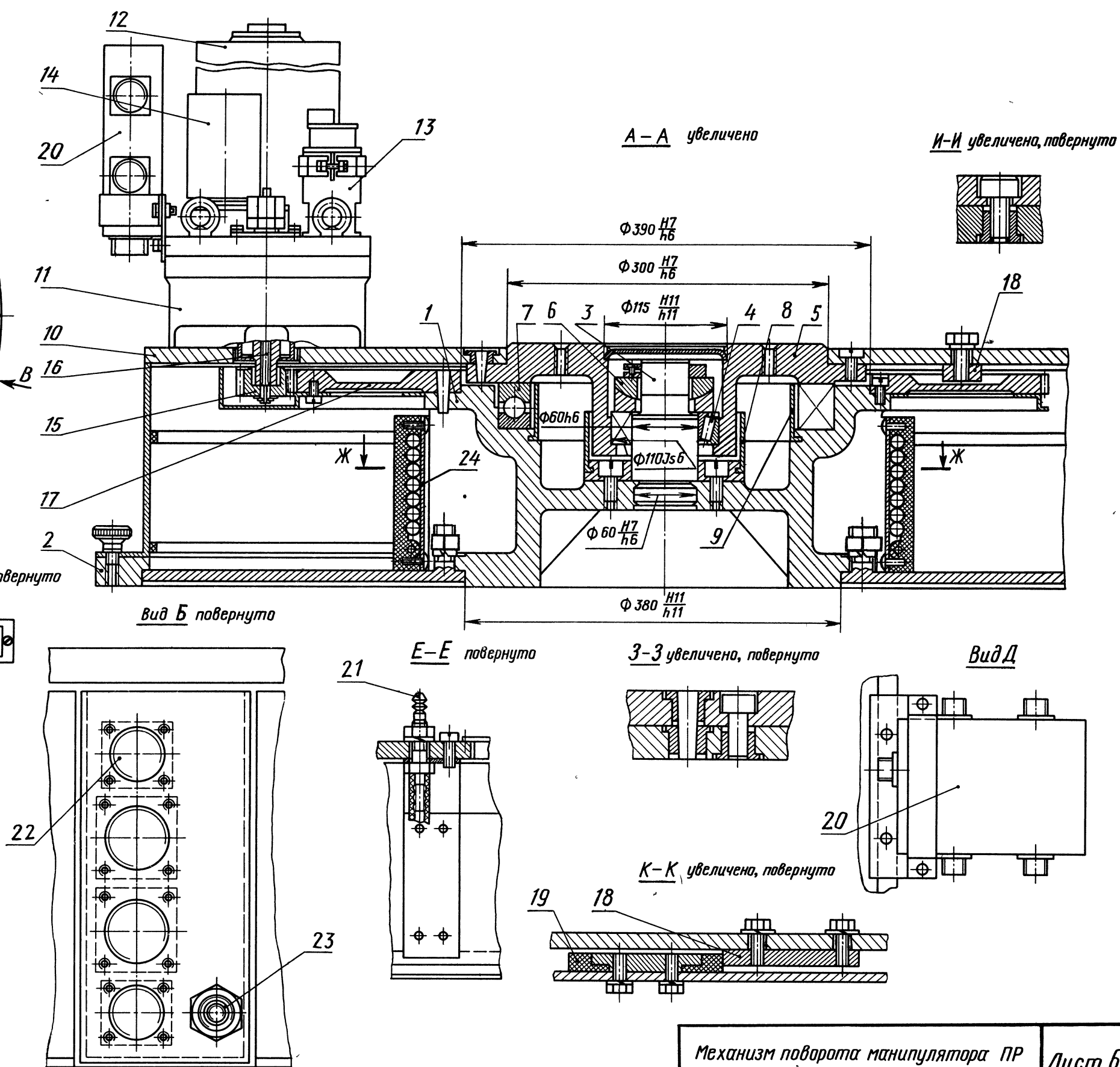
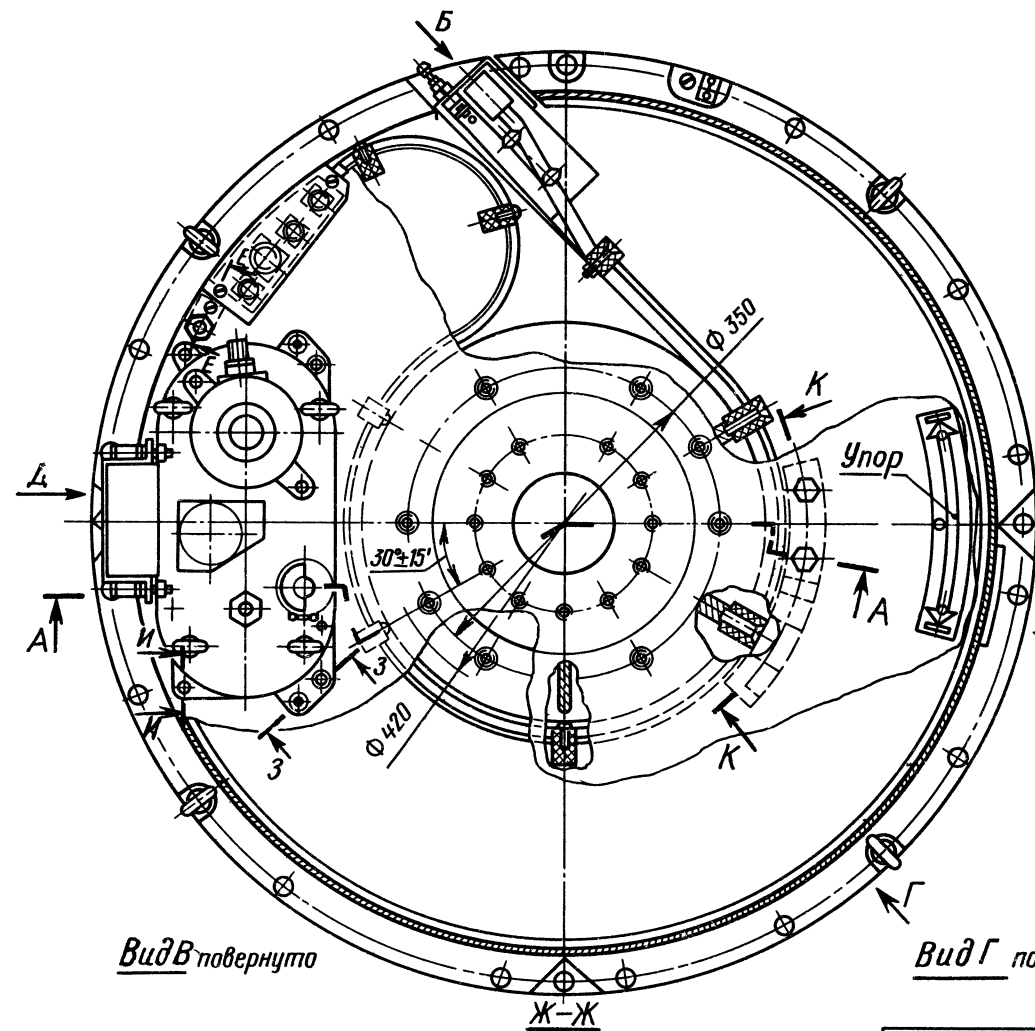


Рис 6

*Типовые узлы механизмов
электроприводов для
промышленных роботов*



Механизм поворота манипулятора ПР
„УНИВЕРСАЛ-5“ с электроприводом

Лист 6

Вид Г уменьшено

Вид Д

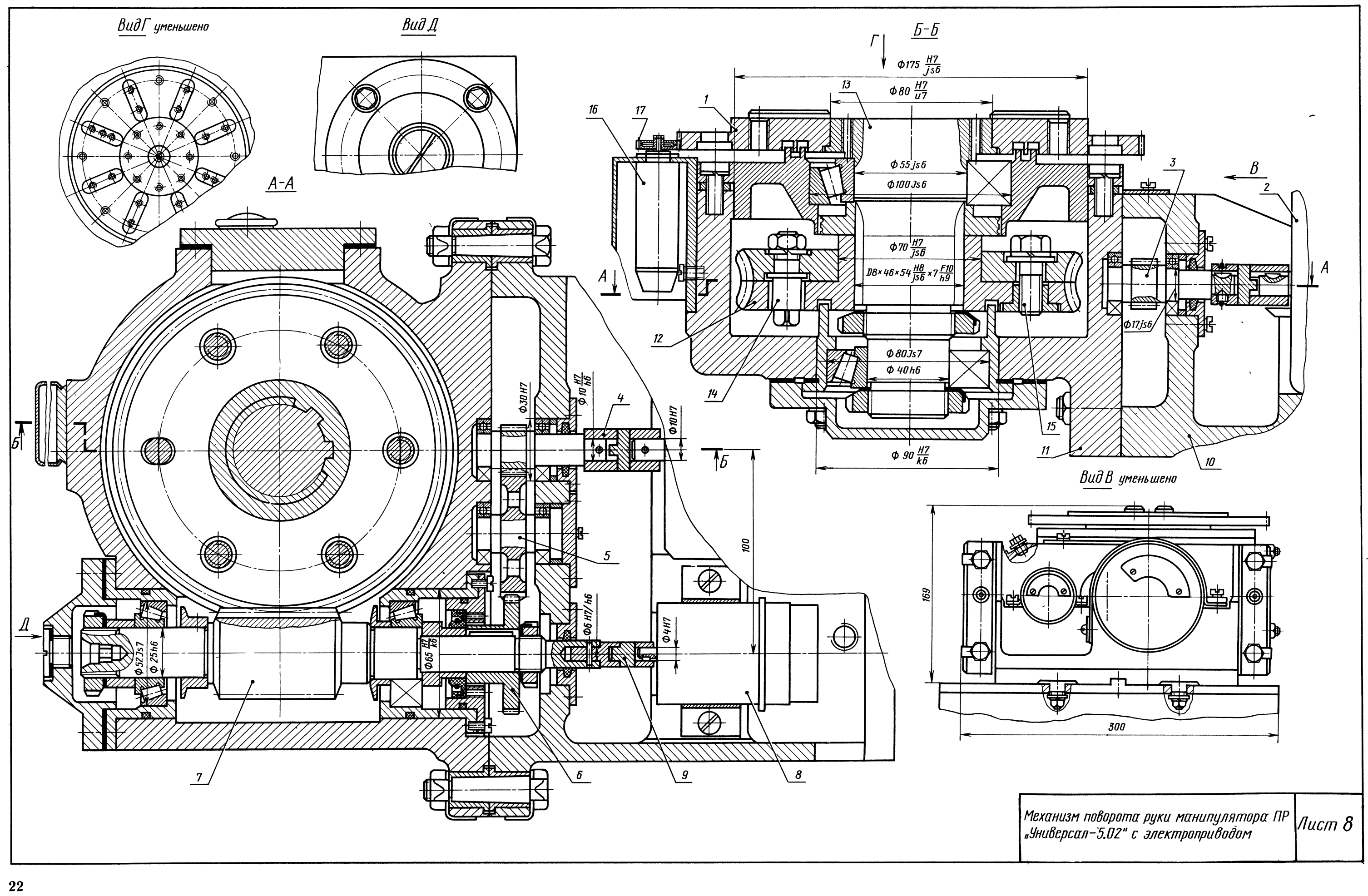
Б-Б

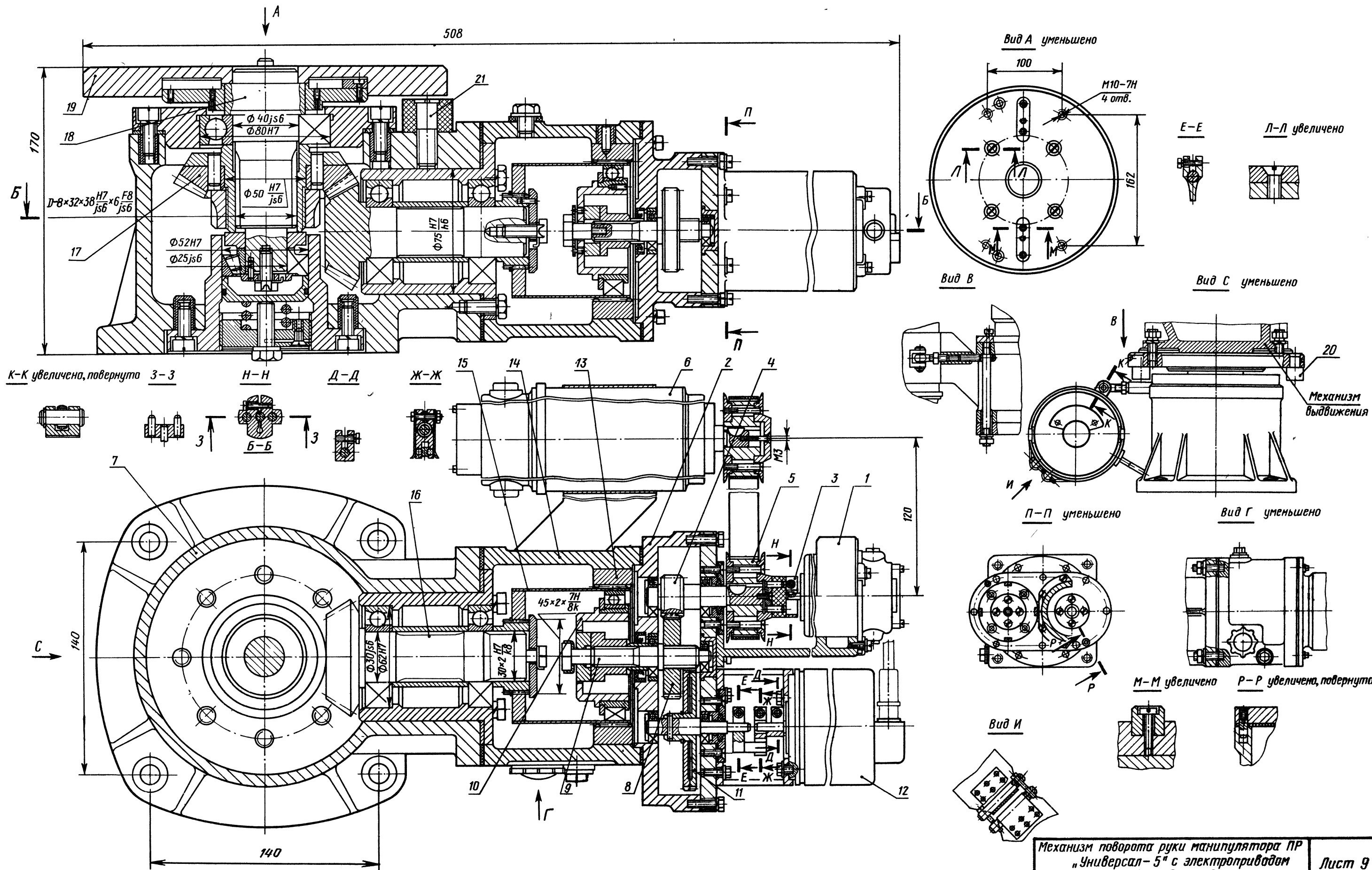
А-А

Вид В уменьшено

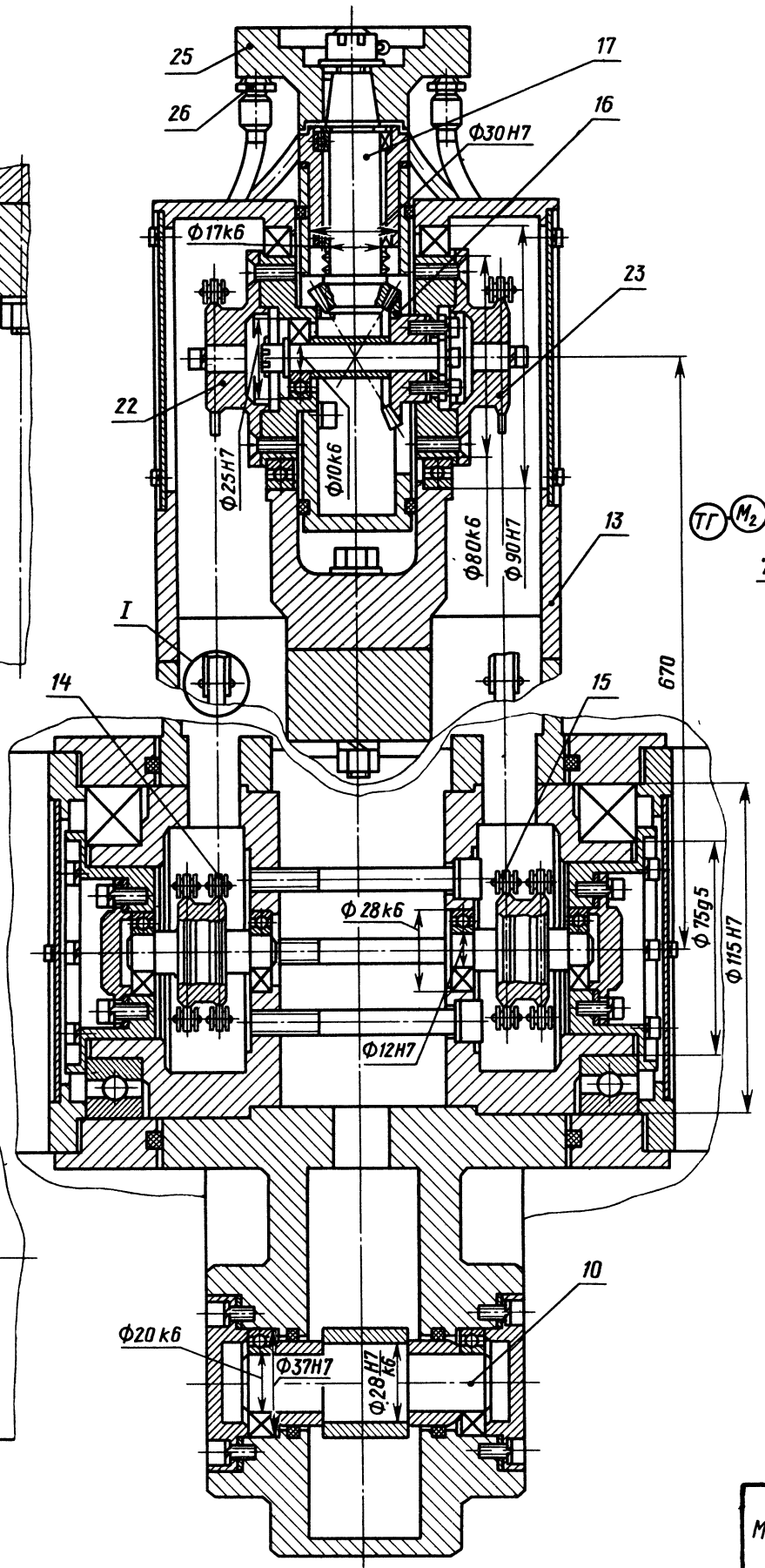
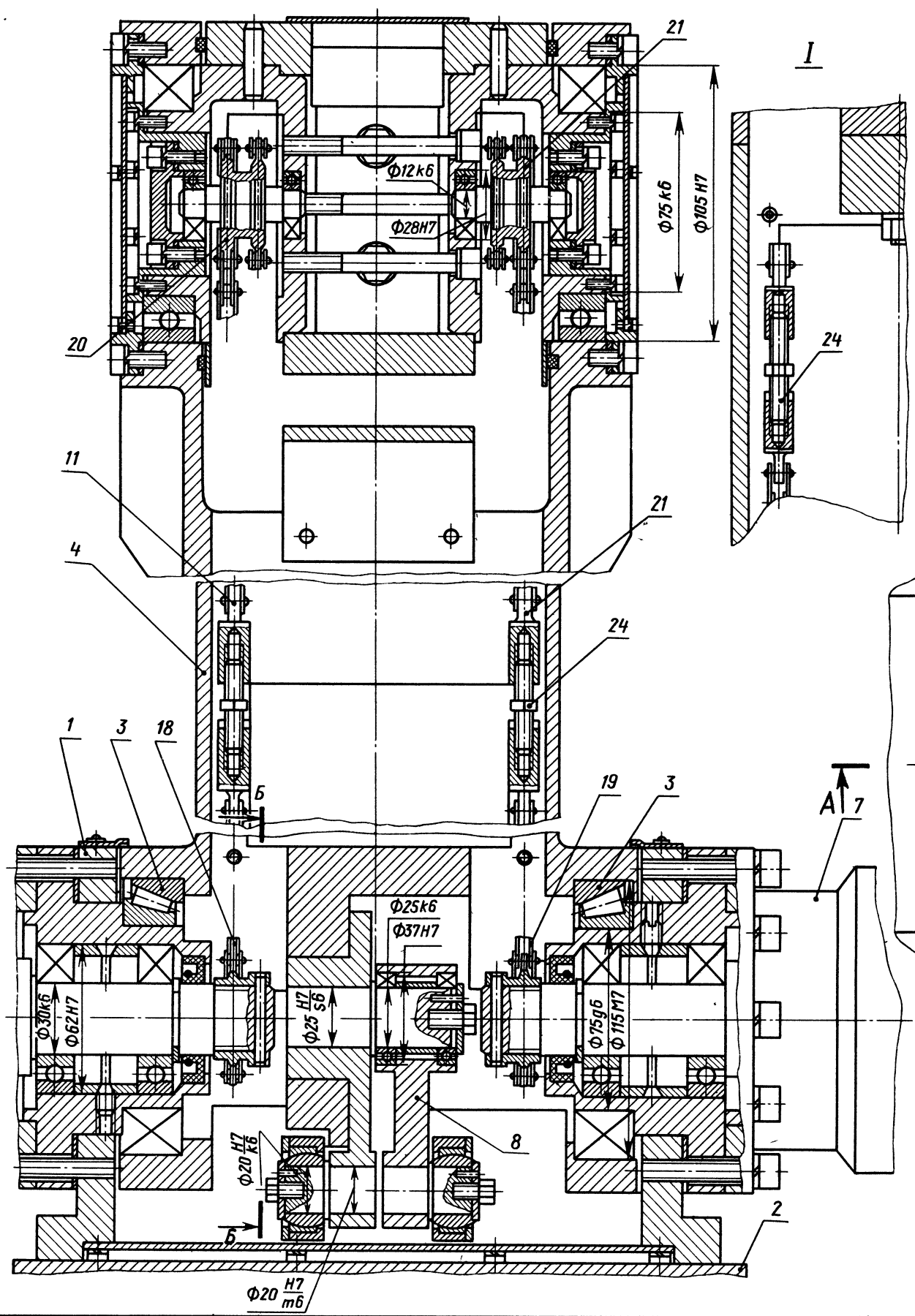
Лист 8

Механизм поворота руки манипулятора ПР
«Универсал-5.02» с электроприводом

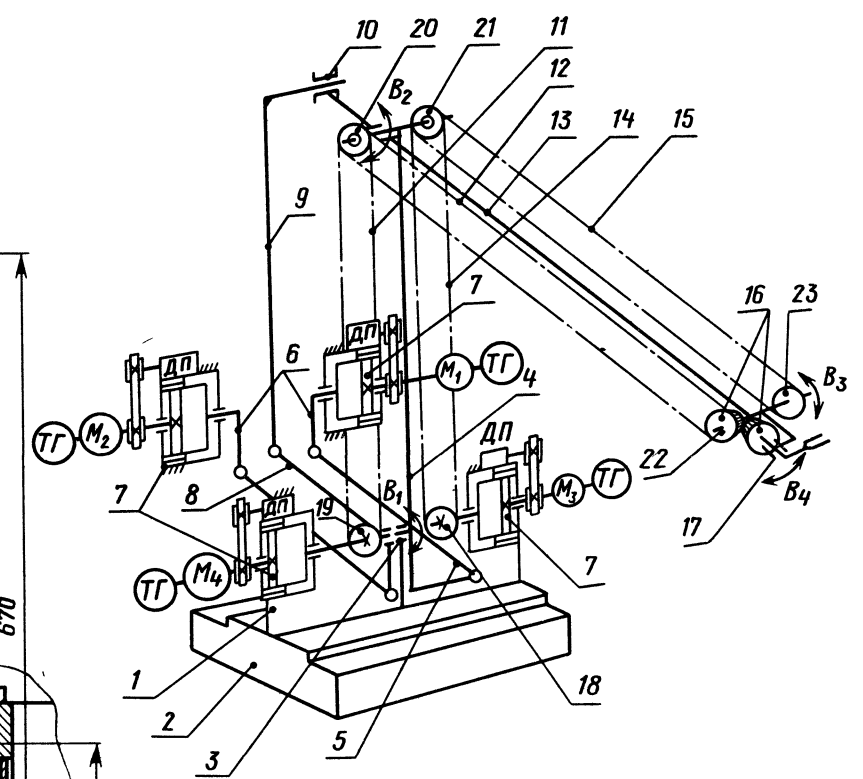




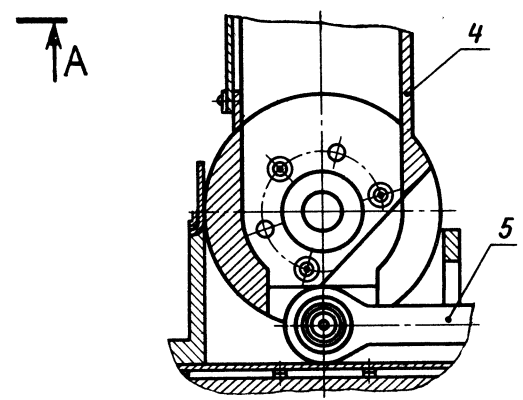
A-A



Кинематическая схема манипулятора



Б-Б уменьшено.



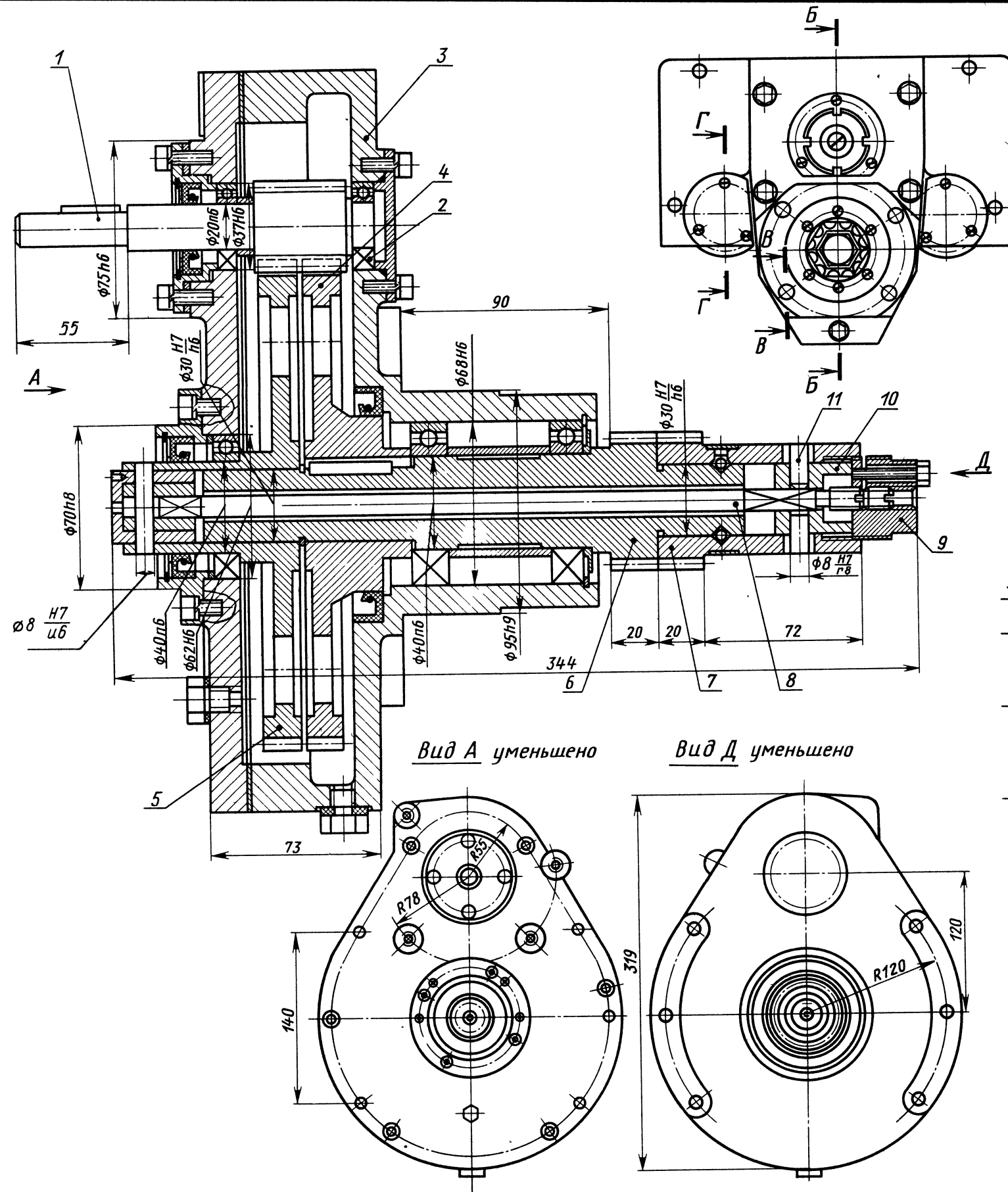


Рис. 1. Механизм привода руки с зубчатым редуктором для ПР РГШ-40

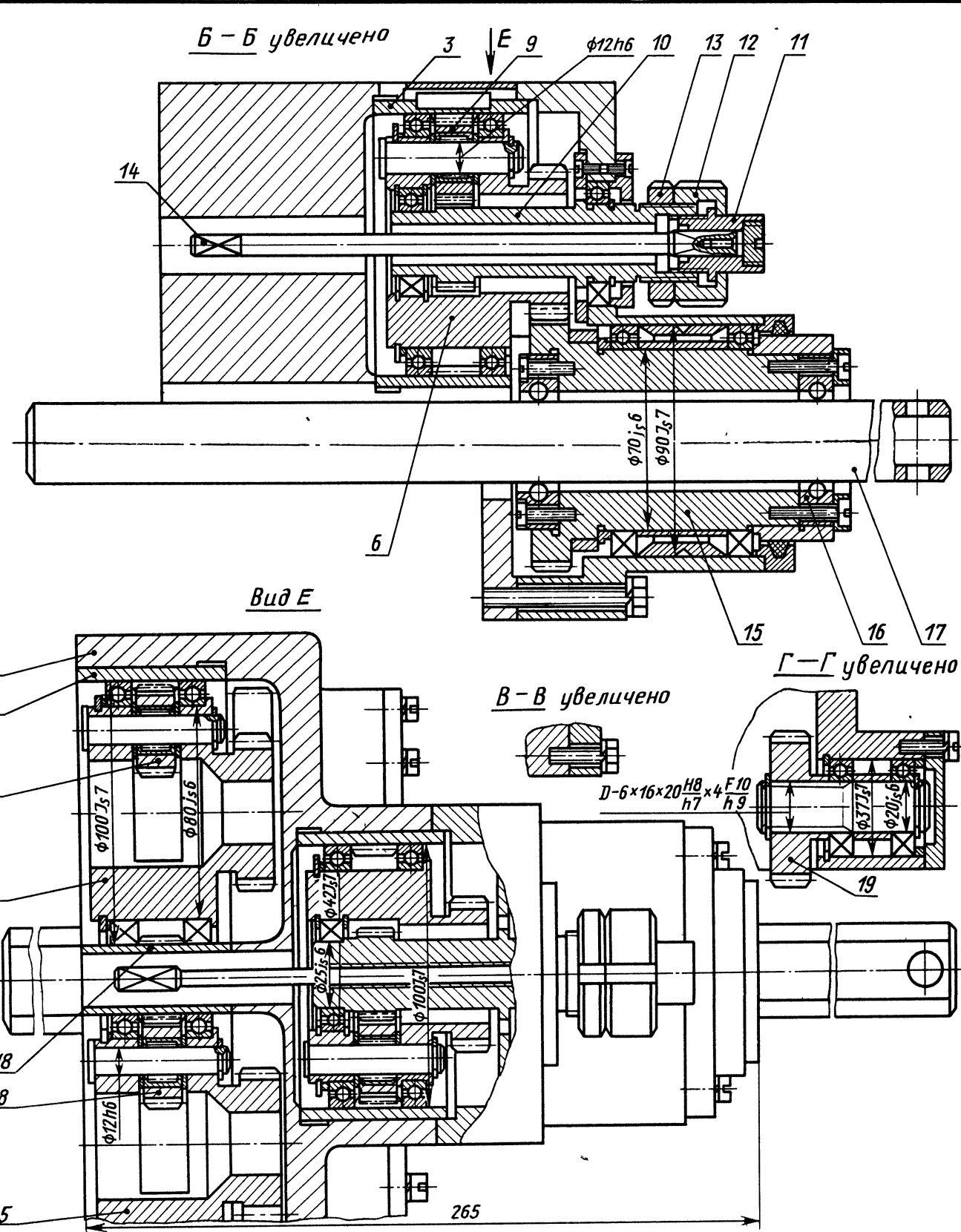
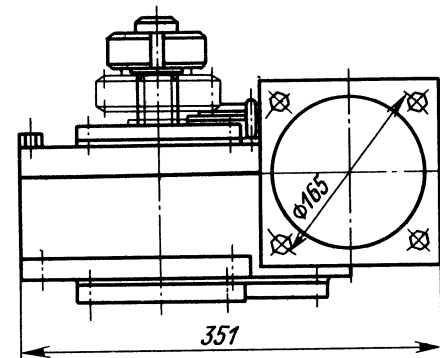


Рис. 2. Механизм привода кисти руки с планетарным редуктором для ПР "Универсал-15"

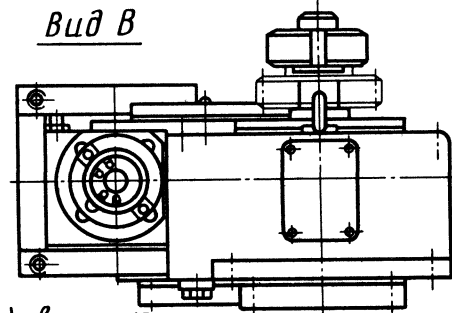
Механизмы прямолинейного перемещения руки манипулятора

Лист 11

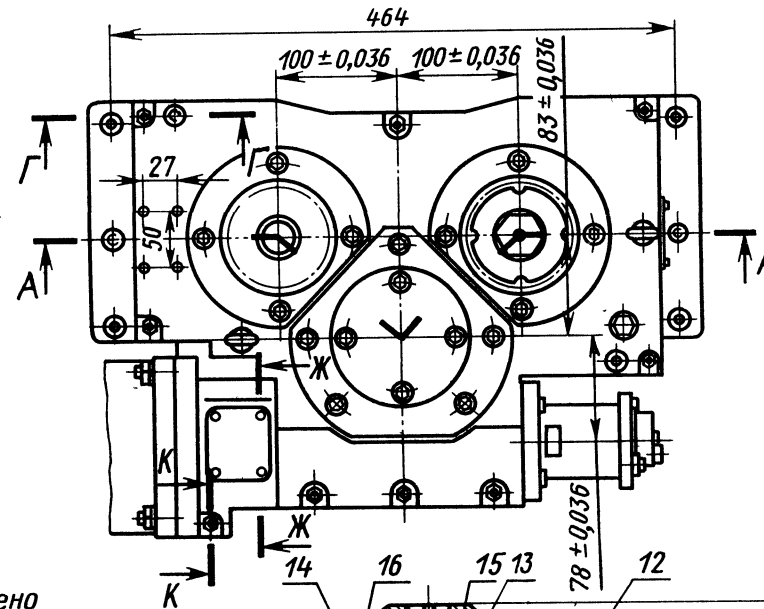
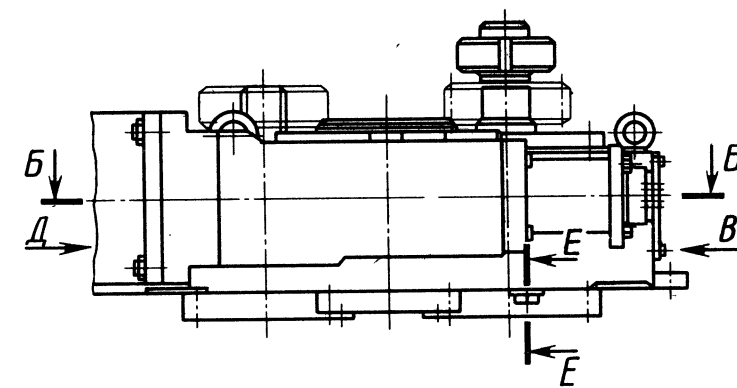
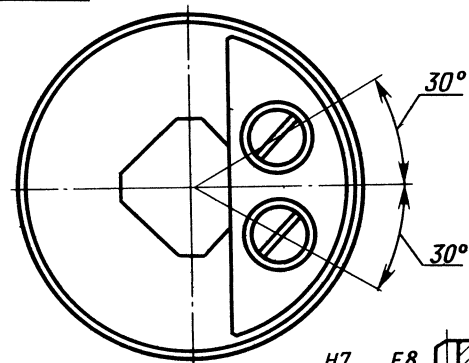
Вид Д.



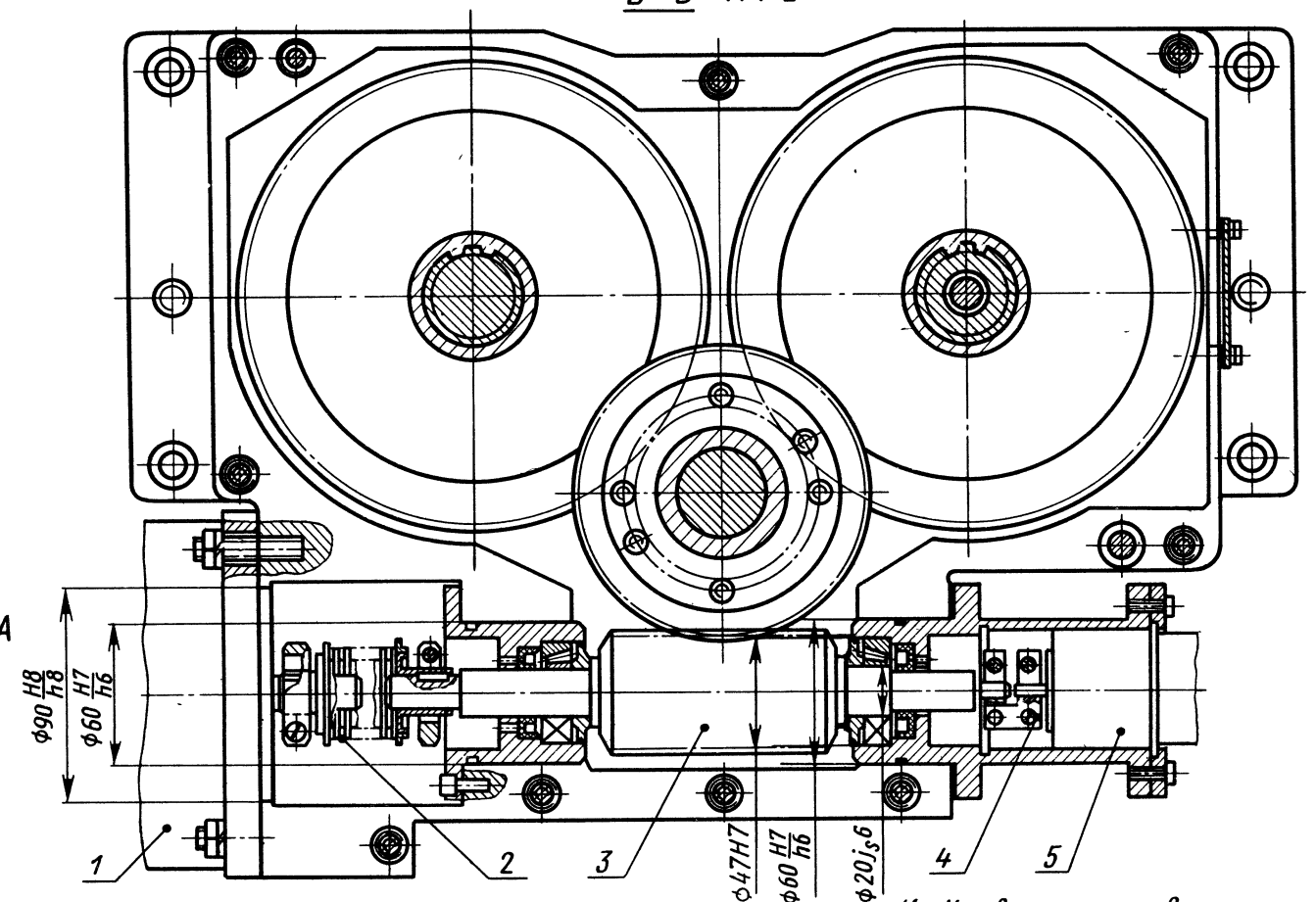
Вид В



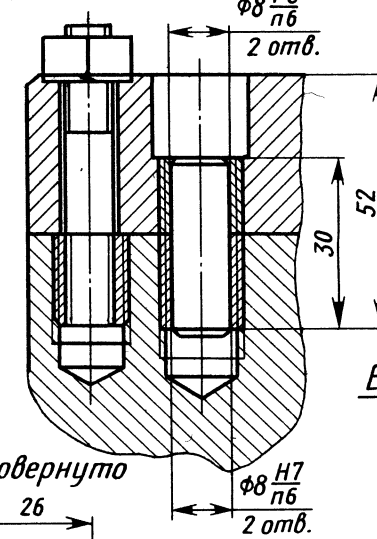
Вид И (без крышки) увеличено



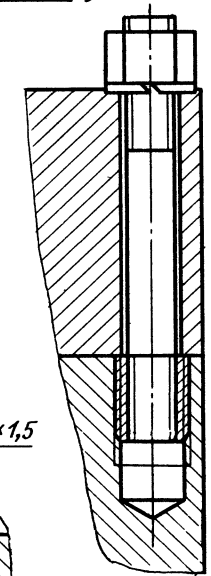
Б-Б М 1:2



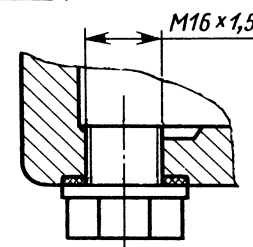
Г-Г увеличено



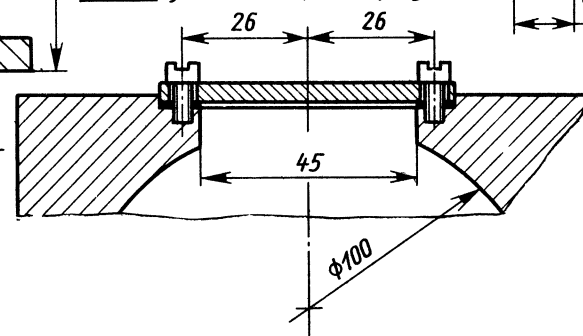
К-К увеличено, повернуто



Е-Е увеличено

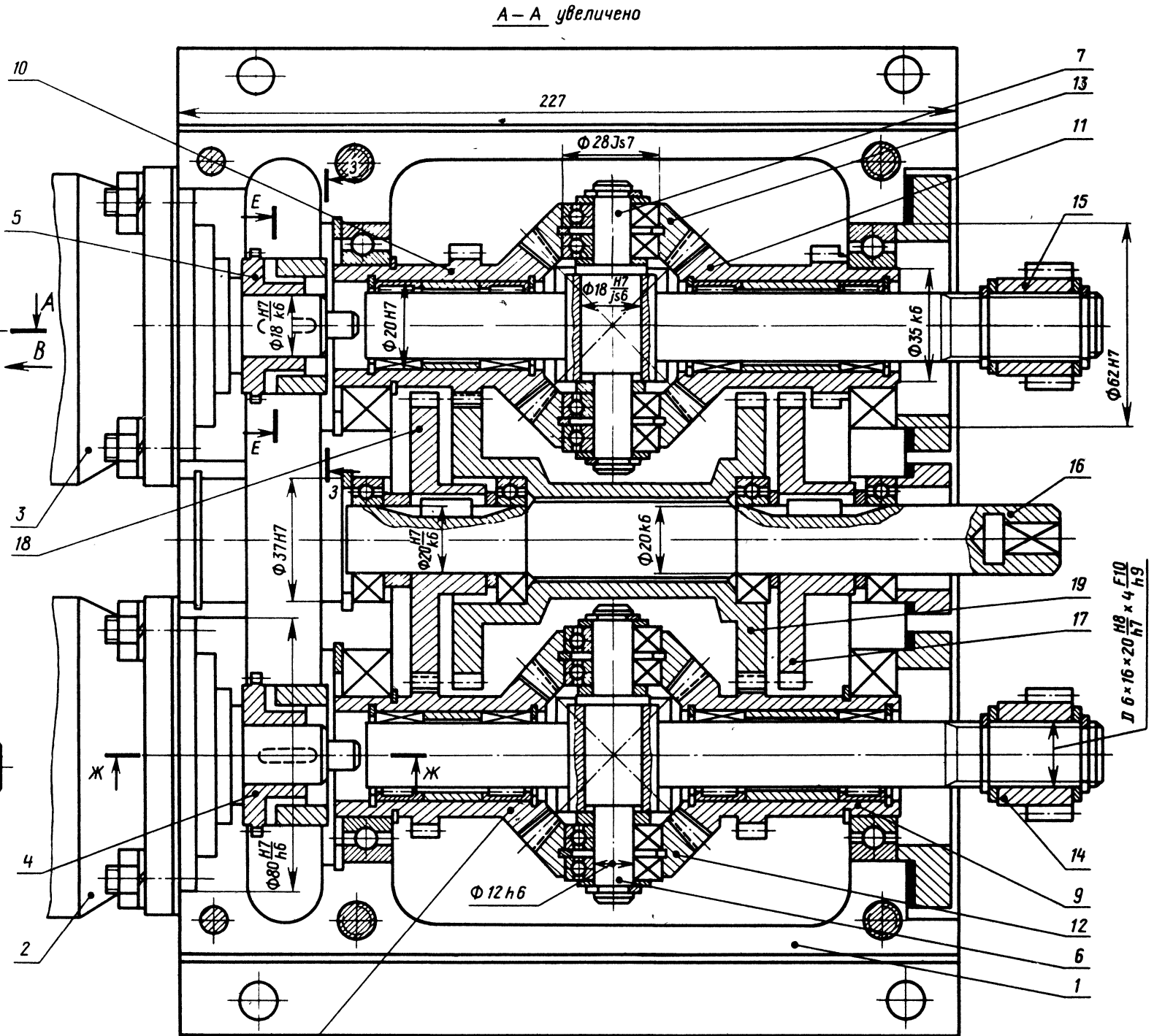
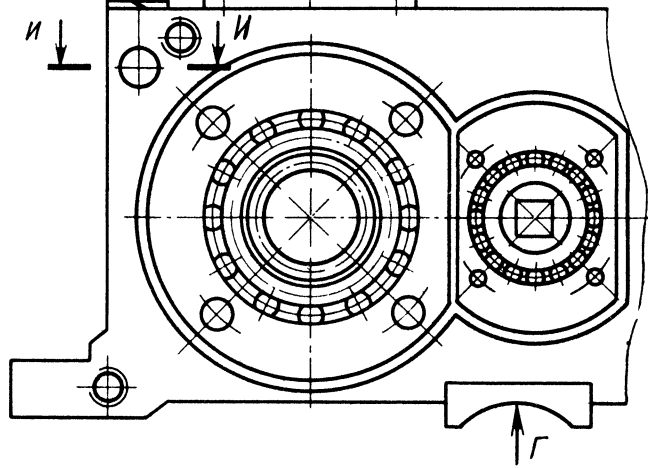
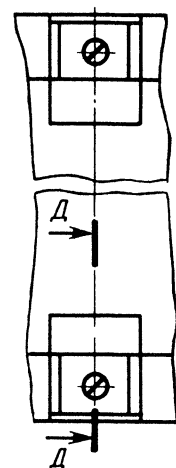
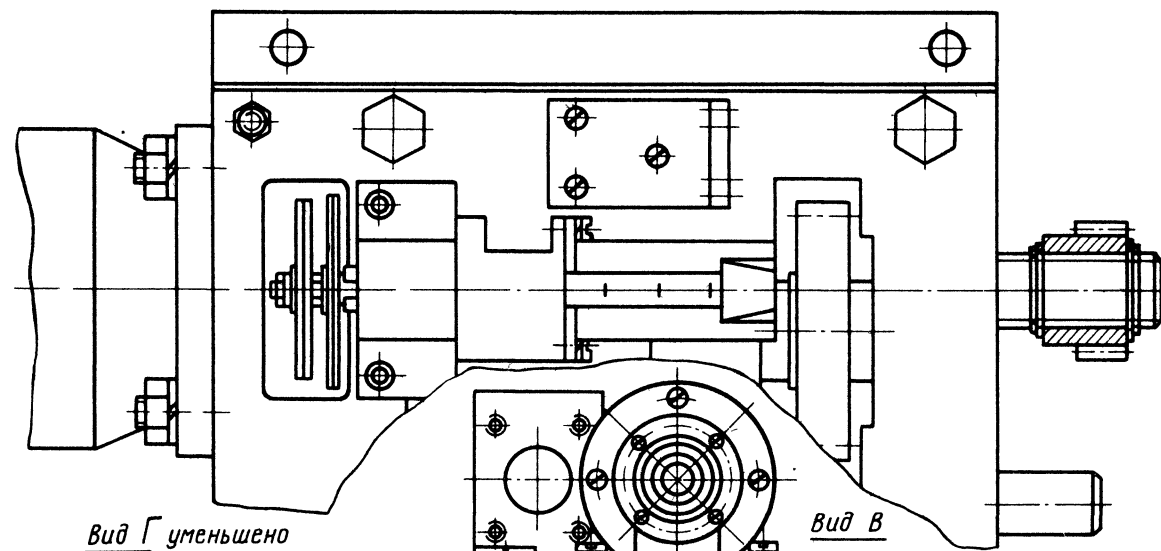
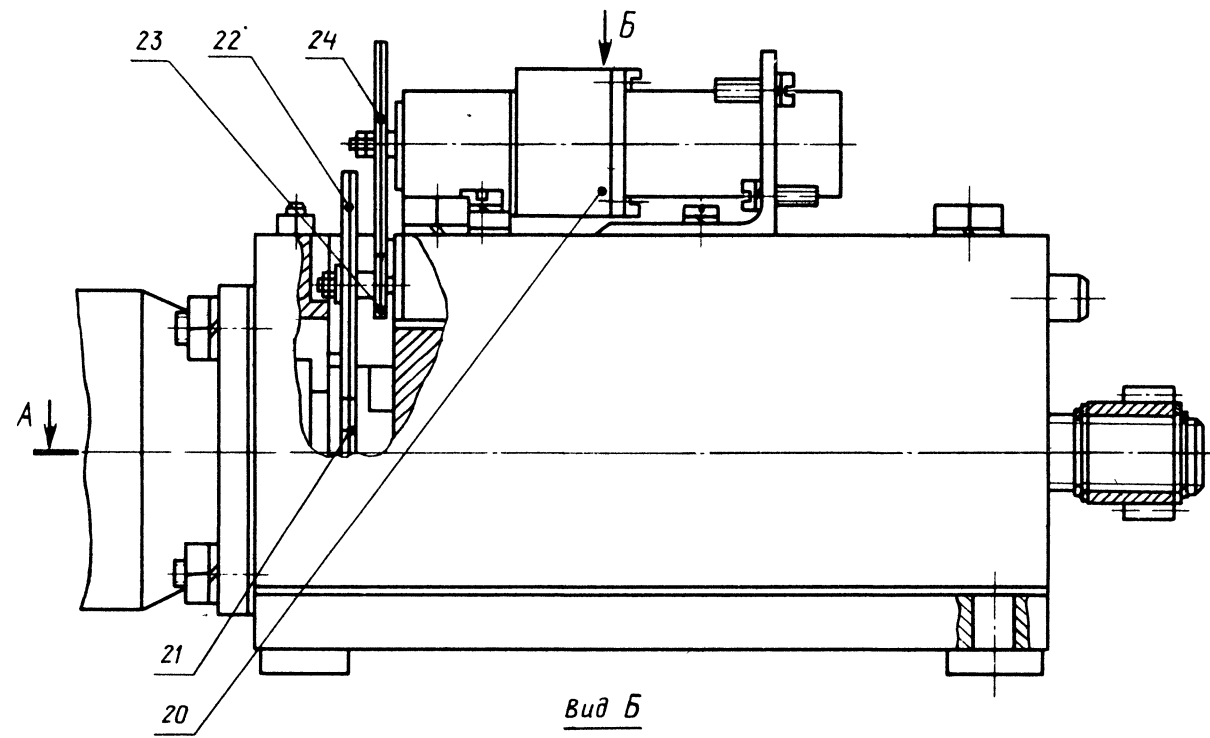


Ж-Ж увеличено, повернуто



Механизм электропривода для ПР
РПМ-25 с зубчато-червячным редуктором

Лист 12



Д-Д

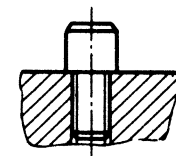
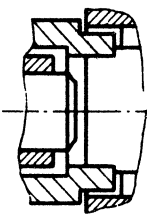
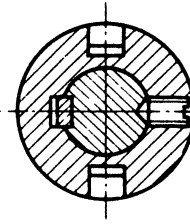
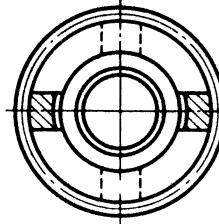
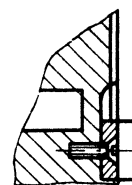
З-З

В-В

Е-Е

Ж-Ж

И-И увеличено



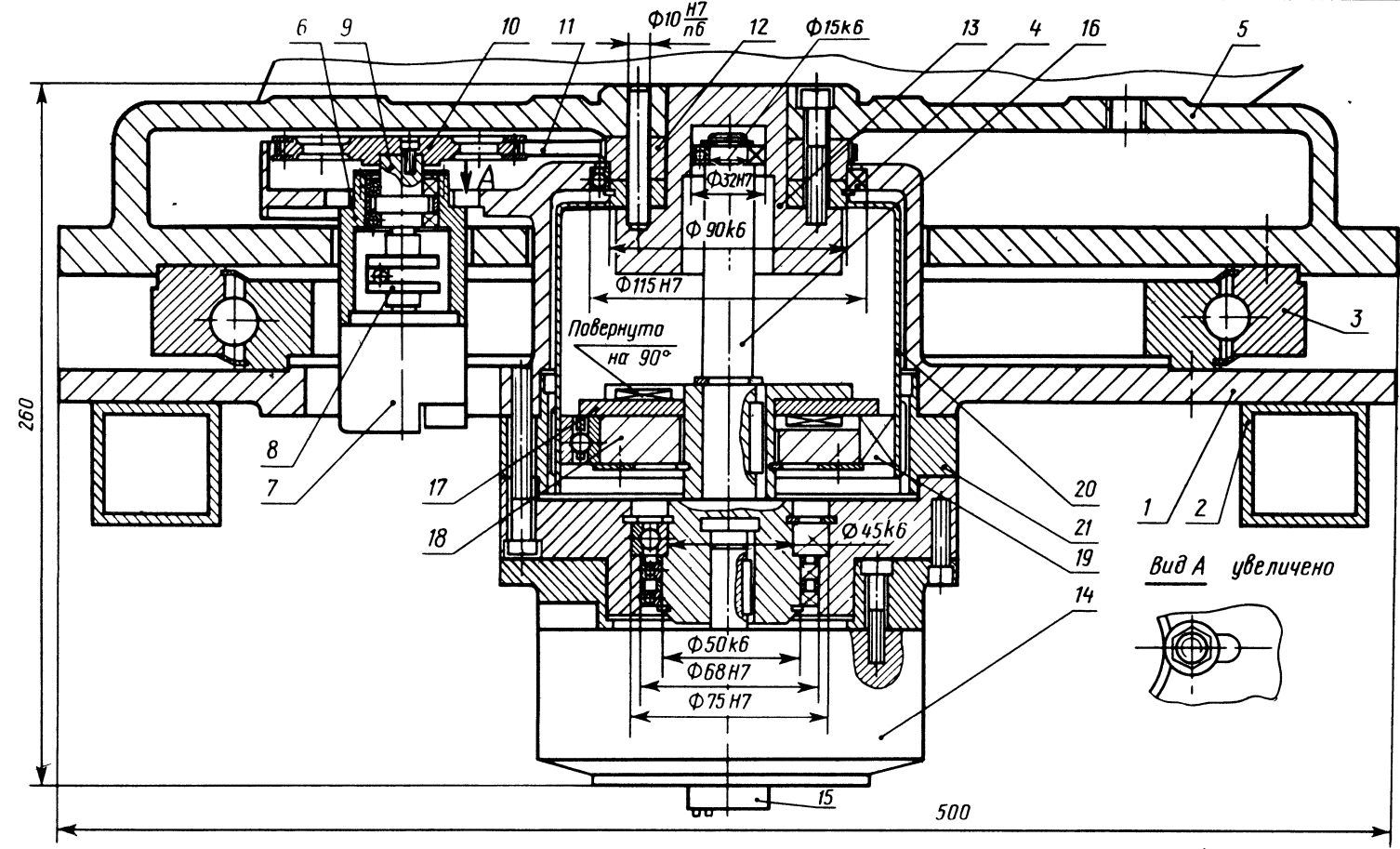
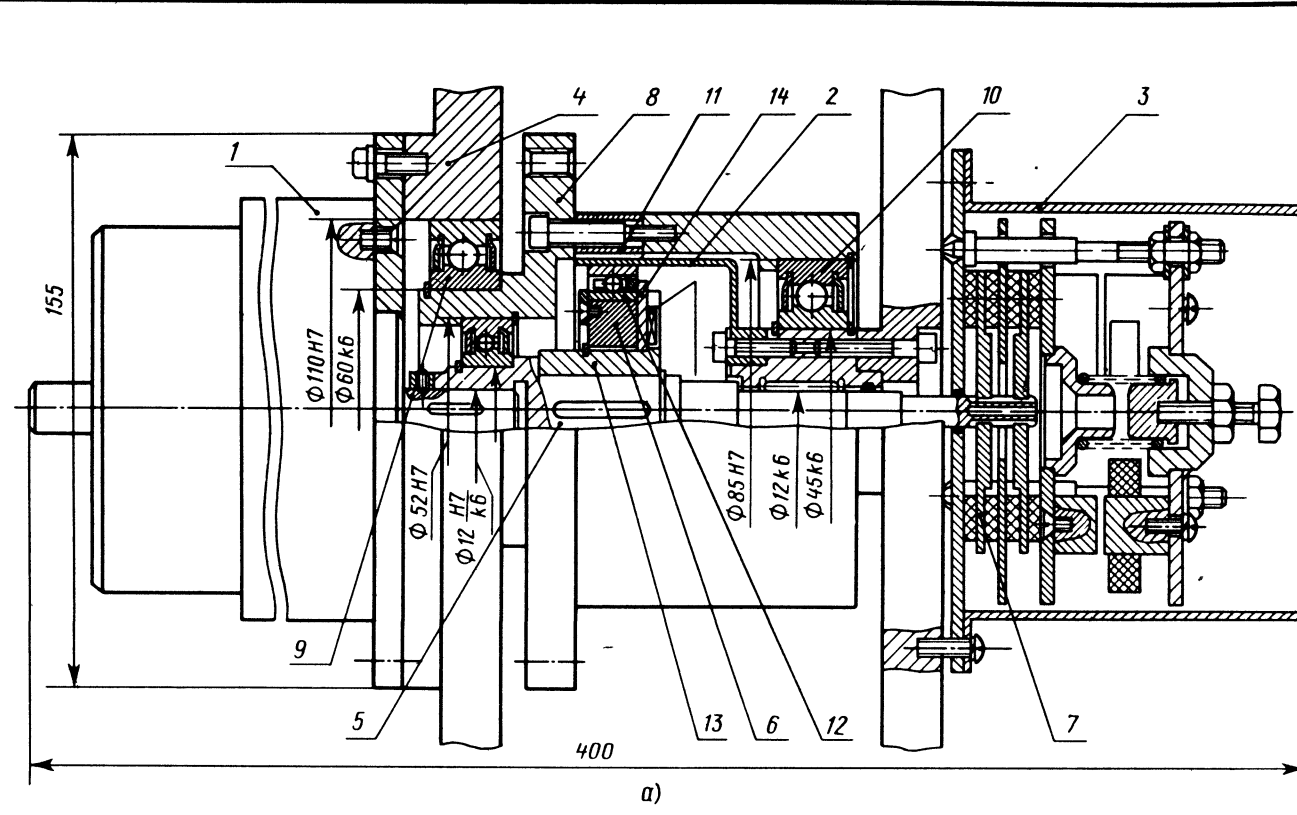
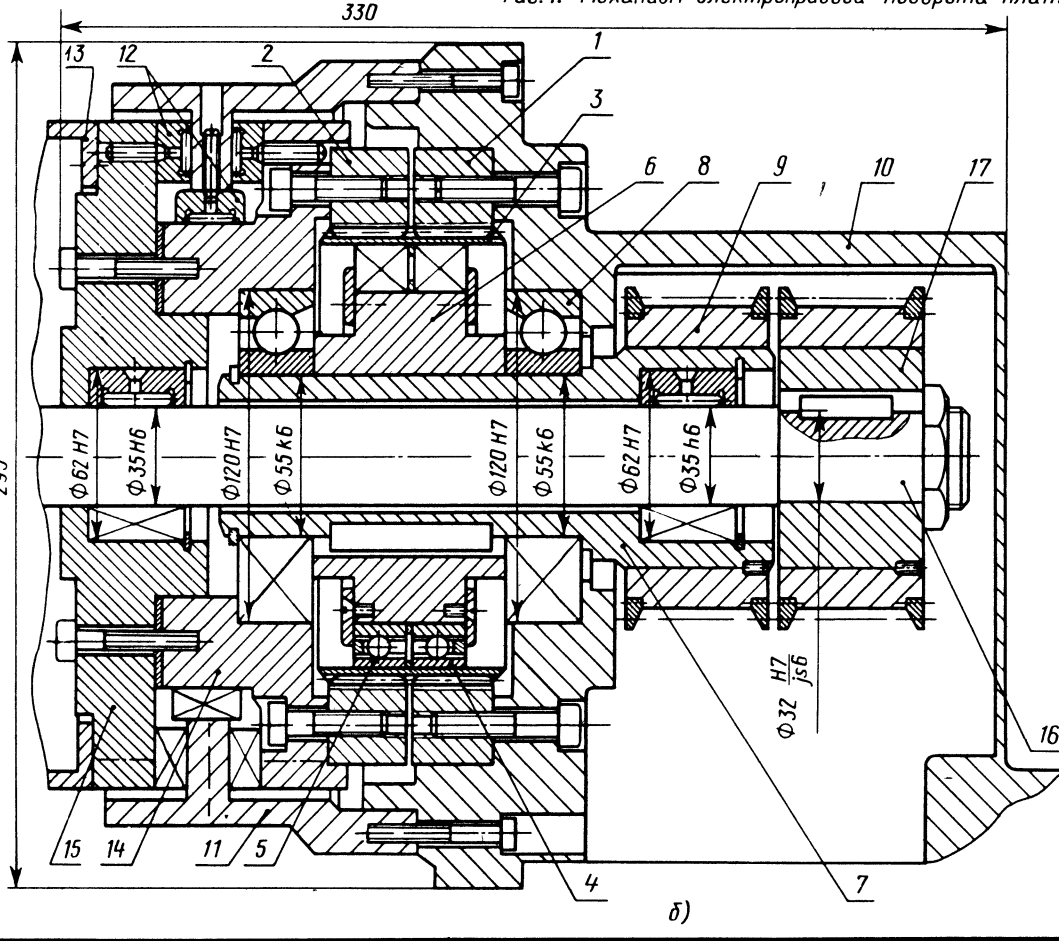


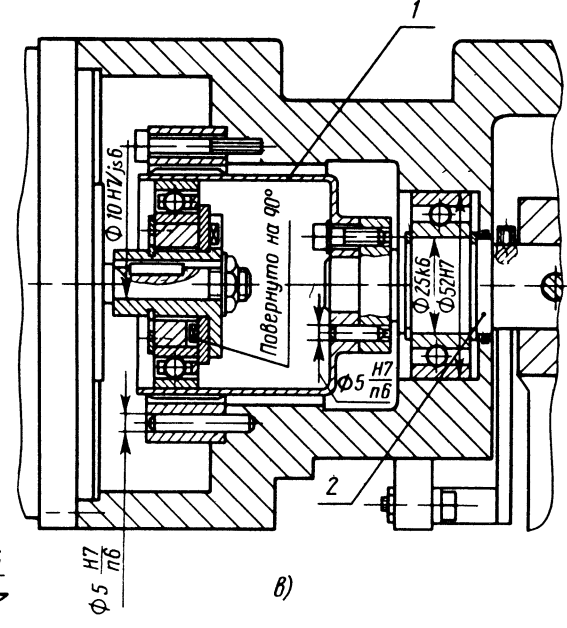
Рис.1. Механизм электропривода поворота платформы манипулятора



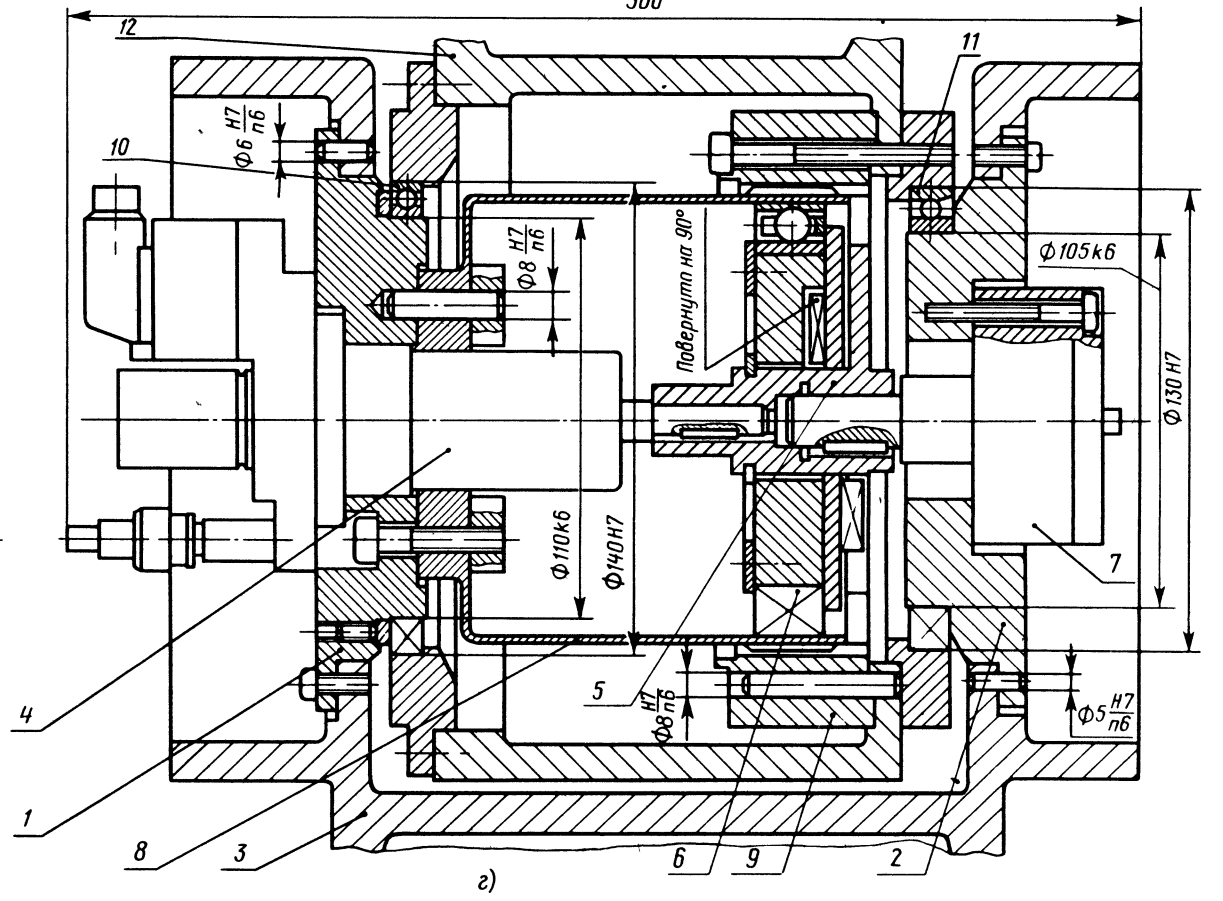
а)



б)



в)



г)

Рис.2. Механизмы приводов поворота кисти руки

Механизмы приводов звеньев манипулятора с зубчатыми волновыми редукторами

Таблица 1

Тип комплектного электропривода	Серия	Мощность, кВт	Диапазон регулирования n_{max}/n_{min}	Наибольшая частота вращения n_{max} , мин ⁻¹	Длительный момент электродвигателя, Н·м	Перегрузочная способность по моменту	Номинальный ток, А	Наибольшее ускорение, с ⁻²	Полоса пропускания, Гц	Тип двигателя	Масса без двигателя, кг
Тиристорный регулируемый с двумя трехфазными мостовыми преобразователями, с регулированием по току якоря	ЭТУ-3601	1...10	10 000	3000	7,5...10,5	5...7	10...40	2300	70	ДПУ	40...250 (терморегулятором)
	ЭТУ-3602	10...30	1 000	2000	7,5...10,5	5...7	100	2300	35	ДК	40...250
Транзисторный с широтно-импульсной модуляцией и регулированием по частоте вращения и току якоря	РЧВ-9001	До 0,09	4 000	4000	0,06...0,22	3,5...8	До 6,5	5000	40	ДП	18,5
Тиристорный регулируемый или следящерегулируемый с двумя трехфазными однополупериодными преобразователями, с регулированием по скорости в режиме токоограничения	ЭТЗИ	0,05...2,0	1 000 и 10 000	1000	0,2...7,5	5...8	20	5000	18	ДК	10
	ЭТШР ЭТШС	0,18...1,2	6 000	3000	0,5...3,6	8	10...15	7000	60	ДПМ и др.	50
	ЭТЗС	0,5...7,5	2 000	3000	4,5...9,2	5	7,5	5000	20	ДПМ	32
Тиристорно - регулируемый или следящерегулируемый с двумя шестифазными преобразователями, с двухконтурным подчиненным регулированием	ЭТ6-3(2)	0,75...1,1	10 000		7,5...5,3	8...10	20	7500	40	ПБВ	До 50
	ЭТ6И	0,75...5,5	10 000	1000	7,5...5,3	8...10	20	7500	40	ПБВ	
	ЭТ6(6)	До 11	5 000		До 100	До 8	До 100	3000	30	ДПУ	
Транзисторный с широтноимпульсной модуляцией и двухконтурным регулированием по скорости и току якоря	ПРП-1 ПРП-2	0,18...0,55	1 000	2000	1,7...5,2	5...7	15	3500	70	ДК	32
Тиристорный регулируемый с трехимпульсным преобразователем и регулированием по току якоря	PHR «Mezomatic»	0,8...4,6	10 000	2000...2500	10...125	Более 8	25...250	2600	25	ЗШАТ	90...260 (с терморегулятором)
Тиристорный регулируемый с трехимпульсным преобразователем с регулированием по скорости и току якоря	ЕВ «КЕМРОН»	1,2...4,8	5 000	1000...1500	23...170	8...16	10...80	3000	12	МВН МВО	До 275 с трансформатором)
Транзисторный регулируемый многокоординатный с частотно-токовым управлением асинхронными двигателями	Размер-2М	0,3...1,0	1 000	1000	5...20	2	—	—	—	4А, ДАТ и др.	230 (с трансформатором)
Транзисторный импульсный следящерегулируемый для электромеханизмов поступательного движения	П	0,5...4,0	10 000	1000	5...38	8...10	5...26	2800	—	Электро-механизмы ЭПМ8, ЭПМ12	—

Электродвигатели постоянного тока серии ЗШАТ-А(ЧССР)

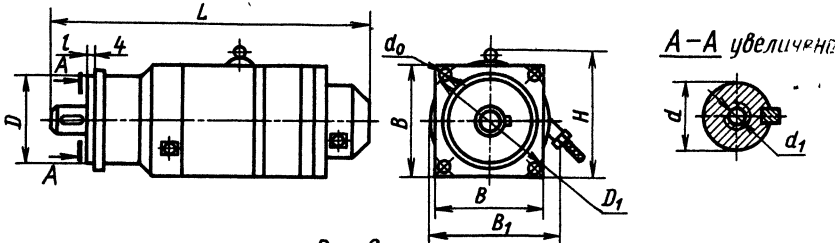


Рис. 2

Таблица 4

Тип	Параметр							Размер, мм									
	Номинальная мощность, кВт	Номинальный момент, Н·м	Номинальная частота вращения, мин ⁻¹	Кратность пускового момента	Момент инерции, 10 ⁻² кг·м ²	Масса, кг		d ₁	d ₁	D	D ₁	d ₀	L	l	B	B ₁	H
90S	2,5	10		11,2	0,8	32							561				
90M	3,25	13	2500		1,0	36	28	M8×1,25	130	165	12	586	60	145	229	225	
90L	4,25	17		11,3	1,3	38							616				
112S	4,2	21		11,5	2,5	55							630				
112M	5,6	28	2000		2,7	62	38	M10×1,5	180	215	15	645	68	190	264	262	
112L	8,4	42		11,8	3,0	76							732				
160S	11,2	56	2000		4,5	135	48	M16×2	180	300	19	752	80	270	358	369	

Электродвигатели постоянного тока с постоянными магнитами, повышенной точности серии ПСПТ

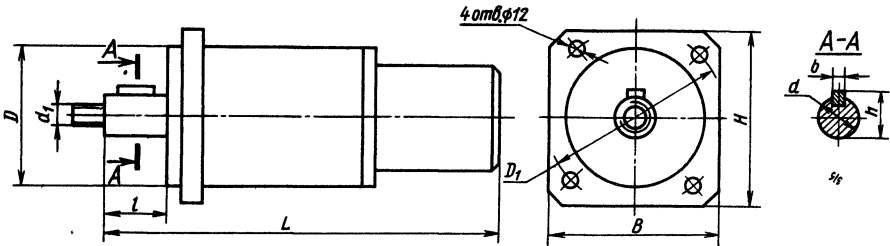


Рис. 3

Таблица 5

Тип	Параметр							Размер, мм									
	Номинальная мощность, кВт	Номинальный момент, Н·м	Номинальная частота вращения, мин ⁻¹	Кратность пускового момента	Максимальное ускорение, с ⁻²	Момент инерции, 10 ⁻² кг·м ²	Масса, кг	d	d ₁	D	D ₁	L	l	B=H	b	h	
ПСПТ-11	0,12	0,27	4000	9,3	565	0,23	5,9	10	M8×1,25	130	180	297	160	15	4	12	
ПСПТ-12	0,18	0,42		9,5	684	0,25	7,0					315					

Технические характеристики высокомоментных электродвигателей постоянного тока серии ПБВ

Таблица 2

Параметр	Типоразмер					
	ПБВ-100 М	ПБВ-100 L	ПБВ-112 L	ПБВ-112 М	ПБВ-132 М	ПБВ-132 L
Номинальная мощность, кВт	0,75	1,1	1,5	2,2	4,0	5,5
Номинальный момент Т _н , Н·м	7,35	9,8	14,7	19,6	38,2	52,9
Номинальный ток, А	17,1	7,1	24,5	24,5	54,7	60,7
Номинальное напряжение, В	60	60	80	110	85	110
Электромагнитная постоянная времени, мс	3,28	3,63	3,90	4,04	5,19	6,58
Электромеханическая постоянная времени, мс	25,0	18,9	10,6	18,0	26,3	28,9
Момент инерции, 10 ⁻² кг·м ²	1,33	2,45	4,08	6,91	18,44	29,40
Ускорение, с ⁻² (при Т _н =14 Н·м)	7500	6000	4900	4250	2900	2500
Масса, кг	37	45	46	64	80	110
КПД, %	72,9	74,6	76,4	82,2	86,0	82,4

Примечание. Номинальная частота вращения — 1000 мин⁻¹; максимальная частота вращения — 2600 мин⁻¹.

Габаритные и присоединительные размеры электродвигателей серии ПБВ (исполнение М301)

Таблица 3

Типоразмер	Размер, мм										
	l	l ₁	L	b	h	H	d	D ₂	D ₃	D	D ₁
ПБВ-100М			555								
	50		6	24,5	24	22					172
ПБВ-100L			630								
	6							215	250	180	
ПБВ-112М			570								
	60		6	31	28	28					217
ПБВ-112 L			700								

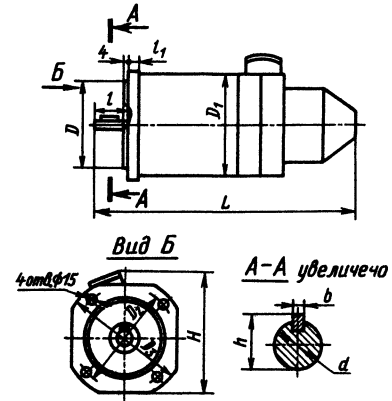


Рис. 1

Комплектные электроприводы и электродвигатели постоянного тока для промышленных роботов

Электродвигатели постоянного тока серии МИ

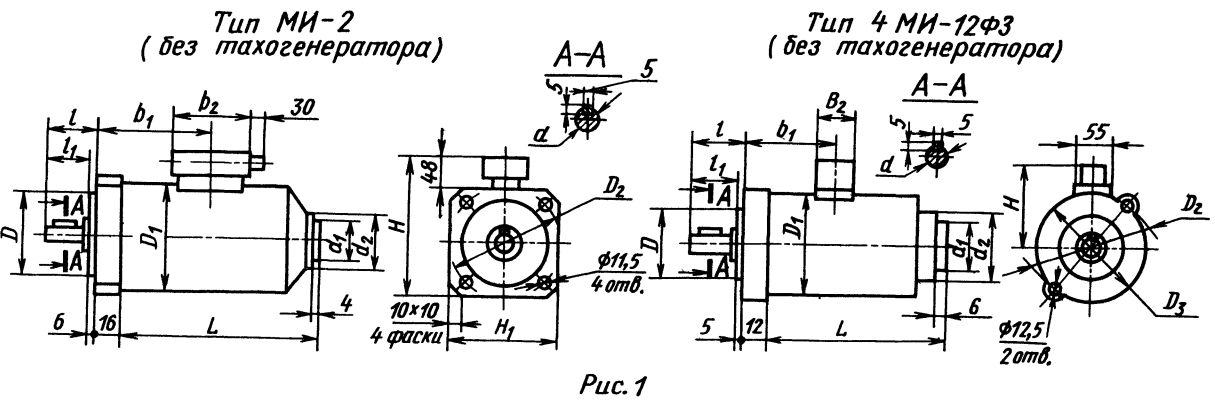


Рис. 1

Таблица 1

Тип	Параметр						Размер, мм													
	Номи- наль- ная мощ- ность, кВт	Номи- наль- ный мо- мент, Н м	Наиболь- шая час- тота враще- ния, мин ⁻¹	Крат- ность пуско- вого момента	Момент инерции, 10 ⁻³ кг·м ²	Масса, кг	d	D	d ₁	d ₂	D ₁	D ₂	D ₃	L	l	l ₁	H	H ₁	b ₁	b ₂
МИ-2	2,2	5,3	4000	10	2,53	25	14	90	50	60	140	165	—	308	38	30	196	148	150	135
4МИ-12Ф3	0,98	2,8	3500		1,23	15	14	67	40	65	140	170	145	230	37	30	110	—	95	32

Электродвигатели постоянного тока серии ДК1

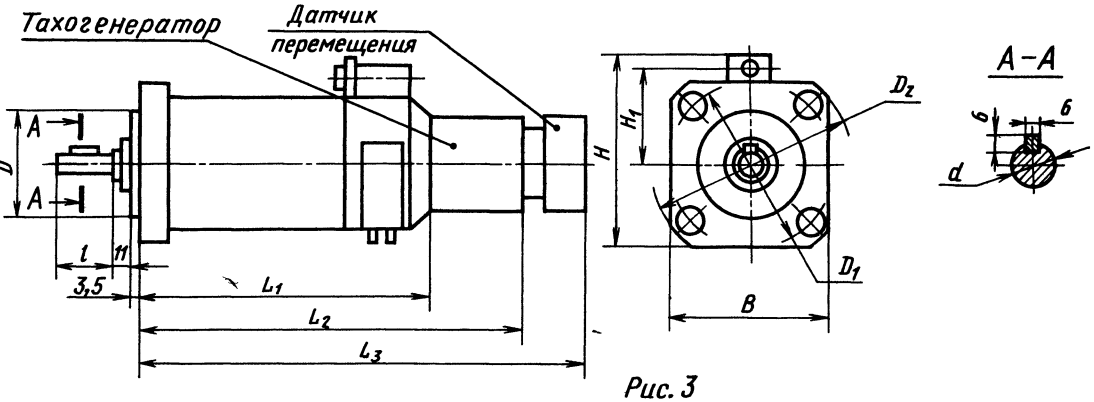


Рис. 3

Таблица 3

Тип	Параметр								Размер, мм										
	Номи- наль- ная мощ- ность, кВт	Номи- наль- ный мо- мент, Н м	Номи- наль- ная час- тота враще- ния	Номи- наль- ное напря- жение, В	Номи- наль- ный ток, А	Крат- ность пуско- вого мо- мента	Мо- мент инерции, 10 ⁻³ кг·м	Масса (с дат- чиком и тор- момо- зом), кг	d	D	D ₁	D ₂	l	L ₁	L ₂	L ₃	B	H	H ₁
ДК1-1,7	0,18	1,7	1000	36	8	7	1,6	22,9	18	130	165	200	40	246	308	357	145	187	107
ДК1-2,3	0,24	2,3		48	7,5		2,05	25,5						279	341	390			
ДК1-3,5	0,36	3,5		65	5	5	2,45	28,1						312	374	421			
ДК1-5,2	0,54	5,2		110	6,5		3,5	33,3						378	440	489			

Электродвигатели постоянного тока серии ДПУ

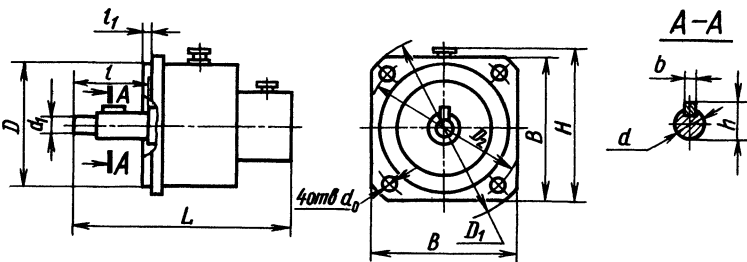


Рис. 2

Таблица 2

Тип	Параметр						Размер, мм													
	Номи- наль- ная мощ- ность, кВт	Номи- наль- ный мо- мент, Н м	Номи- наль- ная час- тота враще- ния, мин ⁻¹	Крат- ность пуско- вого момен- та	Мо- мент инер- ции, 10 ⁻³ кг м ²	Мас- са, кг	<i>d</i>	<i>d</i> ₁	<i>D</i>	<i>D</i> ₁	<i>D</i> ₂	<i>d</i> ₀	<i>l</i>	<i>l</i> ₁	<i>L</i>	<i>B</i>	<i>H</i>	<i>b</i>	<i>h</i>	
ДПУ-160	0,5	0,18	3000	5	0,17	6	10	M6×1	130	200	165	12	23	2,5	172	160	180	3	11,2	
ДПУ-200	1,7	0,55			0,81	9	14	M8×1	190	250	215	15	30	3,5	184	200	220	5	15	
ДПУ-240	3,5	1,1			1,33	14	18	M10×1,25	230	300	265	15	40	5	180	240	260	6	20,5	

Электродвигатели постоянного тока серии ПЯ

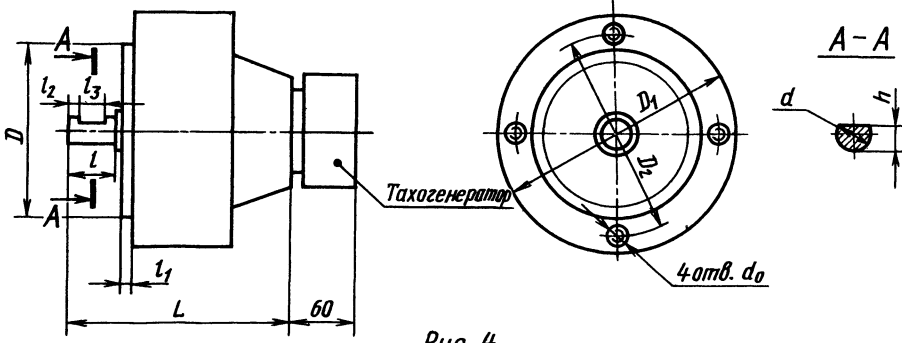


Рис. 4

Таблица 4

Тип	Параметр						Размер, мм										
	Номи- наль- ная мощ- ность, Вт	Номи- наль- ный мо- мент, Н м	Номи- наль- ная час- тота враще- ния, мин ⁻¹	Крат- ность пус- ково- го мо- мента	Мо- мент инер- ции, 10 ⁻³ кг м ²	Мас- са, кг	<i>d</i>	<i>D</i>	<i>D</i> ₁	<i>D</i> ₂	<i>d</i> ₀	<i>l</i>	<i>l</i> ₁	<i>l</i> ₂	<i>l</i> ₃	<i>L</i>	<i>h</i>
ПЯ-20	20	0,07	3000	5	0,01	0,8	5	50	85	65	М4	14	3	6	3	56,6	4,5
ПЯ-50	50	0,16			0,017	1,5	7	60	110	75		М6				16	67
ПЯ-125	125	0,4			0,07	2,0			135	145	М8					23	4
ПЯ-250	250	0,8			0,23	6,0	10	120	180	210	М8	23	4	9	6	113	
ПЯ-500	500	1,64			0,77	11,7			210								

Электродвигатели постоянного тока серии ДП

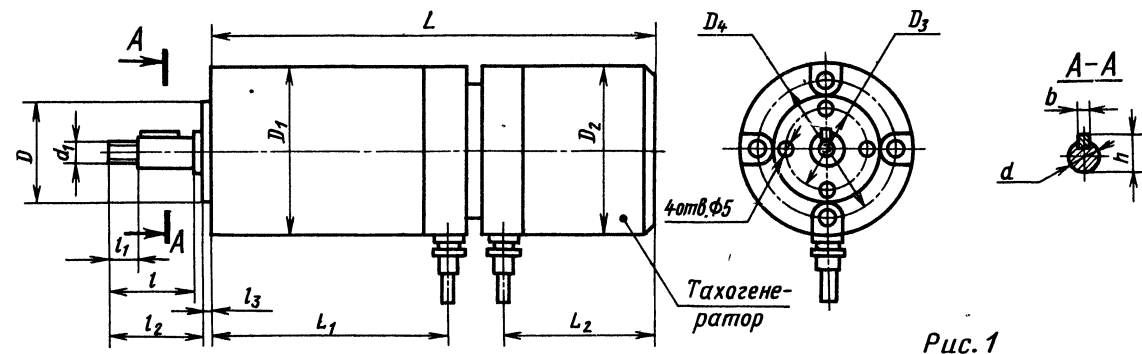


Рис. 1

Таблица 1

Тип	Параметр							Размер, мм																
	Номи- нальная мощ- ность, Вт	Номи- наль- ный мо- мент, Н·м	Номи- наль- ная час- тота вра- ще- ния, мин ⁻¹	Номи- наль- ный ток, А	Крат- ность пус- ково- го мо- мента	Мо- мент инер- ции, 10 ⁻⁵ кг·м ²	Мас- са, кг	d	d ₁	D	D ₁	D ₂	D ₃	D ₄	l	l ₁	l ₂	l ₃	L	L ₁	L ₂	b	h	
ДП35-25	25	0,06	3000	2	3,5	0,86	0,9	4	M3	25	35	40	20	30	12	8	13	135	69,3	43,5	1	4,5		
ДП40-40	40	0,095		3	4,5	1,9	1,1	5	M4	32	40		25	36	14	9	15		2		145	81,5	1,5	5,7
ДП50-60	60	0,143		4,3	5,8	2,5	1,7	6		40	50		32	45	16	10	17		2,5		165	101	6,7	
ДП60-90	90	0,216		5,5	7,5	5,5	2,6	7		50	60		40	55					187		122	2	7,9	

Микродвигатели постоянного тока

A-A увеличено

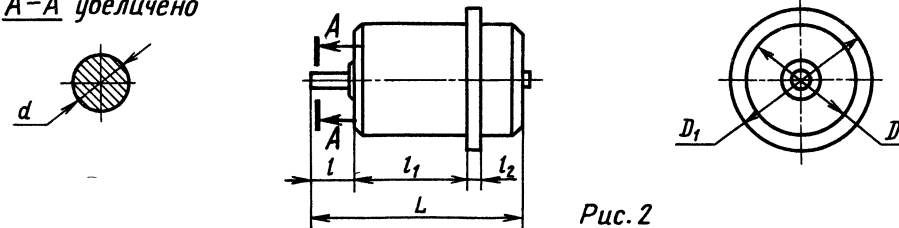


Рис. 2

Таблица 2

Тип	Параметр								Размер, мм							
	Номи- нальная мощ- ность, Вт	Номи- нальный момент, 10 ⁻⁴ Н·м	Номи- наль- ная час- тота вра- ще- ния, мин ⁻¹	Номи- наль- ное нап- ряже- ние, В	Ток якоря, А	Ток возбуж- дения А	Мо- мент инер- ции, 10 ⁻⁶ кг·м ²	Мас- са, кг	d	D	L	l	D ₁	l ₁	l ₂	
СЛ-М	2,3	35	5700	24	0,3	—	0,2	0,2	4	33	60	7	40	40	3,5	
СЛ-121	7,4	160	4500		110	0,18	0,05	3,9		0,41	50		81	58	53	4
СЛ-163	10	240	4000	0,26		0,26	5,3	0,55		70	93		10	80	65	4,5
СЛ-221	12,5	350	3500	0,22		0,05	14	1,2			92,5			85	110	13
СЛ-263	24	650	3600	0,47		—	20	1,4	85	120	108	132	16		120	
СЛ-321	39	1200	3000	0,6		0,09	60	1,7	6	85	130	175	16	145	130	8
СЛ-363	38	1250		0,55		0,55	70	2,5		85						
СЛ-521	77	2500		1,22		0,12	150	3,9	10	108	132					
СЛ-661	200	8000		2500		2,2	0,16	670		7,5	130	175				

Микродвигатели постоянного тока серии ДПР

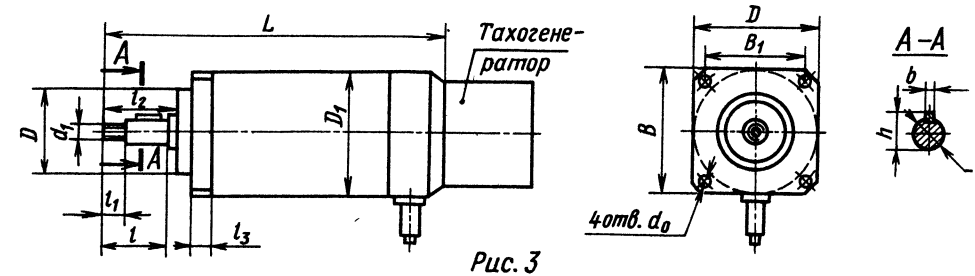


Рис. 3

Таблица 3

Тип	Параметр						Размер, мм													
	Номи- наль- ная мощ- ность, Вт	Номи- наль- ный мо- мент, 10 ⁻⁴ Н·м	Номи- наль- ная час- тота вра- ще- ния, мин ⁻¹	Крат- ность пус- ково- го мо- мента	Мо- мент инер- ции, 10 ⁻¹⁰ кг м ²	Мас- са, 10 ⁻³ кг	d	d ₁	d ₀	B=D	D ₁	l	l ₁	l ₂	l ₃	L	B ₁	b	h	
ДПР-32-1	0,12	20	9000	6,5	2	80	3	M3×0,35	2,0	15	20	7	3	10,0	3,5	46	16,6	0,6	3,6	
ДПР-32-02	0,2		6000	4																
ДПР-32-03	0,25	4500	3																	
ДПР-42-01	0,25	50	9000	7,2	5,7	150			2,4	17	25	9	4	12,0	4	54	21	0,8	4,8	
ДПР-42-02	0,37		6000	4,5																
ДПР-42-03	0,50		4500	3,5																
ДПР-52-01	0,50	100	9000	12	17	250			4	M4×0,5	2,9	30	10,5	4,5	13,5	5	64	25,2	0,8	4,8
ДПР-52-02	0,75		6000	8,5																
ДПР-52-03	1,0		4500	7,5																
ДПР-62-01	2,0	200	9000	10	36	410	3,4	22			35	12,6	5,5	15,5	6	74	29,6	0,8	4,8	
ДПР-62-02	3,0		6000	8,5																
ДПР-62-03	4,0		4000	7,2																
ДПР-72-02	6,0	400	6000	8,5	78	600	3,9	40			14,5	7,5	17,5	7,5	84	33,6	0,8	4,8		
ДПР-72-03	8,0		4500	7,5																
ДПР-72-04	10,0		2500	4,2																

Электродвигатели асинхронные регулируемые серии 4А

Таблица 4

Тип	Параметр							Размер, мм							
	Номи- наль- ная мощ- ность, Вт	Номи- нальный момент, 10 ⁻⁴ Н·м	Номи- наль- ная час- тота вра- ще- ния, мин ⁻¹	Наи- боль- шая час- тота вра- ще- ния, мин ⁻¹	Крат- ность пус- ково- го мо- мента	Мо- мент инер- ции, 10 ⁻² кг·м ²	Мас- са, кг	d	D	D ₁	D ₂	L	l	H	h
4АХБ2П-904ПБ	0,37	7,0	500	1000	5	0,56	32	24	180	180	215	375	50	180	170
4АХБ2П-1004ПБ	1,0	17,0	500	1000	6	1,12	38	28	180	200	215	418	60	200	180

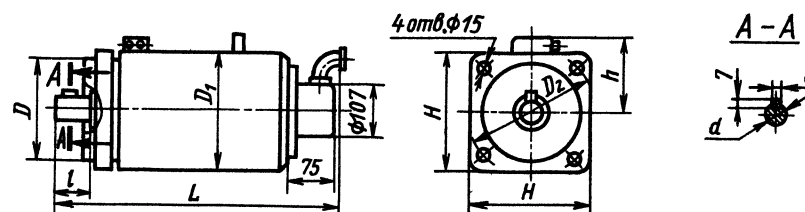


Рис. 4

Электродвигатели постоян-
ного и переменного тока
для ПР

Лист 17

Высокомоментные электромеханизмы поступательного движения серии ЭПМ

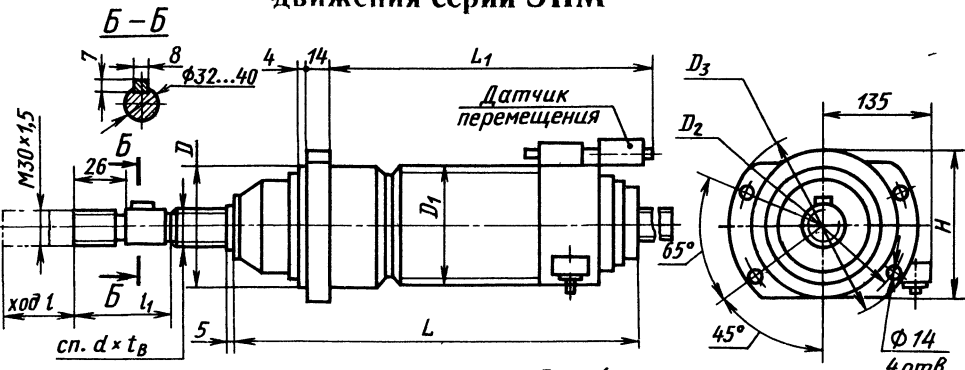


Рис. 1

Таблица 1

Тип	Параметр										Размер, мм									
	номинальная мощность, кВт	номинальный момент, Н·м	номинальное напряжение, В	максимальный ток, А	номинальная частота вращения, мин ⁻¹	частота вращения (млн пах)	номинальное тяговое усилие, кН	кратность максимального момента	момент инерции, 10 ⁻⁴ кг·м ²	масса, кг	$d \times t_B$ (t _B — шаг винта)	D	D ₁	D ₂	D ₃	L	L ₁	l	L ₁	H
ЭМП8-001								9		85						660	635			217
ЭМ8-002	1,5	14	85				8	(при n=0... 5000 мин ⁻¹)	6	90						845	915			
ЭМП8-011					19	1000		6		85						660	635			240
ЭМП8-012						0,1 / 1500		(при n=500... 1000 мин ⁻¹)												75
ЭМП2-001	2,2	21	125				12		6,5	104	50×10	180	210	230	250	770	635			
ЭМП2-002							4	(при n=1000... 15000 мин ⁻¹)		109						955	915			217

Силовые шаговые электродвигатели серии ЕС (НРБ)

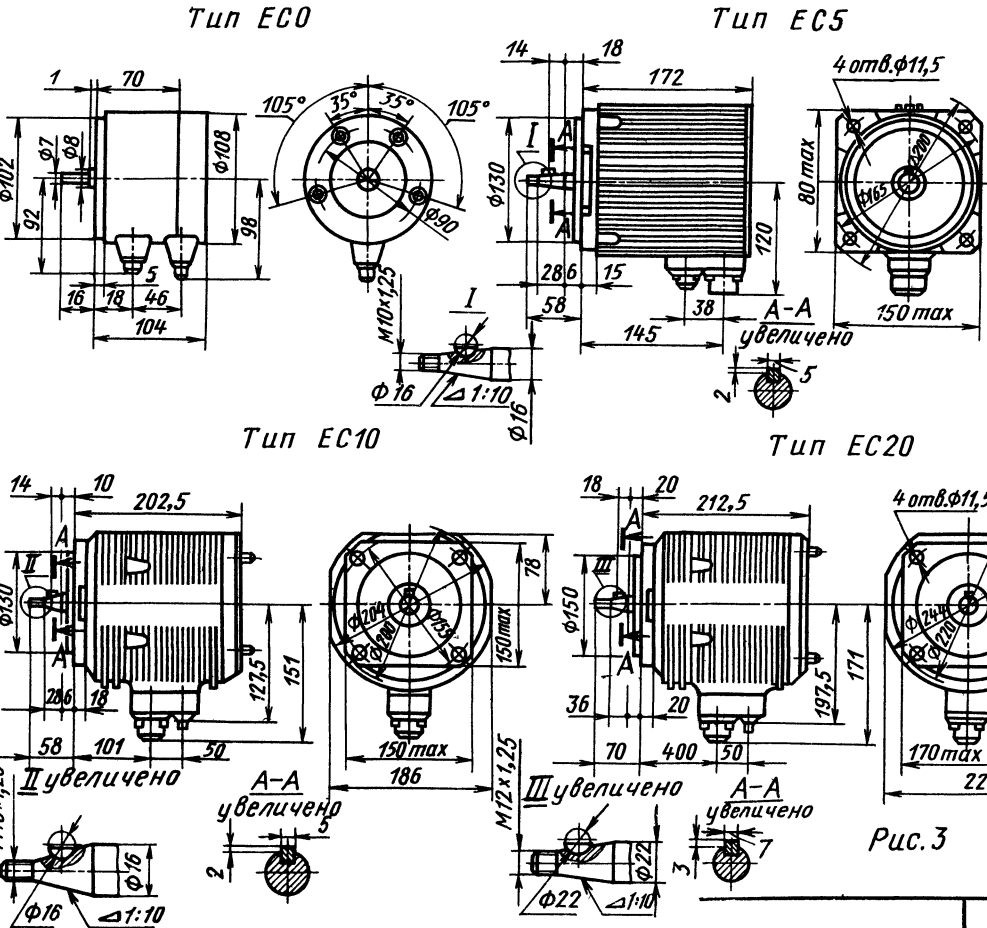


Рис. 3

Рис. 4

Параметр	Типоразмер				
	ЕС0	ЕС5	ЕС10	ЕС20	ЕСД
Выходная мощность, кВт	0,117	0,59	1,1	1,47	2,2
Шаг (цена импульса), град	1,2	—	1,5	1,4	0,36
Наибольшая частота (f _y) управляющих импульсов, кГц	16				
Выходной вращающий момент, Н·м:					
при f _y =100 кГц	2,5	3	7	10	33
при f _y =8 кГц	0,4	2,2	4,5	6,7	27,5
при f _y =16 кГц	0,3	1,5	2	5	2,2
Наибольший момент инерции нагрузки, 10 ⁻³ кг·м ²	0,04	1,0	2,0	4,0	4,0
Наибольшая ошибка шага, град	±0,2				
Масса, кг	3,0	14	28	40	60

Таблица 4

П а р а м е т р	М о д е л ь						
	ТГП-1	ТГП-2,5	ТГП-5	ТГ-2	ТД-101	ТГ-4	ТГ-5А
Тип тахогенератора	Постоянного тока					Переменного тока с частотой 400 Гц	
	с постоянными магнитами			с обмоткой возбуждения			
Напряжение возбуждения, В	—			2,7	110	110...115	
Ток возбуждения, А	—			0,3	0,065	0,3	0,06
Крутизна выходной характеристики, мВ/мин ⁻¹	6	10		20...21		10...11	
Нелинейность выходной характеристики, %	Менее 1,5	Не более 2				2,5	
Наибольшая частота вращения, мин ⁻¹	7000	3000	5000	2400	1500	6000	9000
Момент инерции якоря, 10 ⁻⁷ кг·м ²	—			137	62	—	
Момент трения, 10 ⁻⁴ Н·м	1 3			100 200		3...15	
Масса, кг	0,15	0,3		0,8	0,7	1,5	0,28

Электромеханизмы поступательного движения, силовые шаговые электродвигатели и тахогенераторы для ПР

Лист 18

Шаговые электродвигатели серии ДРШ и ШД-5Д1

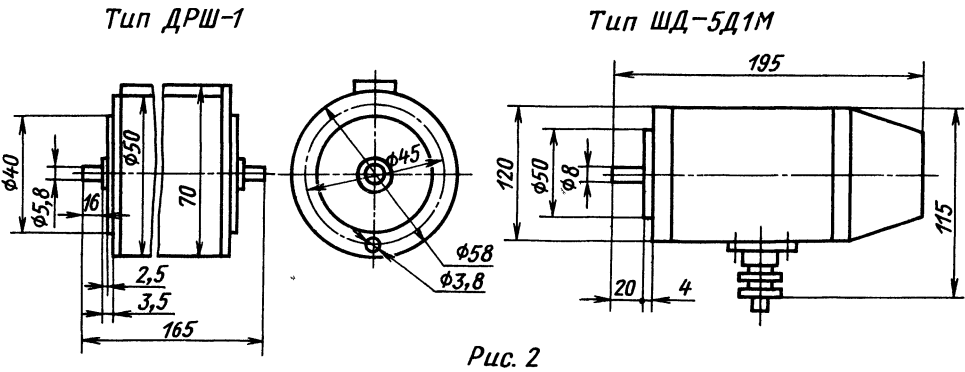
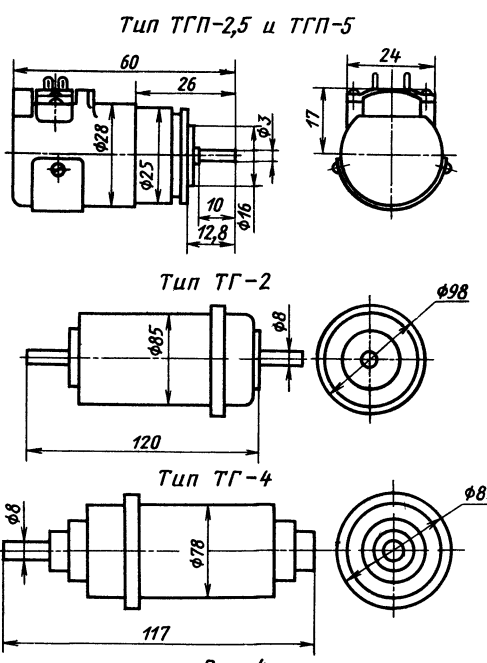


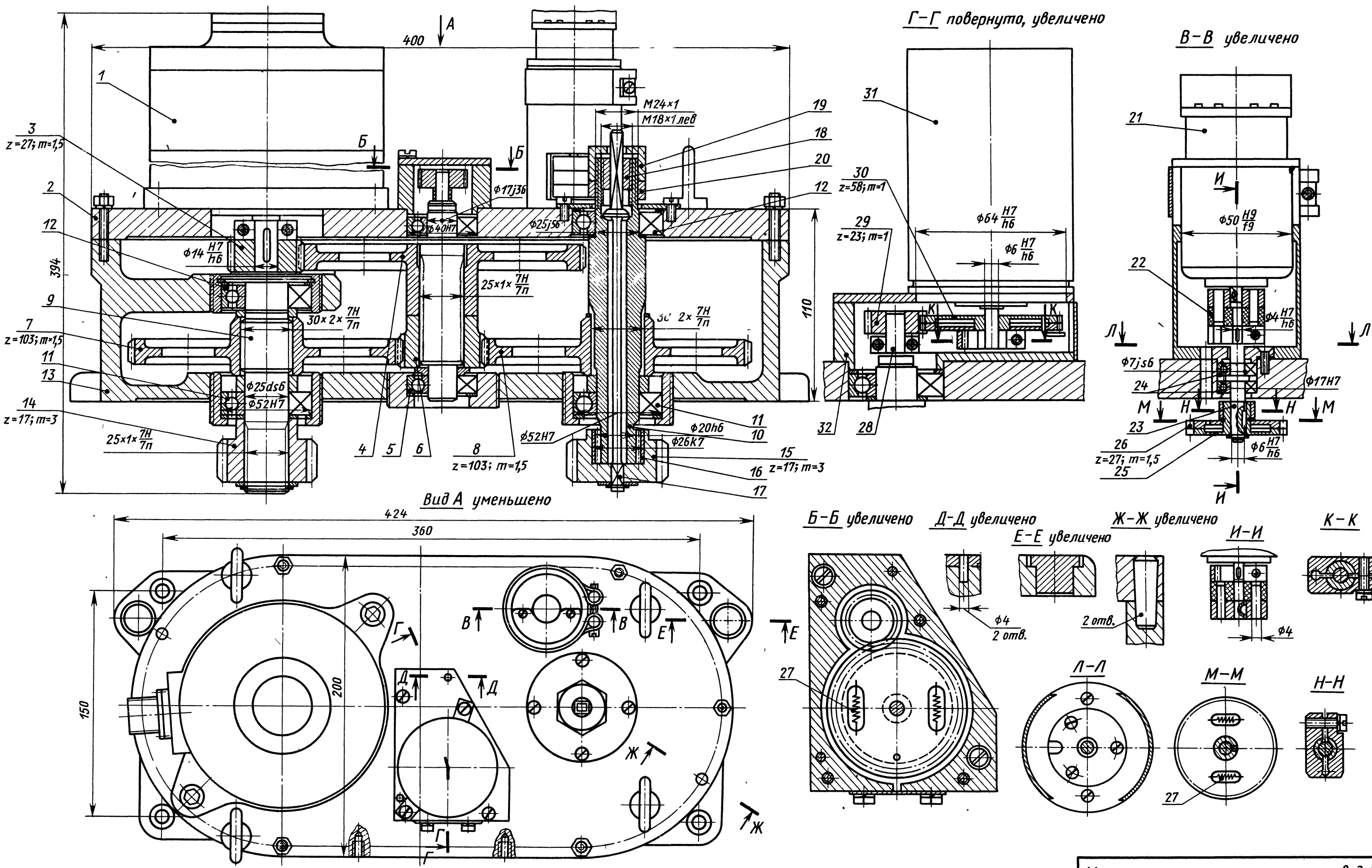
Рис. 2

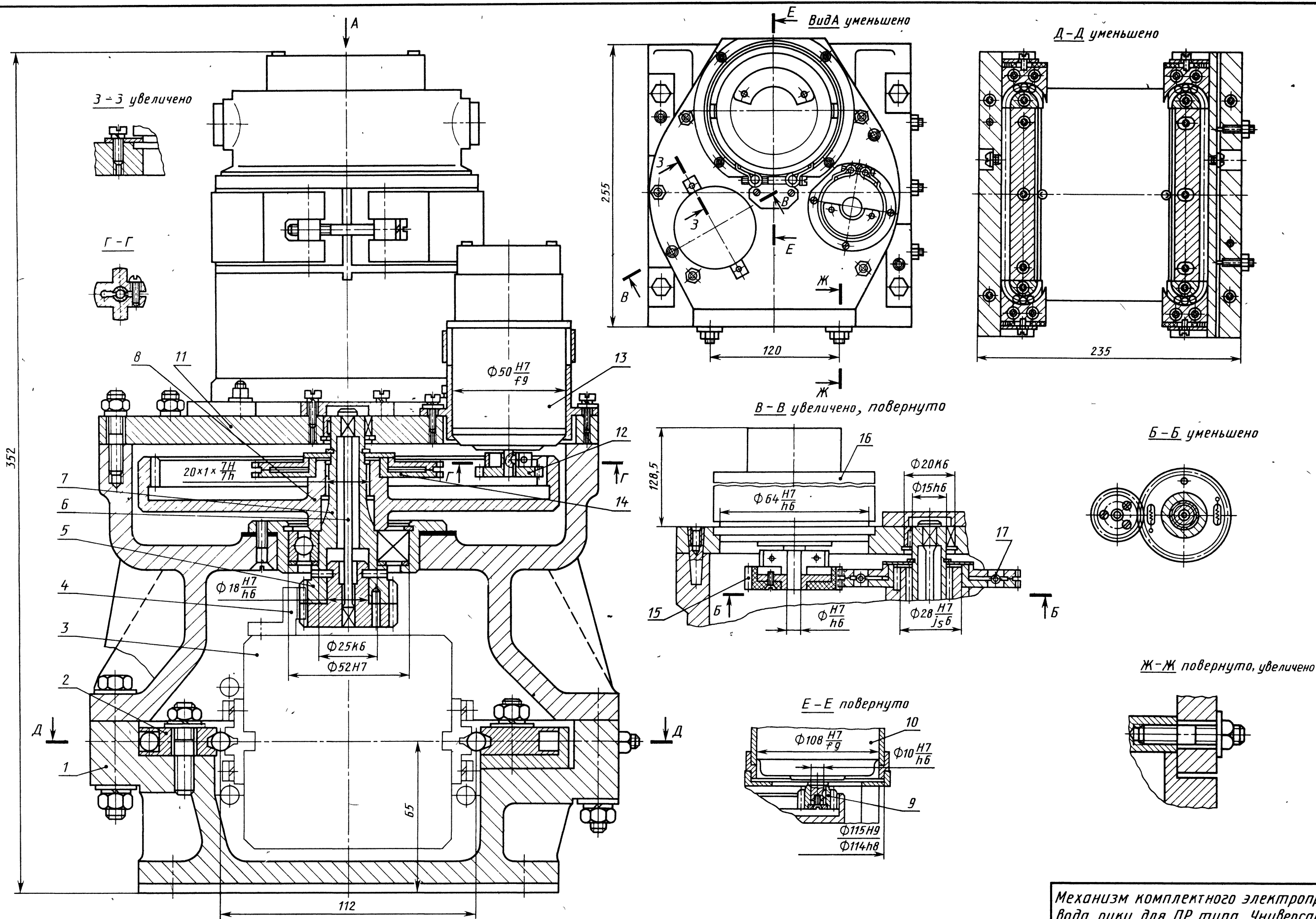
Таблица 2

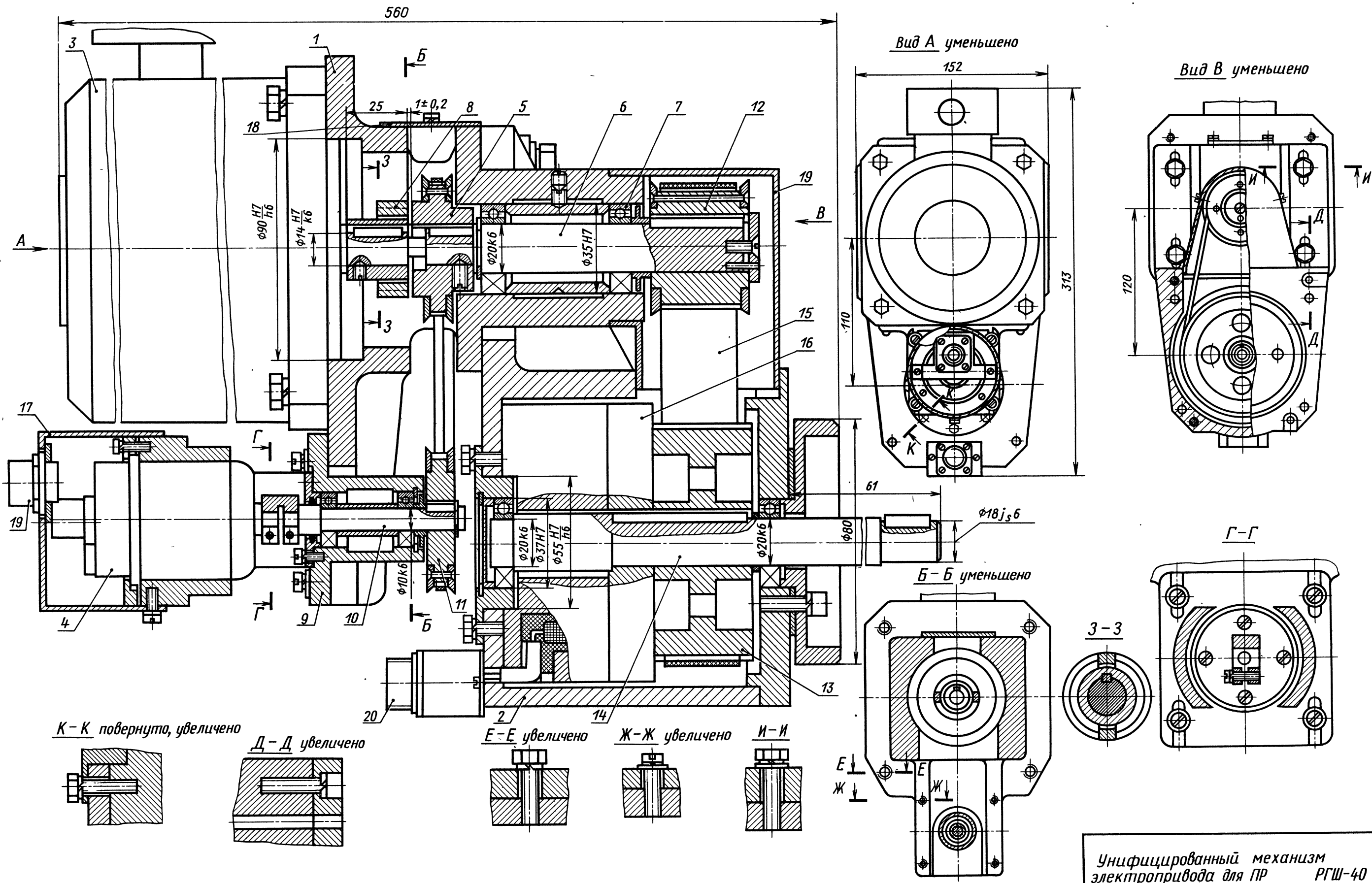
Тип	Параметр								Масса, кг
	Наибольшая мощность, Вт	Номинальный момент, Н·м	Шаг, град	Наибольшая частота управляющих импульсов, кГц	Частота приёма, кГц	Наибольший статический синхронизируемый момент, Н·м	Наименьшее время разгона, с	Номинальный момент инерции, 10 ⁻⁴ кг·м ²	
ДРШ-1	51	0,1	1,5	20	2000	0,375	0,15	0,04	2,6
ШД-5Д1М	25	0,06		16		0,3		0,1	3,0

Тахогенераторы постоянного и переменного тока









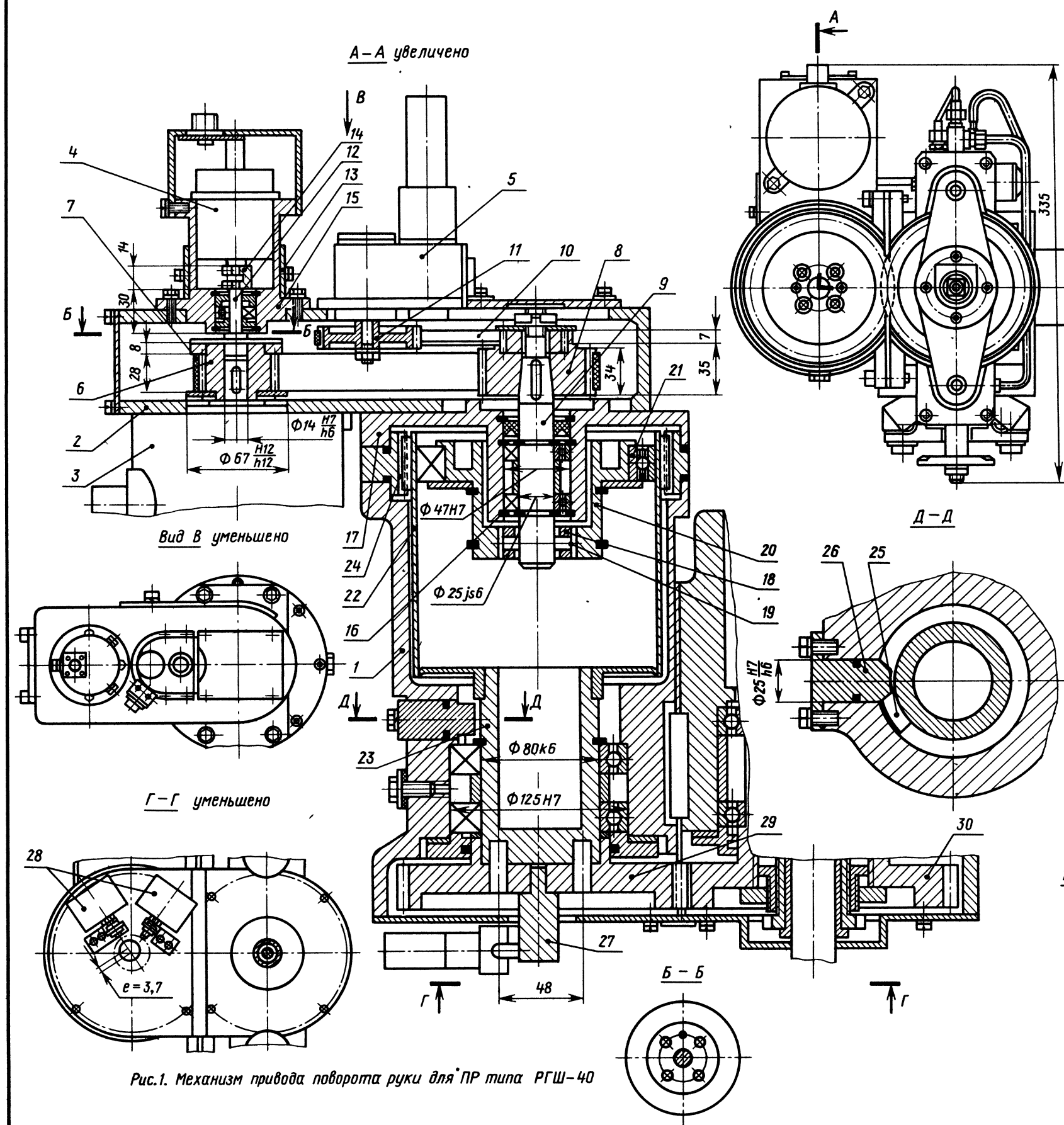


Рис.1. Механизм привода поворота руки для ПР типа РГШ-40

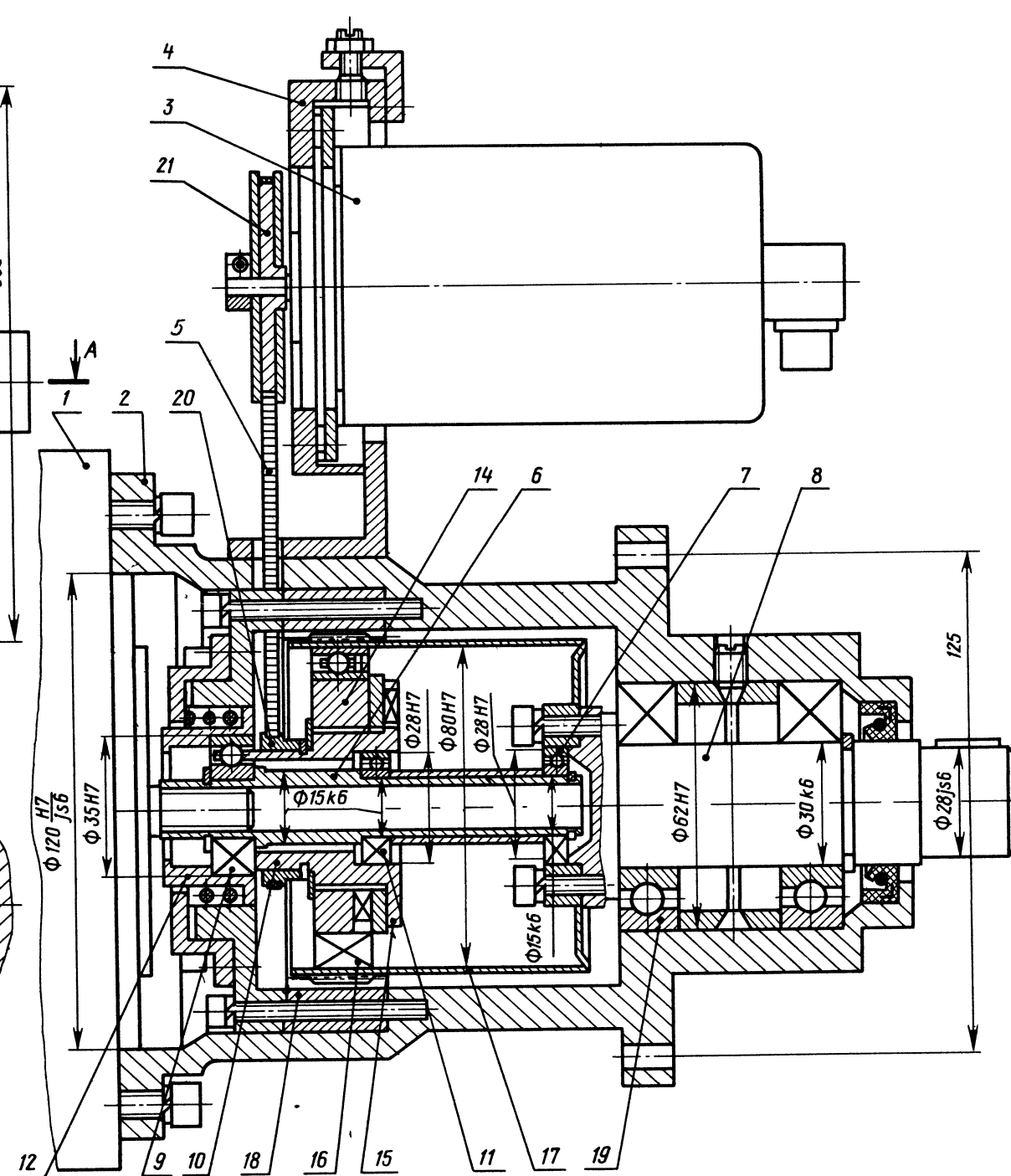


Рис.2. Механизм привода поворота руки для ПР типа ПР-4

КОМПЛЕКТНЫЕ ГИДРОПРИВОДЫ ДЛЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ РОБОТОВ

Линейный электрогидравлический следящий гидропривод

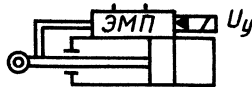


Таблица 1

Параметр		Типоразмер												
		пэгс1	пэгс4	пэгс5	пэгс6	пэгс10	пэгс11	пэгс12	пэгс13	пэгс2	пэгс3	пэгс7	пэгс8	пэгс9
Диаметр поршня, мм		25	36		56		70		32	36		45		
Диаметр штока, мм		12	18		28		50		16	18		22		
Вариант исполнения		Короткоходовой				Длинноходовой								
Ход поршня, мм		500			250	500		630	800	1000	630		800	
Давление, МПа	Номинальное	6,3	12,5		16				12,5	16				
	Наименьшее	5	10		12,5				10	12,5				
Номинальный расход масла, 10 ⁻³ м³/с	Рабочий	0,5	0,43											
	Общий	0,7	0,63		0,8				0,7	0,8				
Номинальная эффективная мощность, кВт		3,0; 8,5	2,65; 7,65		12,4	11,4		12,5		8,6	12,4			
Максимальная скорость перемещения штока, мм/с		1000; 1420	840; 1220		780	590		420	800	780			510	
Точность позиционирования, мм		1,0	0,5		0,75		1,5			3,0	5,0	0,75	1,5	
Величина горизонтальной инерционной нагрузки, Н		(30) 50	200		3000		6000		15	25	60		100	
Величина вертикальной (весовой) нагрузки, Н		(30) 50	200		3000		6000		15	25	60		100	
Продолжительность переходного процесса, с		0,2		0,15		0,2		0,3		0,1	0,15		0,2	
Масса, кг		15,7	20,1	22,7		25,7	29,1	34,2	36,0	18,3	19,7	25,3	24,4	26,7
Габаритные размеры, мм	Длина	725	475	725		545	1125	565	815	855	1025	1485	960	1130
	Ширина	125			140		160		125					
	Высота	220	235		250		280		220	235				

Линейный электрический шаговый привод

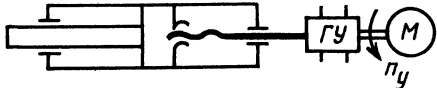


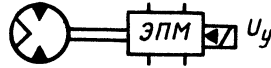
Таблица 2

Параметр	Типоразмер гидропривода					
	2Г28-2	3Г28-2	4Г28-2	5Г28-2	6Г28-2	7Г28-2
Длина хода, мм	220	320	400	500	630	710
Размер гидроцилиндра (диаметр поршня на диаметр штока), мм	Типоразмер Г28-23 50×25			Типоразмер Г28-22 63×32		Типоразмер Г28-24 70×32
Номинальное тяговое усилие, кН	7			10		14
Цена импульса, мм	0,1			0,05; 0,1		
Наибольшая частота управляющих импульсов, Гц	8000			4000; 8000		
Масса (при наиб. ходе), кг	300			36,2		50,0

Примечание. Номинальное давление — 6,3 МПа; точность позиционирования — ±0,1 мм, тип управляющего шагового двигателя — ШД5-Д1М.

Поворотные электрогидравлические следящие приводы

Неполноповоротный



Полноповоротный

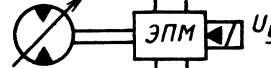


Таблица 3

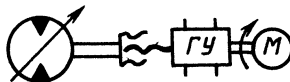
П а р а м е т р		Т и п о р а з м е р г и д р о п р и в о д а								
		СП1	СП2	СП3	СП4	СП5	Серия ШН4-40 (ЧССР)			
							РН4-40-25	РН-40-40	РН4-20-63	
Вариант исполнения		Неполноповоротный				Полноповоротный				
Давление, МПа	номинальное	6,3	12,5		16,0	10				
	минимальное	5,0	10,0		12,0	—				
	максимальное	10,0	16,0		20,0	16				
Номинальный вращающий момент, Н·м		500	1000	1550	4000	6300	53,3 (при $p=10$ МПа) 100,2 (при $p=16$ МПа)			
Наибольший угол поворота выходного вала, град.		270				—				
Наибольшая угловая скорость		град/с				мин ⁻¹				
		120		100		80	Наибольшая частота вращения (при $p=10$ МПа)			
							600...750	950...1150	1400...1750	
							Наименьшая частота вращения $1\pm0,1$			
Расход рабочей жидкости, 10 ⁻³ м³/с	рабочий	0,17		0,2	0,5	0,6	Наибольший расход утечек, отнесенный к номинальному давлению, $2,3\times10^{-12}$ м³·с ⁻¹ /Н·м ⁻²			
	общий	0,25		0,3	0,6	0,7				
Наибольший момент инерции, кг·м²		16	35	140	430	1050	0,05			
Продолжительность переходного процесса, с		0,3	0,4	0,6	0,8	1,0	Коэффициент усиления по скорости (добротность), 100 с ⁻¹			
Точность позиционирования, угл. мин.		±5	±8	±10	±12	±20				
Масса, кг			56	63	112	133	Без тахогенератора		С тахогенератором	
							22,2		24,6	
Габаритные размеры, мм	Длина	418	419	499			450			
	Ширина	215			270			182		
	Высота	312			397			254,5		

Поворотный электрогидравлический шаговый привод

Таблица 4

Параметр		Типоразмер							
		Э32Г18-22	Э32Г18-23	Э32Г18-24	Э32Г18-25	Э32Г18-32	Э32Г18-33	Э32Г18-34	Э32Г18-35
Наибольший вращающий момент на выходе, Н·м		12	27	50	100	16	32	64	128
Наибольшая нагрузка, Н·м	при пуске	8	16	32	64	13	26	52	103
	при наиб. частоте	6	12	24	48	6,5	13	26	52
Расход масла при частоте 1000 мин ⁻¹ , 10 ⁻³ м³/с		0,33	0,67	1,33	2,67	0,33	0,67	1,33	2,67
Наибольшая мощность, кВт		2,45	5,5	5,1	10,2	—			
Наибольшая управляющая частота, Гц		8000		4000		16 000		8000	
Наибольшая угловая скорость, мин ⁻¹		2000		1000		4 000		2000	
Ошибка холостого хода, зависящая от скорости, угл. град	при частоте 2000 Гц	10	15	30	37,5	9	15	30	37,5
	при наибольшей частоте	—				30	52,5		67,5
Наибольший момент инерции, кг·м²		0,005	0,016	0,038	0,125	0,005	0,016	0,038	0,125
Масса, кг		15,5	22,3	34,6	57,4	25	35	50	90

Примечание. Номинальное давление — 6,3 МПа; наибольшая управляющая частота при пуске — 2000 Гц; статическая ошибка — ±1,2 град (под нагрузкой); цена импульса — 1,5 град.



Комплектные гидроприводы для промышленных роботов

Лист 23

Гидроцилиндры реверсивные серии ЦРГ

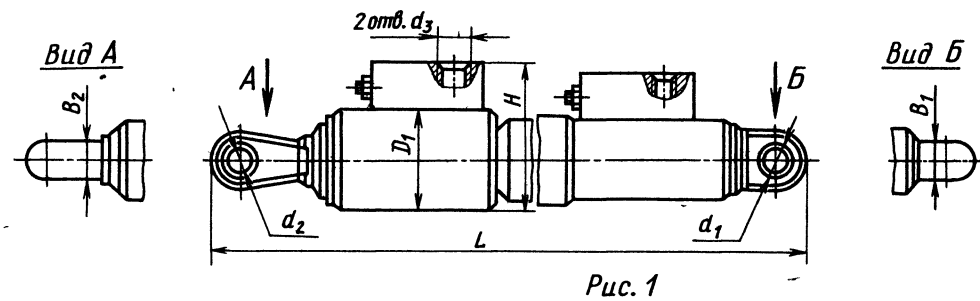


Рис. 1

Таблица 1

Параметр		Типоразмер																	
		ЦРГ	ЦРГ	ЦРГ	ЦРГ	ЦРГ	ЦРГ	ЦРГ	ЦРГ	ЦРГ	ЦРГ	ЦРГ	ЦРГ	ЦРГ	ЦРГ	ЦРГ			
		32×22 500	36×25 250	36×25 500	40×28 630	40×28 800	40×32 250	40×32 500	45×32 500	40×50 500	50×40 500	50×40 1000	56×40 630	56×40 800	63×50 250	63×50 500	70×50 1000		
Диаметр цилиндра, мм		32	36		40			45	50			56			63		70		
Диаметр штока, мм		22	25		28		32		40			50			56		70		
Ход поршня, мм		500	250	500	630	800	250	500	250	500	1000	630	800	250	500	1000			
Усилие на штоке, 10 ³ Н: толкающее тянущее		12,5	16,3			20		25,3	31,3			39,2			49,5		61,5		
		6,5	8,5			100,8		12,7	11,4			19,2			18,3		30		
Масса, кг		5,4	4,5	6,5	8,1	9,6	5,6	7,9	7,4	6,75	9,5	14,5	10,5	12,6	8,4	11,8	19,6		
Размер, мм	D ₁	60	60	60	60	60	60	60	68	80	85	80	80	80	83	83	95		
	H	90	90	90	90	90	90	90	98	112	118	112	112	115	115	115	127		
	L	788	546	796	969	1139	589	839	849	656	936	1406	1048	1048	1242	946	1459		
	B ₁ =B ₂	25								30									
	d ₁ =d ₂	16								20								25	
	d ₃	M24×1,5																	

Примечание. Номинальное давление — 16 МПа; максимальное давление — 20 МПа; номинальная скорость поршня — 1,5 м/с; КПД — 95%.

Линейные гидравлические шаговые приводы серии Г28-2

Исполнение на лапах

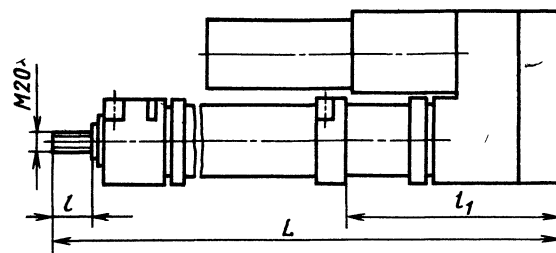
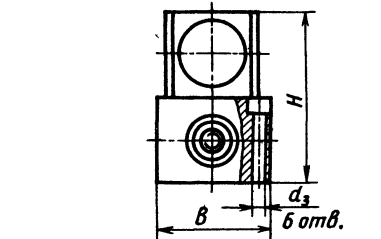


Таблица 2

Размер, мм	Типоразмер		
	Г28-22 (50×25)	Г28-23 (63×32)	Г28-24 (70×32)
D	80	90	90
d ₂	M10	M10	M12
B	120	130	140
L	995	995	995
l ₁	40	40	40
l ₂	174	174	172
H	212	218	227
d ₃	11	11	11



Исполнение на фланце

Исполнение на цапфах

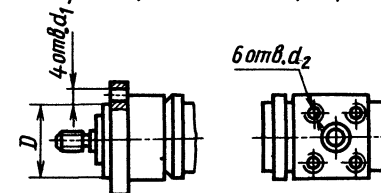


Рис. 2

Приводы электрогидравлические следящие серии ПЭГС

Таблица 3

Типоразмер	Размер, мм							
	L	B	C	D	d	h	P	H
ПЭГС-1	725	405	158	11	12	58	90	125
ПЭГС-2	855	535	158	11	12	58	90	125
ПЭГС-3	1025	705	158	13	12	65	102	125
ПЭГС-4	475	153	158	13	12	65	102	215
ПЭГС-5	725	405	158	13	12	65	102	125
ПЭГС-6	725	405	158	13	12	65	102	125
ПЭГС-7	1485	930	158	13	12	65	102	125
ПЭГС-8	900	535	160	13	15	65	102	125
ПЭГС-9	1130	705	160	13	15	65	102	125
ПЭГС-10	545	180	160	14	18	72	114	140
ПЭГС-11	1125	430	160	15	18	72	114	140
ПЭГС-12	565	200	160	17	20	87	122	160
ПЭГС-13	815	450	160	17	20	87	122	160

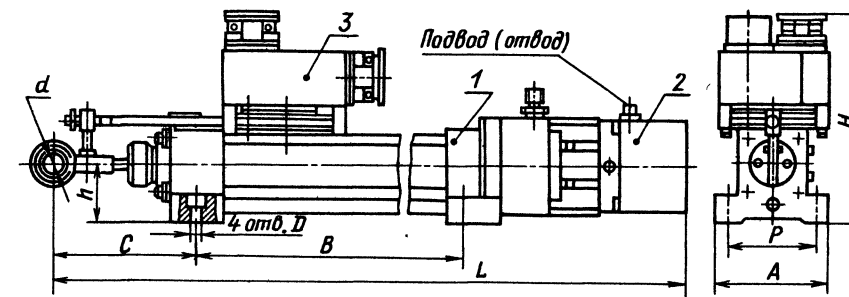


Рис. 3

Поворотные и электрогидравлические шаговые приводы серий Э32Г18-2 и Э32Г18-3

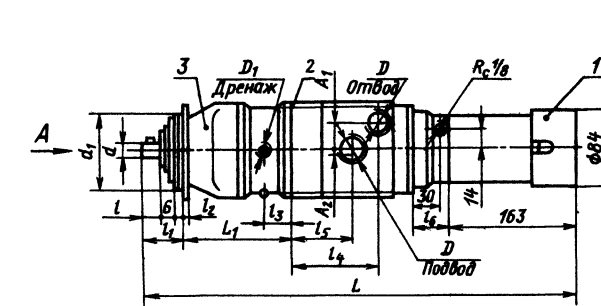


Рис. 4

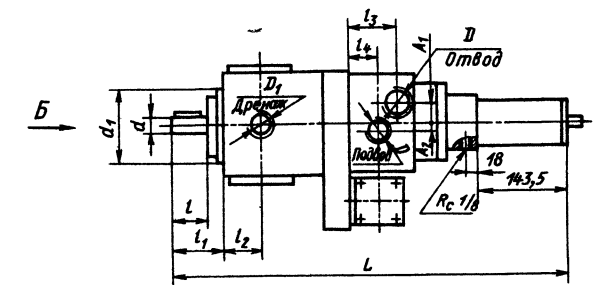


Рис. 5

Таблица 4

Размер, мм	Типоразмер			
	Э32Г18-22	Э32Г18-23	Э32Г18-24	Э32Г18-25
D	R _c 1/2	R _c 3/4	R _c 1	R _c 1 1/4
D ₁	R _c 1/4		R _c 3/8	
A ₁	72	92	108	138
A ₂	5	25	30	40
B	92	110	132	162
b	5	6	10	12
d	18	22	32	42
d ₁	80	100	120	140
d ₂	9		11	13
d ₃	M6		M10	
L	512	554	612	690
L ₁	128	157	196	254
l	25	30	42	58
l ₁	46	54	70	80
l ₂	8	12	14	20
l ₃	31	42	54	69
l ₄	102	100	105	112
l ₅	68	73	76	79
h	19,8	24,2	34,8	44,8

Таблица 5

Размер, мм	Типоразмер			
	Э32Г18-32	Э32Г18-33	Э32Г18-34	Э32Г18-35
D	R _c 1/2	R _c 3/4	R _c 1	R _c 1 1/4
D ₁	R _c 1/4		R _c 3/8	
A	72	92	108	138
A ₁	5	25	30	40
A ₂	5	8	15	
B	196	192	212	234
b	5	6	10	12
d	18	22	32	42
d ₁	80	100	120	140
d ₂		M8		M12
d ₃		M6		M10
H	195	198	238	255
h	19,8	24,2	34,8	44,8
L	507	546	607	681
l	25	30	42	58
l ₁	46	54	70	86
l ₂	52	62	80	102
l ₃	70	63	65	68
l ₄	35	36		37

Гидроприводы для промышленных роботов

Лист 24

Гидродвигатели поворотные серии ДПГ

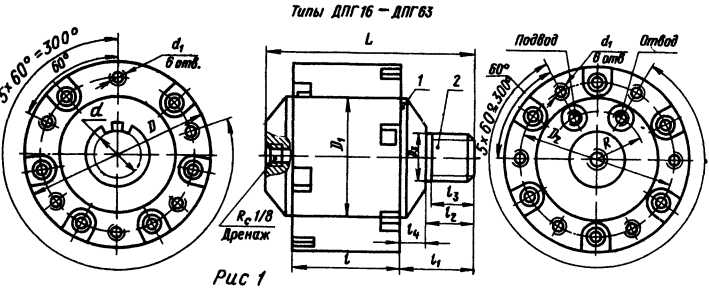


Таблица 1

Типо-размер	Размер, мм										R
	D	L	l	l ₁	l ₂	l ₃	l ₄	D ₁	D ₂	z/d×D _s	
ДПГ16	104	150	73	53	47	35	15	75	91	6/23×28	M8 39
ДПГ63	146	205	113	72	52	37	20	100	126	10/32×40	M12 40

Примечание: z — число зубьев.

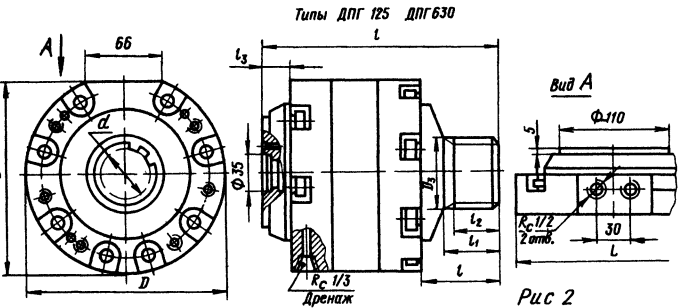


Таблица 2

Типо-размер	Размер, мм							
	<i>B</i>	<i>D</i>	<i>L</i>	<i>l</i>	<i>l</i> ₁	<i>l</i> ₂	<i>l</i> ₃	<i>z</i> <i>d</i> × <i>D</i> _s
ДПГ-125 ДПГ-200	194	200	285 330	120 136	95 112	78 95	24	8/52 × 60
ДПГ-400 ДПГ-630	265	270	365 430	148 175	118 146	97 125	30	10/72 × 82

Приводы электрогидравлические следящие серии СП

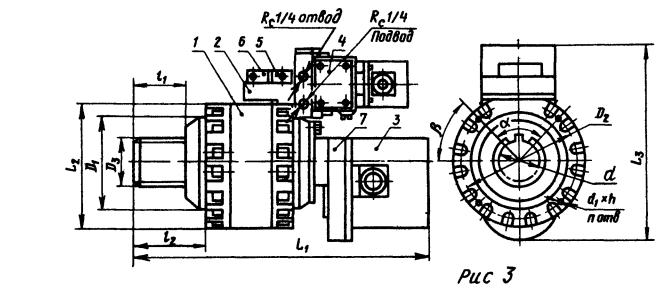


Таблица 3

Типо-размер	Размер, мм									n	α	β	z/d×D
	L ₁	L ₂	L ₃	l ₁	l ₂	D ₁	D ₂	d ₁	h				
СП1, СП2	475	200	293	94	118	140	172	16	20	6	33	46	8/52×60
СП3	520	200	293	113	137	140	172	16	20	6	33	46	
СП4	555	270	342	118	148	200	236	20	25	8	40	40	10/72×82
СП5	620	270	342	145	175	200	236	20	25	8	40	40	

Приводы электрогидравлические следящие серии СН4-40

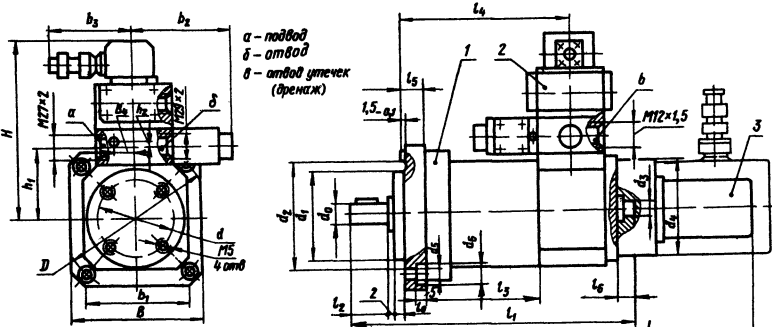


Рис 4

Таблица 4

Типо-размер	Размер, мм									
	B	L	H	D	d	d ₀	d ₁	d ₂	d ₃	d ₄
SN4-40-40	140	460	184,5	165±0,1	88,9±0,1	22	95,25	96	12	101,6

Размер, мм												
d ₆	b ₁	b ₂	b ₃	b ₄	h ₁	h ₂	l ₀	l ₁	l ₂	l ₃	l ₄	l ₅
17	115	112	100	20	76	12	10	313	48	126	185,5	22

Гидромоторы аксиально-поршневые и ролико-лопастные

Таблица 5

Параметр		Типоразмер								
		Г15-21Н	Г15-22Н	Г15-23Н	Г15-24Н	Г15-24Н	ГМ-80	МРАК3	МРАК5	МРАК6
Давление, МПа	номинальное	6,3					10	16	10	
	максимальное	12,5					16	25	16	
Вращающий момент, Н·м	номинальный	9,6	17	34	68	136	127	84	160	
	страгивания	8,6	15,4	31	61	122	—			
Частота вращения, с ⁻¹	номинальная	16					—			
	максимальная	40	35	30	25	21,6	16	33,3	16,6	30
	минимальная	0,27 1,33	0,13 1,0	0,07 0,66	0,3 0,66	0,02 0,66	0,07	1,67	0,03	0,16
Номинальный расход, 10 ⁻³ м³/с		0,19	0,33	0,64	1,28	2,56	1,33	1,52	0,65	0,19
Масса, кг		4,5	7	12	20	40	26	21,5		22

Гидромоторы аксиально-поршневые серии Г15-2

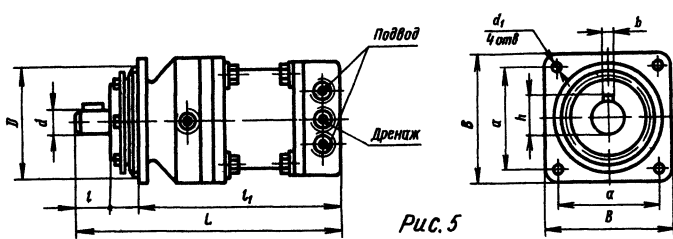


Рис 5

Таблица 6

Т и п	Размер, мм									
	D	d	d ₁	a	B	b	J	l	l ₁	h
Г15-21Н	70	14	7	64	80	5	168	20	131	16
Г15-22Н	80	15	9	72	92	6	202	25	156	20,5
Г15-23Н	100	22	11	92	110	6	248	30	194	20,5
Г15-24Н	120	32	13	108	132	10	308	42	253	33
Г15-25Н	140	42	13	138	162	12	402	58	316	45

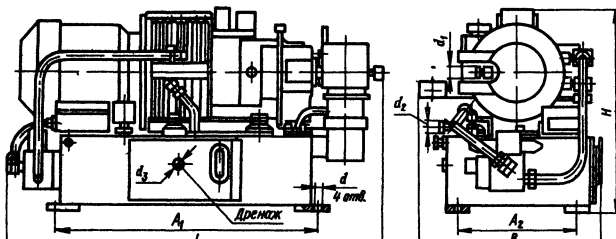


Рис 7

Унифицированные гидростанции серии СР

Таблица 7

Параметр	Типоразмер																			
	СР63Ж-35Р-125	СР63В-35Р-125	СР63Ж-35Р-125	СР160Ж-50Р-150	СР160Ж-50Р-160-02	СР160Ж-50Р-160-04	СР160Ж-50Р-160-01	СР160Ж-50Р-160-02	СР160Ж-50Р-160-05	СР40-25-63	СР40Ж-25-63-01	СР40-25-63	СР40В-25-63-01	СР40Ж-25-63	СР40-25-61-01	СР63Ж-35-125	СР63Ж-35-125-01	СР63В-35-125	СР63В-35-125-01	СР63-35-125
Номинальное давление насоса, МПа	12,5				16,0				6,3				12,5							
Подача насоса, 10 ⁻³ м³/с	0,84	0,84	1,7	0,8	1,7	0,4	0,6	0,4	0,6	0,4	0,6	0,4	0,6	0,4	0,6	0,6	0,84	0,6	0,84	0,6
Мощность электродвига-теля, кВт	7,5	11	15	22	30	15	22	30	3	4	3	4	3	4	7,5					
Емкость бака, 10³ м³	63	100	160	40				63												

Гидростанции серии СР с водяным охлаждением масла

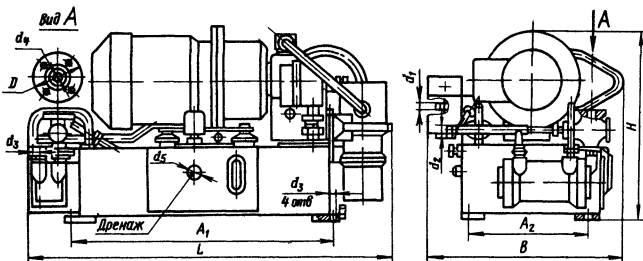


Рис 6

Таблица 8

Типоразмер	Размер, мм					
	L	B	H	A ₁	A ₂	d ₃
СР40Ж-25-63	1060	540	490	695	330	R ¹ / ₂
СР40Ж-25-63-01	1060	540	490	695	330	
СР63Ж-35-125	1165	620	610	855	370	R ³ / ₄
СР63Ж-35-125-05	1165	620	610	855	370	
СР63Ж-35-125-01	1205	530	540	855	370	R ³ / ₄
СР63Ж-35Р-125-01	1205	530	675	855	370	
СР100Ж-50Р-125	1265	550	599	875	410	R ³ / ₄
СР160Ж-50Р-160	1410	630	750	1000	485	
СР160Ж-50Р-160-02	1410	630	750	1000	485	R ³ / ₄
СР160Ж-50Р-160-04	1410	630	750	1000	485	

Примечание. Для всех гидростанций серии СР D=85; d=13; d₁=d₂=M33×1,5, d₄=15; d₅=R_c³/₄.

Гидростанции серии СР с воздушным охлаждением масла или с внешним охлаждающим устройством

Таблица 9

Типоразмер	Размер, мм					Охлаждение
	L	B	H	A ₁	A ₂	
СР40В-25-63	1065	565	520	720	316	Воздушное
СР63В-35-125	1130	620	610	835	370	
СР63В-35-125-01	1190	620	610	835	370	
СР63В-35Р-125-01	1225	530	640	855	370	
СР63В-35Р-125	1225	530	675	855	370	
СР40-25-63	690	540	490	720	330	Внешнее
СР40-25-63-01	920	540	490	720	370	
СР63-35-125	1175	530	640	335	370	
СР160-50Р-160-01	1370	630	785	1000	485	
СР160-50Р-160-02	1370	630	785	1000	485	

Примечание. Для всех гидростанций серии СР D=13; d₁=d₂=M33×1,5, d₃=R_c³/₄.

Гидродвигатели, приводы, электрогидравлические и унифицированные гидростанции для ПР

Лист 25

Гидропневматические цилиндры реверсивные серии ЦРГП

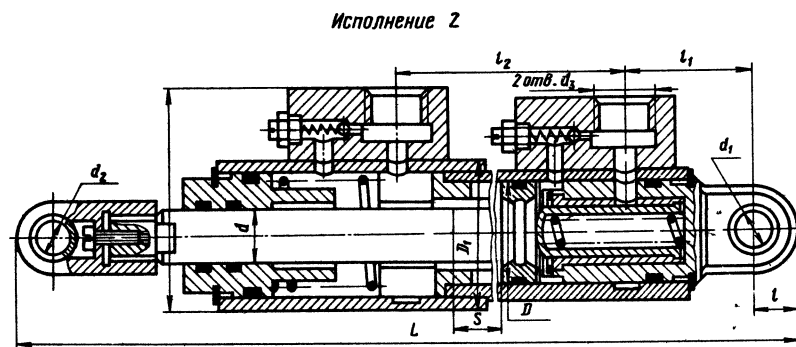
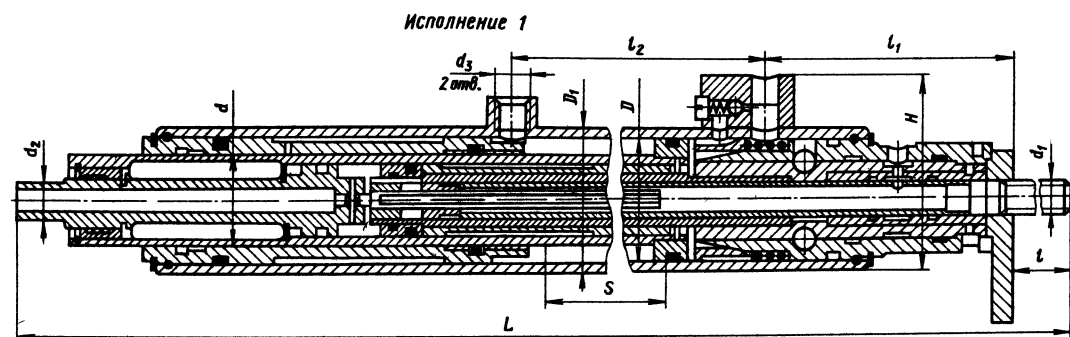


Рис. 1

Таблица 1

Параметр		Типоразмер													
		ЦРГП 50×36 500	ЦРГП 50×36 1000	ЦРГП 63×40 500	ЦРГП 63×40 800	ЦРГП 63×40 1000	ЦРГП 63×45 500	ЦРГП 63×45 800	ЦРГП 63×45 1000	ЦРГП 80×45 250	ЦРГП 80×56 500	ЦРГП 80×56 1000	ЦРГП 100×80 250	ЦРГП 100×80 500	
Давление, МПа	номинальное (воздух/масло)	1,0/2,5													
	максимальное (воздух/масло)	1,2/3,2													
Диаметр цилиндра, мм		50		63						80			100		
Диаметр штока, мм		36		40				45			56			80	
Ход поршня, мм		500	1000	500	800	1000	500	800	1000	250	500	1000	250	500	
Скорость поршня номи- нальная, м/с		1,5													
Усилие на штоке, Н	толкающее (воздух/масло)	1960/4910		3100/7750			3100/7750			5020/12550			7850/19620		
	тянущее (воздух/масло)	940/2350		1850/4620			1500/3750			2570/6400			2850/7150		
Масса, кг		8,35	13,1	9,8	13,2	15,7	10,6	13,4	16,5	10,1	15,6	26,5	14,5	21,4	
КПД (общий)		0,94		0,95											
Размеры	D ₁	80		73			76			95			127		
	H	115		102			128			122	135		174		
	L	874	1374	874	1174	1374	1042	1342	1542	738	910	1410	860	1110	
	d ₁ или Z×d ₁ ×D ₁	20		25			6×13×16			32	6×13×13		38		
	d ₂	25		30			M22×1,5			45	M22×1,5		45		
	d ₃	M30×20					M16×1,5			M36×2	M16×1,5		M52×2		
	l	22		26			70			35	70		42		
	l ₁	62		68			132			75	135		115		
	l ₂	578	1078	770	1070	1200	568	868	1068	348	618	1118	375	625	
	l ₃														

Поворотные пневмодвигатели лопастные серии ПДЛ

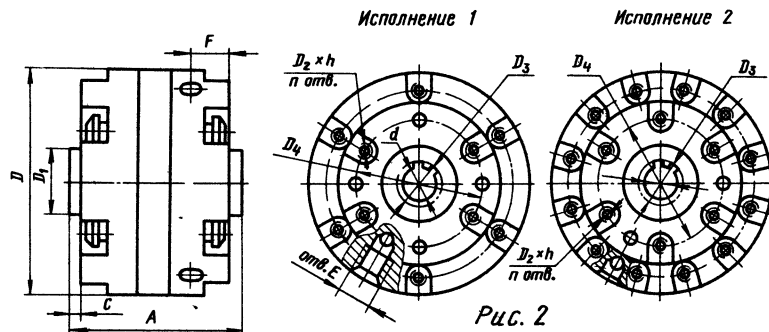


Рис. 2

Таблица 2

Параметр	Типоразмер							
	ПДЛ-0,5	ПДЛ-1	ПДЛ-2-1	ПДЛ-2-2	ПДЛ-3-2-1	ПДЛ-3-2-2	ПДЛ-6,3-1	ПДЛ-6,3-2
Давление холостого хода, МПа	0,05		0,04				0,03	
Угол поворота выходного вала, град	270					280 — для однолопастных 100 — для двухлопастных		
Номинальный крутящий момент, Н·м	5	10	20	40	32	63		125
Рабочий объем двигателя при повороте на полный угол, 10 ⁻³ м ³	0,03	0,06	0,125	0,1	0,2	0,15	0,3	0,25
Масса, кг	0,92	1,0	1,9	2,1	2,5	2,7	4,3	4,7
Размер, мм	D	75		106			138	
	D ₁	25		30			45	
	n×D ₂ ×h	4×M6×9		6×M8×12			6×M10×12	
	z×d×D ₃	D×11×14H7		D6×16×20H7			D6×23×28H7	
	l	25		45			60	
	A	63	84	90	110		122	
	E	9		11			17	
	C	2					4	
	D ₄	45		70			80	
	D ₅							

Продолжение табл. 2

Параметр	Типоразмер										
	ПДЛ-8-1	ПДЛ-8-2	ПДЛ-10-1	ПДЛ-10-2	ПДЛ-16-1	ПДЛ-16-2	ПДЛ-25-1	ПДЛ-25-2	ПДЛ-40-1	ПДЛ-40-2	
Давление холостого хода, МПа	0,03								0,02		
Угол поворота выходного вала, град	280 — для однолопастных						100 — для двухлопастных		двухлопастных		
Номинальный крутящий момент, Н·м	80	160	100	200	160	320	250	500	400	800	
Рабочий объем двигателя при повороте на полный угол, 10 ⁻³ м ³	0,4	0,3	0,5	0,4	0,9	0,7	1,5	1,1	2,7	2,3	
Масса, кг	5,0	5,8	5,9	7,2	9,5	12,0	14,3	16,0	23,0	27,0	
Размер, мм	D	138				190				235	
	D ₁	45				70				100	
	n×D ₂ ×h	6×M10×15								6×M12×24	
	z×d×D	D6×23×28H7				D10×32×40H7				10×36×40H7	
	l	60				85				105	
	A	136	154			160		186		205	
	F	17								21	
	D ₄ ×C	80×4				120×5				160×5	

Примечания. 1. Номинальное давление 1,0 МПа; угловая скорость выходного вала — 180 град/с. 2. Двигатели ПДЛ-05 и ПДЛ-1 выпускаются в исполнении 1, а остальные — в исполнении 1 и 2.

Поворотные поршневые пневмодвигатели серии ПДП

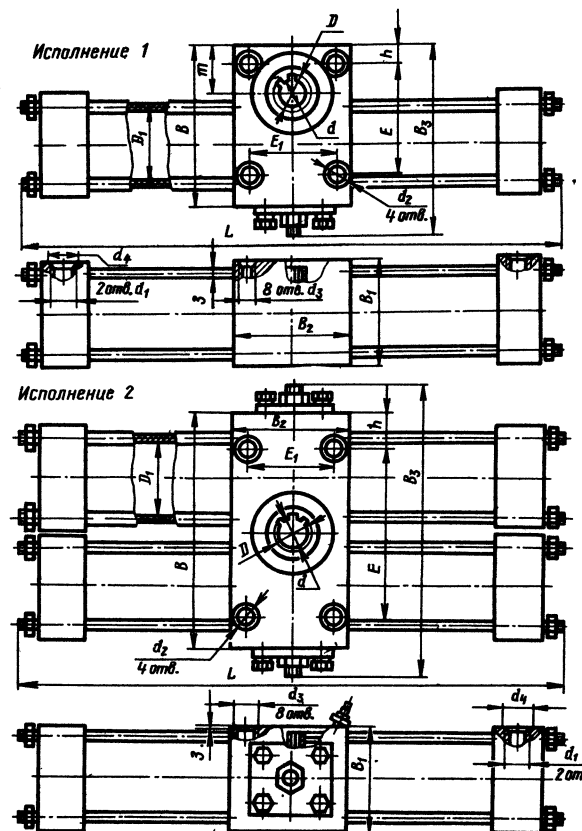


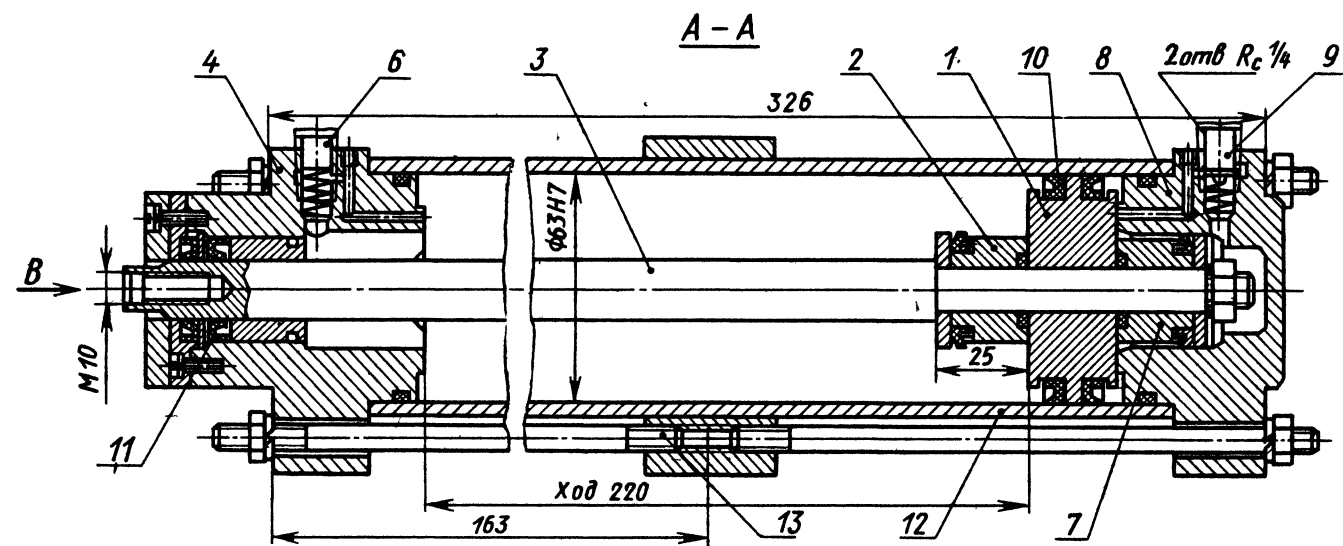
Рис. 3

Таблица 3

Параметр		Типоразмер											
		ПДП1	ПДП1С-2		ПДП2-3,2		ПДП2С-6,3		ПДП2-8	ПДП2С-16		ПДП2-25	ПДП2С-40
Давление, МПа	номинальное	1,0											
	страгивание без нагрузок	0,05						0,035					
Номинальный крутящий момент, Н·м		10	20	32	63	80	160	250	400				
Угол поворота выходного вала, град.		180					180; 270						
Угловая скорость, град/с		180					90						
Масса, кг		4	7	6,3	11,5	12,14	20,25	24,27	43,48				
Размер, мм	E	75	115	90	130	120	162	150	206				
	E ₁	50					85		95				
	B	95	140	112	154	146	188	184	240				
	B ₁	55		70		80		118					
	B ₂	66		80		124		145					
	B ₃	115	180	132	193	166	224	200	270				
	z×d×D	6×16×20		6×26×32		8×42×48		8×62×72					
	D ₁	40		50		63		100					
	d ₁	M12×1,5							M16×1,5				
	d ₂	7				9			11				
	d ₃	10		13		16			20				
	d ₄	20							24				
m	25	—	35	—	52	—	64	—					
h	9	11	10	12	13			17					
L	300			370		518; 642		635; 795					

Гидропневмоцилиндры и пневмодвигатели для промышленных роботов

Лист 26



Вид В

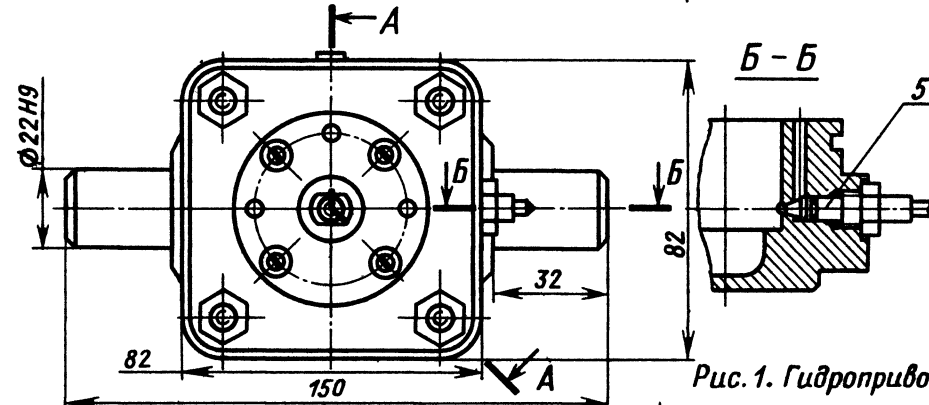


Рис. 1. Гидропривод выдвижения руки манипулятора
3 отб. $R_c \frac{1}{4}$ Подвод воздуха

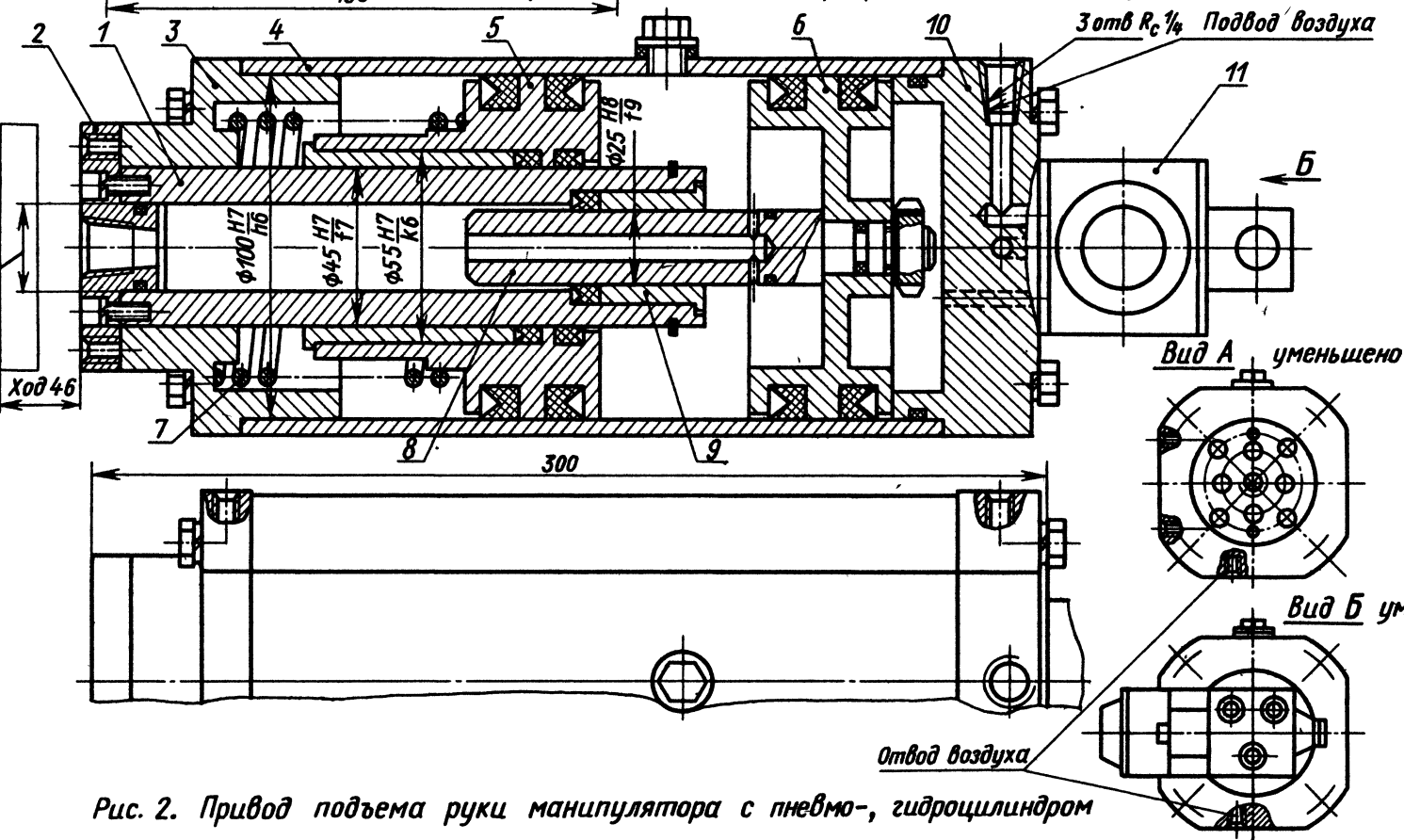


Рис. 2. Привод подъема руки манипулятора с пневмо-, гидроцилиндром

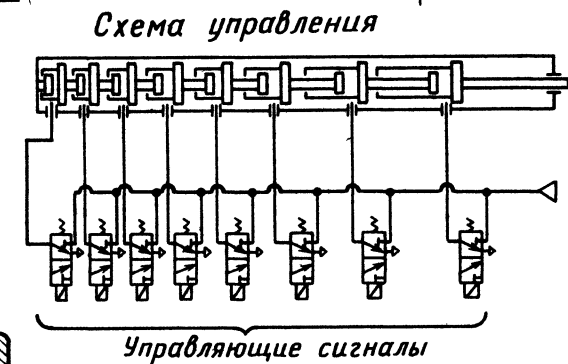
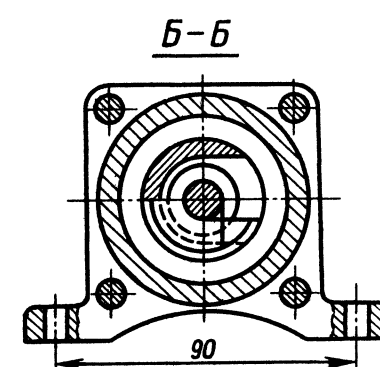
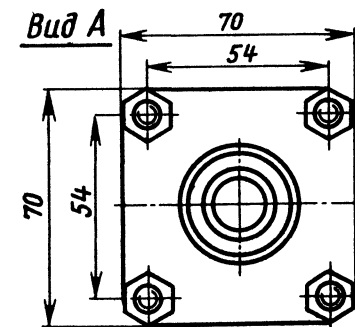
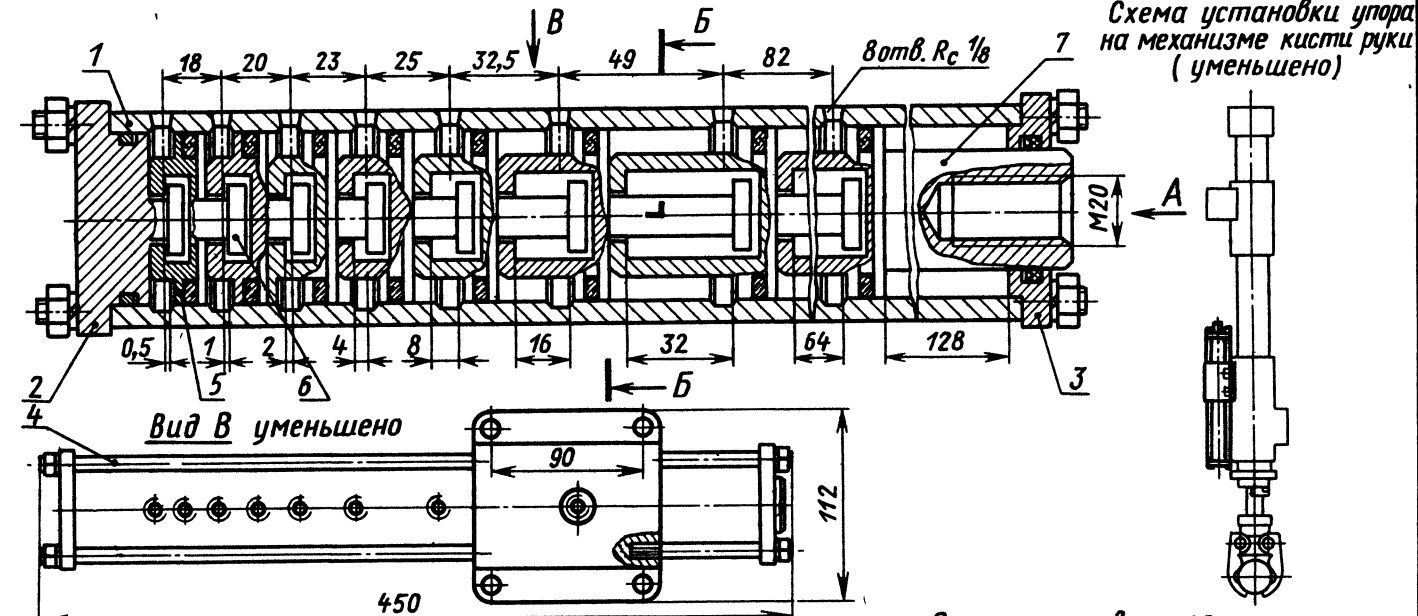


Рис. 3. Дискретный выдвижной упор с телескопическим пневмоцилиндром

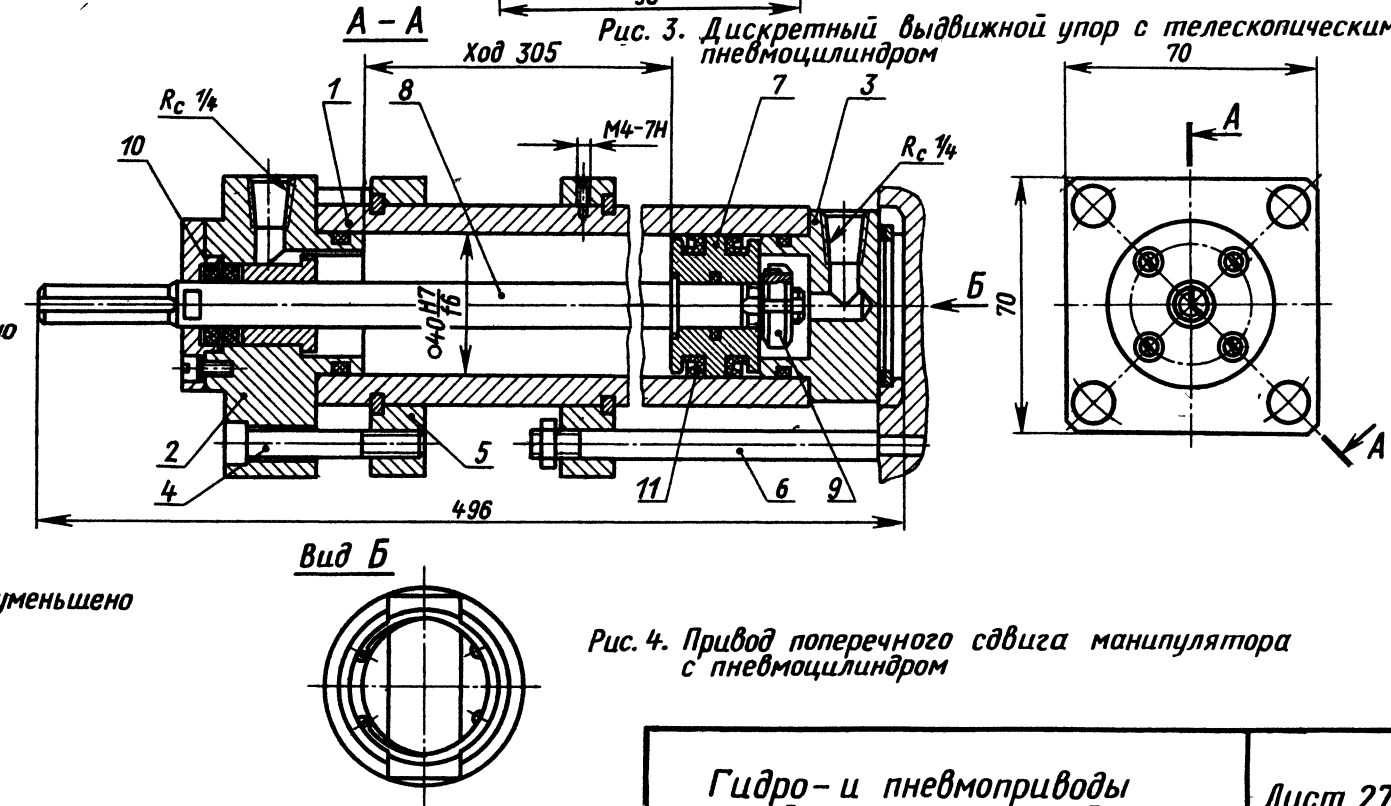
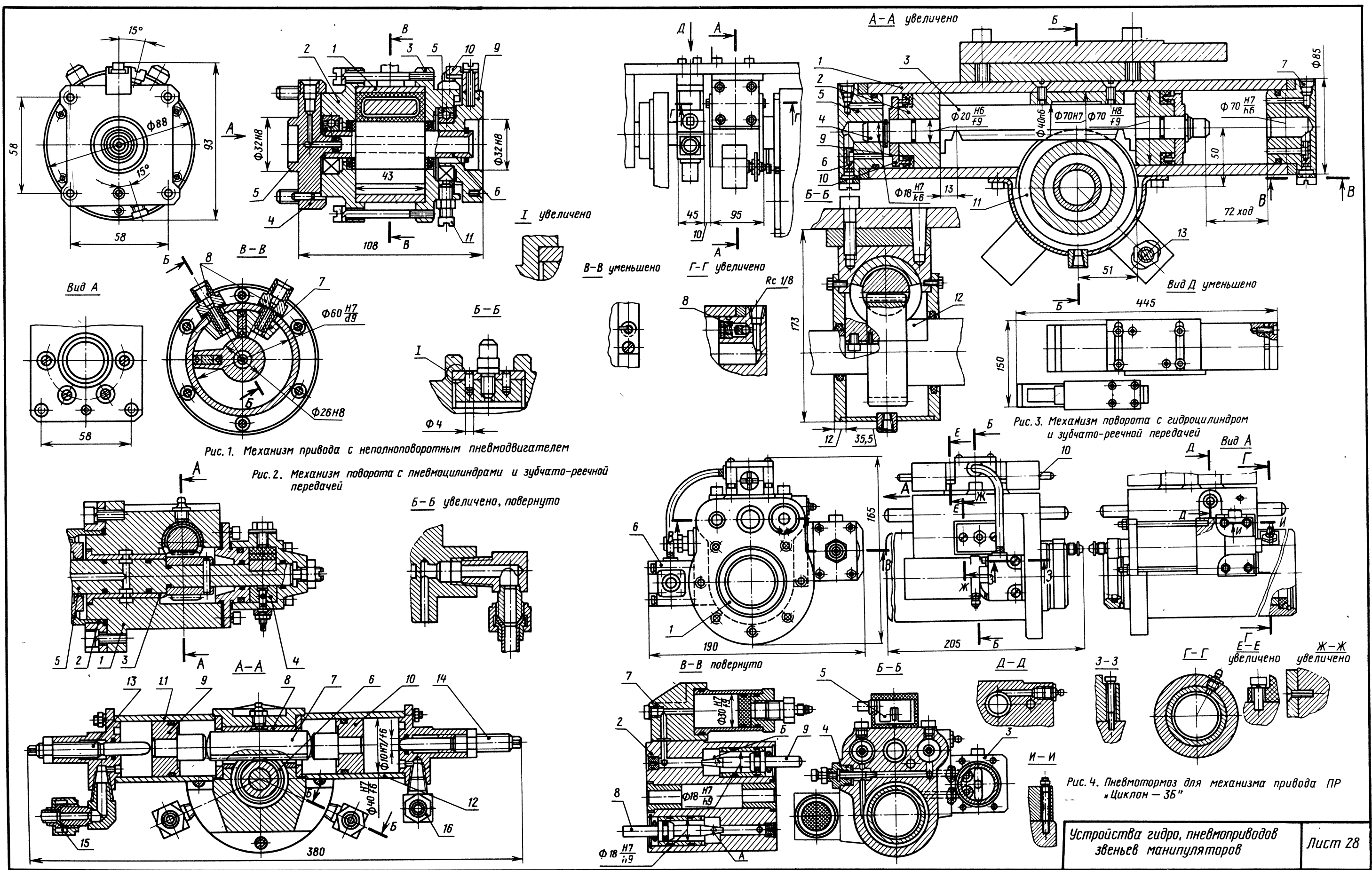
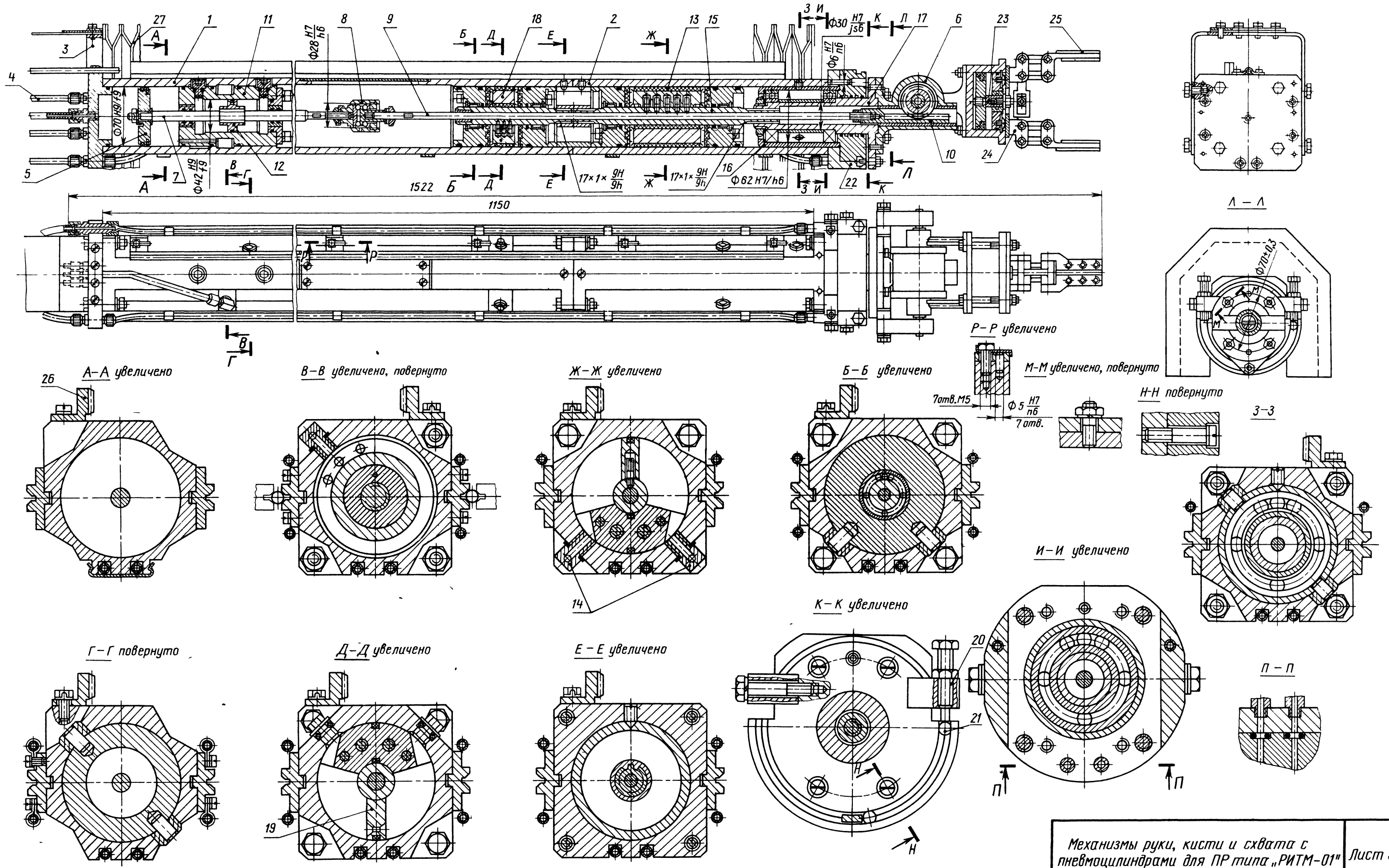


Рис. 4. Привод поперечного сдвига манипулятора с пневмоцилиндром

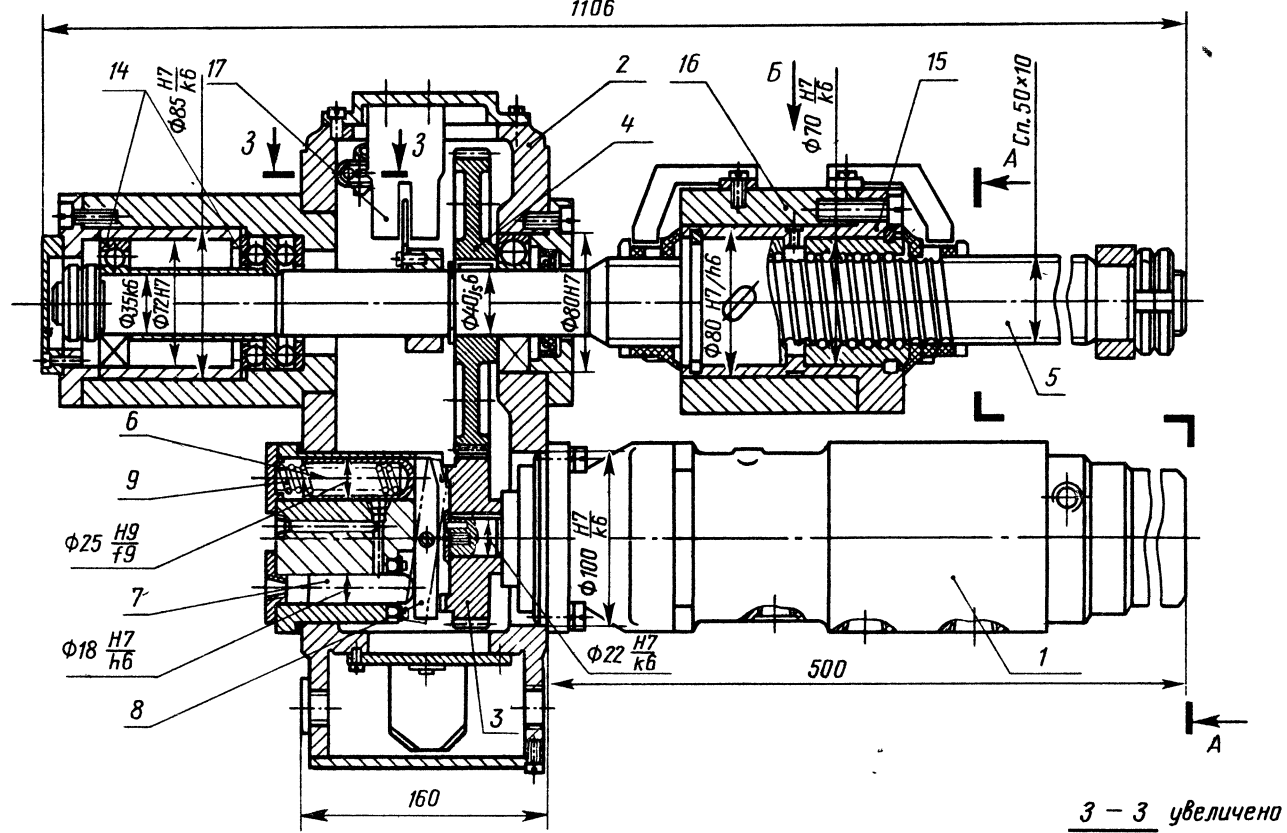




Механизмы руки, кисти и схвата с пневмоцилиндрами для ПР типа „РИТМ-01“ Лист 31

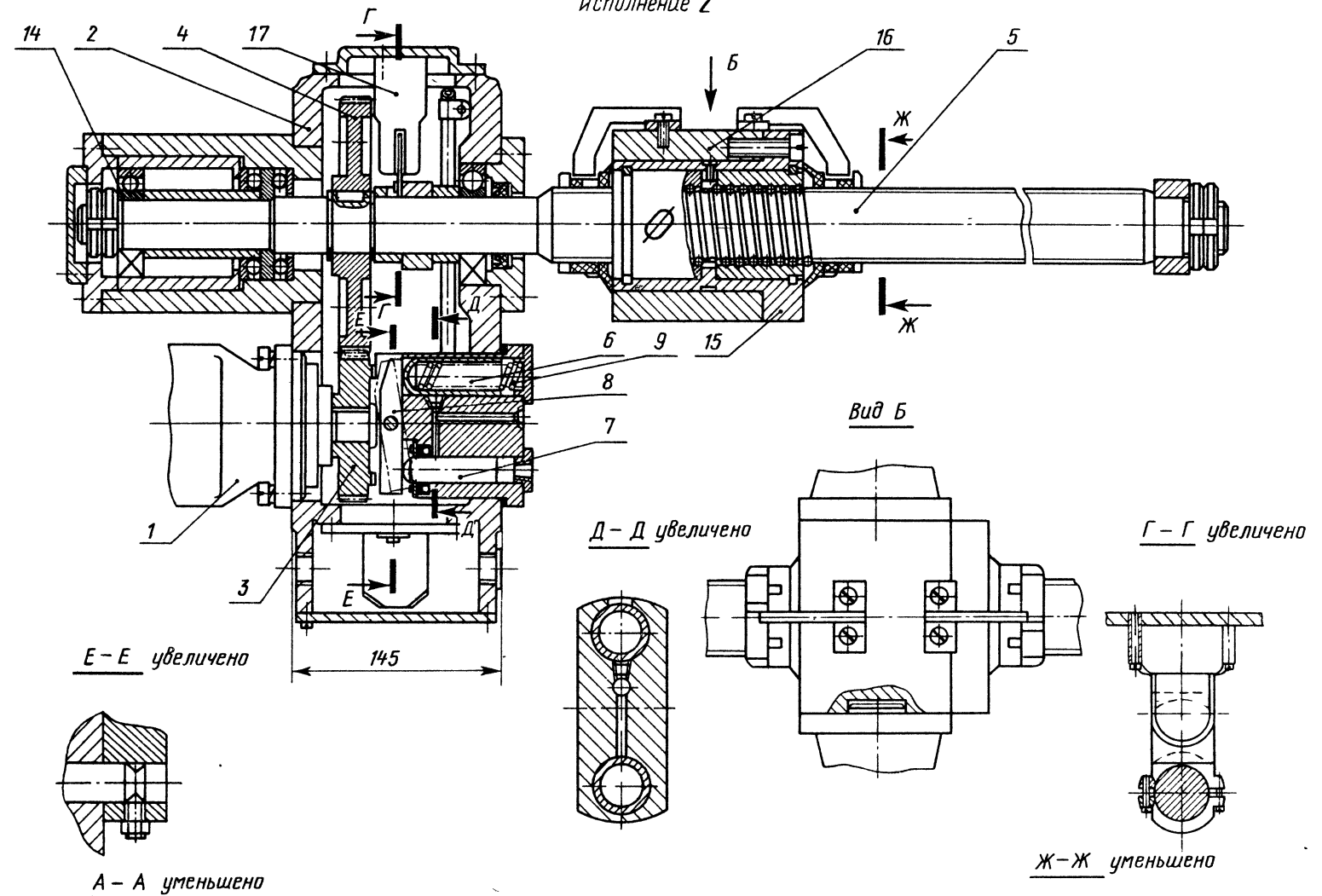
Исполнение 1

1106



3-3 увеличено

Исполнение 2



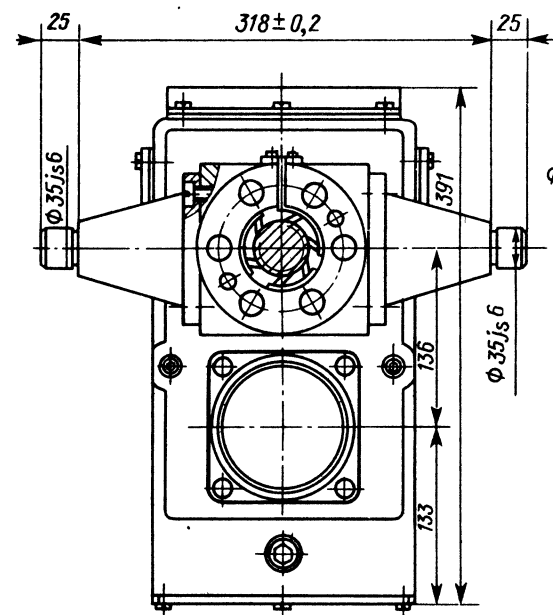
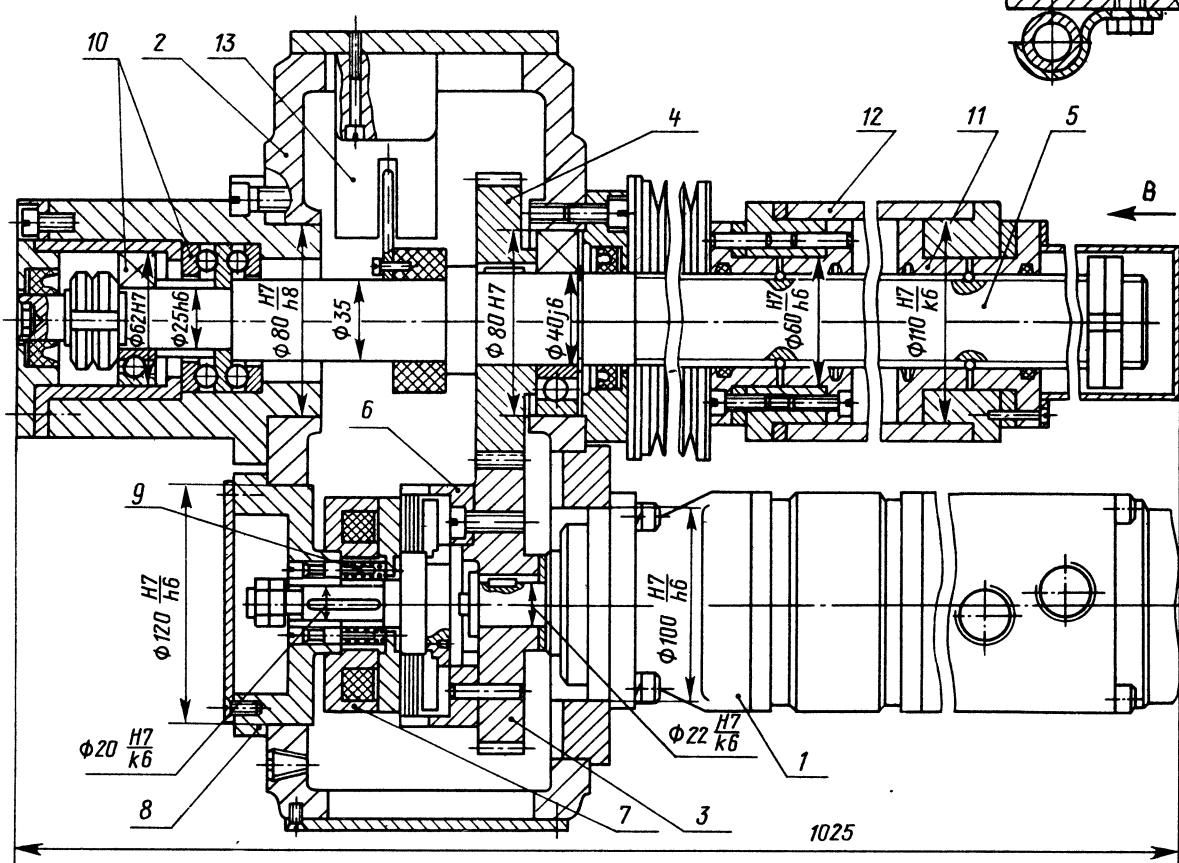
E-E увеличено

Д-Д увеличено

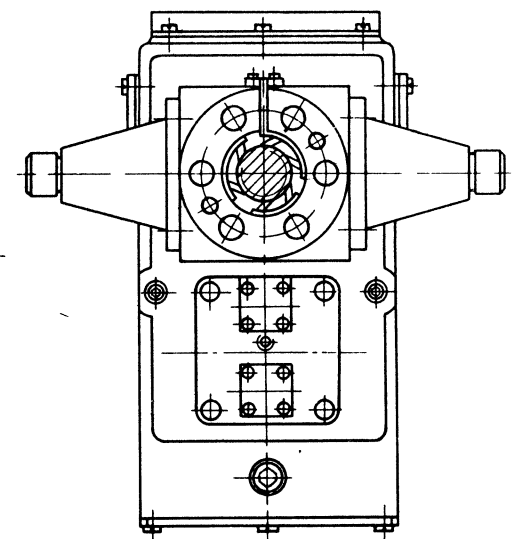
Г-Г увеличено

Ж-Ж уменьшено

Исполнение 3



Вид В уменьшено



Унифицированные механизмы приводов
с электрогидравлическим
шаговым двигателем

Лист 32

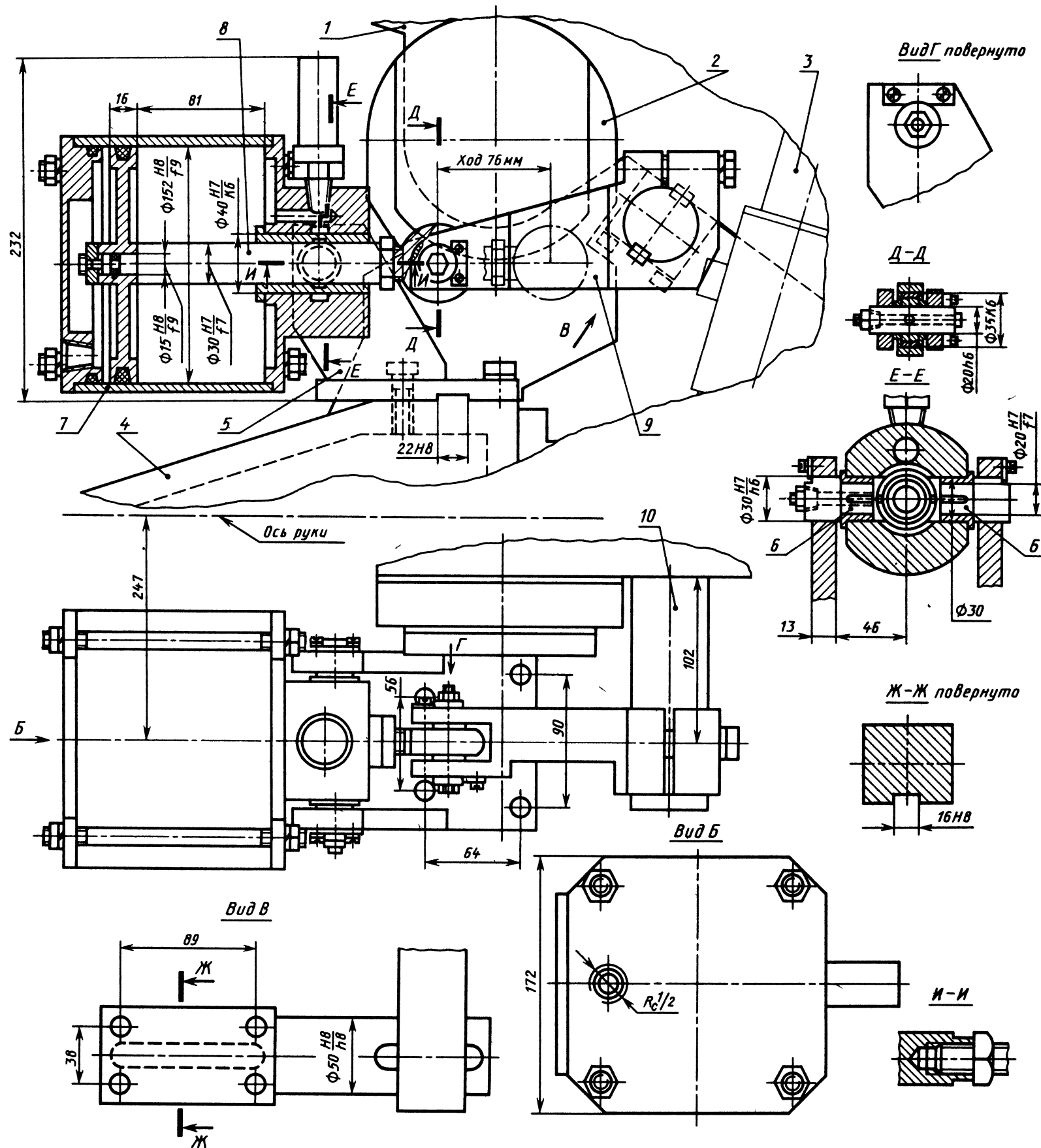


Рис.1. Механизм уравновешивания с пневмоцилиндром для ПР „Универсал-15”

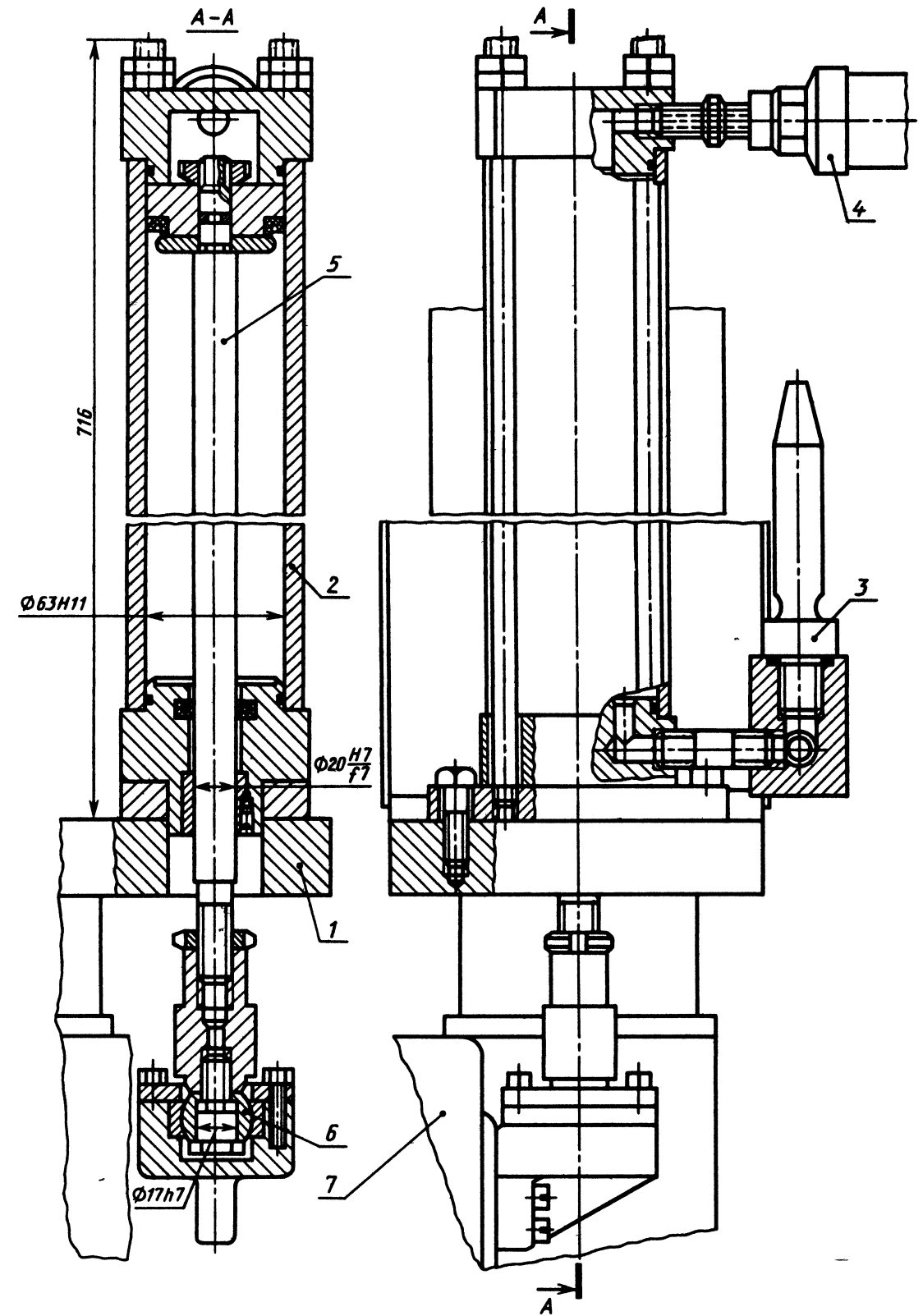


Рис.2. Балансировочное устройство с пневмоцилиндром для ПР М20П.40.01

Признак	Классификация группы ЗУ				
Способ удержания манипулирования объекта	<div> <div>Зажимные</div> <div>Поддерживающие</div> <div>Притягивающие</div> </div>				
Характер базирования объекта манипулирования	<div> <div>Центрирующие</div> <div>Базирующие</div> <div>Фиксирующие</div> </div>				
Число рабочих позиций и последовательность их работы	<div> <div>Однопозиционные</div> <div>Многопозиционные</div> <div>Последовательного действия</div> <div>Параллельного действия</div> <div>Комбинированного действия</div> </div>				
Вид управления	<div> <div>Неуправляемые</div> <div>Цикловые</div> <div>Программируемые</div> <div>Адаптивные</div> </div>				
Степень универсальности	<div> <div>Многоцелевые (универсальные)</div> <div>Целевые (специализированные)</div> <div>Специальные</div> </div>				
Диапазон рабочих перемещений	<div> <div>Широкодиапазонные</div> <div>Узкодиапазонные</div> </div>				
Длительность смены и способ крепления	<div> <div>Быстрасменные</div> <div>Сменные</div> <div>Несменяемые</div> <div>Ручное крепление</div> <div>Автоматическое крепление</div> </div>				
Принцип действия и конструктивное исполнение	<div> <div>Активные</div> <div>Пассивные</div> <div>Механические</div> <div>С эластичными камерами</div> <div>Электромагнитные</div> <div>Магнитные</div> <div>Вакуумные</div> </div>				

Таблица 2

Конструктивные схемы ЗУ для типовых объектов манипулирования

Вид объекта манипулирования (заготовка, деталь)	Механические ЗУ			Вакуумные и магнитные ЗУ		ЗУ с эластичными камерами
	Центрирующие	Базирующие	Фиксирующие	Центрирующие	Базирующие	
Тела вращения, короткие (типа фланцев)						
Тела вращения, длинные (типа валов)						
Плоские						
Призматические (коробчатой формы)						
Несимметричные						

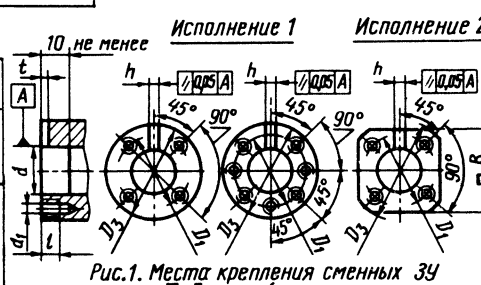


Рис. 1. Места крепления сменных ЗУ

Размер, мм (рис. 1)

d	D	d1	L	D2	D3	h	t	n	B
10	18	M4	6	30	26	3	2	4	20
20	30	M5	7	40	40	4	2	4	30
40	52	M6	9	60	64	5	3	4	48
60	76	M8	12	76	92	6	3	4	68
90	110	M10	15	144	130	8	4	4	110
120	140	M10	15	180	160	8	4	4	140
160	184	M12	18	240	208	10	5	7	182
200	232	M16	24	300	264	12	5	7	230

Допустимые крутящие и изгибающие моменты в местах крепления сменных ЗУ

Диаметр базового отв. d, мм	Наибольший крутящий момент, Н·м		Наибольший изгибающий момент, Н·м	
	Исполнение 1	Исполнение 2	Исполнение 1	Исполнение 2
10	4	4	20	20
20	12	12	50	50
40	30	30	140	140
60	80	80	400	400
90	310	180	1300	900
120	400	230	1700	1100
160	770	440	3300	2200
200	1845	1050	7800	5200

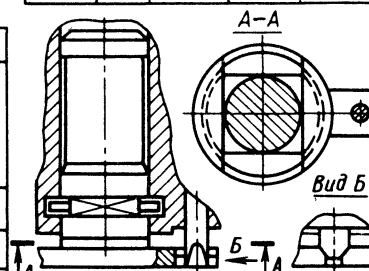


Рис. 2. Крепление быстрасменных ЗУ

Допустимая осевая нагрузка в местах крепления быстрасменных ЗУ

d, мм	20	30	40	50	60
Осевая нагрузка, кН	12	25	34	43	65

Размер, мм (рис. 3)

d2	D4	L1	a	b	c	B1	b1	c1
20	32	40	6	8	8	20	6,0	5
30	44	60			10	30	7,5	
40	56	85	8	10		40		6
50	68	100			12	50	8,0	
60	80	120	10	12		60		

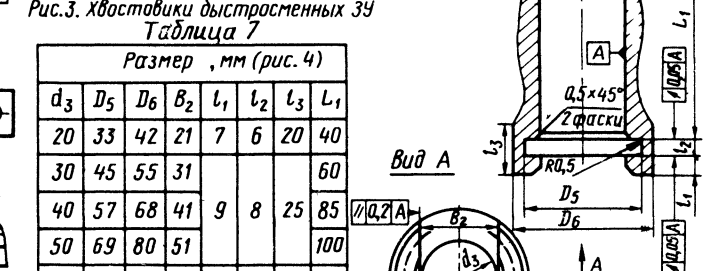


Рис. 3. Хвостовики быстрасменных ЗУ

Размер, мм (рис. 4)

d3	D5	D6	B2	L1	L2	L3	L4
20	33	42	21	7	6	20	40
30	45	55	31				60
40	57	68	41	9	8	25	85
50	69	80	51				100
60	81	92	61	11	10	30	120

Рис. 4. Гнезда для установки быстрасменных ЗУ

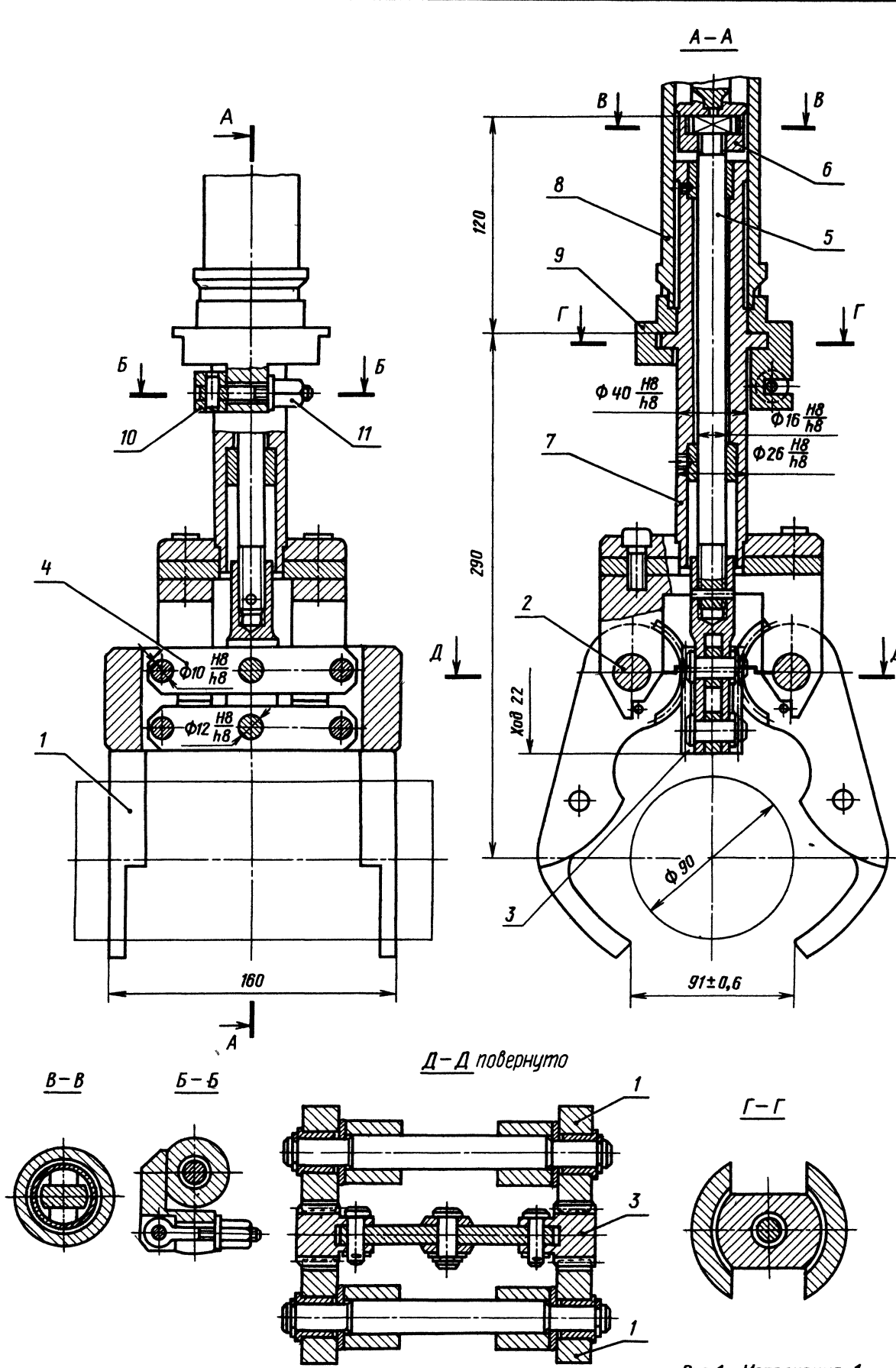


Рис. 1. Исполнение 1

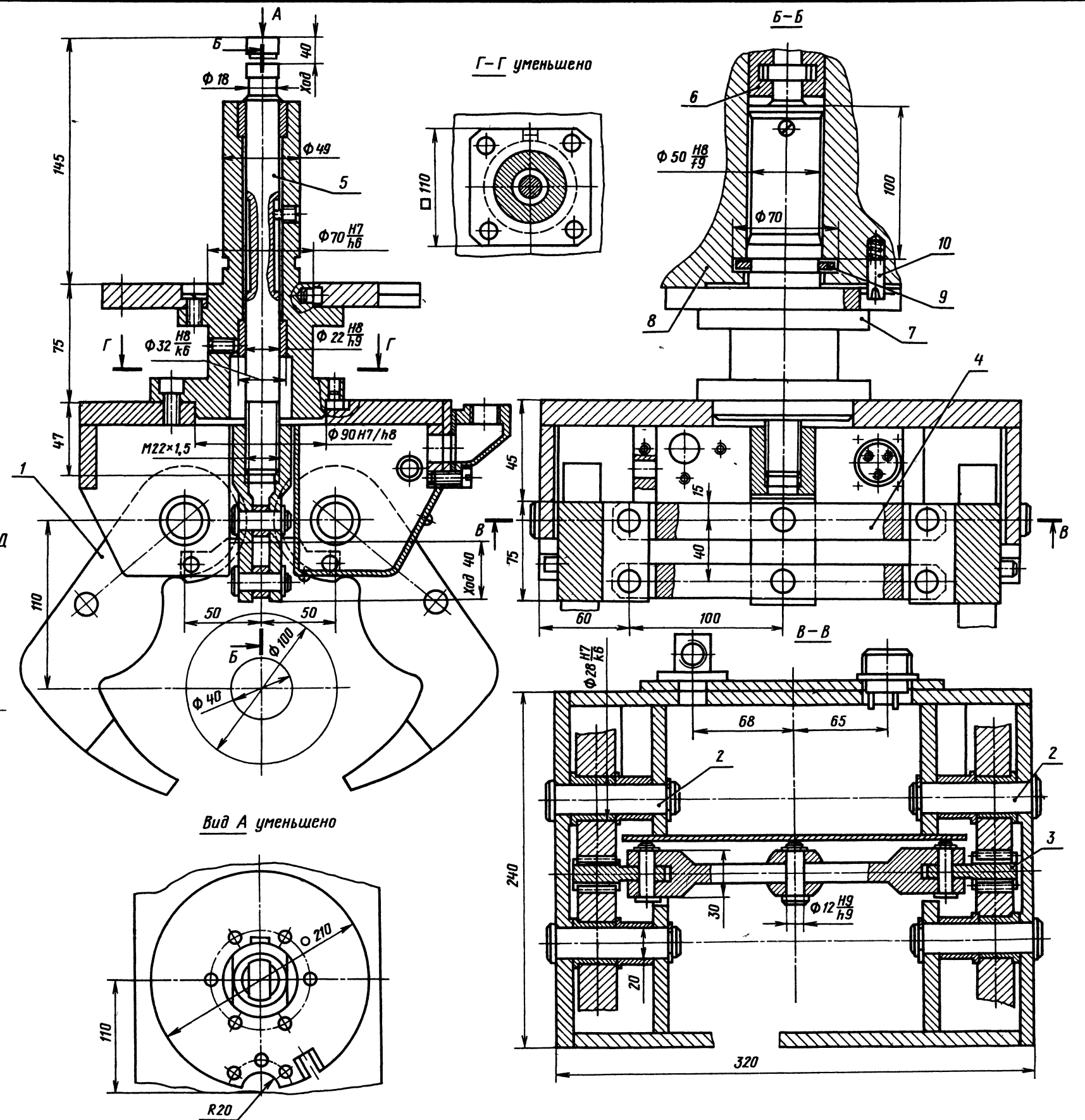


Рис. 2. Исполнение 2

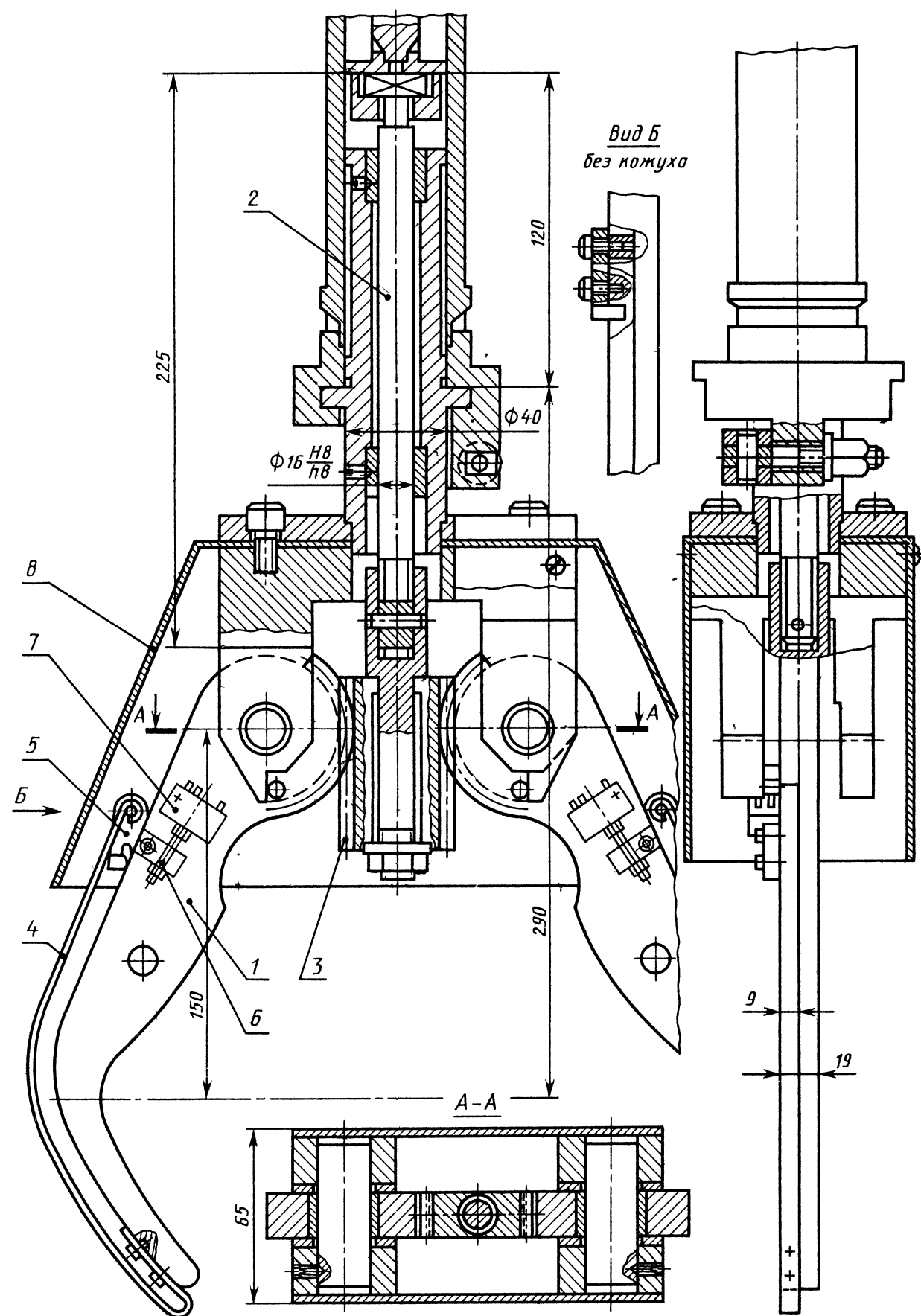


Рис.1. Исполнение 1

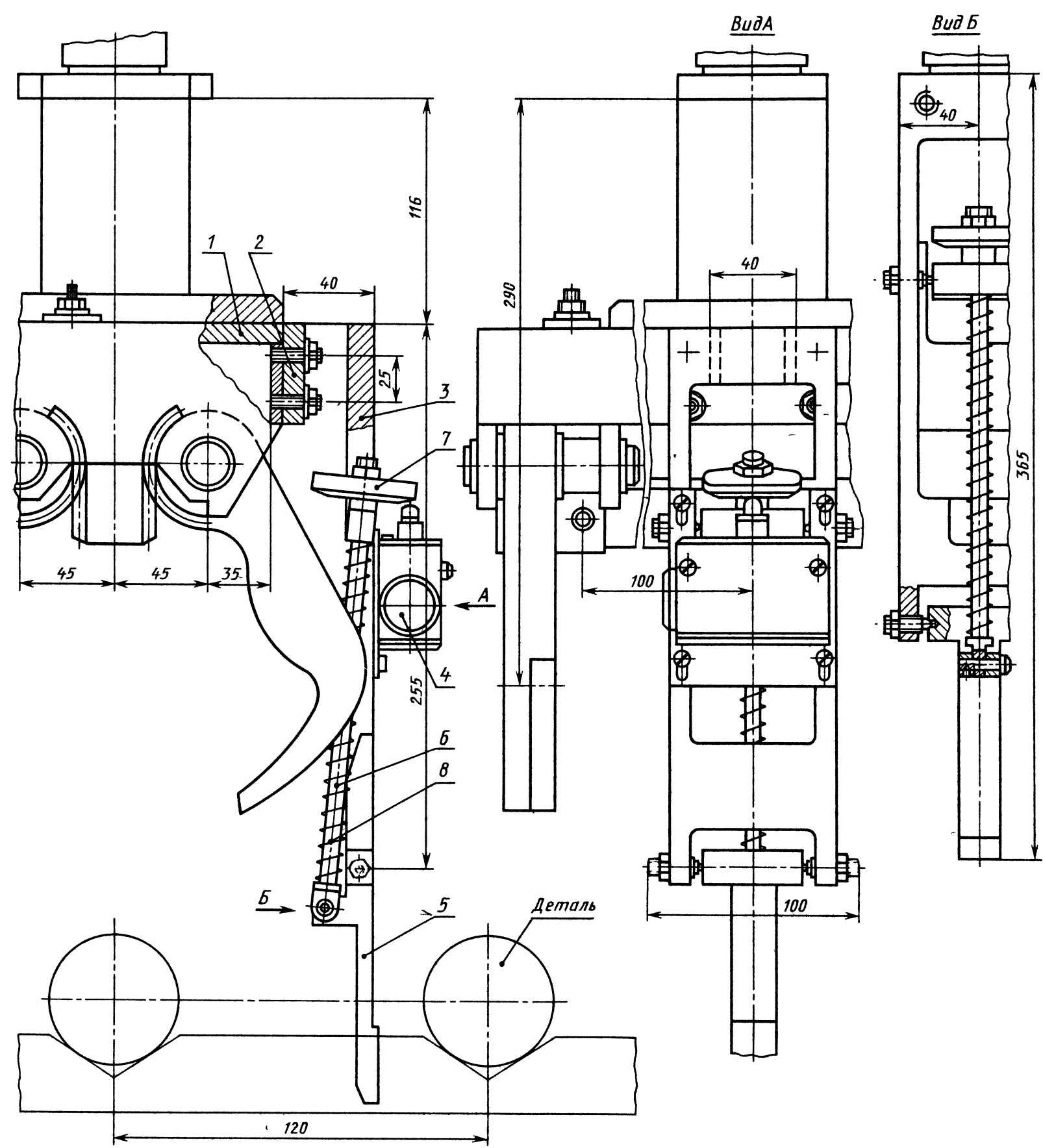
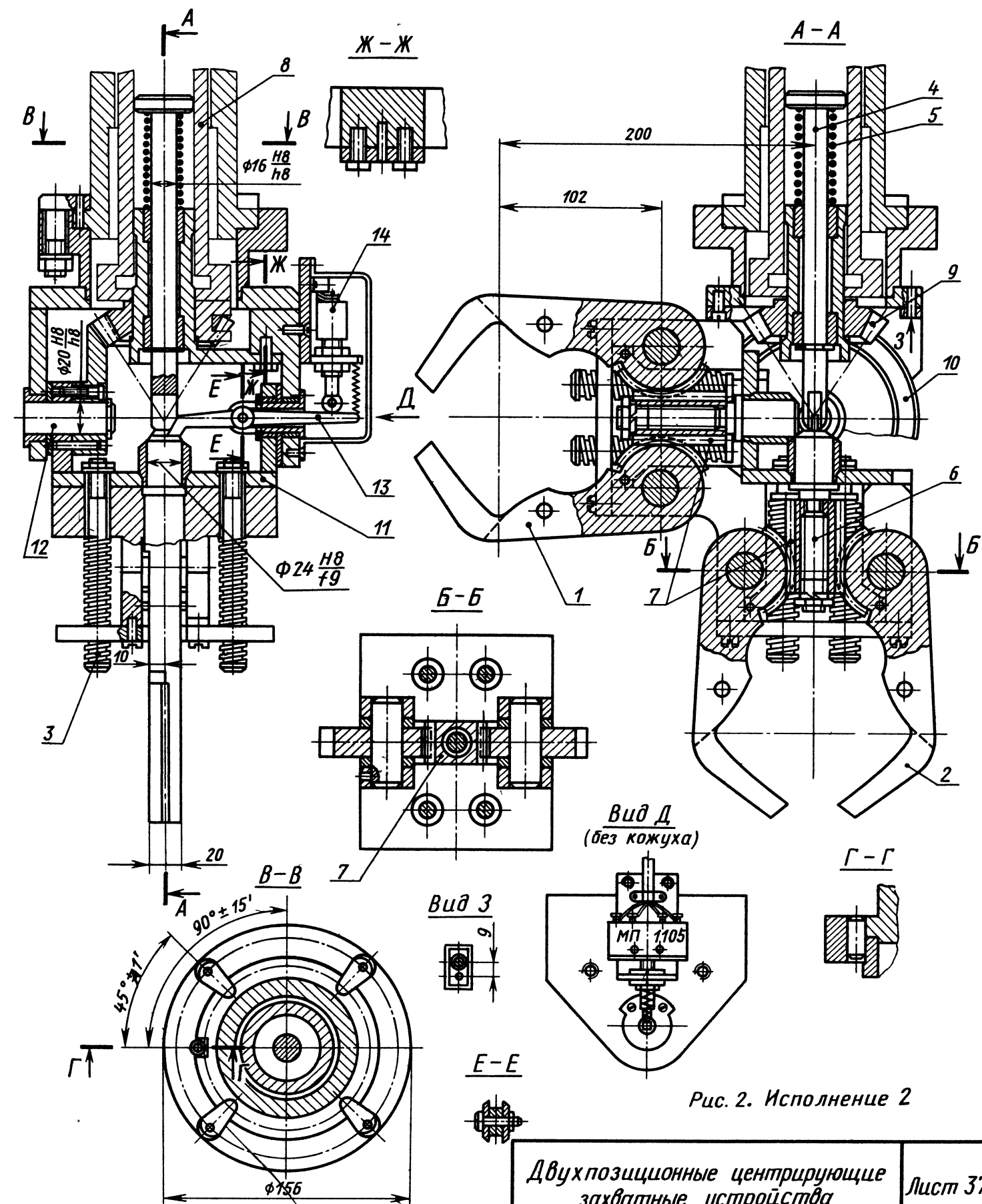
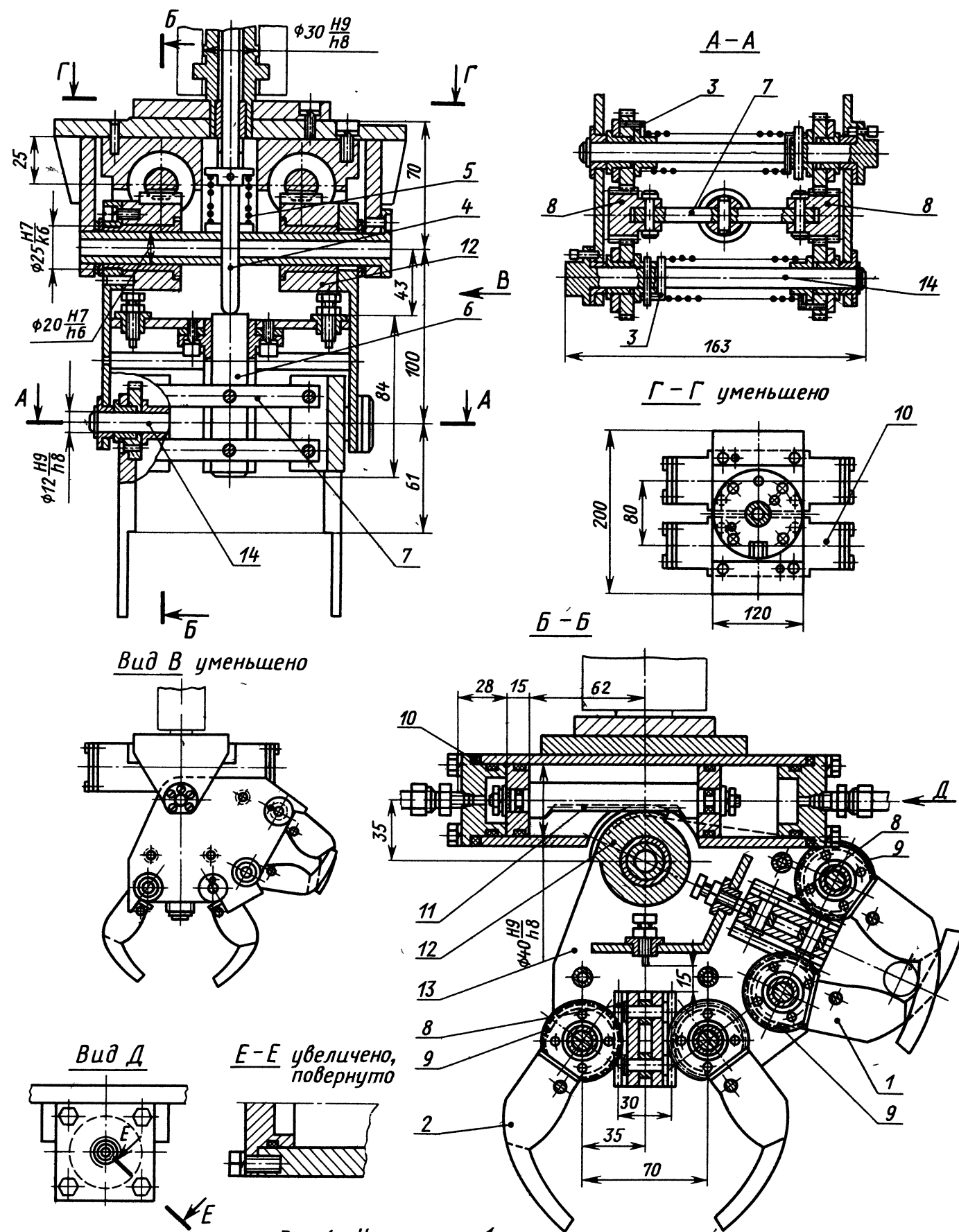
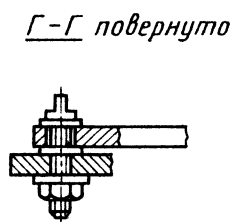
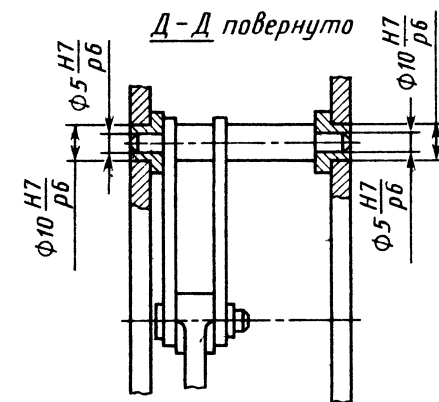
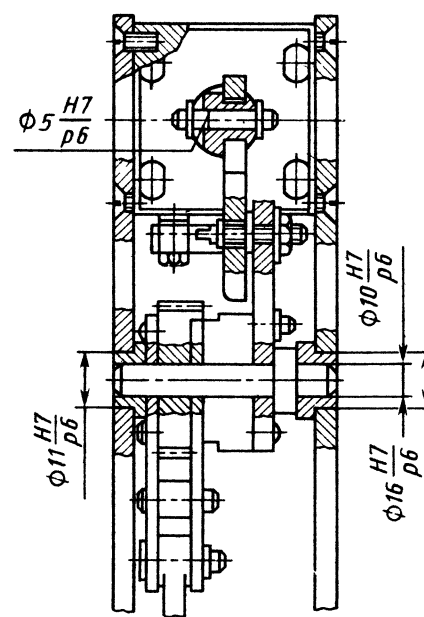
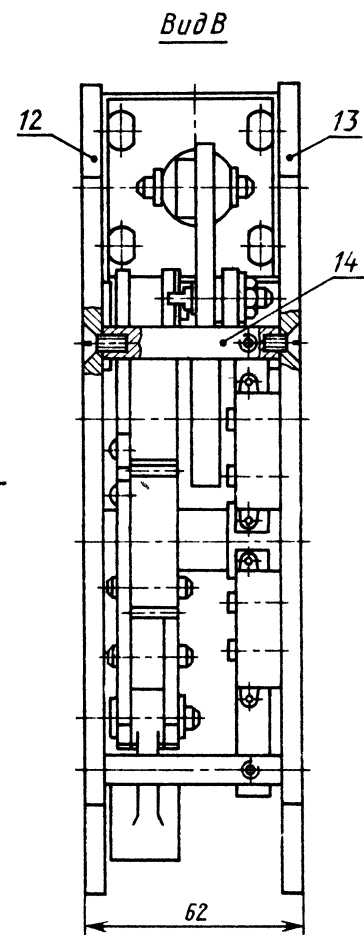
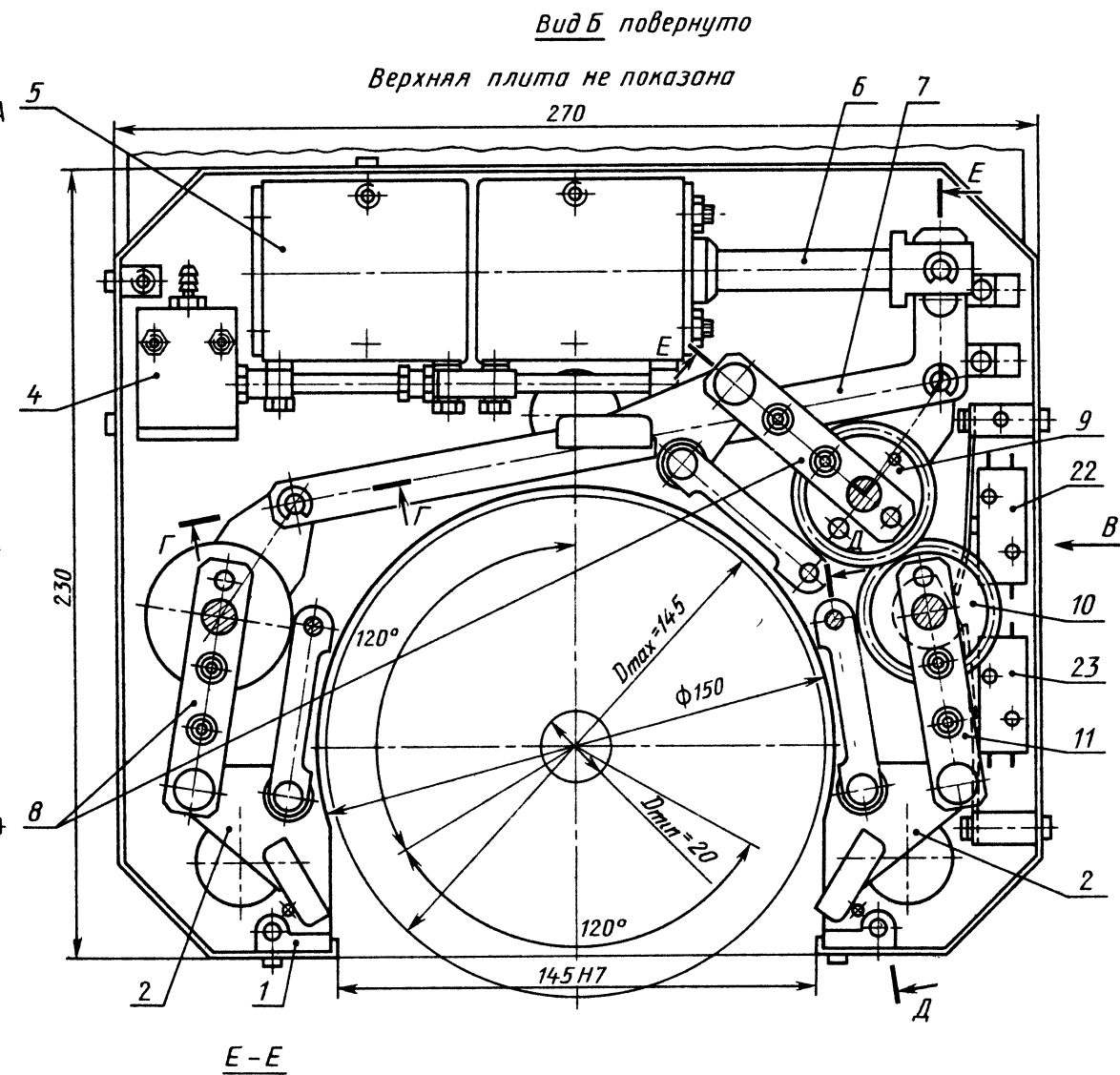
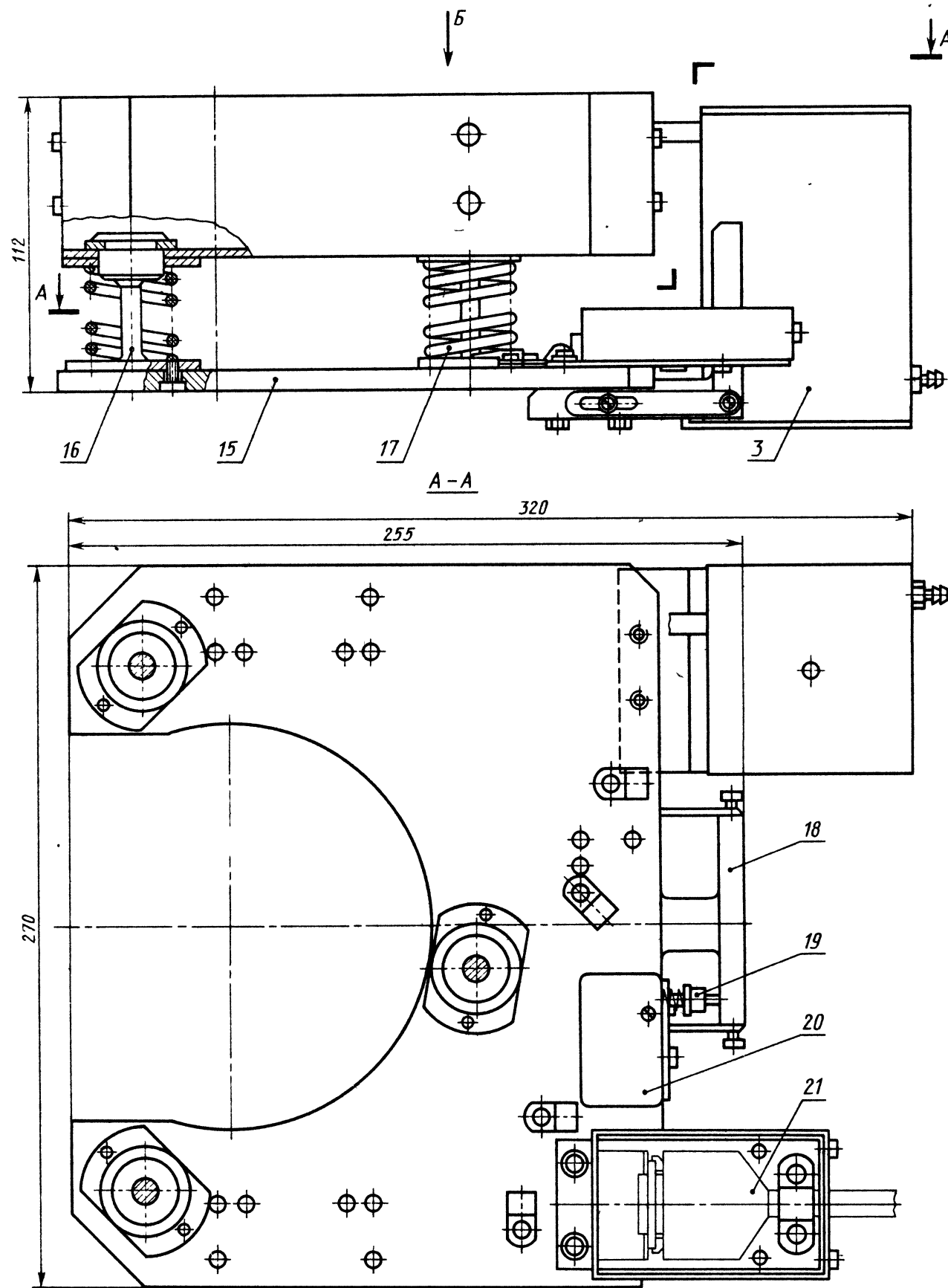


Рис.2. Исполнение 2

Механизм схватов с датчиком
касания рычажного типа

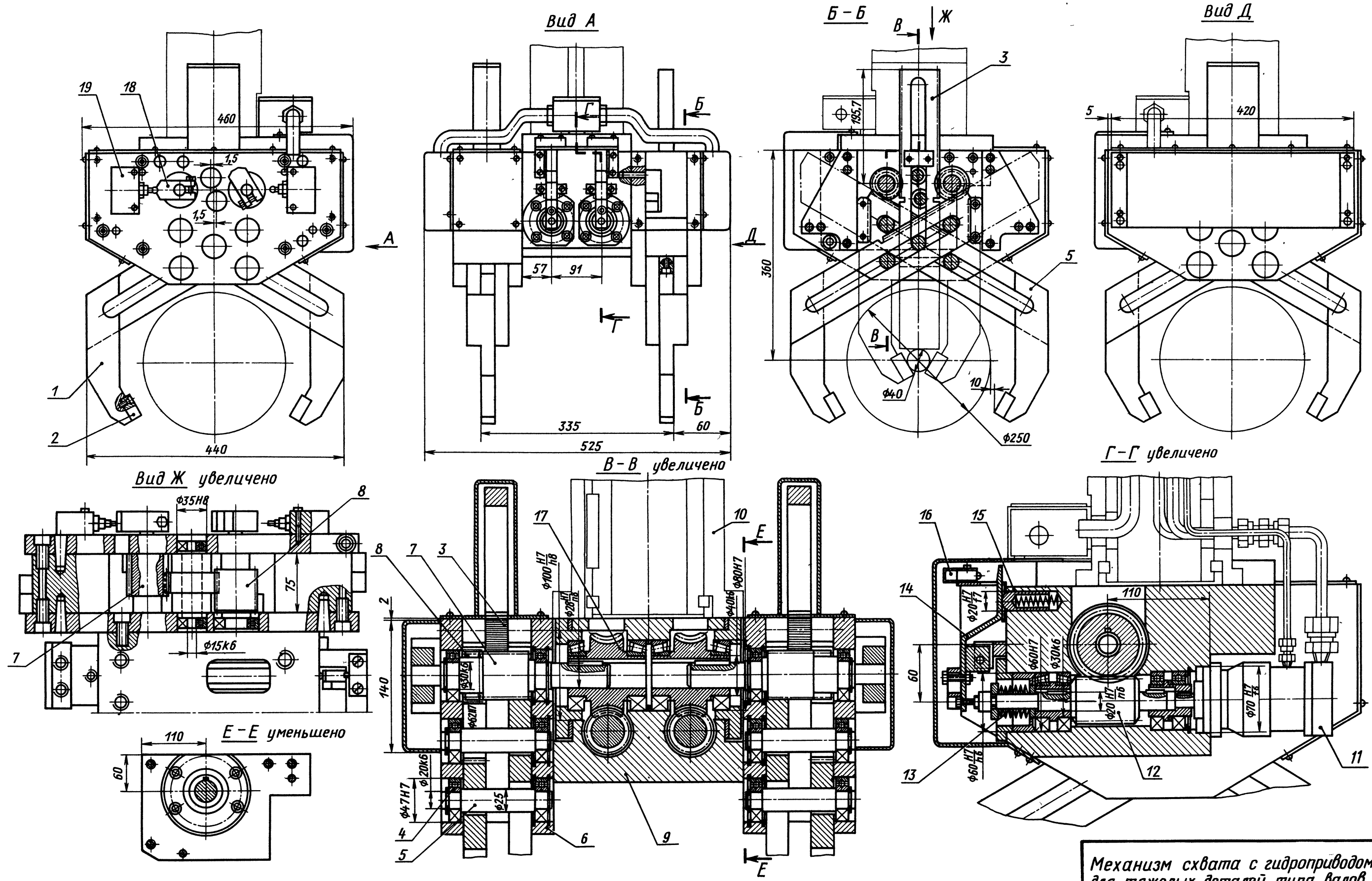
Лист 36





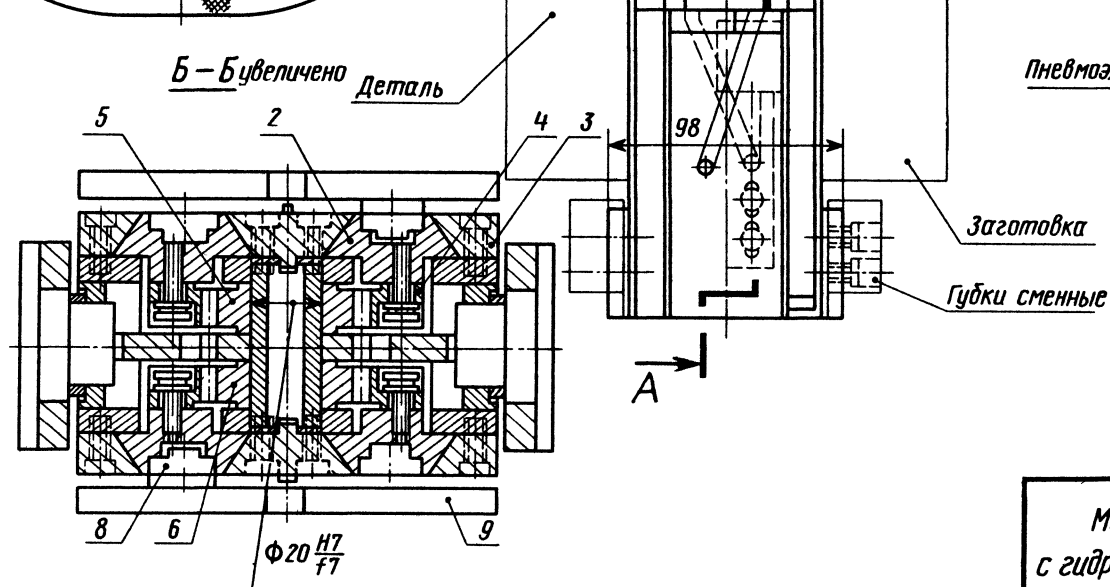
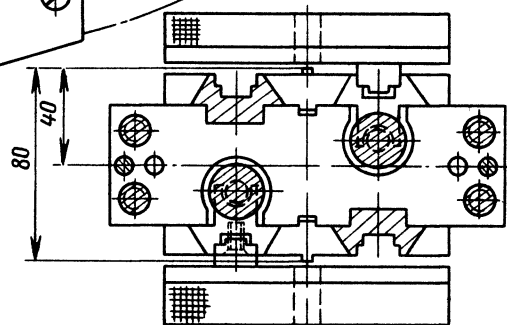
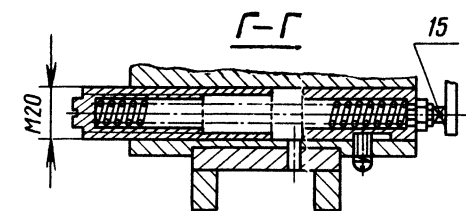
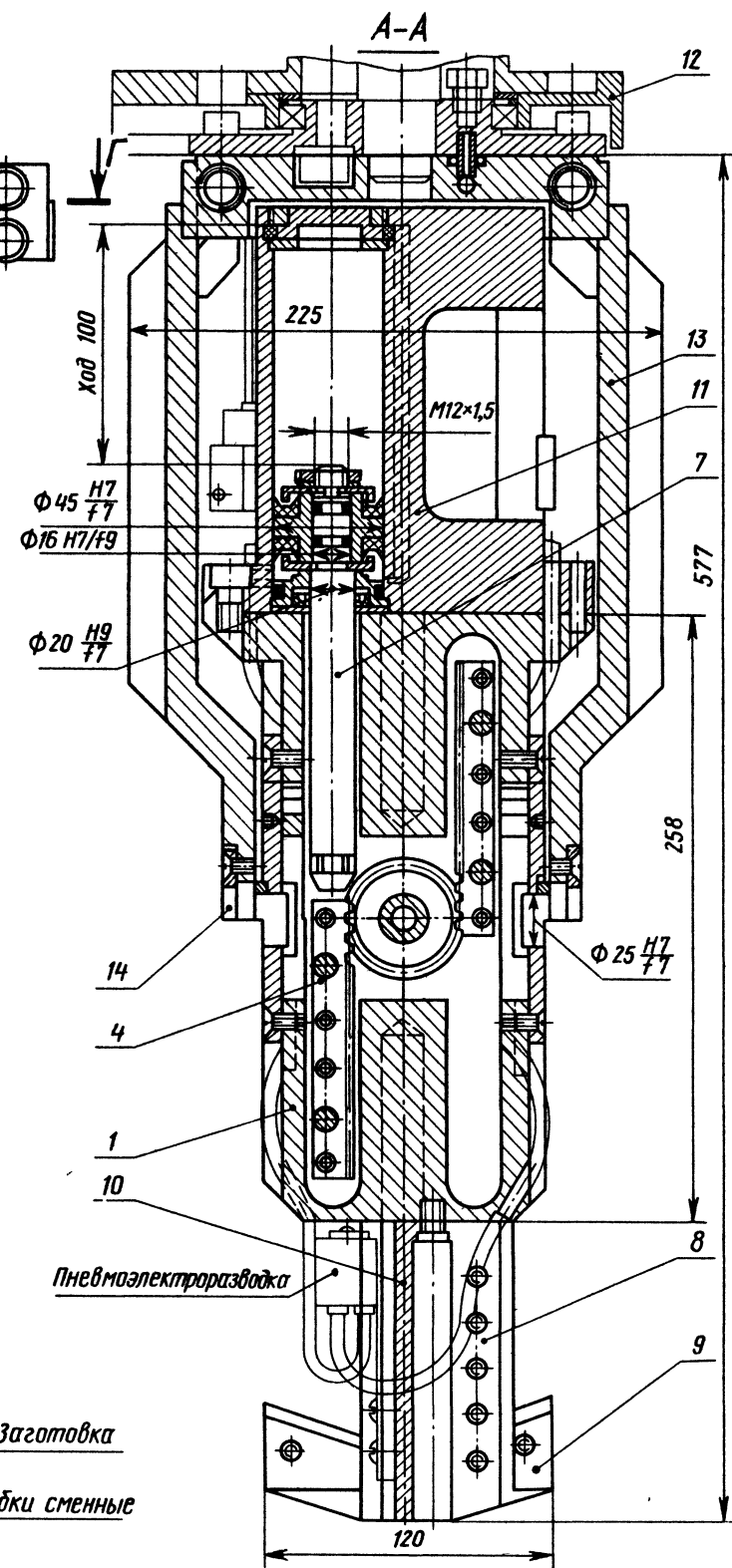
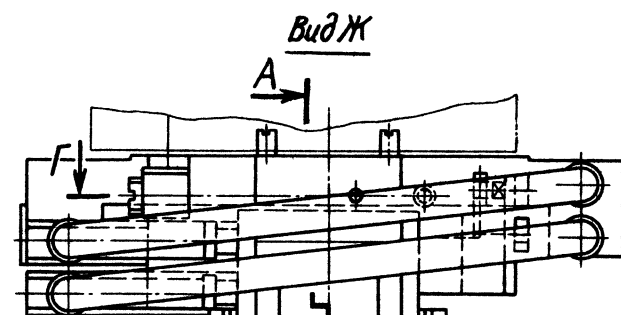
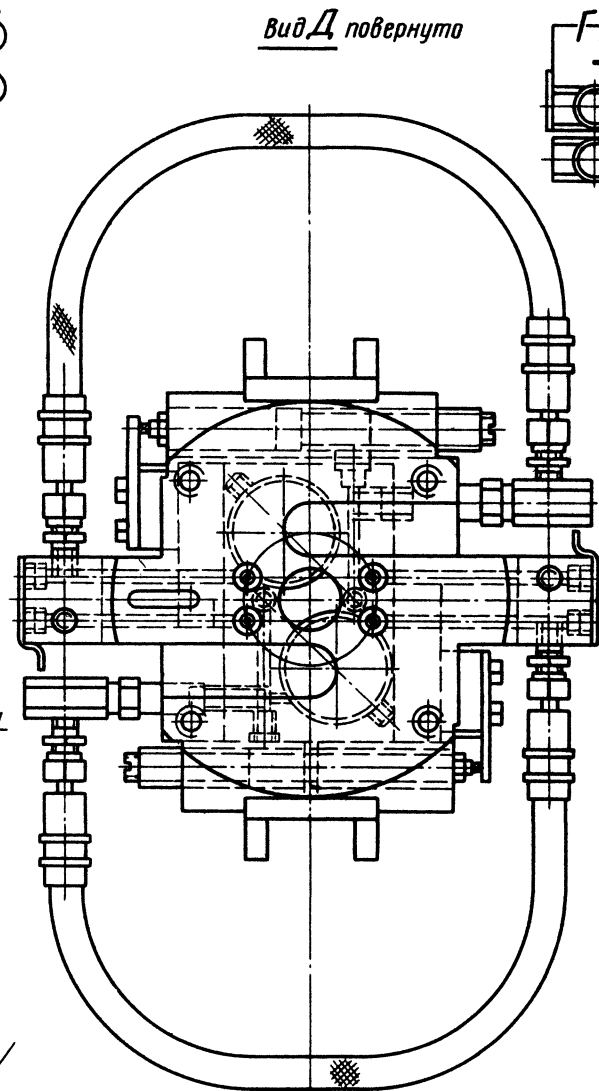
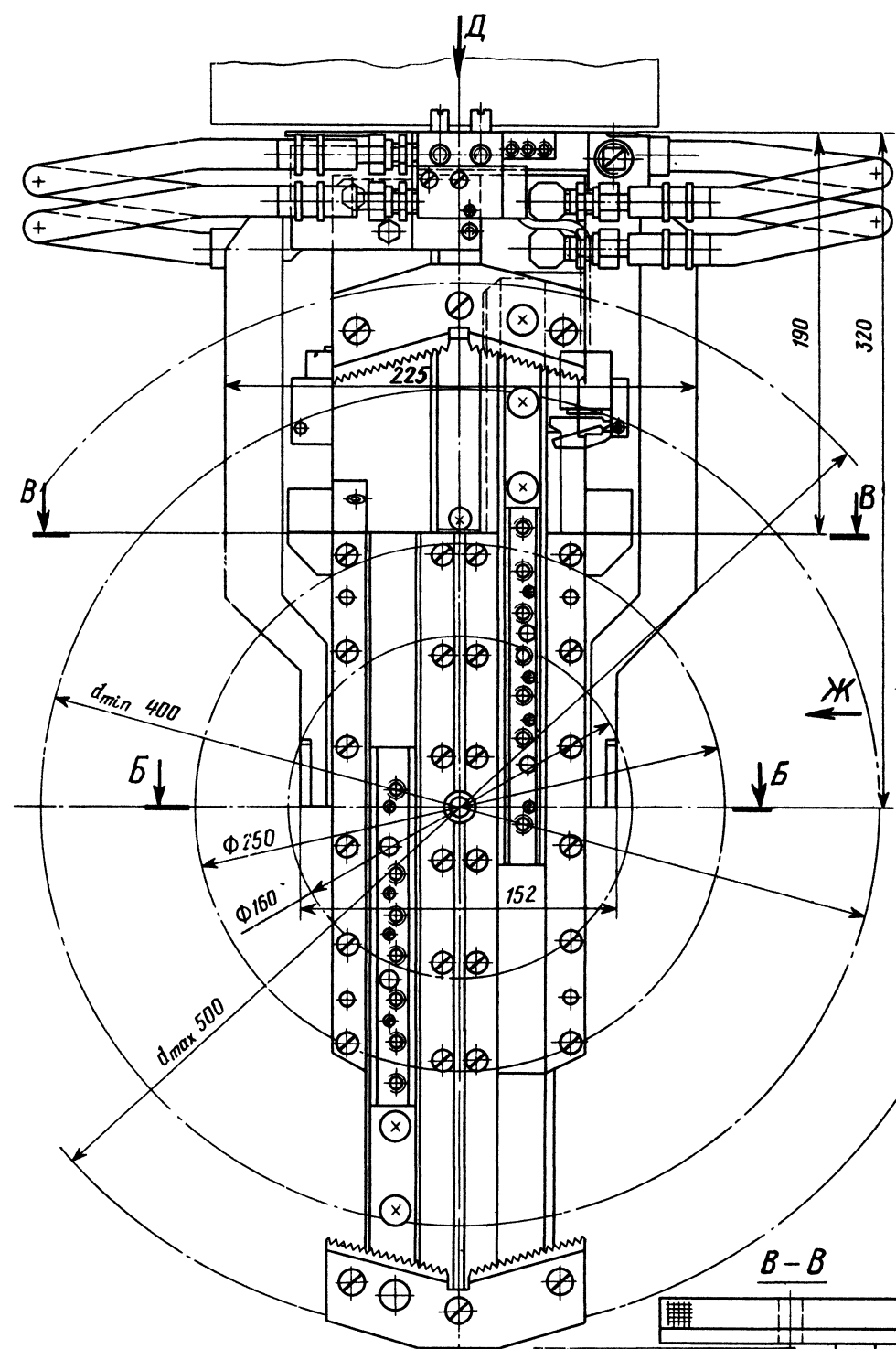
Механизм схвата с пневмоприводом для деталей фланцевого типа

Лист 38



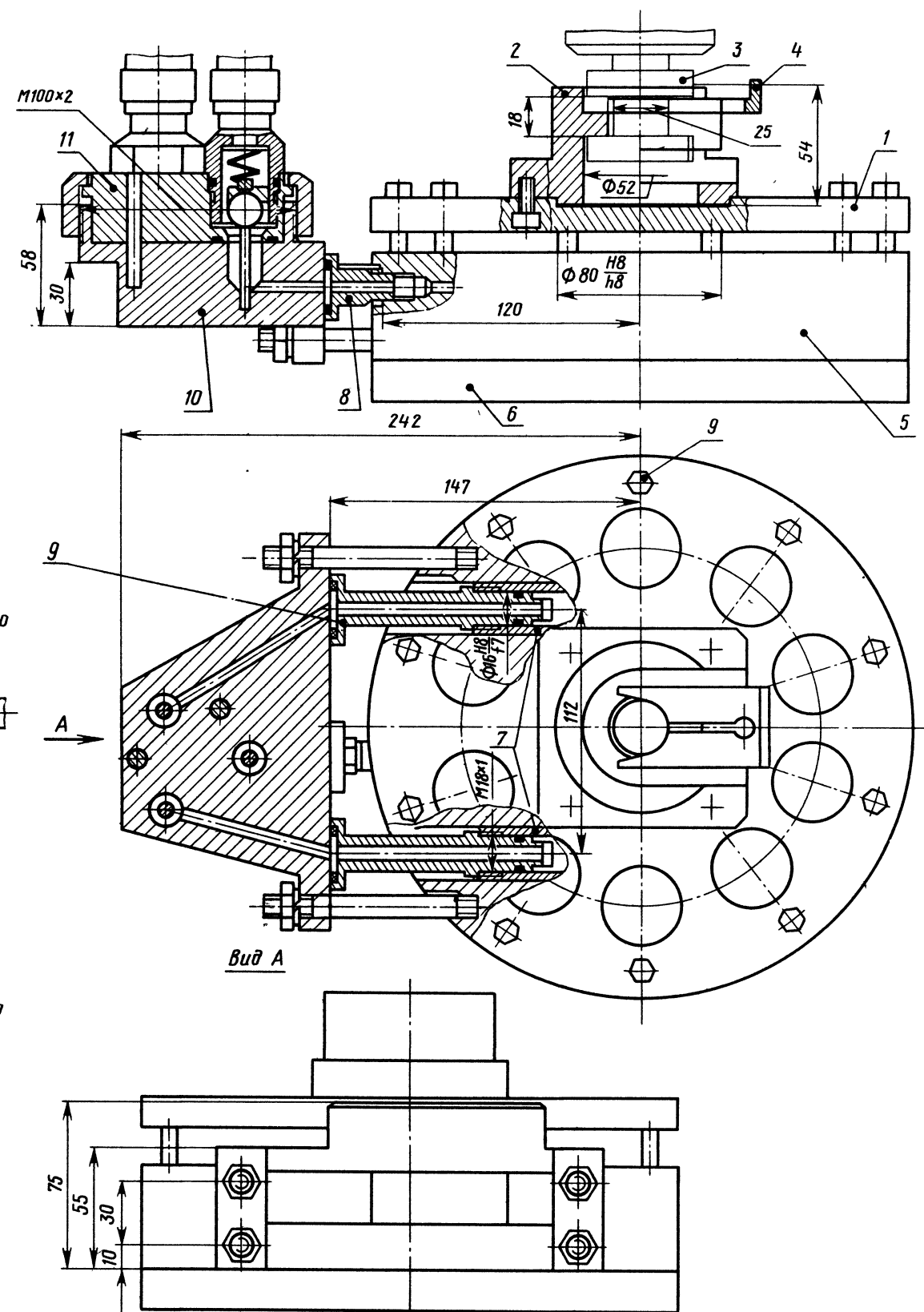
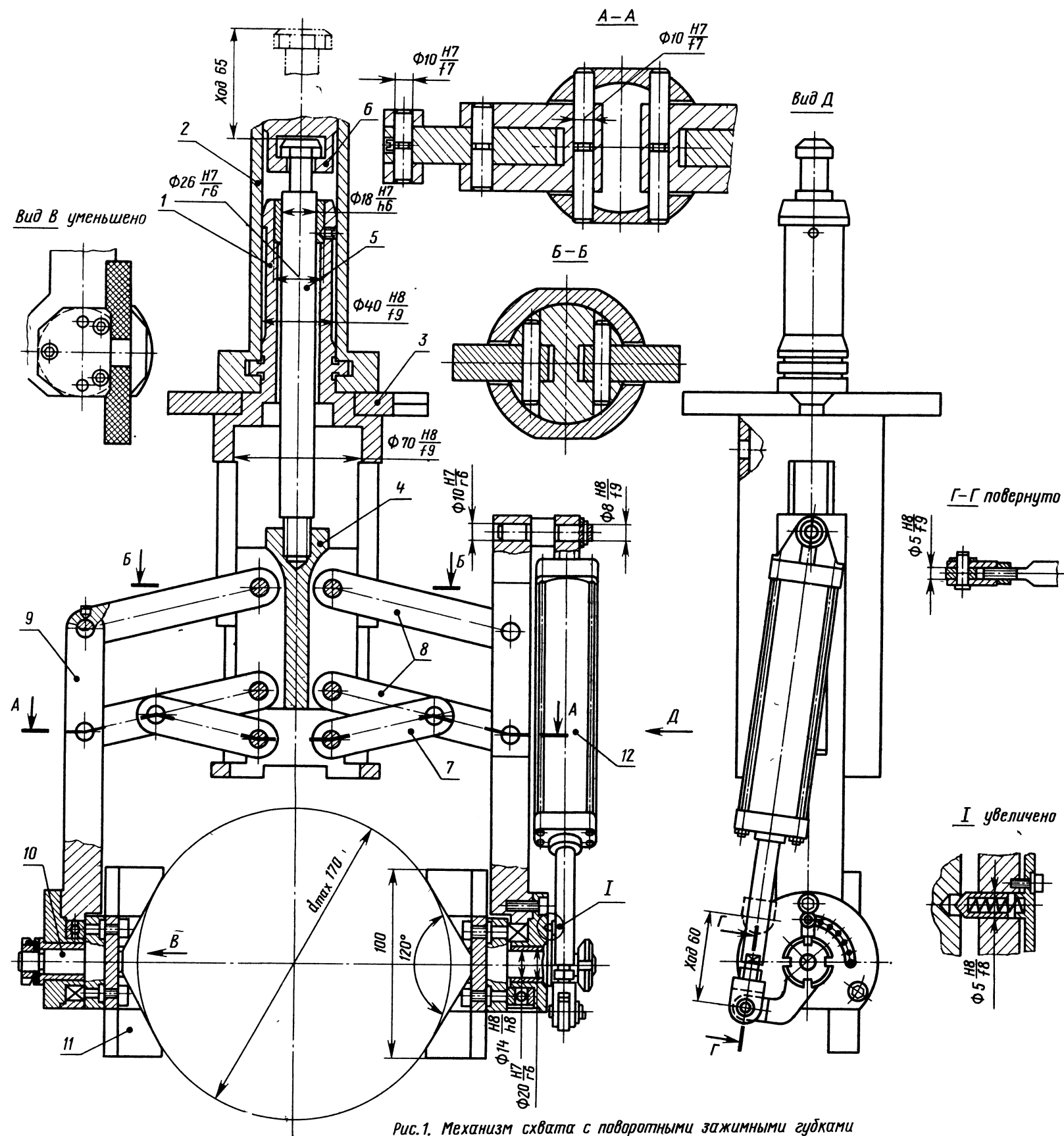
Механизм схвата с гидроприводом
для тяжелых деталей типа валов

Лист 39



Механизм двухпозиционного схвата
с гидроприводом для деталей фланцевого
типа большого диаметра

Лист 40



3. УСТРОЙСТВА УПРАВЛЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫМИ РОБОТАМИ

3.1. КЛАССИФИКАЦИЯ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫМИ РОБОТАМИ

Системы программного управления ПР обычно классифицируют по способу представления информации о последовательности и параметрах движений, различая: 1) электромеханические (путевые с упорами, временные и копировальные); 2) цикловые; 3) числовые.

В электромеханических системах управления геометрическая информация, связанная с заданием координатных положений или перемещений рабочих органов, определяется установкой упоров. Информация о времени и последовательности выполнения отдельных элементарных движений задается в этом случае при помощи релейных или бесконтактных схем цикловой автоматики (электрических, пневматических, электрогидравлических и т.д.). Такие системы управления являются наиболее простыми, но обладают небольшими функциональными возможностями и требуют большого времени на переналадку.

Цикловые системы программного управления дают возможность задавать информацию о последовательности и времени выполнения движений при помощи цифровых команд, а геометрические параметры — средствами путевой автоматики (путевыми выключателями, упорами или копировальными устройствами). В настоящее время системы циклового программного управления строят на базе специализированных процессорных устройств — программируемых контроллеров, которые обеспечивают большую гибкость переналадки и высокую надежность работы.

Числовые системы программного управления (ЧПУ) обеспечивают цифровое задание всей информации о последовательности и параметрах движений рабочих органов ПР. В зависимости от вида управляемых движений системы ЧПУ могут быть позиционными, контурными и позиционно-контурными (комбинированными).

Наибольшее распространение получили позиционные системы ЧПУ. Контурные и комбинированные системы используются в ПР, предназначенных для выполнения сварочных, окрасочных и некоторых сборочных операций, которые требуют сложного пространственного перемещения исполнительного органа по заданной траектории.

В настоящее время устройства ЧПУ строят на базе микроЭВМ и микропроцессоров, применение которых расширяет функциональные возможности системы управления, повышает ее надежность и эффективность работы (за счет увеличения гибкости переналадки).

Для систем программного управления характерно: 1) программирование движений методом обучения; 2) значительное число входов и выходов для связи с основным и вспомогательным оборудованием, входящим в робототехнический комплекс; 3) наличие специальных информационных входов, преобразующих устройств и датчиков для измерения динамических параметров механизмов ПР, контроля состояния внешней среды и опознавания объектов манипулирования; 4) специальное программно-математическое обеспечение, обусловленное такими особенностями объекта управления, как непрямоугольные системы координат, повышенные скорости и значительные перемещения при

относительно небольшой дискретности их программирования, а также наличием стандартных циклов (например, движений обслуживания основного технологического оборудования, измерения заготовок или деталей, адаптивного управления и т. д.).

Для ПР выпускают ряд унифицированных устройств циклового и числового программного управления различных типов, выполненных на основе блочно-модульной конструкции с использованием микропроцессорных устройств и интегральных микросхем.

3.2. УСТРОЙСТВА ЦИКЛОВОГО ПРОГРАММНОГО УПРАВЛЕНИЯ

Унифицированная система серии УЦМ содержит ряд устройств управления, характеристики и структурные схемы, которые приведены в табл. 1, рис. 1 и 2 на листе 42.

Устройства УЦМ-10 и УЦМ-20 предназначены для управления несложными автоматическими манипуляторами и вспомогательным оборудованием, например, для выполнения сборочных операций в часовой промышленности.

Устройство УЦМ-663, предназначенное для управления ПР со сложными циклами движений при обслуживании различного технологического оборудования (станков, кузнечно-прессовых машин и др.), построено по принципу синхронного микропрограммного автомата с жестким алгоритмом работы. В запоминающем устройстве могут одновременно храниться четыре управляющие программы, защищенные от стирания при длительном отключении питания. Возможно программирование следующих команд: позиционирования звеньев манипулятора с контролем путевыми выключателями; управления технологическим оборудованием и захватным устройством манипулятора; выдержки времени между частными циклами; обращения к подпрограммам обслуживания накопителя и другим стандартным циклам при совместной отработке нескольких команд. Программирование в режиме обучения и управление ПР осуществляют с помощью специальных пультов, содержащих тумблеры, клавиши буквенных и цифровых команд, световую индикацию.

Устройство УЦМ-30 предназначено для управления циклами движений ПР (например, типа «Циклон-5» и «Ритм-01») в составе робототехнических комплексов.

На рис. 1, лист 42 приведена структурная схема устройства УЦМ-30, которое построено по принципу синхронного микропрограммного автомата с жестким циклом управления.

Алгоритм управления реализован аппаратным способом в блоке формирования команд (БФК) на основании информации, поступающей из блока управления (БУ) и блока задания программы (БЗП). Блок задания программы построен на интегральных микросхемах. Защита программы пользователя при отключении питания обеспечивается путем подпитки памяти от батарейного источника. Программа пользователя записывается в БЗП с пульта программирования (ПП), содержащего кнопки для записи функциональной и информационной части кадра. Команды, управляющие движением исполнительных органов

манипулятора, формируются в блоке выходных усилителей (БВУ), а команды на технологическое оборудование — в блоке связи (БС) с манипулятором и технологическим оборудованием. Этот блок предназначен также для согласования информационных сигналов, поступающих с датчиков на управляемых объектах и подвижных органах манипулятора, со входом БФК.

С пульта управления (ПУ) устройства задают режимы его работы, осуществляют включение-выключение питания, установку требуемого кадра программы и ее запуск. Кроме того, на ПУ предусмотрена световая индикация сбоя микропрограммного автомата, наличия в обрабатываемом кадре контрольной или управляющей команды, аварийного отключения устройства и цифровая индикация номера обрабатываемого кадра программы. Переключение адресных шин в БЗП осуществляется с выхода счетчика кадров (СЧК), на вход которого в режиме обучения поступает код номера кадра с ПУ или команда увеличения этого кода на единицу после отработки очередного кадра в автоматическом режиме.

Программирование движений манипулятора ПР производится с помощью пульта обучения (ПО), который содержит тумблеры для задания перемещений подвижных звеньев манипулятора в ручном режиме и необходимую световую индикацию для контроля их положения.

Формирователь временных интервалов (ФВИ) — таймер задает определенную длительность управляющих команд. Длительность управляющих команд, связанных с торможением подвижных органов манипулятора, программируется, а длительность остальных команд устанавливается оператором с ПУ.

Микропроцессорное устройство циклового управления ПР УЦМ-100, структурная схема которого показана на рис. 2, лист 42, построено по блочно-модульному принципу. В состав устройства, представляющего собой программируемый контроллер, входят следующие конструктивные модули: 1) блок управления, обеспечивающий реализацию заданных алгоритмов функционирования; 2) пульт программирования (программатор), предназначенный для ввода, редактирования и отладки управляющих программ; 3) пульт ручного управления движениями звеньев манипулятора, технологическим оборудованием, а также задания режимов работы и включения автоматического цикла отработки управляющей программы; 4) инженерный пульт, предназначенный для выполнения наладочных и диагностических операций при эксплуатации устройства, а также для записи программ в ППЗУ, вывода и ввода информации с внешнего телетайпа или перфоленточного устройства (ПЛ).

Модуль микроЭВМ организует обмен информацией между функциональными модулями устройства через внутреннюю шину и обеспечивает хранение системного программно-математического обеспечения.

В состав модуля микроЭВМ входят: 1) процессор, построенный на БИС КР580ИК80А и имеющий разрядность шины адреса — 16, а шины данных — 8 (двоичных разрядов); 2) ОЗУ емкостью 8 К слов, построенное на ИМС К537РУ2; 3) ПЗУ емкостью 8 К слов (на ИМС К573РФ1), в котором хранится системное программно-математическое обеспечение; 4) ППЗУ емкостью 8 К слов для записи управляющих программ, построенные на ИМС К1601РР1, которые способны длительно сохранять информацию при отключенном питании и позволяют осуществлять электрическую запись и стирание данных, поступающих через внутреннюю магистраль устройства.

Модуль ввода обеспечивает гальваническое разделение цепей датчиков от внутренних цепей устройства, а также преобразование уровня напряжения, поступающего с датчиков, в сигналы логических микросхем. Элементами развязки служат транзисторные оптроны К249КП1.

Модуль вывода также обеспечивает гальваническую развязку силовых цепей управления исполнительными элементами (электромагнитными пускателями, золотниками, муфтами и т. д.) манипулятора и технологического оборудования от внутренних цепей устройства.

Для этой цели использованы тиристорные оптроны АОУ103В. Кроме того, в модуле вывода осуществляется усиление управляющих сигналов.

Модуль связи предназначен для сопряжения пультов ручного управления и программирования (программатора), а также ЭВМ более высокого уровня с внутренней шиной устройства. Связь с указанными устройствами осуществляется по стандартным каналам.

Блок питания (на схеме не показан), обеспечивающий подачу напряжения на силовые исполнительные элементы объектов управления, выполнен в виде конструктивного модуля, который может иметь различные исполнения в зависимости от требуемых выходных напряжений.

Микропроцессорное устройство АС-2614, техническая характеристика (табл. 1) и структурная схема (рис. 3) которого приведены на листе 42, представляет собой универсальный программируемый контроллер, предназначенный для группового циклового управления ПР (типа РГШ-6, «Циклон», «Ритм») и технологическим оборудованием, входящим в состав робототехнического комплекса. Устройство состоит из четырех функциональных модулей, каждый из которых содержит центральный процессор (ЦП), выполненный на базе микропроцессорного комплекта К589, ПЗУ на ИМС К556 РТ4, энергонезависимое ППЗУ на ИМС К1601 РР1, устройство ввода-вывода (УВВ) и блок микропрограммного управления (БМУ). Системные программы записаны в ПЗУ, управляющие программы формируются оператором в ППЗУ в режиме обучения ПР. Устройство ввода-вывода обеспечивает обмен дискретной информацией с оборудованием и синхронизацию работы модулей, входящих в устройство.

Программирование ПР в режиме обучения осуществляется отдельными кадрами с помощью специального пульта (на схеме не показан), на котором имеются переключатели с символьным обозначением команд. Кадр программы содержит номера команд ввода-вывода и тактов для их синхронизации, а также признак условного или безусловного перехода, адрес и номер условия для выключения перехода, вспомогательные команды: признаки по ответу или по времени и последовательность выполнения двух команд ввода-вывода, запрограммированных в кадре; величины времени ожидания ответа о выполнении указанных команд.

Отработка записанной программы может осуществляться в покадровом или автоматическом режимах, начиная с любого кадра. Два устройства типа АС-2614 могут быть последовательно связаны между собой с помощью шины синхронизации с целью реализации системы группового управления до 8 ПР или объединены в систему с радиальной структурой для управления гибким производственным комплексом, включающим в себя до 16 манипуляторов.

Устройство выполнено в герметичном корпусе с двухконтурным принудительным охлаждением и предназначено для работы в условиях кузнечно-прессовых цехов с температурой окружающей среды от +1 до +50° С.

3.3. УСТРОЙСТВА ЧИСЛОВОГО ПРОГРАММНОГО УПРАВЛЕНИЯ

Унифицированные позиционные устройства ЧПУ (УЧПУ) серии УПМ выпускаются в модификациях УПМ-331, УПМ-552 и УПМ-772, которые отличаются количеством управляемых координат и типом привода рабочих органов ПР. Технические характеристики устройств дан-

ного типа приведены в табл. 2, лист 42, а структурная схема УПМ-772 на рис. 4, лист 42.

Устройство ЧПУ УПМ-772 предназначено для управления универсальными ПР, снабженными кодовыми фотоэлектрическими датчиками положения и следящими электрическими и электрогидравлическими приводами.

Модификации этого устройства: УПМ-331, которая предназначена для управления ПР, снабженными шаговыми электрическими приводами типа ШД-5Д1; УПМ-552, используемая в ПР с датчиками положения в виде двухотсчетных синусно-косинусных вращающихся трансформаторов типа СКТД 6465Д.

Устройство УПМ-772 и ее модификации выполнены на основе синхронного микропрограммного автомата с жестким циклом управления. Обработка цифровой и логической информации осуществляется операционно-логическим блоком совместно с микропрограммным автоматом. Кадр управляющей программы содержит геометрическую информацию о заданных абсолютных координатах подвижных органов манипулятора, команды ввода-вывода дискретных сигналов для управления технологическим оборудованием и команды управления циклом работы ПР. Запись управляющей программы в блок оперативной памяти производится оператором в режиме обучения. При этом информация о положении подвижных органов манипулятора в установленной позиции поступает с датчиков положения, а команды вводят с пульта управления устройства. Перемещение рабочего органа манипулятора в очередную позицию осуществляется вручную с помощью тумблеров на пульте обучения. Долговременное хранение управляющей программы обеспечивается путем ее перезаписи из оперативной памяти в кассетный накопитель на магнитной ленте (КНМЛ).

Выполнение управляющей программы осуществляется по кадрам в автоматическом режиме работы устройства ЧПУ. При этом выборка кадров из оперативной памяти может производиться в последовательности записи или по их адресам, которые включены в команды управления при помощи условных и безусловных переходов.

Цифровая информация о заданных положениях подвижных органов манипулятора поступает на вход функционального цифроаналогового преобразователя (ЦАП), преобразуется в аналоговую форму, а затем усиливается до уровня стандартного сигнала напряжения для управления следящими приводами.

Функциональный ЦАП, кроме того, формирует нелинейную зависимость управляющего напряжения при разгоне и торможении подвижных звеньев манипулятора, значения которой могут регулироваться оператором.

Информация о положении звеньев манипулятора с кодовых датчиков подается в аналого-цифровой преобразователь (АЦП), где она преобразуется в цифровой код, который сравнивается в операционно-логическом блоке с заданным значением абсолютных координат. Опрос кодовых датчиков положения и преобразование их сигналов в АЦП осуществляется циклически с тактовой частотой, формируемой блоком синхронизации.

Командные сигналы, необходимые для управления технологическим оборудованием, формируются блоком ввода-вывода, который одновременно обеспечивает гальваническую развязку внешних и внутренних электрических цепей, а также усиление сигналов на выходах устройства.

Унифицированные устройства ЧПУ контурного типа серии УКМ модификации УКМ-552 и УКМ-772, которые различаются числом управляемых координат, предназначены для управления ПР, требующими сложного пространственного перемещения исполнительного органа. Технические характеристики данных устройств и структурная схема УЧПУ УКМ-772 приведены в табл. 2 и на рис. 5, лист 42.

Устройство ЧПУ УКМ-772 предназначено для управления ПР и совместно работающим технологическим оборудованием при автоматизации процессов дуговой сварки. Устройство может быть использовано также для контурного управления манипуляторами при автоматизации окрасочных, сложных сборочных и некоторых других технологических операций. Структура устройства — однопроцессорная: в качестве про-

цессора использована микроЭВМ «Электроника-60», имеющая центральный процессор (ЦП), управляющее устройство (УУ), оперативное заполняющее устройство (ОЗУ), и общую шину, которая сопрягается с внутренней шиной устройства ЧПУ через специальный адаптер.

Внутренняя магистраль устройства представляет собой стандартную шину, к которой подключены через специальные платы интерфейса функциональные модули.

К числу основных функциональных модулей в данной структуре УЧПУ относятся: 1) пульт управления (ПУ); 2) пульт обучения (ПО); 3) кассетный накопитель на магнитной ленте (КНМЛ) с модулем сопряжения (МС); 4) модули ввода (МВ) и вывода (МВД) дискретной информации; 5) модуль управления приводом (МУП); 6) модуль сопряжения с датчиками положения (МСД).

Благодаря такому модульному построению устройство ЧПУ обладает функциональной гибкостью, т. е. может быть скомплексировано из определенного набора данных модулей в зависимости от конкретного назначения.

В частности, модуль сопряжения с датчиками положения (МСД) может выполняться в разных вариантах (например, для сопряжения с кодовыми фотоэлектрическими датчиками ФЭП-15 или абсолютными потенциометрическими датчиками СП4-8).

Модуль управления приводом (МУП) в различных модификациях устройства ЧПУ может обеспечивать сопряжение с конкретными следящими электрогидравлическими или электрическими приводами.

Функции долговременного запоминающего устройства для управляющей программы выполняет КНМЛ. Стандартные программы записываются на магнитную ленту с перфоленты через фотосчитывающее устройство (ФСУ). Общая программа управления ПР формируется в ОЗУ в процессе обучения и хранится затем в КНМЛ. В устройстве предусмотрен модуль ППЗУ, выполненный на энергонезависимых интегральных микросхемах, для записи (например, с перфоленты) и хранения системного программно-математического обеспечения УЧПУ.

Микропроцессорное устройство ЧПУ МПСУ, структурная схема которого показана на рис. 6, лист 42, предназначено для управления ПР агрегатно-модульной конструкции типа РПМ-25, используемым для автоматизации операций дуговой сварки. Данное устройство позиционно-контурного типа обеспечивает управление перемещением по заданной траектории сварочной головки, установленной в схвате манипулятора, и циклом работы сварочного оборудования. Устройство ЧПУ выполнено по структуре децентрализованной многопроцессорной системы управления в реальном масштабе времени.

Функциональные модули, входящие в состав устройства, выполнены по блочному принципу на базе микропроцессорного набора серии К 580.

Модуль центрального процессорного устройства ЦПУ-1 выполняет функции центрального процессора и управляет через соответствующие интерфейсные модули электроавтоматикой технологического оборудования, алфавитно-цифровым дисплеем и кассетным накопителем на магнитной ленте (КНМЛ). КНМЛ используется для хранения библиотеки управляющих программ ПР. К модулю ЦПУ-1 через специальные модули связи подключены также пульт обучения и панель оператора, предназначенные для программирования в режиме обучения и наладки ПР.

В модуле памяти, который содержит ППЗУ емкостью 32 Кслов, выполненный на интегральных микросхемах (ИМС) КР573 РФ4, и ОЗУ емкостью 28 Кслов (на ИМС КР537 РУ2), записываются системное программно-математическое обеспечение УЧПУ и стандартные программы пользователя.

Взаимодействие с модулями микропроцессоров ЦПУ-2, ЦПУ-3 и ЦПУ-4 осуществляется через область общего ОЗУ, входящего в модуль центрального микропроцессора ЦПУ-1.

Модуль ЦПУ-2 управляет следящими приводами координат манипулятора, которые выполнены в виде блоков, встроенных в устройство. Модуль ЦПУ-2 содержит ППЗУ емкостью 12 Кслов и ОЗУ емкостью 0,5 Кслов.

Модуль ЦПУ-3, который осуществляет расчет и интерполирование

траектории перемещения схвата манипулятора, содержит ППЗУ емкостью 56 Кслов и ОЗУ емкостью 4 Кслов.

Модуль ЦПУ-4 управляет циклом работы сварочного оборудования, входящего в роботизированный комплекс. ППЗУ данного модуля имеет емкость 8 Кслов, а ОЗУ — 1 Кслов.

3.4. ДАТЧИКИ ПОЛОЖЕНИЯ И ПЕРЕМЕЩЕНИЯ ПОДВИЖНЫХ ЗВЕНЬЕВ МАНИПУЛЯТОРОВ

В качестве датчиков обратной связи по положению или перемещению в системах управления ПР используются проволочные потенциометры, индуктивные и индукционные (типа вращающихся трансформаторов) электрические машины, фотоэлектрические импульсы и кодовые

измерительные преобразователи, контактные и бесконтактные путевые микровыключатели.

Наибольшее применение в системах управления ПР получили фотоэлектрические датчики двух типов: кодовые и импульсные.

Импульсные датчики (рис. 1, табл. 1, лист 43) являются фотоэлектрическими устройствами с дисковым ротором, угол поворота которого преобразуется в последовательность импульсов определенной полярности. Количество импульсов характеризует относительное перемещение исполнительного механизма манипулятора.

В бесконтактных кодовых датчиках положения (рис. 2), техническая характеристика которых приведена в табл. 2, лист 43, угол поворота вала, жестко связанного с подвижным звеном манипулятора, преобразуется в многоразрядный двоичный (реже, десятичный) код.

Путевые микропереключатели серии МП2000 и ВП62-21, технические характеристики, габаритные и присоединительные размеры которых приведены в табл. 3, рис. 3, лист 43, широко используют в схемах электроавтоматики ПР.

Индукционные датчики перемещения типа вращающихся трансформаторов представляют собой двухфазную электрическую микромашину переменного тока. При вращении ротора, имеющего обмотку, на кото-

рую подается напряжение питания высокой частоты, в статорных обмотках индуцируется рабочее напряжение, изменяющееся по закону синуса и косинуса угла поворота. Технические характеристики стандартных вращающихся трансформаторов серии ВТМ приведены в табл. 4, лист 43, общий вид на рис. 4. Недостатками датчиков серии ВТМ являются их относительно высокая стоимость, необходимость в питании переменным напряжением высокой частоты и в оснащении специальным аналого-цифровым преобразователем блока сопряжения с процессором устройства ЧПУ, а также ограниченный срок службы из-за наличия щеток и контактных колец на роторе. В связи с этим в ПР целесообразно применять бесконтактные синусно-конусные трансформаторы серии БСКТ.

В пневматических устройствах управления ПР целесообразно применять бесконтактные струйные путевые выключатели серии СТ135 (табл. 5, лист 43).

Главным недостатком проволочных потенциометров, используемых в качестве датчиков положения, является низкая точность измерения и надежность, обусловленная наличием контактной системы. Данный тип датчиков используют в ПР, не требующих высокой точности позиционирования рабочих органов.

Технические характеристики устройств циклового программного управления ПР

Таблица 1

Параметр	Тип устройства					
	УЦМ-10	УЦМ-20	УЦМ-663	УЦМ-30	УЦМ-100 (модульное)	АС-2614 (многопроцес- сорное)
Число управля- емых координат	2 (до 10)	7	6	7	До 12	Число функций модулей
Число точек по- зиционирования на координат- ных осях	2	3	До 8	2 3	До 8	4×8 синхро- сигналов
Объем памяти (кадров или ко- манд)	30 команд	32 кадра	128 кадров	100 кадров	2К слов 1024 команды	128 кадров на 8 байт
Число программ в памяти	1	1	4	3 (3 под- програм- мы)	Формирование программ произвольное	
Время хранения программ	—	—	2000			
Число програм- мируемых ко- манд	16 12	Более 15 7	30 12	24 7	Всего 64 выхода	Выходов 24×4
технологиче- ских						
Число сигналов от технологиче- ского оборудо- вания	12	7	20	7	96 входов	Входов 24×4
Программируе- мая выдержка времени, с	—	0,2 18	0,1 30	0 04 0 28	0,1 0,28 (через 0,1 с) 1 256 (через 1 с)	0,1 120 (через 0,1 с)
Максимальное время цикла с	3	Не ограничено				
Тип программно- носителя	Комму- таци- онная панель	Ште- кер- ная панель	—	ППЗУ		
Тип датчиков положения	Микро- выклю- чатели	Бесконтактные типа БК		Любые с напря- жением 24 В (20 МА)	Любые с на- пряжением 24 В (20 МА)	Любые с напря- жением 24 В
Возможность со- пряжения с ЭВМ	Есть	Нет	Нет	Нет	Есть один канал ИРПС	Есть
Выходное на- пряжение В постоянного тока переменного тока	15 —	24 —	24 110	24 110 (1 5 А)	24 110 (0,5 А)	— 110 (1 А), 220 (2 А)
Напряжение пи- тающего тока, В	220	220/380	380	380 (10,7 кВт)	220 (1,7 кВт)	280 (1,2 кВт)
Элементная база	Интегральные микросхемы			Микропроцессорный набор К589 и интегральные микросхемы		
Габаритные размеры (дли- на, ширина, вы- сота), мм	520×220× ×270	600×500× ×1200	575×480× ×1250	550×490× ×1200	532×475× ×1120	720×630× ×850

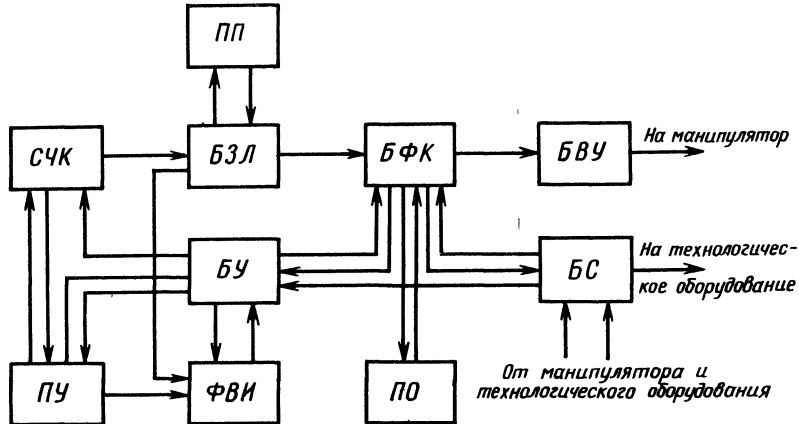


Рис. 1. Структурная схема устройства УЦМ-30

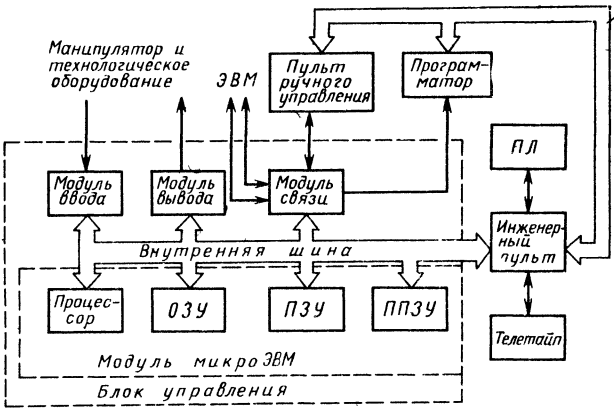


Рис. 2. Структурная схема устройства УЦМ-100

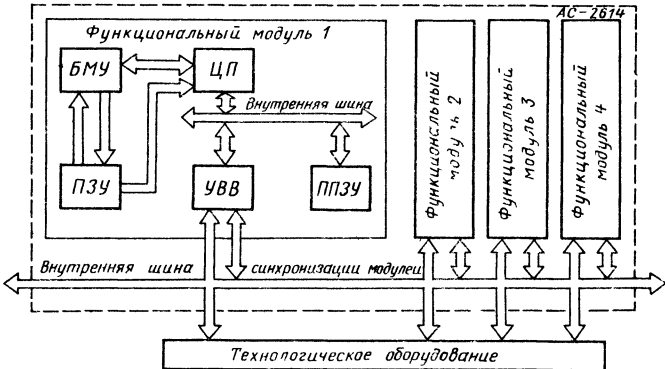


Рис. 3. Структурная схема устройства АС-2614

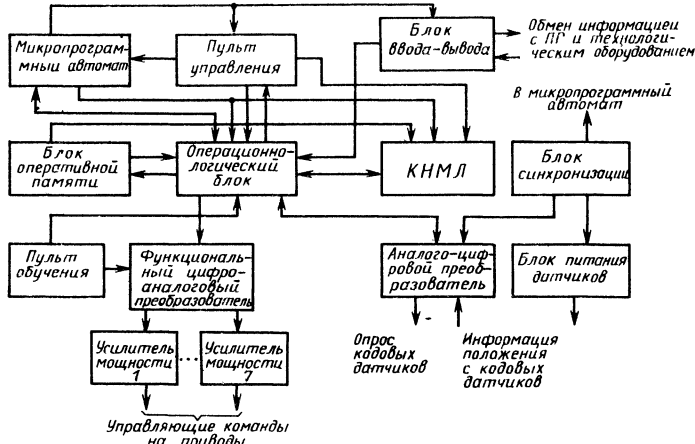


Рис. 4. Структурная схема устройства УПМ-772

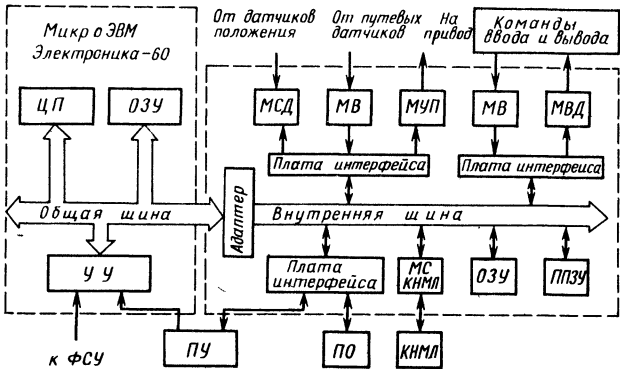


Рис. 5. Структурная схема устройства УКМ-772

Технические характеристики устройств числового программного управления ПР

Таблица 2

Параметр	Тип устройства					
	ИПМ-331	УПМ-552	УПМ 772	УКМ 552	УКМ 772	МПСУ
Тип устройства	Позиционное			Контурное (с линейной интерполяцией)		Позиционно-контурное (с линейной и круговой интерполяцией)
Число программируемых координат	3	5	7	5	7	7
Число двойных разрядов для обработки геометрической информации	16	15		16		16
Количество степеней точности	1	3		1		1
Точность позиционирования единиц дискретности	±1	1,16 или 256		±1		±1
Тип привода	Шаговый	Следящий				Следящий
Тип датчика положения	Нет	Фазовый СКТД 6465Д		Потенциометр СПУ-8	Кодовый ФЭП-15	Кодовый ФЭП 15
Система отсчета	Абсолютная					
Объем оперативной памяти, кадров (К слов)	100	120	(40)	120		1280 (до 15 программ)
Число входных дискретных сигналов	32			8		24
Число выходных технологических команд	60			8	32	16
Параметры входных сигналов (напряжения/ток), В/А	24/0,02			24/01		24/0,1
Напряжение питания, В	220/380			380		380
Параметры выходных технологических команд (напряжение/ток), В/А	24/0,02			24/0,2		1/02
Потребляемая мощность, кВт	1,5	1,0		1,0		До 11
Элементная база	Интегральные микросхемы (К155)			ИМС155		К580
Габаритные размеры (длина, ширина, высота), мм	200×470×1700	650×700×1700		470×600×1700	730×610×1700	Зависит от числа модулей

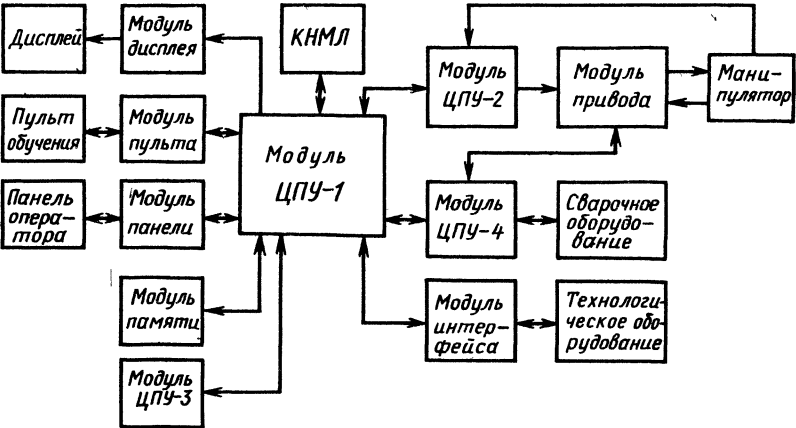


Рис. 6. Структурная схема устройства МПСУ

Круговые бесконтактные (фотоэлектрические) кодовые датчики

Таблица 1

Параметр	Модель			
	ФП-15	КПЗ-АЛ	WMS (ГДР)	ANDIMK-A90 (ВНР)
Объем информации, единиц дискретности	32768 (2048 на 1 об.)	10 ⁶		1024 или 4096 (на 1 об.)
Наибольшая частота вращения, мин ⁻¹	900	4000	3600	3000
Наибольший крутящий момент, Н·м	—	65,7	20	49·10 ⁻³
Код выходного сигнала	Двоичный	Десятичный	Двоичный	
Ошибки, град.	—	2,0	0,36	0,2
Масса, кг	0,8	1,8	1,4	1,2

Круговые фотоэлектрические импульсные датчики

Таблица 2

Параметр	Модель				
	BE51M	BE106	BEJ13	IGR400 (ГДР)	ANDIMK-190 (ВНР)
Дискретность, угл мин (мкм — для линейных датчиков)	4	21,6	21,6	5 или 10	21,6
Наибольшая скорость контролируемого перемещения, мин ⁻¹ (м/мин — для линейных датчиков)		3000	25 или 100		6000
Количество импульсов за один оборот	От 1000 до 5400	1000, 1024, 1250	5 000, 10 000	от 250 до 2500	3600, 7200
Класс точности (ошибка измерения, угл. мин или мкм/базовая длина)		I (5)	I (5/250)	I или II	
Масса, кг	0,50	0,67	0,6	0,7	

Вращающиеся трансформаторы серии ВТМ

Тип ВТМ-1В

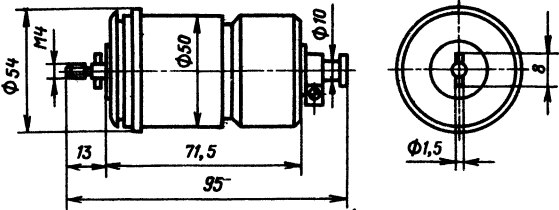


Таблица 4

Параметр	Модель			
	ВТМ-1М	ВТМ-1В	ВТМ-4	ВТМ-6
Номинальное напряжение питания, В	26		60	
Номинальная частота, Гц	400		2000, 3500	
Ток холостого хода, мА	43		4,6	6,45
Коэффициент трансформации при холостом ходе	1			
Относительная погрешность измерения, %	±0,3	±0,5	±0,3	±0,8 (при 2000 Гц) ±1,0 (при 3500 Гц)
Наибольшая частота вращения ротора, мин ⁻¹	3000		2000	3000
Момент инерции ротора, 10 ⁻⁷ кг·м ²	5			
Масса, кг	0,62		0,35	0,65

Пневматические структурные путевые выключатели серии СТ-135

Таблица 5

Параметр	Типоразмер			
	СТ135-00	СТ135-01	СТ135-02	СТ135-03
Давление питания (рекомендуемое), Па	50—100			
Номинальный расход (при давлении питания 50 кПа), 10 ⁻⁴ м³/с	1,28	2,31	5,22	8,20
Диапазон срабатывания, мм	0—3,5	0—5,5	0—9	0—12
Пропускаемая частота (при линии связи до 5 м), Гц	20			
Температура окружающей среды, С°	От —50 до +80			
Масса, кг	0,009	0,017	0,064	0,194
Размер, мм	d ₁ M8×1,5 d _н 3 L 35 S ₁ 6 S ₂ 12	M10×1 — — — 14	M16×1 4 40 12 22	M24×1 6 53 19 32

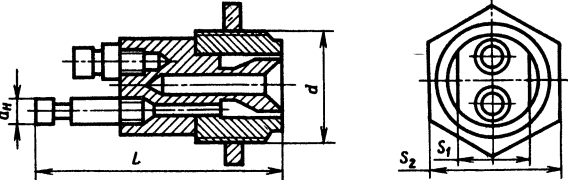
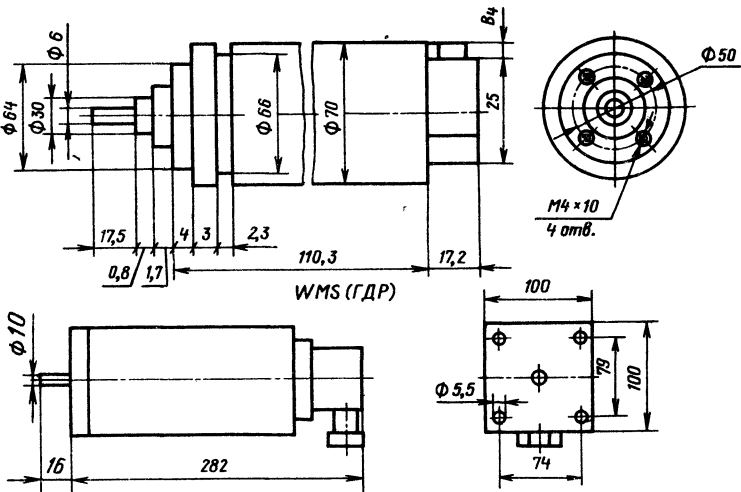


Рис. 5

Датчики положения и перемещения для промышленных роботов

Лист 43

ФЭП-15



WMS (ГДР)

КПЗ-АЛ

ANDIMK-A90

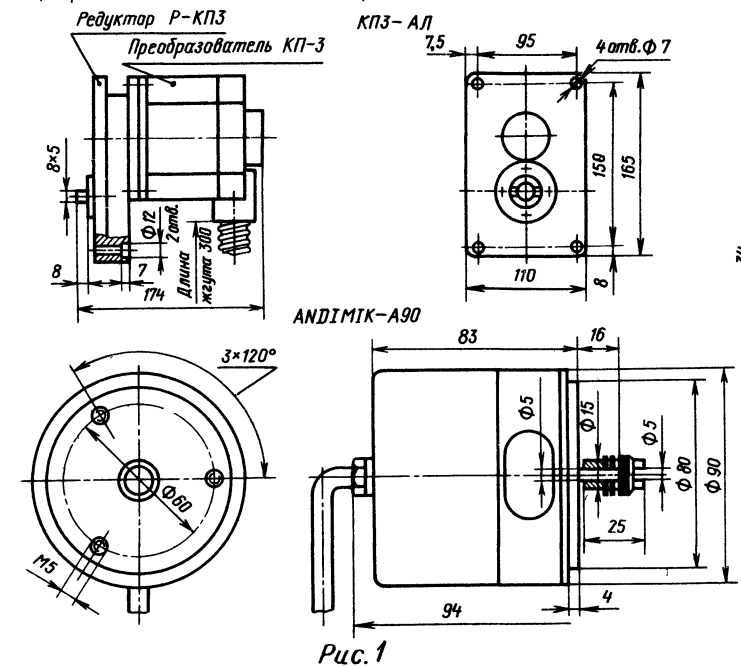
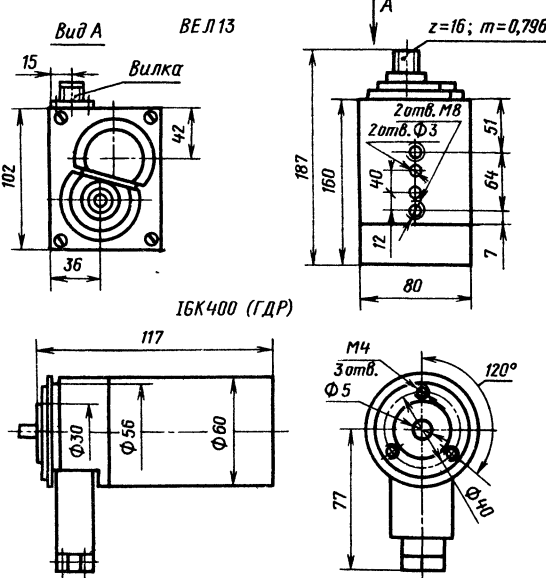
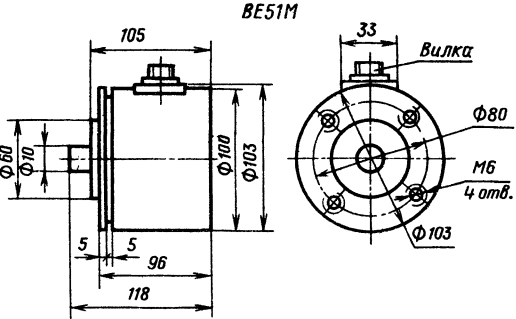


Рис. 1



IGR400 (ГДР)

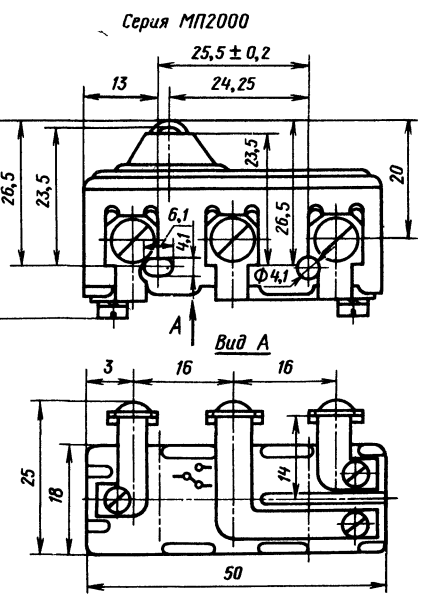


Рис. 3

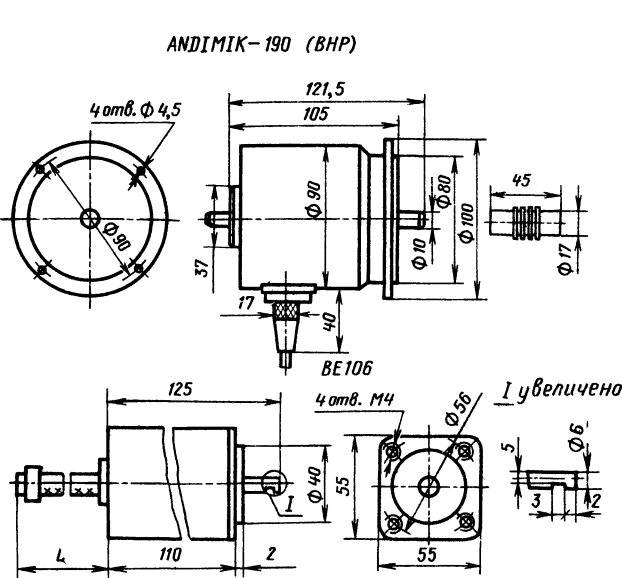


Рис. 2

Путевые микровыключатели

Таблица 3

Параметр	Серия			
	МПМ100	МП2000	ВП62-21	БВК-201
Род тока	Переменный	(50...60 Гц), постоянный		Постоянный
Номинальное напряжение, В	380, 500 (переменный ток) до 220 (постоянный ток)	До 380 (переменный ток)	До 600 (переменный ток) До 440 (постоянный ток)	24
Номинальный ток продолжительного режима работы, А	4 (переменный) 2,5 (постоянный)	2,5 (переменный) 1,0 (постоянный)		0,083
Скорость перемещения приводного элемента, мм/с	0,05—5		5—500	До 1000
Рабочий ход, мм (град)	0,4		1,55—3,5 (8)	—
Усилия срабатывания, Н	4—8		1,5—7	—
Погрешность срабатывания, мм	±0,5—±0,2		±0,02—±0,2	±0,1
Время переключения, с	До 0,04		0,01—0,05	0,01
Число циклов вкл/откл, млн	1,6	5	0,6—1,6	Не ограничено
Масса, кг	0,05—0,435		0,026—0,575	

4. СИСТЕМЫ АГРЕГАТНО-МОДУЛЬНОГО ПОСТРОЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ РОБОТОВ В МАШИНОСТРОЕНИИ

4.1. ПРИНЦИПЫ АГРЕГАТНО-МОДУЛЬНОГО ПОСТРОЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ РОБОТОВ

Агрегатный модуль — это функционально и конструктивно независимая единица, которую можно использовать индивидуально и в соединении с другими модулями с целью создания промышленных роботов с заданными компоновочными схемами, характеристиками и типом устройства управления. Конструктивные модули могут быть механическими, информационно-измерительными и управляющими.

Роль механических модулей исполняют элементы конструкции манипулятора вместе с комплектными приводами и внутренними электрическими, гидравлическими, пневматическими проводами с разъемами для подключения к энергетическим, информационным и управляющим внешним коммуникациям. Механические модули обеспечивают обычно одну или несколько степеней подвижности ПР.

Информационно-измерительными модулями являются комплекты датчиков различных типов с механизмами их приводов, преобразовательными устройствами и каналами связи с системой управления.

Модификации аппаратного и программно-математического обеспечения для систем управления разного уровня также строят на агрегатно-модульном принципе.

К отдельным конструктивным модулям ПР предъявляют следующие основные требования:

- 1) обеспечение конструктивной и функциональной независимости;
- 2) обеспечение проектных статических и динамических характеристик;
- 3) возможность компоновки в различных положениях и сочетаниях с другими модулями;
- 4) унификация стыковочных элементов, коммуникаций и комплектующих изделий;
- 5) возможность унификации сборочных единиц как в пределах отдельных, так и смежных типоразмеров, а также между разнотипными блоками и узлами.

При агрегатно-модульном построении обеспечивается возможность рационального выбора компоновочной схемы, числа степеней подвижности манипулятора, типов приводов, датчиков и системы управления для выполнения заданных технологических функций специализированных ПР. Кроме того, агрегатно-модульное построение ПР облегчает создание роботизированных технологических комплексов, представляющих собой гибкие производственные модули автоматизированных технологических систем. ПР агрегатно-модульного типа позволяют в этом случае создавать гибкие вспомогательные и транспортные подсистемы, предназначенные для автоматического обслуживания и переналадки основного оборудования, выполнения подъемно-транспортных и грузозачно-разгрузочных операций для потока заготовок, деталей или инструментов.

Важным этапом агрегатно-модульного проектирования ПР является разработка конкретной номенклатуры их унифицированных конструктивных модулей (механических, информационно-измерительных и уп-

равляющих) и комплектующих изделий (приводов, датчиков, устройств программного управления, принадлежностей и приспособлений к ним).

В табл. 1, лист 44 приведены основные конструктивные модули для ПР, используемые в машиностроении. В табл. 1 конструктивные мо-

УСЛОВНЫЕ ОБОЗНАЧЕНИЯ КОНСТРУКТИВНЫХ МОДУЛЕЙ ПР

Обозначение	Тип конструктивного модуля
1. Конструктивные модули манипулятора ПР	
НО	Неподвижное основание
НК	Неподвижная колонна
ПМ	Портал с монорельсом
КМ	Консоль с монорельсом
ТП	Тележка подвижная (продольного хода)
ТС	Тележка (каретка) сдвига (поперечного хода)
ТМ	Тележка (каретка) на монорельсе
ТР	Тележка рельсовая
СП	Стол поворотный
ПК1	Платформа качающаяся (с одной степенью подвижности)
ПК2	Платформа качающаяся (с двумя степенями подвижности)
КВ	Каретка вертикального хода (подъема)
РВ	Рука выдвижная (с одной степенью подвижности)
РВП	Рука выдвижная поворотная (с двумя степенями подвижности)
РШ1	Рука рычажно-шарнирная (с двумя звеньями)
РШ3	Рука рычажно-шарнирная (с тремя звеньями)
КН	Кисть (головка) неподвижная
КП1	Кисть поворотная (с одной степенью подвижности)
КП2	Кисть поворотная (с двумя степенями подвижности)
КП3	Кисть поворотная (с тремя степенями подвижности)
ЗУ1	Захватное устройство (схват) одинарное
ЗУ2	Схват двойной
ЗУП	Схват двойной поворотный
ЗУС	Схват с поперечным сдвигом
2. Дополнительные модули ПР	
СТ	Стол тактовый (загрузочный)
МЗУ	Магазин сменных схватов
УЗЗ	Устройство зажима сменных схватов
МК	Механизм компенсации поворота звена руки
3. Модули привода ПР	
ГПР	Гидравлический привод регулируемый
ППР	Пневматический привод регулируемый
ЭГШ	Электрогидравлический шаговый привод
ЭГС	Электрогидравлический следящий привод
ЭПС	Электрический привод постоянного тока следящий
ЭПР	Электрический привод постоянного тока регулируемый
ЭАР	Электрический асинхронный привод переменного тока регулируемый
4. Устройства программного управления ПР	
ЦПУ	Цикловое программное управление
ЧПУ, исп П	Числовое программное управление позиционного типа
ЧПУ, исп К	Числовое программное управление контурного типа
ЧПУ, исп У	Числовое программное управление универсального (контурно-позиционного) типа
УЦМ	Унифицированное цикловое программное управление (модульное)
УПМ	Унифицированное числовое программное управление позиционного типа (модульное)
УКМ	Унифицированное числовое программное управление контурного типа (модульное)

дули написаны условными обозначениями, ниже приведена таблица условных обозначений.

Основные модели промышленных роботов строятся из типовых механических модулей манипулятора (условные обозначения приведены в табл. 1): несущей системы, агрегатов, выполняющих перестановочные, установочные и ориентирующие движения, а также исполнительных захватных устройств. Дополнительные механические модули ПР — загрузочные столы, магазины сменных схватов, устройства зажима сменных схватов и другие — предназначены для промежуточного накопления и ориентирования заготовок и обработанных деталей, смены схватов, а также для выполнения других вспомогательных функций (например, компенсации угла поворота звеньев механической руки рычажного типа для сохранения постоянной ориентации ее кисти, несущей схват). Технический уровень различных моделей ПР из агрегатных модулей определяется выбором типа привода (гидравлического, электрогидравлического, электрического или пневматического), а также устройства программного управления (циклового, числового позиционного или контурного).

В табл. 2, лист 44 приведены некоторые примеры реализации ПР агрегатно-модульного типа различного технологического назначения. Варианты компоновочных схем ПР агрегатно-модульной конструкции могут быть изображены в виде структурных формул, которые содержат символы основных и дополнительных механических модулей, а также типы приводов и устройств управления.

В табл. 3, лист 44 приведены унифицированные сборочные единицы и механические модули манипуляторов ПР, применяемых в станкостроении. На рис. 1 и 2 показаны компоновочные схемы ПР, состоящих из сборочных единиц и модулей, приведенных в табл. 3 и имеющих от 3 до 12 типоразмеров, от выбора которых зависят основные технологические характеристики ПР (грузоподъемность, размеры рабочей зоны, скорость перемещений и др.).

В табл. 4, лист 44 схематично представлены варианты компоновки специализированных ПР портального типа, построенных по агрегатно-модульному принципу и предназначенных для станкостроения. Все варианты компоновочных схем созданы на основе 19 механических модулей, не считая унифицированных захватных устройств: ТС — каретка; РВ — рука выдвижная; РВП — рука поворотная; РШ2 — рука рычажная двухзвенная; РШ3 — рука рычажная трехзвенная; Пр1 — привод перемещения каретки; Пр2 — привод выдвижения руки; Пр3 — привод поворота плеча; Пр4 — привод вращения руки; Пр5 — привод поворота локтя; М1 — механизм качания руки; М2 — механизм выдвижения кисти руки головки; М3 — механизм компенсации поворота звена руки; М4 — механизм поворота кисти; Г1 — однозахватная головка без устройства кантования; Г2 — однозахватная головка с кантованием на 180°; Г3 — однозахватная головка с кантованием на 90 и 180°; Г4 — двухзахватная головка с кантованием на 180°; Г5 — однозахватная головка с автоматической сменой схватов и с кантованием на 90 и 180°.

При создании вариантов конструкций ПР используют различные типы приводов, устройств программного управления и информационно-измерительные модули.

Компоновочные схемы ПР разбиты на три группы в соответствии с системой координат перемещений манипулятора.

Компоновочные схемы А1...А4 (базовое исполнение А1) отличаются

простотой конструкции манипулятора и механизмов приводов. Схемы Б1...Б3 (базовое исполнение Б1) обеспечивают повышенную маневренность механической руки и возможность обслуживания технологического оборудования сверху и сбоку. Наибольшей маневренностью обладают схемы В1...В4 (базовое исполнение В1). Наличие спрямительного механизма, компенсирующего углы поворота звеньев руки, дает возможность стабилизировать угловое положение головки (кисти руки) со схватом (схемы В3 и В4). Такие компоновочные схемы ПР используют при большинстве вариантов обслуживания станков. Однако конструкции манипуляторов, построенные по схемам В3 и В4, являются наиболее сложными в сравнении со схемами А2 или В1, которые обычно применяют в роботизированных технологических комплексах.

На листе 44, рис. 3, 4, 5 показаны возможные варианты соединения конструктивных модулей ПР (схемы которых приведены в табл. 1). В основании графов вариантов компоновок находятся следующие модули: НО — для ПР напольного стационарного исполнения, ТП — для ПР напольного передвижного исполнения или ТМ — для ПР порталного передвижного исполнения. Число возможных вариантов компоновок ПР по графу, приведенному на рис. 3, равно 50, если не учитывать возможные исполнения модулей рук (Р) манипуляторов. При использовании разных модулей рук (Р1, Р2 или Р3) число вариантов компоновок ПР типа РПМ-25 достигает 150. Кроме того, возможны различные модификации этих ПР, получаемые за счет установки нескольких вариантов исполнительных механизмов — захватных устройств ЗУ1, ЗУ2, ЗУС и др.

На рис. 3, 4, 5 толстыми линиями показаны некоторые возможные конструктивно-компоновочные варианты ПР типа РПМ-25. На рис. 3 выделено исполнение, характеризующееся структурной формулой НО-СП-ПК2-Р; на рис. 4 — формулой ТП-СП-ПК2-Р; на рис. 5 — формулой ТМ-РВ-Р.

Принцип действия конструктивных модулей манипулятора можно уяснить, рассматривая принципиальную пневмосхему (лист 45). Команды управления Z1, ..., Z16 подаются от ЦПУ через выходной разъем 2, а осведомительные сигналы X1, ..., X12 с датчиков положения исполнительных органов поступают в ЦПУ через входной разъем 3.

Остановимся более подробно на работе модуля поворота. При подаче сжатого воздуха по пневмомагистрали в рабочие полости сдвоенных гидроцилиндров 20 происходит поворот колонны вместе с установленной на ней рукой. При подходе к заданной позиции блок упоров 10 нажимает на конечный пневмовыключатель 8, в результате чего выпускные полости цилиндра 20 дросселируются тормозным золотником 12, а рабочие полости отключаются от пневмомагистрали и соединяются с воздухопроводом пониженного давления, получаемого через редукционный пневмоклапан 4.

Такая схема торможения обеспечивает плавную остановку движения колонны и уменьшает нагрузку на жесткие опоры. Каждый тормозной пневмовыключатель 8 вводится в действие при соответствующем предварительном достижении ранее установленного крайнего левого, крайнего правого или среднего положения. Поэтому при смене команды от ЦПУ (Z13 — «Влево» на Z14 — «Вправо» или наоборот) происходит переключение тормозного золотника 12 в положение «Открыто». Одновременно полости пневмоцилиндров 20 с пониженным давлением соединяются с атмосферой, а другие полости — с пневмомагистралью рабочего давления (0,3...0,5 МПа), настраиваемого клапаном 4. Происходит быстрый разгон механизма поворота с последующим замедлением при нажатии на тормозной пневмовыключатель крайнего положения. При подаче команды «Выдвижение фиксатора» описанный порядок работы не меняется за исключением того, что одновременно со сдвоенным цилиндром 20 срабатывает пневмоцилиндр 21 фиксатора. Ролик фиксатора после завершения торможения механизма западает в гнездо на диске, устанавливая колонну манипулятора в среднее положение.

Последовательность срабатывания механизмов (модулей) манипулятора, осуществляющих отдельные движения, определяется характером выполняемого рабочего цикла ПР и обеспечивается программой, которая предварительно составляется и набирается соответствующим образом на пульте устройства ЦПУ.

Модуль вертикального перемещения осуществляет подъем и опускание руки манипулятора относительно колонны (рис. 1, лист 46). Модуль собран на сварном основании 1. Платформа 2 Г-образной формы перемещается в вертикально установленных на основании шариковых направляющих 3. Регулировка предварительного натяга в направляющих производится специальными прокладками. Подъем и опускание платформы 2 осуществляется с помощью пневмоцилиндра 4.

На платформе установлены упоры 5 и 6, положение которых можно менять в зависимости от требуемой величины вертикального перемещения руки манипулятора. Для этого на платформе имеются резьбовые отверстия, позволяющие осуществить грубую регулировку путем перестановки упоров. Более точная регулировка достигается перемещением упоров в пределах длины паза.

С неподвижными упорами 5 и 6 в разных позициях взаимодействует подвижной упор 7. Выдвижение упора 7 происходит под действием пружины, встроенной в пневмоцилиндр 8 одностороннего действия. При подаче сжатого воздуха в штоковую полость цилиндра упор 7 возвращается назад. Пневмоцилиндр 8 укреплен на плите 9, перемещающейся в шариковых направляющих 10. Плита 9 соединена со штоком гидродемпфера 11 и может перемещаться в вертикальном направлении на величину его хода.

При контакте упора 7 с упорами 5 или 6 происходит торможение платформы 2, так как при ее дальнейшем движении вместе с плитой 9 масло из одной полости гидродемпфера выдавливается в другую.

В конце хода платформы 2 конечный выключатель 12 формирует пневмосигнал, который подается в устройство ЦПУ.

Модуль кисти руки, конструкция которого показана на рис. 2, лист 46, обеспечивает движение поворота захватного устройства вокруг продольной оси и его качание относительно поперечной оси.

Корпус 1 модуля кисти имеет форму вилки. В проеме корпуса на подшипниках скольжения 2 установлен поворотный тройник 3 со встроенным пневмоцилиндром 4. На внутренней поверхности полого поршня 5 пневмоцилиндра нарезана зубчатая рейка, которая входит в зацепление с шестерней 6, выполненной заодно с выходным валом. Вал-шестерня 6 установлен на подшипниках 7 и 8 в поворотном тройнике 3. Поворот (качание) тройника осуществляется конической передачей, ведущее колесо 9 которой установлено на входном валу 10, а ведомое колесо 11 закреплено на тройнике 3. Колесо 9 получает вращение от механизма поворота модуля горизонтального перемещения руки через шпоночное соединение в расточке вала 10, который установлен на подшипниках 12 в корпусе 1.

К фланцу тройника 3 винтами крепится модуль захватного устройства с пневмоприводом, конструкция которого показана на листе 45.

На листе 47 показаны варианты исполнения манипулятора ПР агрегатно-модульной конструкции с пневмогидроприводами типа 3388. Исполнения различаются по техническим характеристикам, количеству модулей руки манипулятора и их взаимному расположению. Механизмы манипулятора крепятся к модулю подъема и поворота при помощи унифицированных присоединительных устройств фланцевого типа.

Конструкция модуля руки манипулятора ПР типа 3388 показана на листе 48.

Модуль руки состоит из двух механизмов: выдвижения 1 и поворота 2 относительно продольной оси.

Механизм выдвижения, показанный на листе 48, обеспечивает возвратно-поступательное перемещение руки манипулятора с длиной хода до 600 мм и представляет собой пневмоцилиндр двустороннего действия.

Пневмоцилиндр 3 установлен в корпусе 4 и имеет полый шток 5, соединенный резьбой с поршнем 6. На переднем конце штока, проходящего в направляющей втулке 7, закреплен фланец 8 с полшипниками 9 и 10. На подшипниках установлен вал 11 с фланцем, к которому крепится сменной гайкой 12 захватное устройство.

Шлицевой конец вала 11 подвижно соединен со втулкой 13, закрепленной на гильзе 14. Гильза 14, установленная в направляющих втулках 15 и 16 во внутренней расточке поршня 6 и задней крышке 17 пневмоцилиндра 3, соединена со шлицевым выходным валом механизма поворота (на листе 48 не показан). Конструкция механизма поворота руки с пневмогидроприводом показана на рис. 3, лист 28.

Для предотвращения поворота штока 5 с поршнем 6 относительно корпуса 4 служат штанги 18 и 19.

На штангах смонтированы пружинные амортизаторы 20 и 21 для гашения ударов в конце хода штока 5.

Для выдвижения руки воздух под давлением через дроссель подводится к поршневой полости цилиндра, а его штоковая полость соединена с атмосферой. При этом поршень 6 перемещается, выдвигая шток 5 вместе с валом 11. Для реверсирования движения сжатый воздух через дроссель обратного хода подается в штоковую полость цилиндра, а его поршневая полость соединяется с атмосферой.

4.3. ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИЕ ПРОМЫШЛЕННЫЕ РОБОТЫ МОДУЛЬНОЙ КОНСТРУКЦИИ ТИПА РПМ-25

Промышленные роботы модульной конструкции типа РПМ-25 предназначены для автоматизации различных технологических операций механосборочного, кузнечно-прессового, литейного и других видов производств в машиностроении. Роботы данного типа можно использовать

для загрузки и разгрузки технологических машин (например, металло-режущих станков, приспособлений межоперационного транспортирования и складирования заготовок и деталей, выполнения сварочных, окрасочных, разрезных, сборочных и других операций).

ПР типа РПМ-25 состоит из манипулятора, следящерегулируемого электропривода и блоков устройства программного управления.

Манипулятор в зависимости от технологического назначения ПР комплектуется из различного числа типовых конструктивных модулей. Состав модулей, схемы возможных компоновок и условные обозначения модулей ПР данного типа были рассмотрены в разделе 4.1.

Комплектный электропривод ПР включает в себя блоки управления и тиристорные преобразователи, а также электродвигатели постоянного тока, которые конструктивно встроены в модули манипулятора. В зависимости от числа степеней подвижности, которое может быть от 3 до 7, манипулятор оснащается трехкоординатными (типа ЭПТ-3М), шестикоординатными (типа ЭПТ-6М) электроприводами или их комбинацией, дающей возможность одновременно управлять девятью координатными перемещениями.

Робот комплектуется одним из двух типов устройств программного управления: аналоговым позиционным (типа АПС-1) или числовым (типа УПМ-772). В первом случае модули оснащаются датчиками обратной связи по положению аналогового типа — потенциометрами ППМЛ-М, а во втором случае — кодовыми 15-разрядными датчиками типа ДП8-1.

На листе 49 показаны общие виды и дана техническая характеристика различных вариантов компоновок ПР типа РПМ-25 на базе следующих конструктивных модулей: неподвижного основания — *НО*; тележки монорельсовой подвесного типа — *ТМ*; тележки подвижного основания напольного типа — *ТП*; однокоординатного модуля поворота относительно вертикальной оси (стола поворотного) — *СП*; модуля качания (поворотной колонны) — *СП2*; модуля вертикального перемещения (хода) руки — *РВ*; механической руки с тремя степенями подвижности — *Р3*; однозахватного устройства — *ЗУ1*.

Кинематические связи в модуле *ПК2* подобраны таким образом, что при движении *В₁* модуль руки, установленной на оси качания *В₂*, совершает поступательное движение *Х* вдоль продольной оси, не меняя своей ориентации.

В следящих электроприводах использованы электродвигатели постоянного тока типа 2МИ12 (номинальная мощность $P_n = 2$ кВт, наибольшая частота вращения $n = 4000$ мин⁻¹) и типа 4МИ12 ($P_n = 0,98$ кВт, $n = 3500$ мин⁻¹). Блоки тиристорных преобразователей приводов размещены в отдельном шкафу. Привод захватного устройства — пневматический. Подвод сжатого воздуха к схвату осуществляется через специальные соединения на базовых поверхностях модулей.

Общий вид модуля тележки (*ТМ*), перемещающейся по монорельсу на портале, который монтируется на колоннах над технологическим оборудованием, показан на листе 50, рис. 1.

Тележка выполнена в виде сварного несущего корпуса *1*, охватывающего монорельс *2*. В корпусе установлены оси *3* с роликовыми опорами *4*, часть из которых может смещаться с помощью гайки *5* для обеспечения натяга в стыке между роликами и направляющим монорельсом.

На передней боковой поверхности корпуса тележки выполнены центрирующие штифты *6* для базирования других модулей, например, модуля радиального хода руки.

На задней боковой поверхности установлен механизм привода *7* тележки с электродвигателем постоянного тока и червячно-зубчатый редуктор унифицированной конструкции, показанный на листе 12.

На выходном валу *8* редуктора на шлицах установлены зубчатые колеса *9*, находящиеся в зацеплении между собой (с целью создания замкнутого энергетического потока для выборки люфта в механизме привода). Одно колесо *9* находится в зацеплении с зубчатой рейкой *10*, которая закреплена на боковой поверхности монорельса *2*. На торце колеса *9* закреплена шестерня *11*, находящаяся в зацеплении с зубчатым разрезным колесом *12* привода датчика положения — потенциометра *13* типа ППМЛ

На верхней поверхности тележки установлен ресивер *14* и пневмоаппаратура системы подготовки воздуха, которая входит в конструкцию данного модуля, а также модулей неподвижного основания и рельсовой тележки (см. лист 49, исполнение 1 и 3).

Пневмосистема обеспечивает выполнение различных технологических операций (например, окраски с помощью пневматического пульверизатора и т. д.) и приведение в действие модуля захватного устройства: зажима и разжима схвата, а также автоматической смены захватного устройства в случае необходимости.

На рис. 2 (лист 50) показана пневматическая схема ПР. Система подготовки воздуха включает в себя штуцер *1* для подвода сжатого воздуха, стандартный пневмоблок *2*, обратный клапан *3*, ресивер *4* и маслораспылитель *5*. От системы подготовки воздух по магистрали *А* подводится к воздухораспределителям *6* типа РПЭУ-4, которые установлены на модуле руки манипулятора. Таким образом, имеется возможность управлять четырьмя независимыми пневмоцилиндрами *7*, подключенными к общей магистрали *Б*.

В местах соединения модулей магистрали *А* и *Б* имеют разъемы, которые уплотнены резиновыми кольцами.

Конструктивная схема установки модуля тележки на портале ПР, а также монтаж пневматических и электрических коммуникаций показаны на рис. 3 (лист 50).

На листе 51 приведены кинематическая схема и общий вид модуля поворота, обеспечивающего вращение манипулятора и позиционирование исполнительного органа ПР относительно вертикальной оси. Модуль поворота может быть установлен на неподвижном основании или тележке.

Модуль поворота включает в себя следующие сборочные единицы: *1* — стол поворотный; *2* — механизм привода; *3* — блок электро- и пневморазводки; *4* — ограждение

Стол поворотный, имеющий грузоподъемность до 1500 кг, состоит из корпуса *5*, внутри которого на специальных упорно-радиальных подшипниках *10* монтируется полый вал *6*. К последнему крепится платформа *8* с установленным на ней зубчатым колесом *7*.

Выбор зазоров в подшипниках *10* для обеспечения требуемой жесткости поворотного стола осуществляется с помощью подшлифовки простановочного кольца *11*, находящегося под крышкой *9*.

Упор *12* предназначен для ограничения предельного угла поворота стола.

Зубчатое колесо *7* обеспечивает соединение поворотного стола с редуктором.

Кинематическая схема редуктора также показана на листе 51. В качестве первой ступени редуктора используется четырехзаходная червячная передача (червяк *1* и червячное колесо *2*) с передаточным числом $u_1 = 10$ либо однозаходная червячная передача с передаточным числом $u_1 = 40$ (для сварочных ПР). От червячного колеса вращение на поворотный стол передается с помощью зубчатого цилиндрического редуктора, имеющего две параллельные кинематические цепи: шестерня *3* — зубчатое колесо *4* — шестерня *5* и шестерня *3* — зубчатое колесо *6* — торсион *7* — шестерня *8*. Шестерни *5* и *8* (соответственно первого и второго энергетического потока) замыкаются на зубчатое колесо *9* поворотного стола. Передаточное число зубчатой ступени редуктора $u_2 = 17,2$. Двухпоточная схема зубчатого редуктора позволяет осуществить выбор люфтов путем предварительной закрутки торсиона с моментом $T_r = 280$ Нм.

От вала червяка *1* через муфту *10* вращение передается на датчик скорости — тахогенератор (ТГ) *11*. Связь датчика положения — потенциометра *12*, установленного на поворотном столе, с редуктором осуществляется с помощью конической зубчатой передачи (колеса *13* и *14*).

Конструкция редуктора показана на листе 12.

Блок электропневморазводки модуля предназначен для подвода энергопитания к электродвигателю и тахогенератору, для вывода информационных каналов от датчиков обратной связи, а также для осуществления транзитной передачи сжатого воздуха, электроэнергии и информационных каналов связи к исполнительным двигателям и датчикам обратной связи последующих модулей робота.

Основной частью блока электропневморазводки является блок соединительных кабелей (см. лист 51), который содержит пять входных разъемов *1*, монтажную коробку *2*, десять кабелей *5* для энергетических и информационных коммуникаций, связывающих неподвижную часть модуля с подвижной, пять выходных разъемов *7*, закрепленных на кронштейне *6*, который установлен на платформе *3* поворотного стола.

Связь между неподвижной и подвижной частями модуля осуществляется с помощью десяти гибких металлорукавов *10*, нижние фланцы которых крепятся к крышке *11*, а верхние — к крышке *8*. Крышка нижняя устанавливается на корпусе *12* поворотного стола, а верхняя крышка жестко крепится к платформе *3*.

В среднем положении платформы металлорукава *10* образуют петли, которые позволяют поворачиваться платформе в пределах не более 180°.

Передача сжатого воздуха от неподвижной части модуля к поворотной осуществляется с помощью воздухопровода *4*, верхний фланец которого крепится к крышке *8*. Нижняя часть воздухопровода имеет вращательное сочленение со стаканом *14*, уплотненное с помощью резинового кольца *13*. Герметичное соединение верхней и нижней частей воздухопровода осуществляется с помощью сильфона *9*, который обеспечивает компенсацию несоосности отверстий в верхней *8* и нижней *11* крышках.

Модуль двойного качания руки, общий вид и кинематическая схема которого показаны на листе 52, предназначен для создания компоновок манипулятора с рычажно-шарнирной структурой (см. исполнения 1 и 3 на листе 49). Модуль осуществляет установочное движение руки манипулятора в сферической системе координат и имеет два исполнительных звена, вращающихся относительно параллельных осей (нижней и верхней) с расстоянием между ними 700 мм. Масса переносимого груза (с учетом массы модуля руки и захватного устройства) не должна превышать 300 кг.

Кинематическая схема модуля также приведена на листе 52. Приводом движения качания стойки *37* относительно нижней оси *V* является двигатель *М₁*, а качания люльки *2* относительно верхней оси *VII* — двигатель *М₂*. Двигатели вместе с механизмами приводов и датчиками установлены в корпусе *1*.

При осуществлении качания относительно нижней оси *V* двигатель *М₂* заторможен. Движение от двигателя *М₁* передается на червячную пару *16/17* с передаточным числом $u_1 = 40$, вход *I* которой связан с тахогенератором *ТГ*, а выход *III* через зубчатоременную передачу *25/24* — датчиком положения *ДП*. Возможно исполнение с дополнительными зубчатым редуктором между двигателем и червяком (для сварочных ПР). От червячной пары движение передается двумя потоками. Первый поток проходит через зубчатые передачи *26/27* и *28/29* (с передаточным числом $u_2 = 9,12$) к валу, жестко связанному со стойкой *37*, которая является исполнительным звеном движения качания относительно нижней оси *V*. Второй поток проходит по следующей цепи: предохранительная муфта *19* — водило дифференциала *А* — сателлиты *12* — колесо *15* (колесо *13* заторможено) — зубчатые передачи *18/20*, *21/22*, *23/36* с кривошипом *41* — рычажный механизм *38* с кривошипом *39* — люлька *2*. Кривошипно-рычажный механизм *38* также установлен в стойке *37* и поэтому рассмотренные два потока образуют замкнутую цепь. Передаточные числа кинематических пар, входящих в эту цепь, подобраны так, чтобы общее передаточное число, равное произведению передаточных чисел всех кинематических пар в замкнутой цепи, было $u_k = +1$. Поэтому эта цепь обладает подвижностью. Кроме того, оба исполнительных звена (стойка *37* и люлька *2*) имеют одинаковую по величине, но противоположную по знаку скорость вращения. В результате при работе двигателя *М₁*, когда стойка *37* совершает качание, люлька *2* тоже поворачивается относительно оси *VII*. При этом угловая ориентация люльки, а следовательно, и модуля руки относительно корпуса *1* сохраняется постоянной.

При качании люльки *2* относительно верхней оси *VII* движение от двигателя *М₂* передается на червячную пару *3/4* с передаточным числом $u_1 = 40$, вход *II* которой связан с тахогенератором *ТГ*, а выход

через зубчато-ременную передачу 5/6 — с датчиком положения ДП. От червячной передачи через предохранительную муфту 8 движение передается двумя потоками: 1) зубчатые пары 9/10, 11/34 — кривошип 33 — рычажный механизм 35 — колесо 40 — люлька 2; 2) торсион 7 — колесо 13 дифференциала А — сателлиты 12 и колесо 15 — зубчатые пары 18/20, 21/22, 23/36 — рычажный механизм 38 — кривошип 39 — люлька 2. Оба рассмотренных потока образуют замкнутую цепь. Параметры кинематических пар, входящих в цепь, подобраны так, что общее передаточное число $u_k = +1$. Поэтому данная цепь обладает также одной степенью подвижности. При работе двигателя M_2 люлька 2 совершает соответствующее вращение, а стойка 37 при этом неподвижна, так как двигатель M_1 заторможен.

Для выбора люфтов в кинематических цепях производится затяжка торсиона 7 и стопорение закрученного конца с помощью специального устройства, благодаря чему все передачи механизма оказываются нагруженными постоянным моментом $T_r = 100...120 \text{ Н} \cdot \text{м}$.

При качании стойки 37 относительно нижней оси V возникает момент неуравновешенности, зависящий от угла отклонения стойки от вертикали и массы руки. С целью исключения влияния момента неуравновешенности на работу модуля в его конструкцию введен торсион 30, который зубчатой передачей 31/32 с передаточным числом $u_3 = 2,7$ связан с осью V. При отклонении в процессе работы стойки 37 от вертикали на некоторый угол торсион 30 закручивается и в нем возникает уравнивающий момент, пропорциональный этому углу закрутки.

В конструкции механизма модуля двойного качания, показанной на листе 52, позиции обозначены теми же номерами, что и на кинематической схеме.

Механизм содержит в себе два приводных двигателя 45 постоянного тока, корпус 1 механизма привода, стойку 37, являющуюся исполнительным звеном движения качания относительно нижней V оси и базой для люльки 2 — исполнительного звена движения качания относительно верхней оси VII. Люлька 2 имеет стыковочную поверхность A_1 для установки модуля руки (на рисунке не показан), который совершает таким образом движение качания относительно верхней VII и нижней V осей.

В качестве датчиков скорости 43 для обратной связи устройства управления ПР используются тахогенераторы (электродвигатели типа СЛ121), а датчиков положения — потенциометры 42 типа ППМЛ-М или кодовые датчики ДП8-1 (поз. 44).

Модуль руки с тремя степенями подвижности, кинематическая схема и конструкция которого показаны на листе 53, предназначен для осуществления ориентации объектов манипулирования относительно трех взаимно перпендикулярных осей в сферической системе координат.

Движения руки осуществляются с помощью трех электродвигателей постоянного тока $M1$, $M2$ и $M3$. Двигатель $M1$ обеспечивает вращение относительно продольной оси IV кисти руки 31, которая установлена на фланце поворотной трубы 41, связанной с механизмом привода. Механизм привода смонтирован в корпусе 54, являющемся несущим элементом руки. Двигатель $M2$ осуществляет качание (сгибание) кисти относительно поперечной оси V, а двигатель $M3$ — вращение схвата относительно его продольной оси VI.

Движение каждого из трех двигателей передается через безлюфтовую сильфонную компенсирующую муфту 1 на четырехзаходную червячную пару 3 и 4 с передаточным числом $u_1 = 17$. Червяки 3 каждого привода связаны с тахогенераторами ТГ, а червячные колеса 4 через безлюфтовые зубчатые передачи 5/7 или компенсирующую муфту 2 с датчиками положения 6 (ДП).

С другой стороны, червячные колеса связаны валами I, II и III дифференциального блока, состоящего из четырех конических дифферен-

циалов А, Б, В и Г. Коническое зубчатое колесо 9 дифференциала А связано, кроме того, при помощи ряда зубчатых цилиндрических передач 8/53 и 53/52 с общим передаточным числом $u_2 = +1$ с коническим зубчатым колесом 11 дифференциала Б, которое, в свою очередь, с помощью ряда цилиндрических зубчатых колес 50/51, 47/48 и 46/42 с общим передаточным числом $u_3 = -8$ связано с исполнительным звеном — трубой 41 и корпусом 31 кисти руки. Коническое зубчатое колесо 9 дифференциала Б связано с червячным колесом приводного механизма двигателя $M2$ и с помощью ряда зубчатых цилиндрических колес 55/56, 12/13 и 13/14 — с коническим зубчатым колесом 11 дифференциала А. Передаточное число этой цепи $u_4 = -1$.

Водило 10 дифференциала А жестко связано с коническим зубчатым колесом 17 дифференциала В и с помощью ряда передач, включающих зубчатые цилиндрические колеса 15/16, 24/25 и 25/43 ($u_5 = -4$), — с полым валом 40. Цилиндрические зубчатые колеса 16 и 24 соединены между собой посредством торсиона 18. Другой конец полого вала 40 связан с конической шестерней 30, которая зацепляется с зубчатым коническим сектором 39 на исполнительном звене 33, осуществляющем движение сгибания кисти. Водило 10 дифференциала Б жестко связано с коническим зубчатым колесом 17 дифференциала Г.

Червячное колесо 3, установленное на валу III, с помощью зубчатых цилиндрических колес 26, 22 и 49 с передаточным отношением $u_6 = 11/7$ связано с коническими шестернями 21 дифференциалов В и Г. Водила 19 этих дифференциалов с помощью двух пар цилиндрических зубчатых колес 23/27 и 45/44 с передаточным числом $u_7 = -2$ связаны со встроенными один в другой полыми валами 28 и 29, на других концах которых расположены конические шестерни 37 и 38, зацепляющиеся с коническими колесами 36 и 32. Эти колеса совместно с водилом 35 и сателлитом 34 образуют конический дифференциал механизма кисти руки.

Сателлит 34 является конечным звеном модуля руки, к которому крепятся исполнительные механизмы, например, захватное устройство. Дифференциал служит для осуществления кинематической развязки движений и силового замыкания с целью выбора люфтов в передаточных механизмах модуля руки.

Кинематическая развязка движения заключается в том, что поворот каждого из исполнительных звеньев 31, 34 и 39 зависит только от вращения соответствующего ему двигателя. Например, при работе двигателя $M1$ два других двигателя заторможены, вращение передается коническим колесом 9 дифференциала А конической шестерней 11 дифференциала Б. Коническая шестерня 11 дифференциала А и коническая шестерня 9 дифференциала Б заторможены. Таким образом, водила 10 дифференциалов А и Б получают вращение в одном и том же направлении и с равными скоростями (с учетом передаточного числа дифференциала $u_s = 2$). Точно так же и водила 19 дифференциалов В и Г получают вращение с равными скоростями и в одном и том же направлении, так как конические шестерни 21 заторможены. Вращение с водила 19 через цилиндрические зубчатые передачи передается концентрично установленным валам 28 и 29 также с равными угловыми скоростями и в одном направлении. Вращение от водила 10 дифференциала А передается с передаточным числом $u_5 = -4$ валу 40. Вращение от конической шестерни 11 дифференциала Б с передаточным числом $u_3 = -8$ передается трубе 41. В результате концентрично расположенные валы 28, 29, 40 и 41 вращаются со скоростями, равными по величине и направлению: происходит движение вращения кисти относительно ее продольной оси IV без относительных перемещений по координатам сгибания кисти и поворота захватного механизма вокруг его продольной оси.

Аналогично при работе двигателя $M2$ и заторможенных двигателей $M1$ и $M3$ вращение передается на концентрично расположенные валы 28, 29 и 40 таким образом, что валы 28 и 40 имеют скорости, равные по величине и направлению, а вал 29 имеет противоположное направление вращения при той же скорости. Вал 41 остается заторможенным. Вращение от концентрично расположенных валов 28 и 40 через конические шестерни 37 и 30 передается коническим колесам 36 и 39, угловые скорости которых равны по величине и по направлению, благодаря чему осуществляется движение сгибания кисти относительно поперечной оси V. Сателлит 34 при этом не получает относительного перемещения (схват остается неподвижным).

При работе двигателя $M3$ и заторможенных двигателей $M1$ и $M2$ вращение передается валам 28 и 29, которые получают вращение с угловыми скоростями, равными по величине и направлению. В то же время валы 40 и 41 остаются неподвижными. Конические шестерни 37 и 38 передают вращение коническим колесам 32 и 36, которые имеют при этом угловые скорости, равные по величине, но противоположные по направлению: сателлит 34 вместе с захватным устройством вращается вокруг оси VI.

Силовое замыкание с целью выбора люфтов в передаточных механизмах приводов модуля руки осуществляется торсионом 18, который с помощью специальной муфты предварительно закручивается, благодаря чему создается напряженное состояние в кинематической цепи и выбор люфтов в трех ее независимых замкнутых контурах, образованных дифференциальными механизмами.

Особенностью этих замкнутых контуров является величина их общего передаточного числа (последовательного произведения передаточных чисел всех кинематических пар, входящих в данный контур): $u_k = 1$. Данная особенность позволяет выбирать люфт в этих контурах путем предварительного натяжения замкнутых кинематических цепей без потери их подвижности.

В конструкции руки, показанной на листе 53, для удобства ее рассмотрения номера позиций соответствуют их обозначению на кинематической схеме.

Механизм руки включает в себя три приводных двигателя постоянного тока типа 4МИ-12Ф3, поворотную головку (кисть руки) 31, расположенную на конце трубы 41. Труба 41 закреплена с возможностью вращения в корпусе 57, который жестко связан с корпусом 20, имеющим стыковочные поверхности для соединения с другими модулями. Кисть руки имеет торцовую стыковочную поверхность для соединения с модулями исполнительных механизмов, которые получают вращения относительно осей I, II, III (см. кинематическую схему). Механизм приводов звеньев руки включает в себя червячные редукторы 54 и 58 и дифференциальные блоки А, Б, В и Г, а также три концентрично расположенных вала 28, 29 и 40, установленные внутри трубы 41. Дифференциальные блоки служат для осуществления кинематической развязки движений, силового замыкания передаточных механизмов с целью выбора люфтов и получения дополнительной редукции.

Обратная связь с системами привода и управления осуществляется с помощью датчиков положения 6 (потенциометры ППМЛ-М или кодовые датчики ДПК-1) и датчиков скорости — тахогенераторов, в качестве которых используются электродвигатели СЛ-121.

На руке расположены также четыре воздухораспределителя 59 типа РПЭУ-4, которые могут осуществлять управление подводом сжатого воздуха к различным исполнительным механизмам с пневмоприводом, устанавливаемым на кисти руки. Подвод воздуха к воздухораспределителям осуществляется через канал, выполненный в корпусе 54, а от воздухораспределителей через вращающийся коллектор 60 к кисти руки — трубками 61.

Таблица 1

Таблица 2

Таблица 3

Конструктивные модули манипулятора ПР						Дополни- тельные модули ПР	Модули привода (вари- анты)	Устрой- ства програм- много уп- равления ПР
Несущая система	Подвижная тележка (каретка)	Устрой- ство поворо- та, кача- ния и подъема	Механи- ческая рука	Кисть руки (головка)	Исполни- тельный механизм (схват)			
НО	ТП	СП	РВ	КН	ЗУ1	СТ	ГПР, ППР	ЦПУ
НК	ТС	ПК1	РВП	КП1	ЗУ2	МЗУ	ЭГШ	ЧПУ, усл. П
ПМ	ТМ	ПК2	РШ2	КП2	ЗУП	УЗЗ	ЭГС	ЧПУ, усл. К
КМ	ТР	КВ	РШ3	КП3	ЗУС	МК	ЭПР	УЦМ
							ЭАР	УПМ УКМ

Компоновоч- ная схема	Структурная формула	Модели ПР единого типа
	ПМ-ТМ-РШ3-КП1- ЗУ2-(УЗЗ). (МК)-ЭГШ-УПМ	УМ160Ф2
	НО-СП-КВ-РВ- КП1-ЗУ1-ГПР- ЦПУ	ЛМ20Ц
	НО-СП-КВ-2РВП- ЗУ1-ППР-ЦПУ	КМ10Ц
	ТР-НК-2РВП- КН-ЗУ1-ГПР- УЦМ	КМ160Ц
	ТР-НК-РВП-ГН- ЗУ1-СТ-ГПР- УЦМ	СМ40Ц
	ПМ-ТМ-РШ2- КП1-ЗУ1-ЭГШ- УПМ	СМ40Ф2
	ПМ-ТМ-РВ-КП1- ЗУ1-(СТ)-ГПР- УЦМ	СМ80Ц
	ПМ-ТМ-2РВ-КП1- ЗУ1-(СТ)-ГПР- УЦМ	СМ160Ц

Наимено- вание	Траверса с монорельсом	Колонна	Основание неподвижное	Направляю- щая	Коретка	Основание подвижное	Привод коретки	Рука с осевым пере- мещением	Привод осевого пере- мещения	Модуль линейного перемеще- ния	Рука рычаж- ная с кони- ческой ме- ханизацией	Привод качения руки	Модуль качения	Рука рычаж- ная с кони- ческой ме- ханизацией	Рука подборотная	Модуль поворота	Головка (кисть руки)	Захватное устройство
Компоно- вочная схема																		
Количество типов размеров	5	4	4	5	4	4	4	4	4	3	4	3	1	4	3	3	4	12

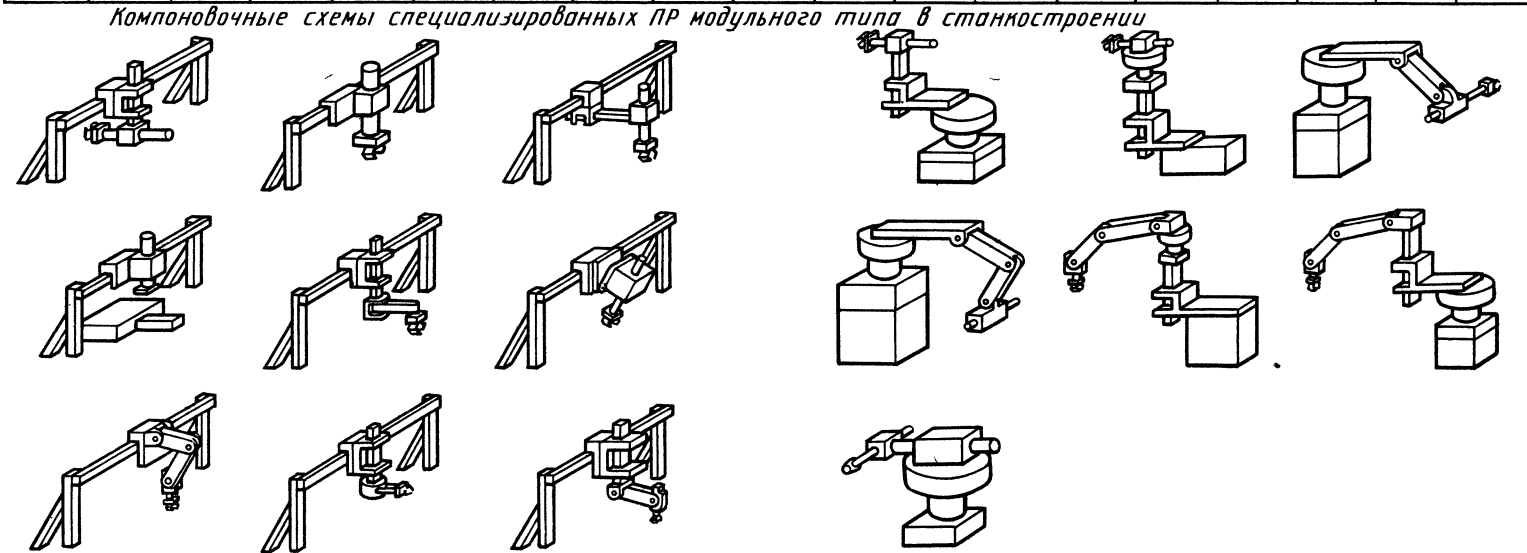


Рис.1. Промышленные роботы портального исполнения

Рис.2. Промышленные роботы мобильного исполнения

Графы вариантов компоновок агрегатно-модульных ПР типа РПМ-25

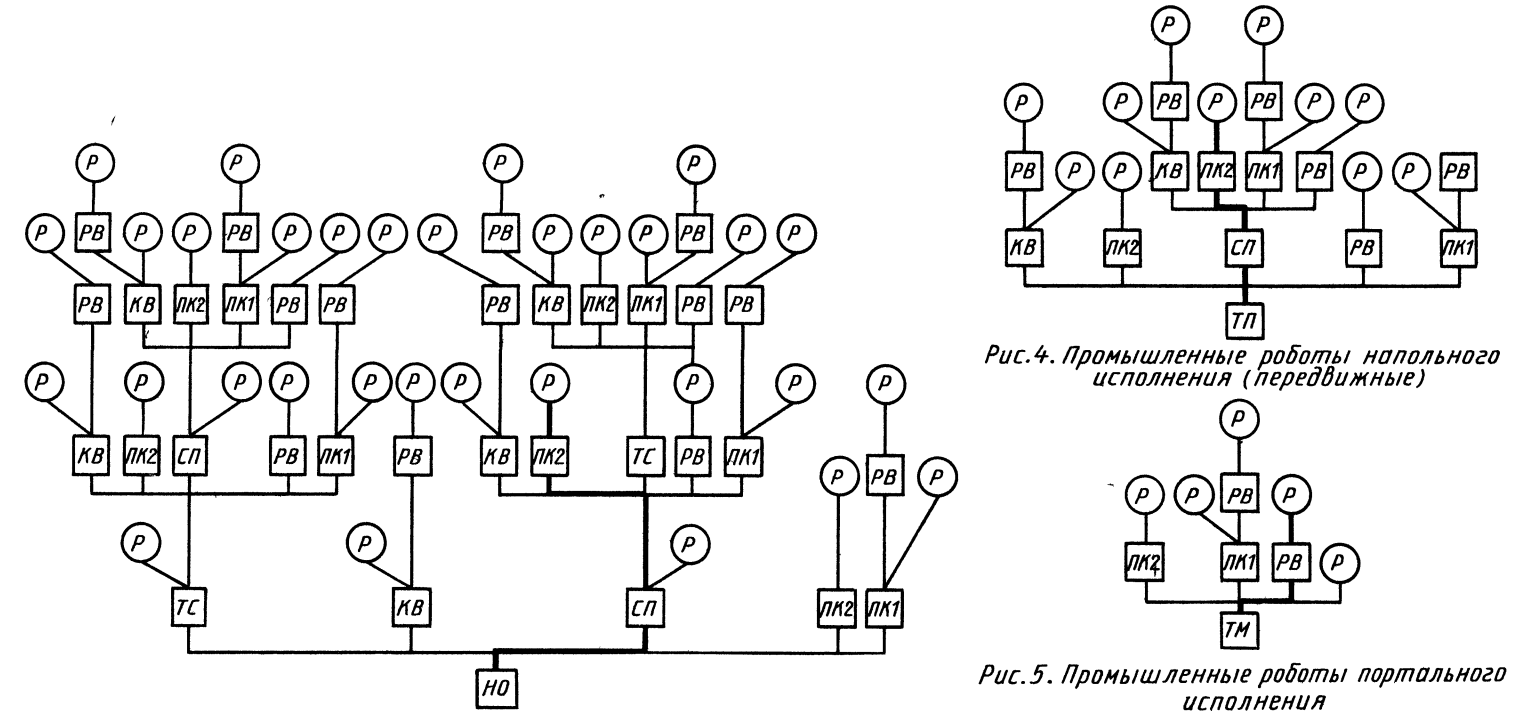


Рис.3 Промышленные роботы мобильного исполнения (стационарные)

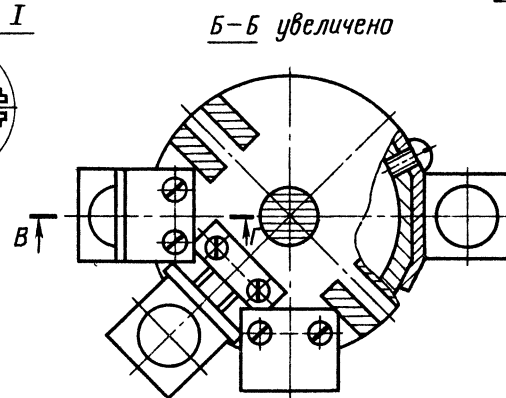
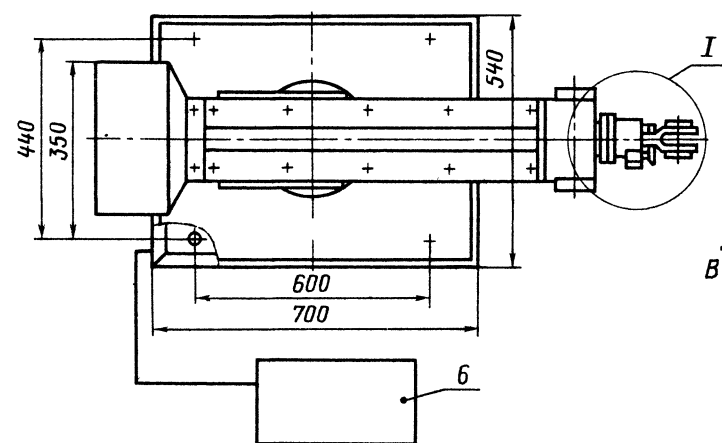
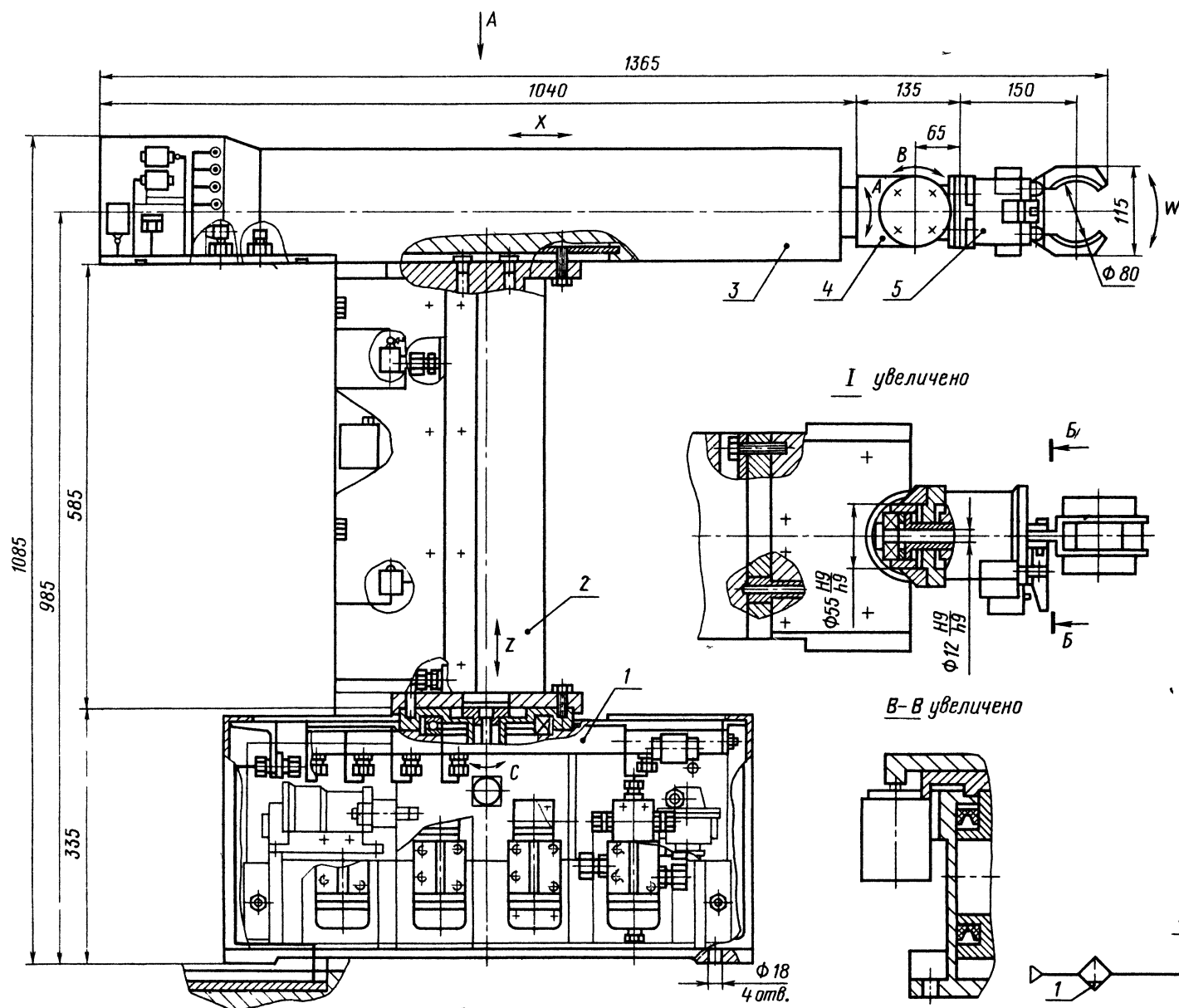
Рис.4. Промышленные роботы мобильного исполнения (передвижные)

Рис.5. Промышленные роботы портального исполнения

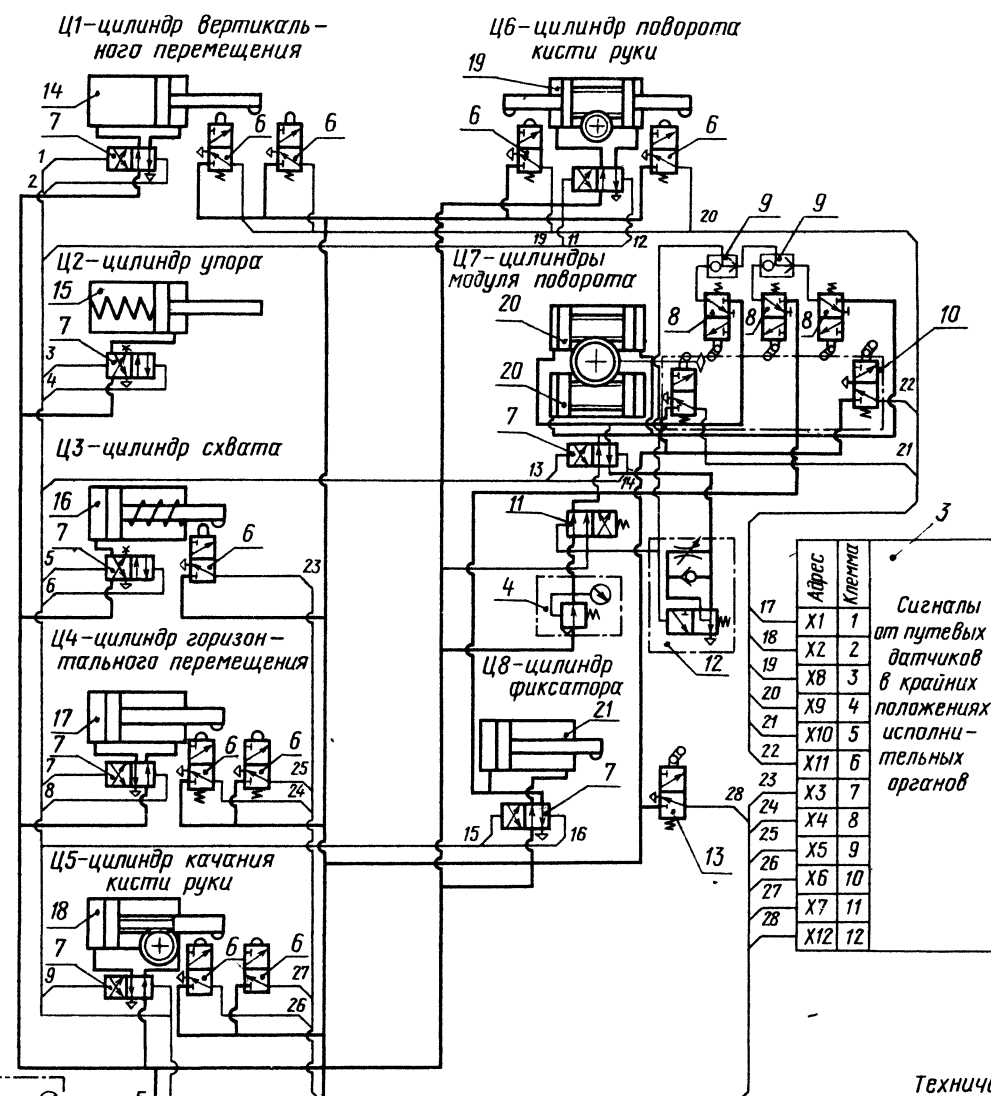
Система координат	Компоновочные схемы			
Прямоугольная плоская	A1	A2	A3	A4
Полярная цилиндричес- кая	Б1	Б2	Б3	Б4
Полярная сложная	В1	В2	В3	В4

Примечание. В - вращательное, П - поступательное движения

Принципы агрегатно-модульного
конструирования ПР в машиностроении



Принципиальная пневматическая схема



Поз.	Наименование	Кол.	Примеч.
1	Фильтр-влагоотделитель ДВ 41-16	1	
2	Разъем выходной ЦПУ	1	
3	Разъем входной ЦПУ	1	
4	Пневмоклапан редукционный БВ57-33	3	
5	Маслораспылитель В44-23	1	
6	Выключатель конечный ВКП-6	9	
7	Пневмораспределитель 4152550102-00		
8	Выключатель конечный КВ 76-21	3	
9	Клапан разделительный В67-11	2	
10	Блок упоров 110-6795-00	1	
11	Пневмораспределитель 4152550101-00	1	
12	Заятник с пневмоуправлением	1	
13	Клапан трехлинейный с роликом В76-21		
14	Цилиндр вертикального перемещения ЦЦ-100-00	1	Ф 100
15	Цилиндр упора 240-6795-00	1	Ф 45
16	Цилиндр модуля схвата	1	Ф 60
17	Цилиндр горизонтального перемещения 300-6795-00	1	Ф 60
18	Цилиндр качания кисти руки	1	Ф 60
19	Цилиндр поворота кисти руки	1	Ф 45
20	Цилиндры силовые модуля поворота 100-6795-00	2	Ф 80
21	Цилиндр фиксатора модуля поворота	1	Ф 80

Техническая характеристика

1. Грузоподъемность, кг 5
2. Число степеней подвижности 5
3. Горизонтальное перемещение руки, мм 600
4. Вертикальное перемещение руки, мм 300
5. Поворот руки вокруг вертикальной оси, град 220
6. Поворот (качение) кисти, град 90
7. Поворот схвата относительно продольной оси, град 90 и 180
8. Скорость линейных перемещений, м/с 0,5
9. Скорость угловых перемещений, град/с 60
10. Число программируемых позиций (при повороте и вертикальном перемещении руки) 3
11. Масса, кг 345

Адрес	Клемма	Команда
Z1	1	Ц1-вниз
Z2	2	Ц1-вверх
Z3	3	Ц2-фиксация
Z4	4	Ц2-расфиксация
Z5	5	Ц3-отжим
Z6	6	Ц3-зажим
Z7	7	Ц4-назад
Z8	8	Ц4-вперед
Z9	9	Ц5-влево
Z10	10	Ц5-вправо
Z11	11	Ц6-влево
Z12	12	Ц6-вправо
Z13	13	Ц7-влево
Z14	14	Ц7-вправо
Z15	15	Ц8-фиксация
Z16	16	Ц8-расфиксация

Промышленный робот ПРЦ-1 агрегатно-модульной конструкции

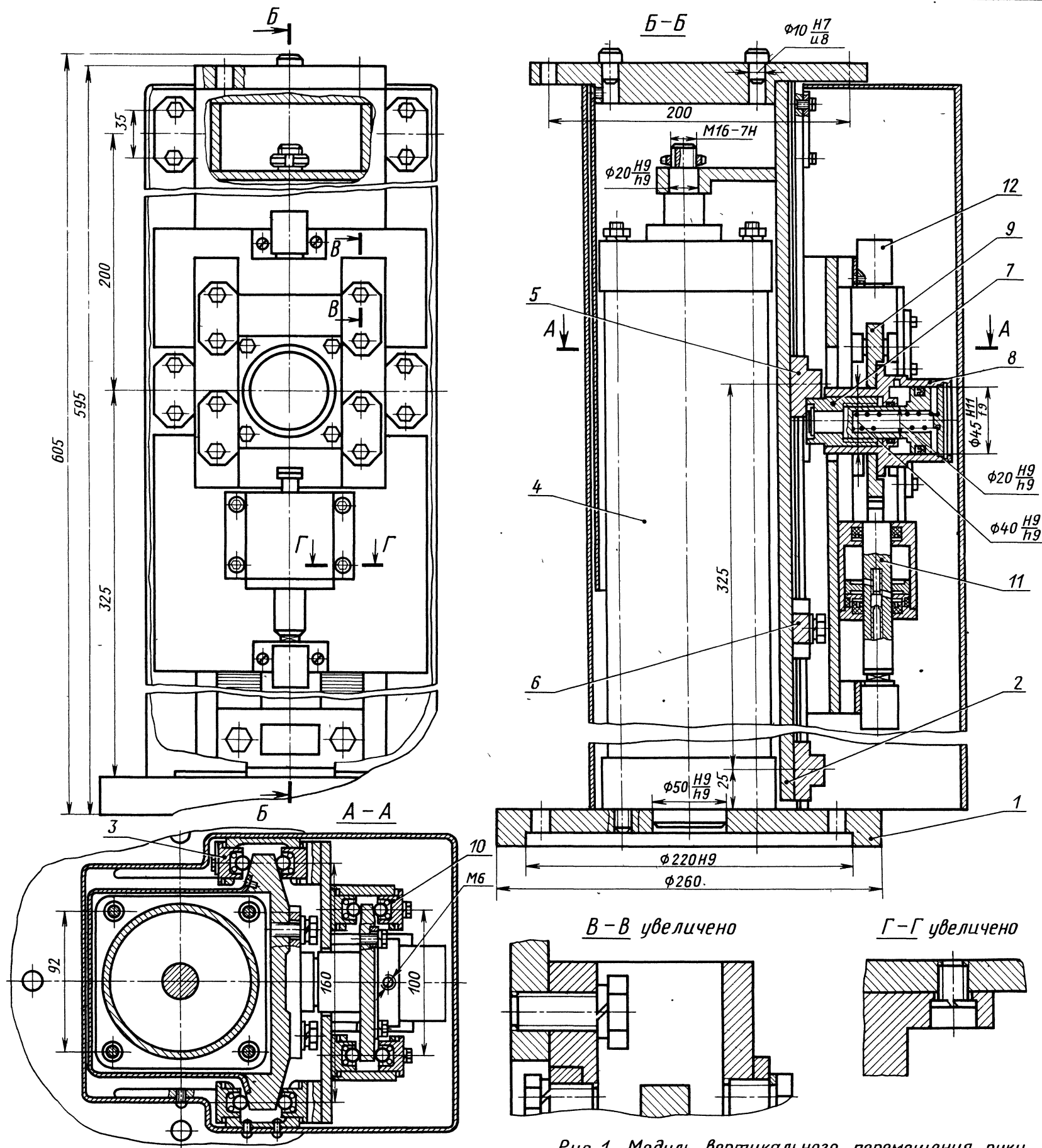


Рис. 1. Модуль вертикального перемещения руки

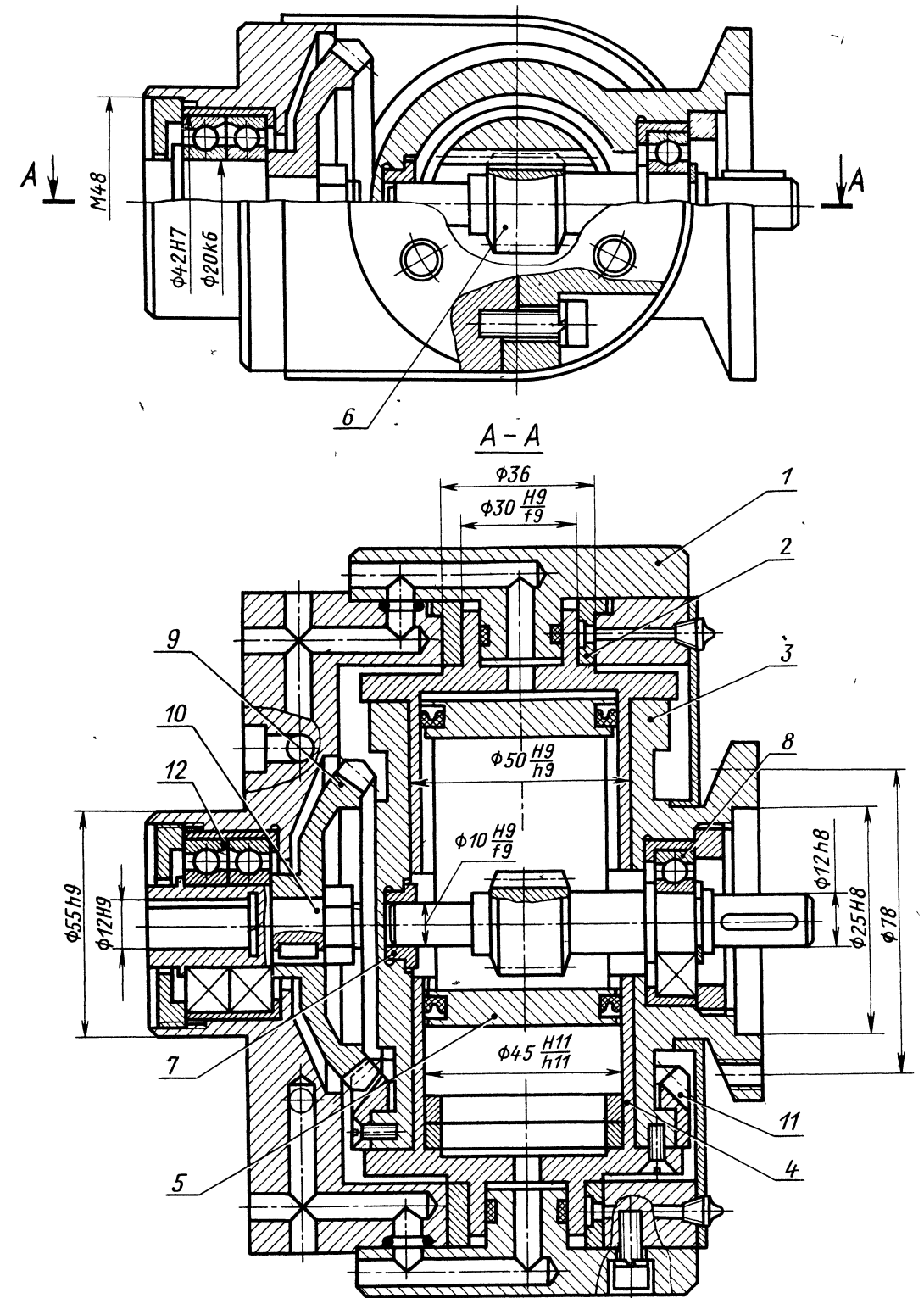
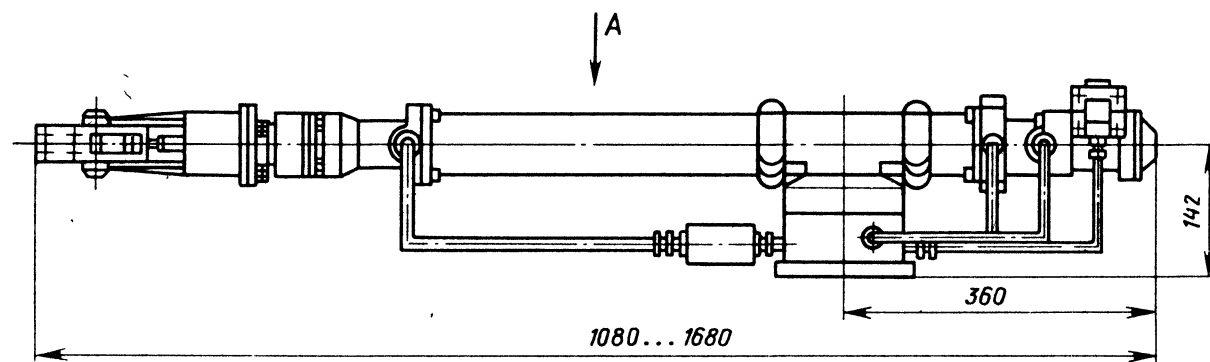
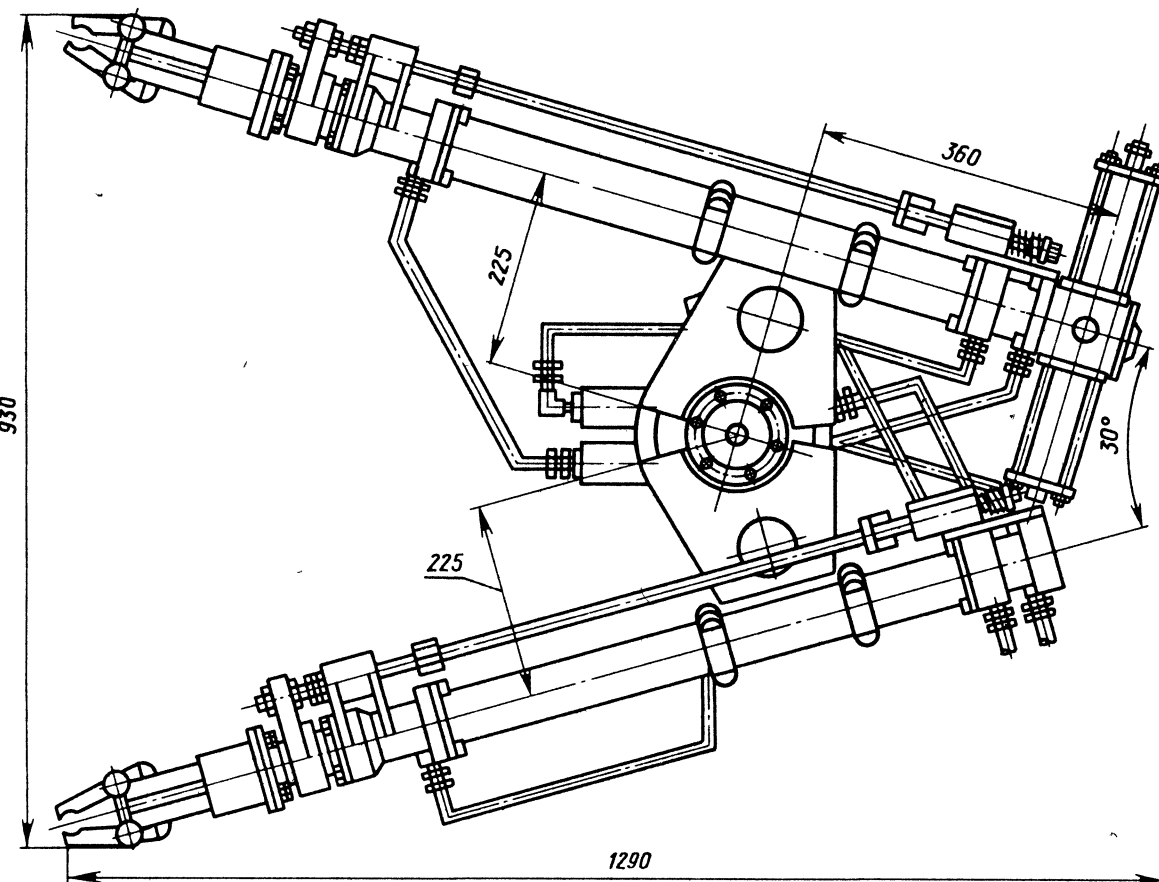
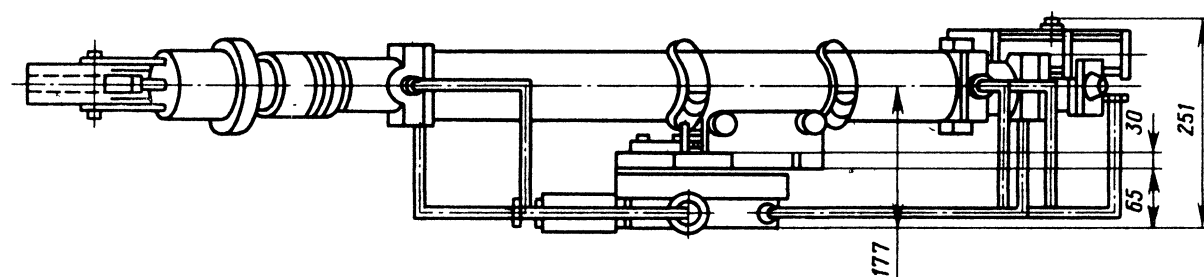


Рис. 2. Модуль качания кисти руки

Исполнение 1



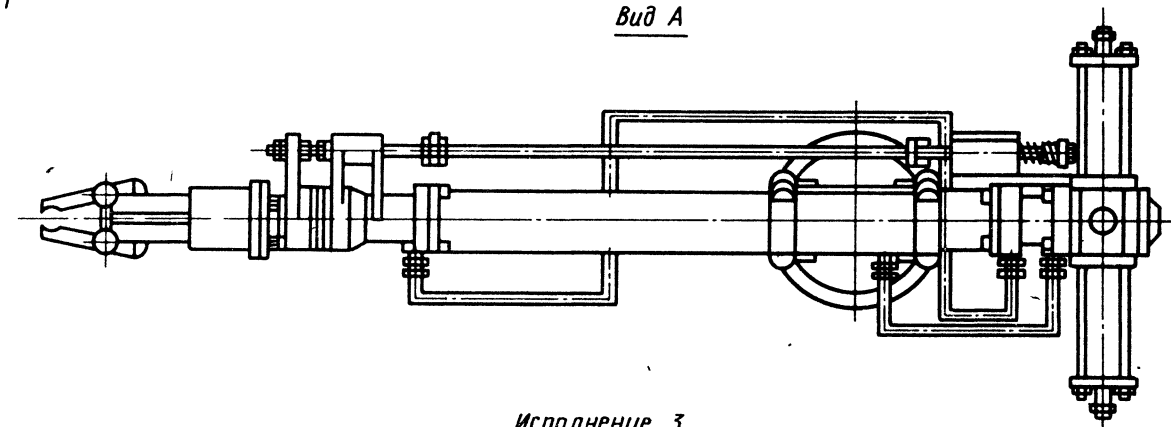
Исполнение 2



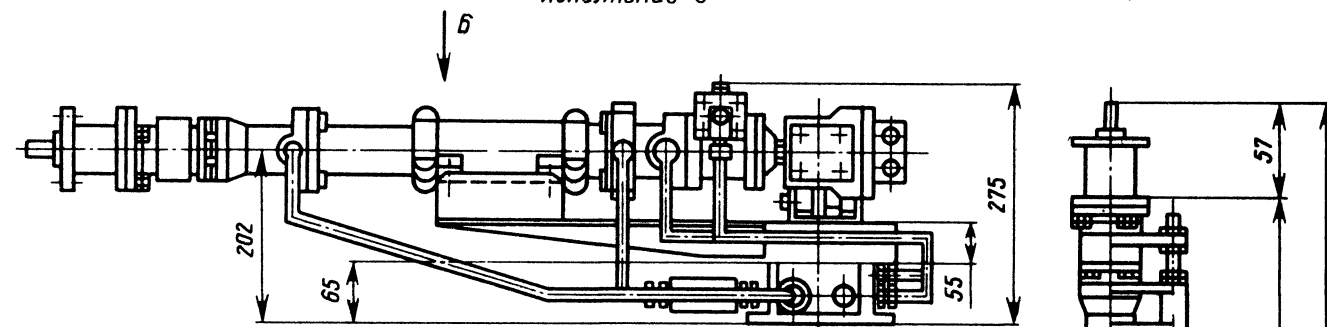
Техническая характеристика

1. Грузоподъемность, кг:
 - исп. 1 5
 - исп. 2 3
 - исп. 3 10
2. Диапазон удлинения руки, мм:
 - исп. 1 и 2 0...600
 - исп. 3 0...280
3. Диапазон вертикального перемещения руки, мм 50...100
4. Поворот руки, град 0...120
5. Угол размыкания зажима, град . . . 30
6. Вращение кисти (тах), град . . . 130
7. Скорость удлинения руки (тах), м/с . . 1
8. Скорость поворота руки (тах), град/с . 90
9. Скорость подъема руки (тах), м/с . . 0,7
10. Время зажима, с 0,2
11. Усилие зажима (тах на руку), Н . . . 300
12. Масса, кг
 - исп. 1 525
 - исп. 2 567
 - исп. 3 555

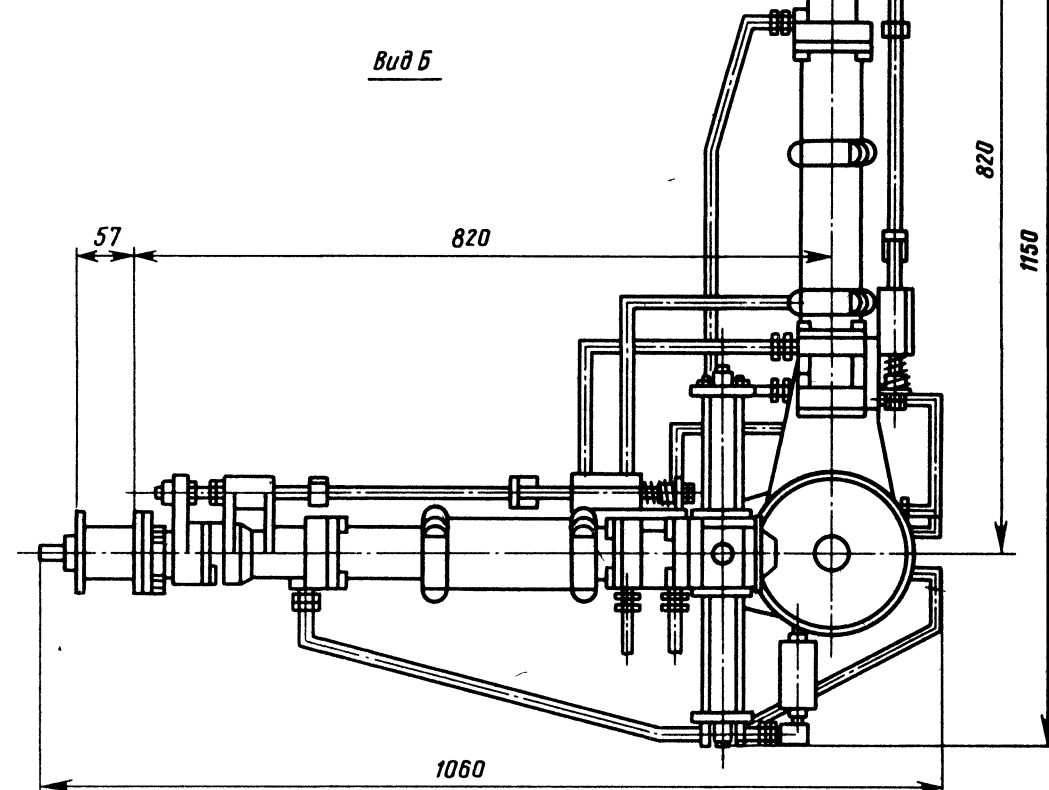
Вид А



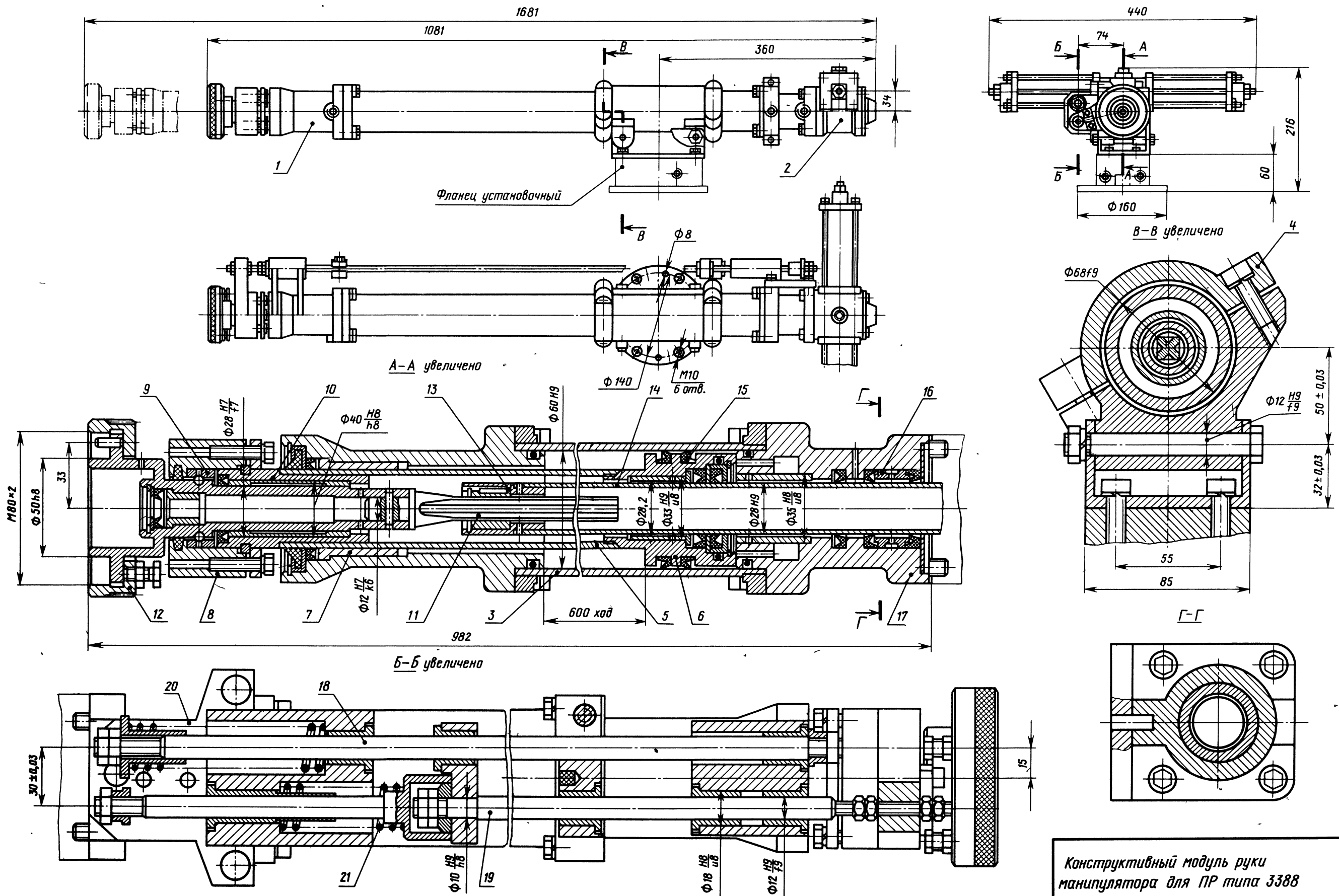
Исполнение 3



Вид Б

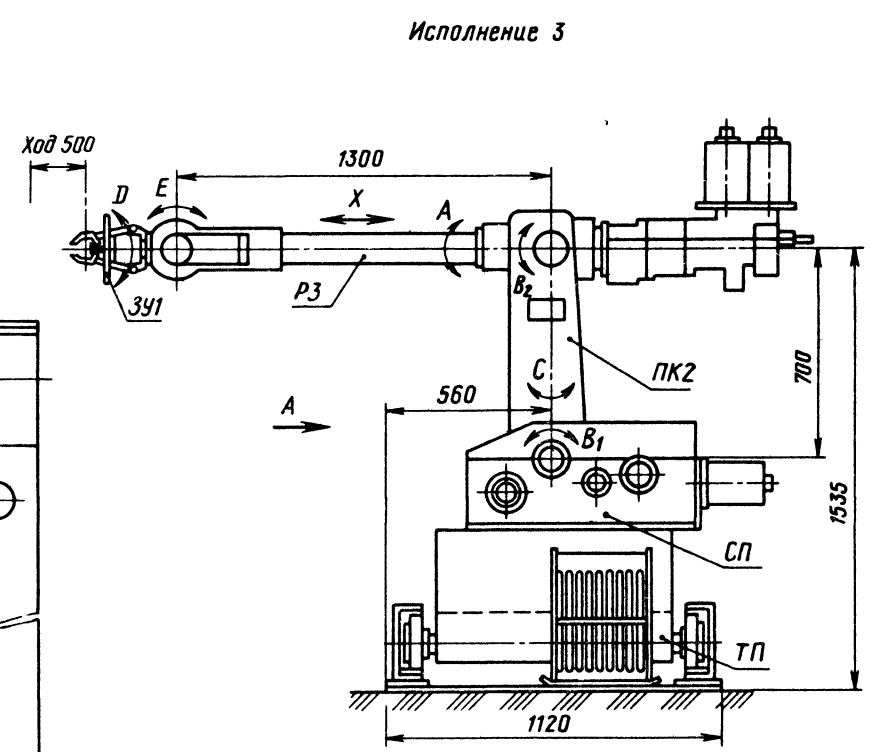
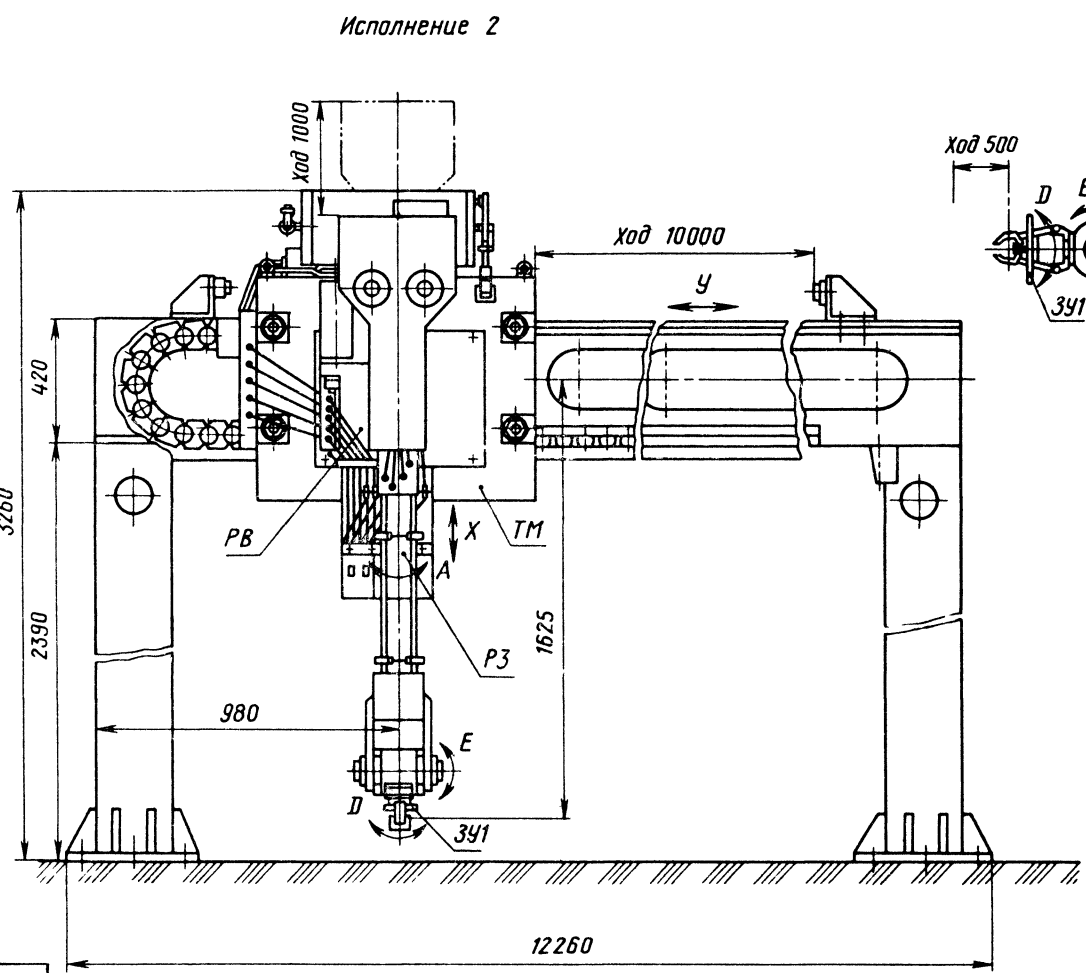
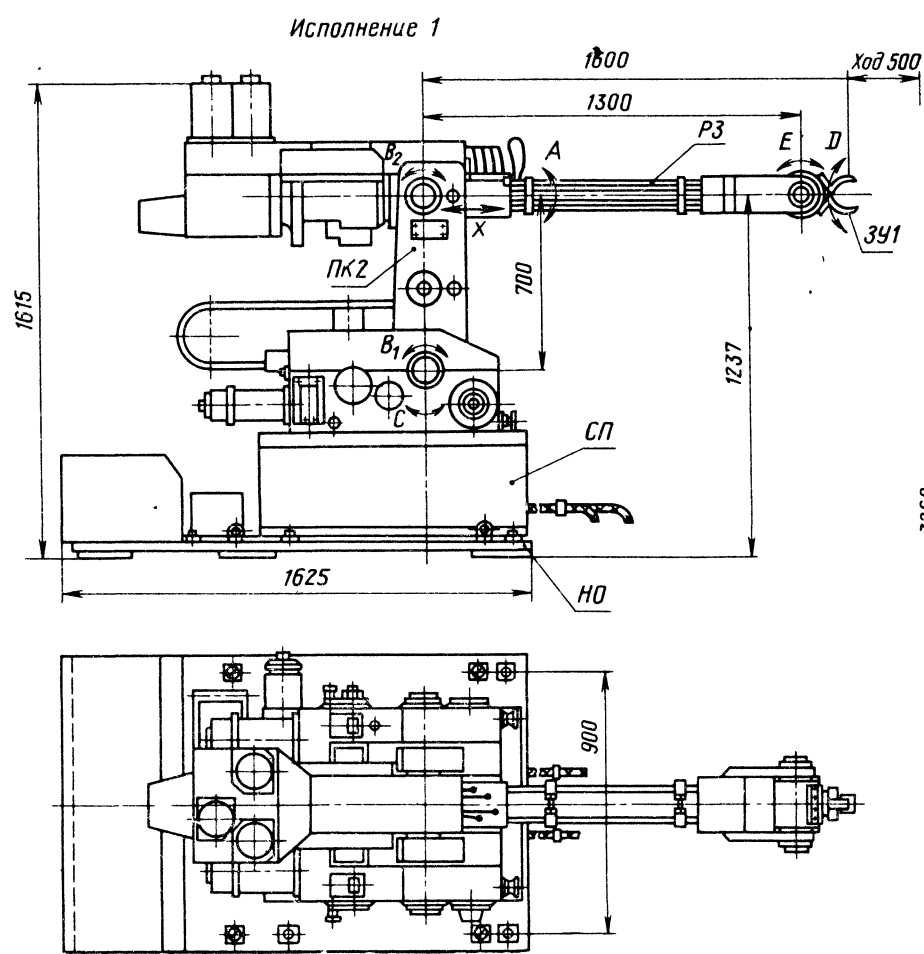


Манипуляторы агрегатно-модульной
конструкции для ПР типа 3388

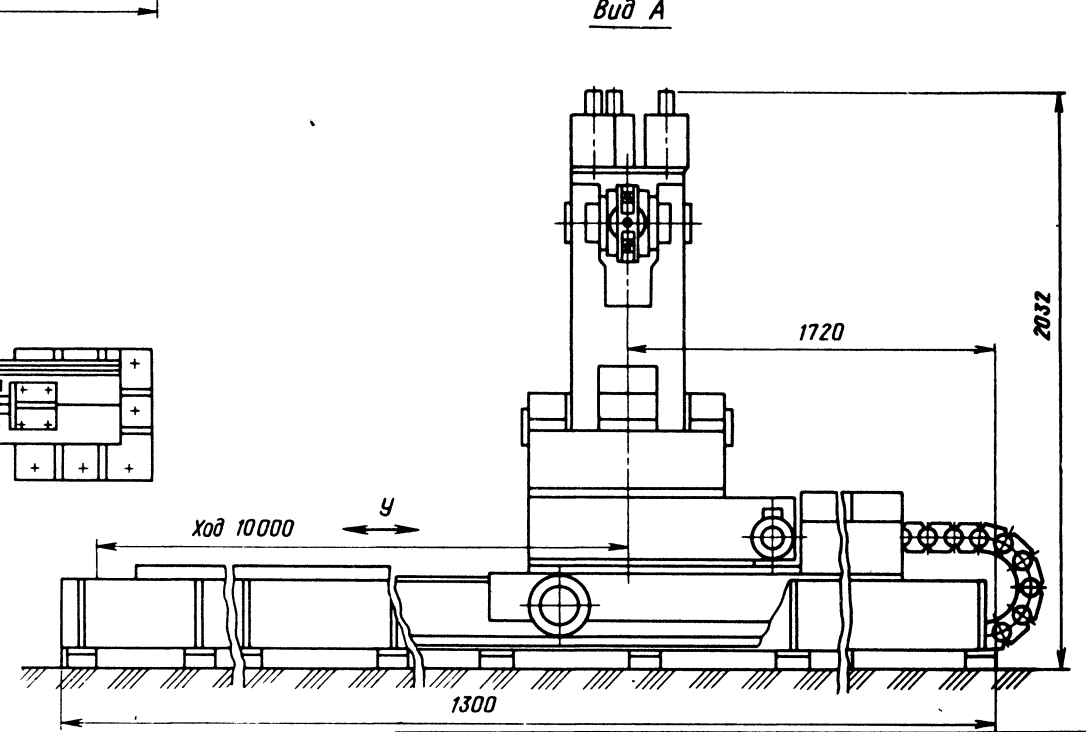
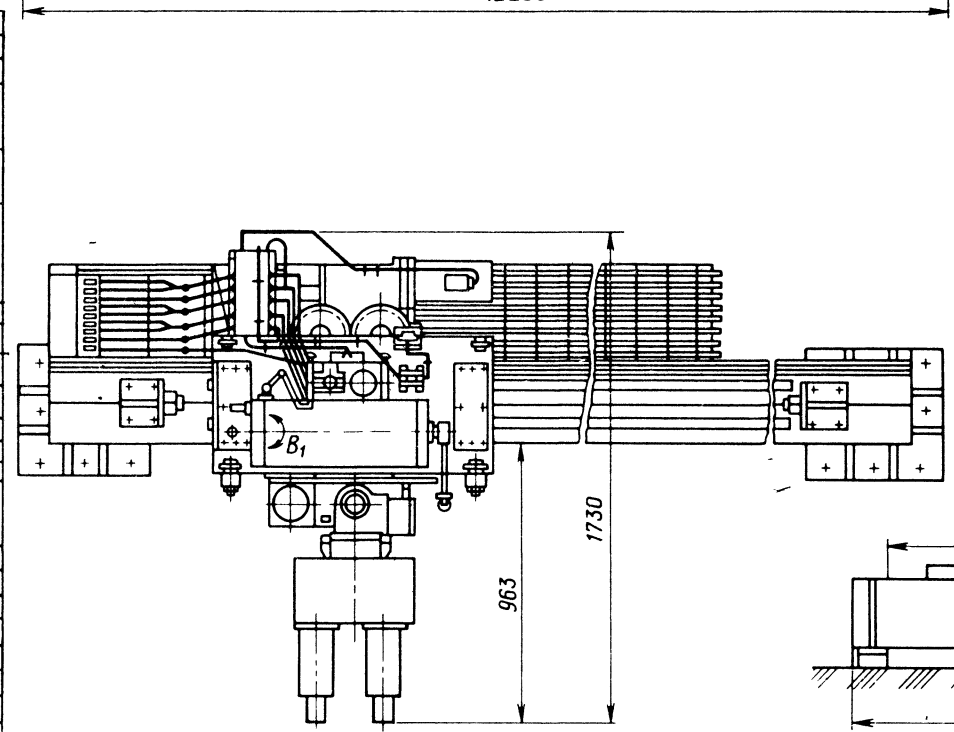


Конструктивный модуль руки
манипулятора для ПР типа 3388

Лист 48



Параметр	Исполнение		
	1	2	3
Грузоподъемность, кг	25		
Тип компоновки (структурная формула)	НО-СП-ПК2-РЗ-ЗУ1	ТМ-РВ-РЗ-ЗУ1	ТП-СП-ПК2-РЗ-ЗУ1
Число степеней подвижности	6	5	7
Наибольшие перемещения по координатным осям:			
Х, мм	500	1000	500
А, градус		300	
У, мм		1000	
В ₁ , градус		90	
В ₂ , градус	90	—	75
С, градус	300	—	300
Д, градус		350	
Е, градус		180	
Наибольшие скорости перемещений по осям:			
Х, м/с		0,5	
У, м/с		1,5	
А, градус/с		150	
В ₁ , градус/с		65	
В ₂ , градус/с		32,5	
С, градус/с		135	
Д, градус/с		200	
Е, градус/с		100	
Наибольшая точность позиционирования, рад(мм) с аналоговыми датчиками	$\pm 0,4 \times 10^{-3} (\pm 0,5)$		
с кодовыми датчиками	$\pm 0,1 \times 10^{-3} (\pm 0,125)$		



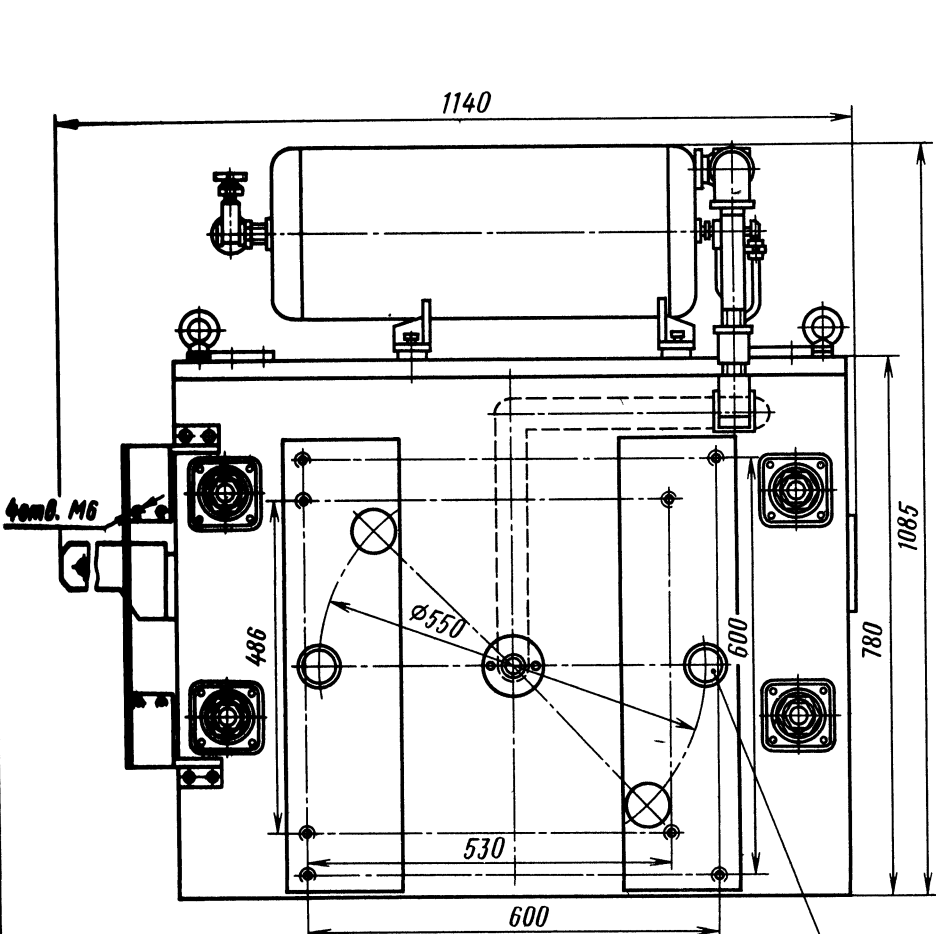
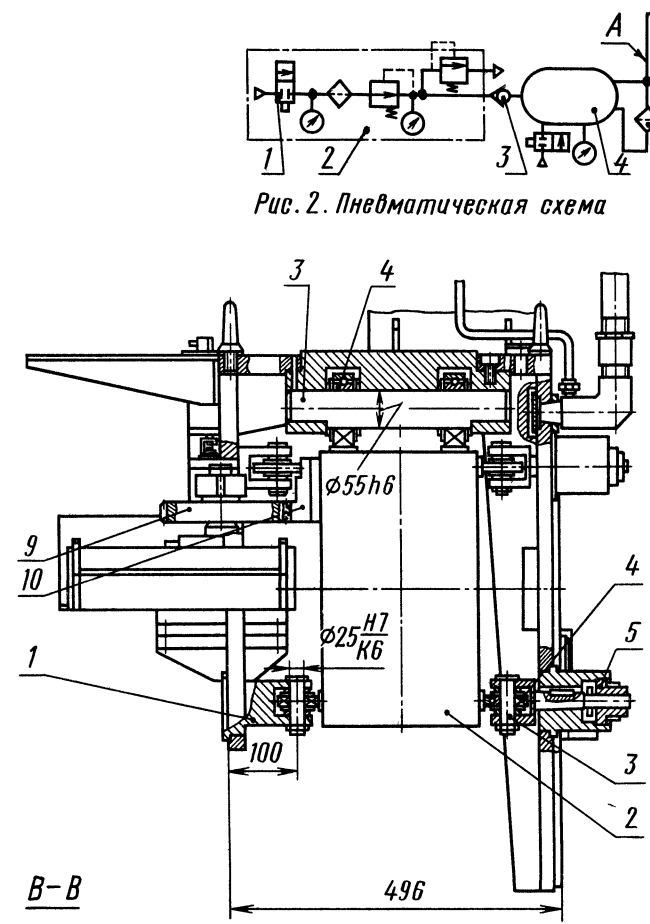


Рис. 1. Модуль тележки



В-В

Б-Б увеличено

В

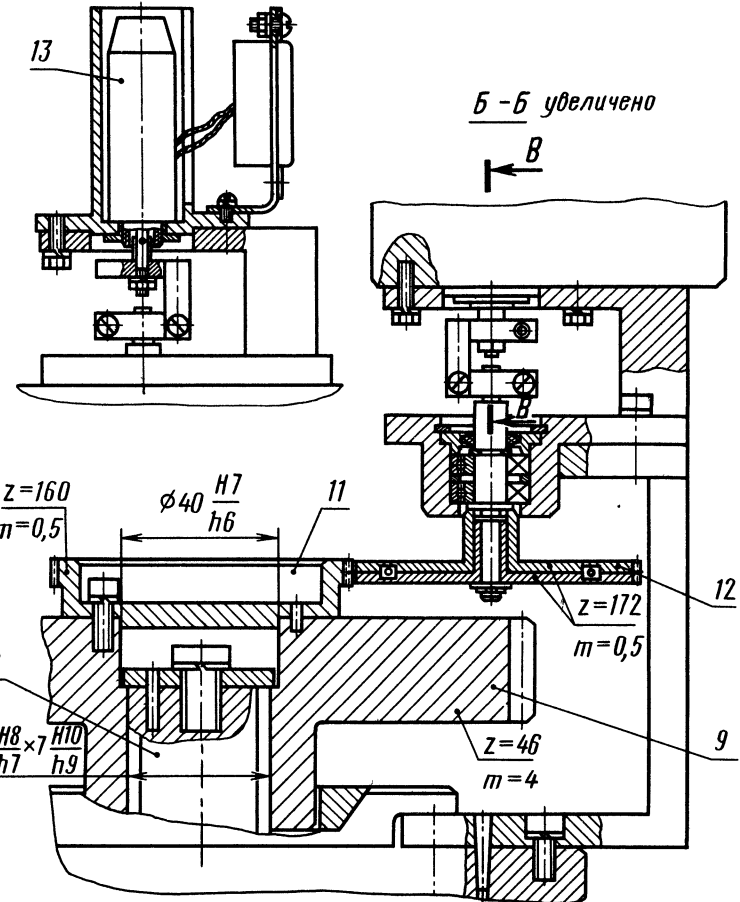
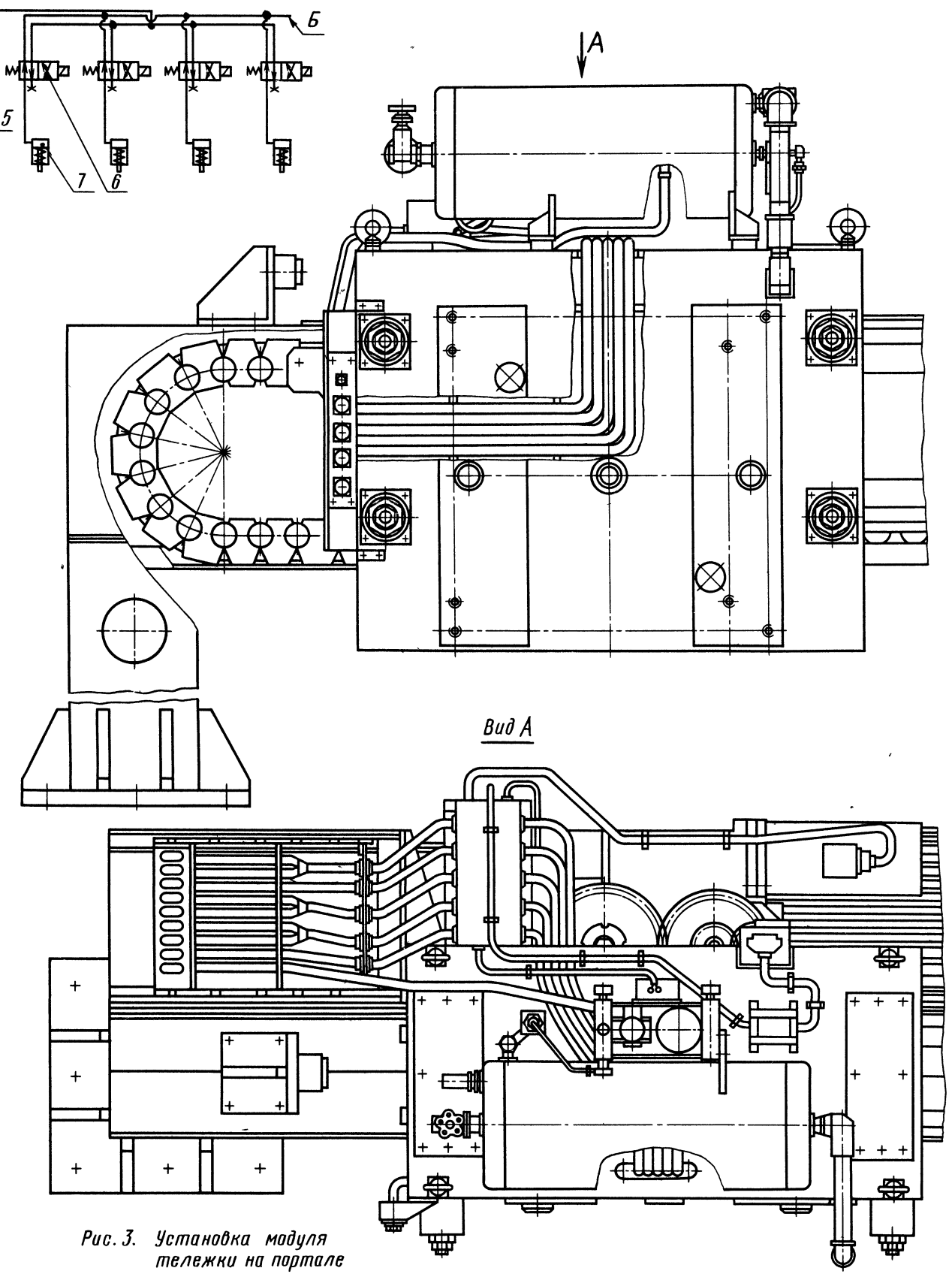


Рис. 2. Пневматическая схема

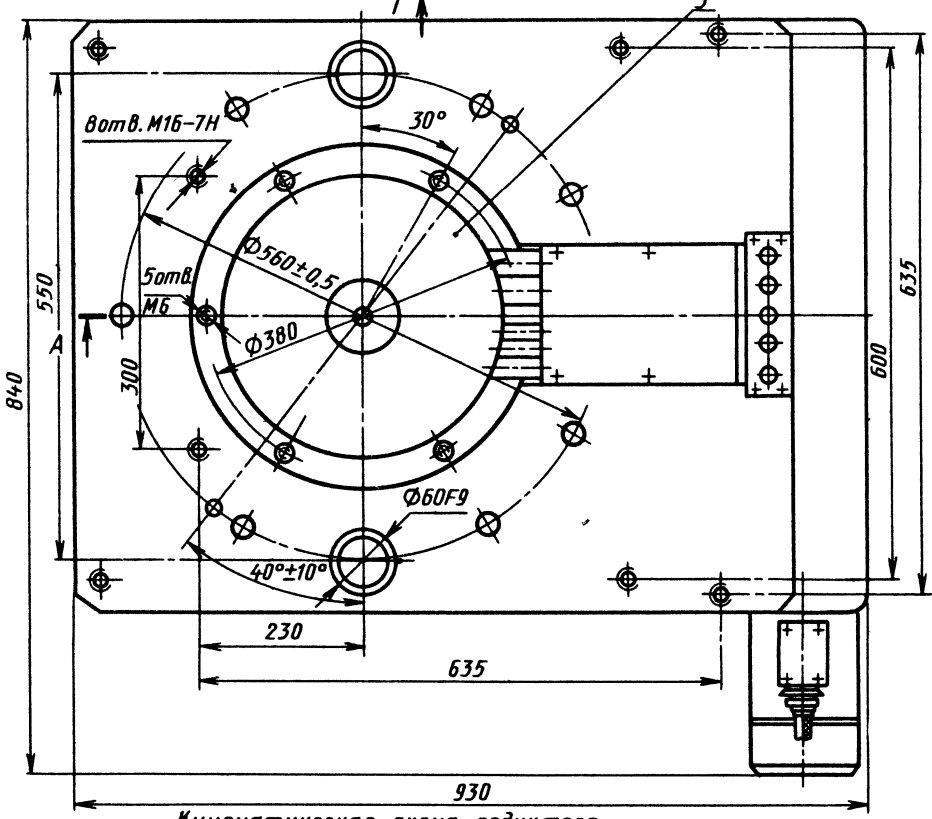
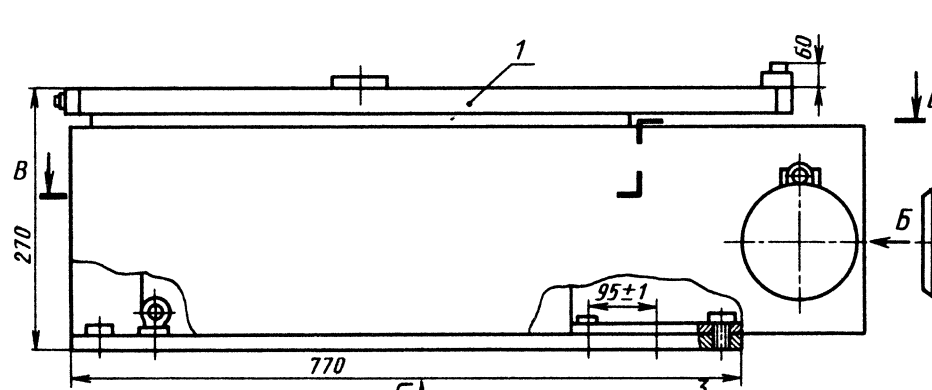


Вид А

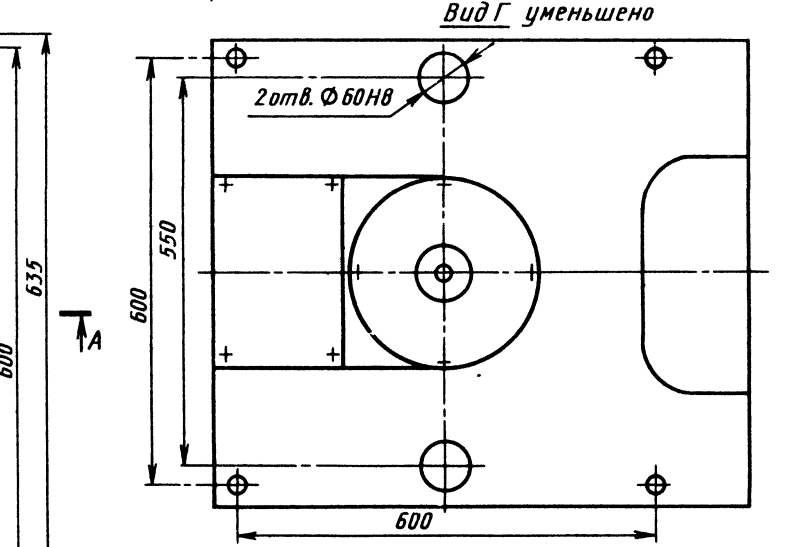
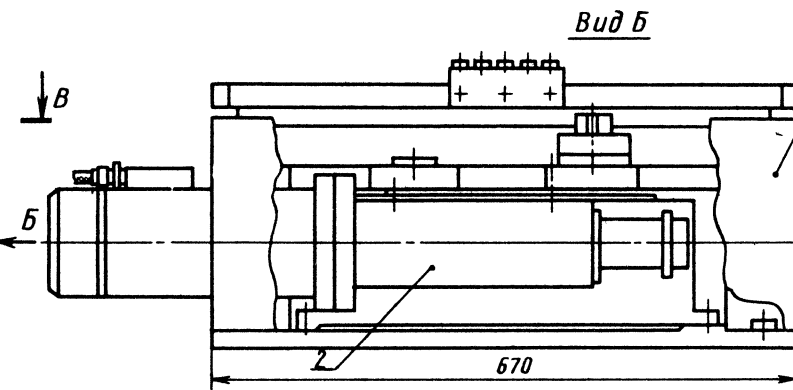
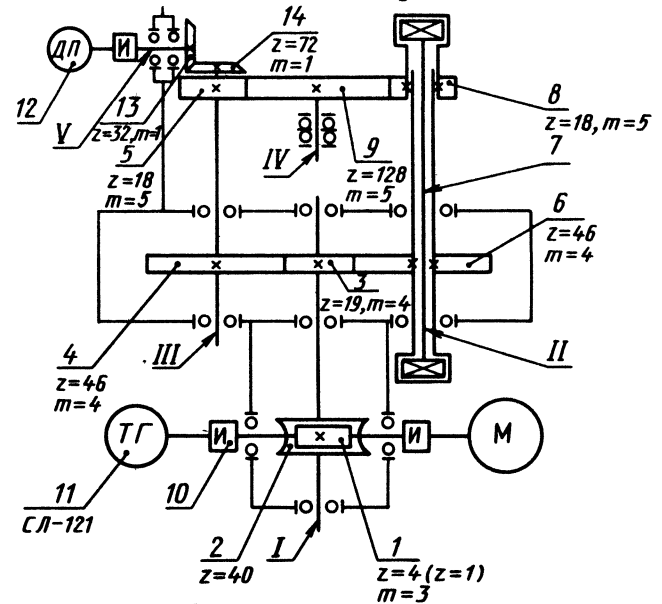
Рис. 3. Установка модуля тележки на портале

Конструктивный модуль тележки ПР
РПМ-25

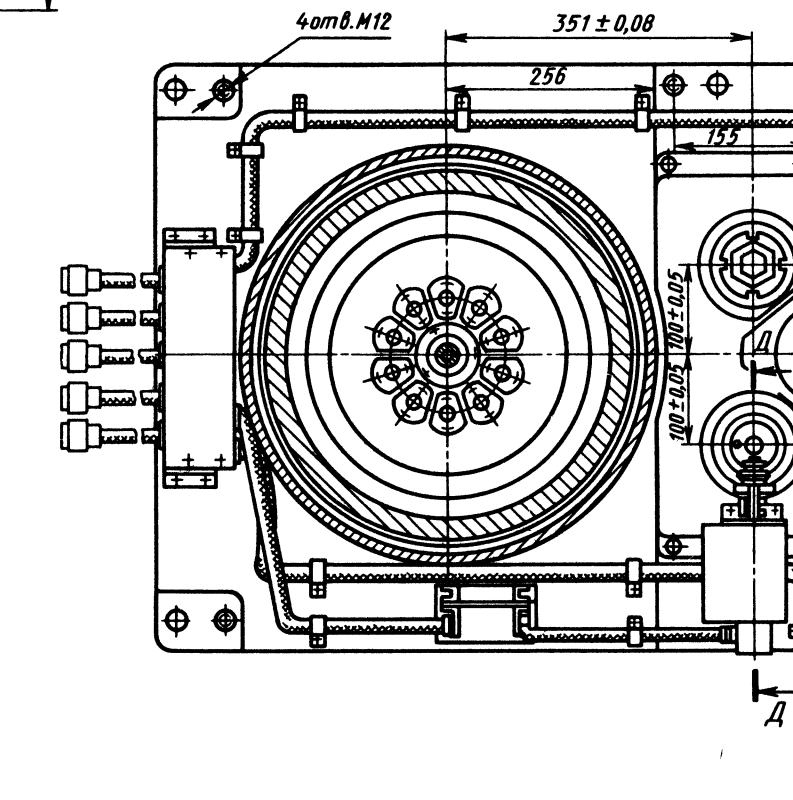
Лист 50



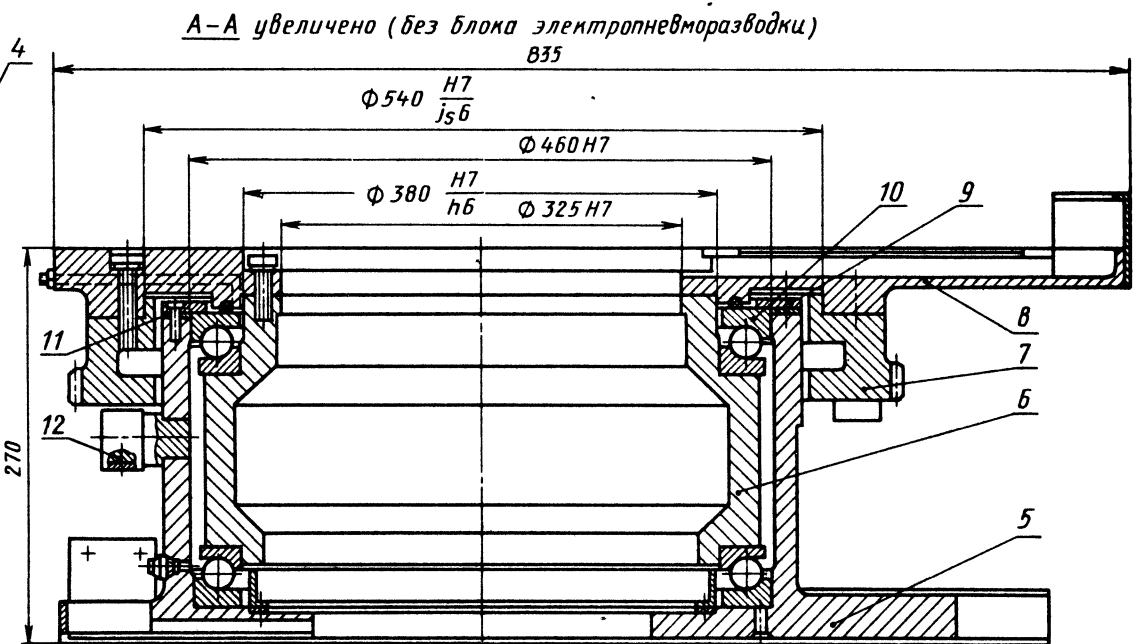
Кинематическая схема редуктора



Вид Г уменьшено

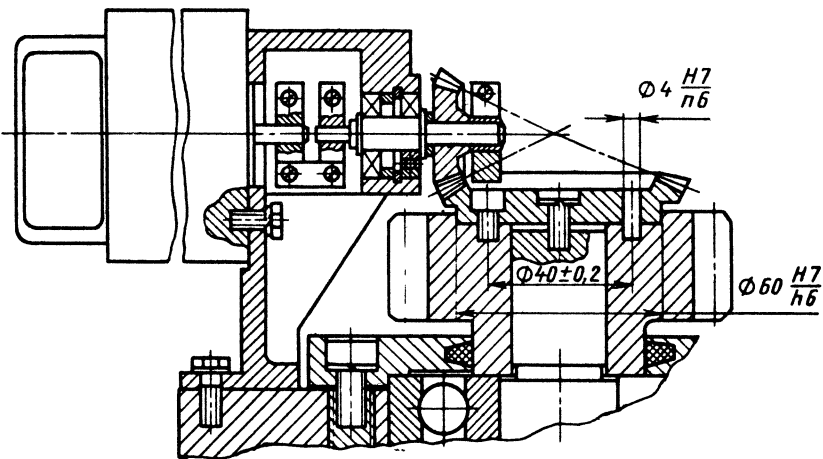


Вид Б

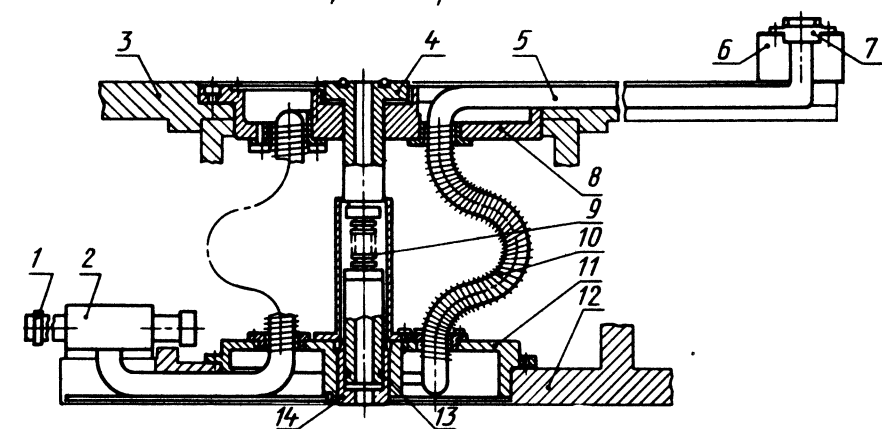


А-А увеличено (без блока электропневморазводки)

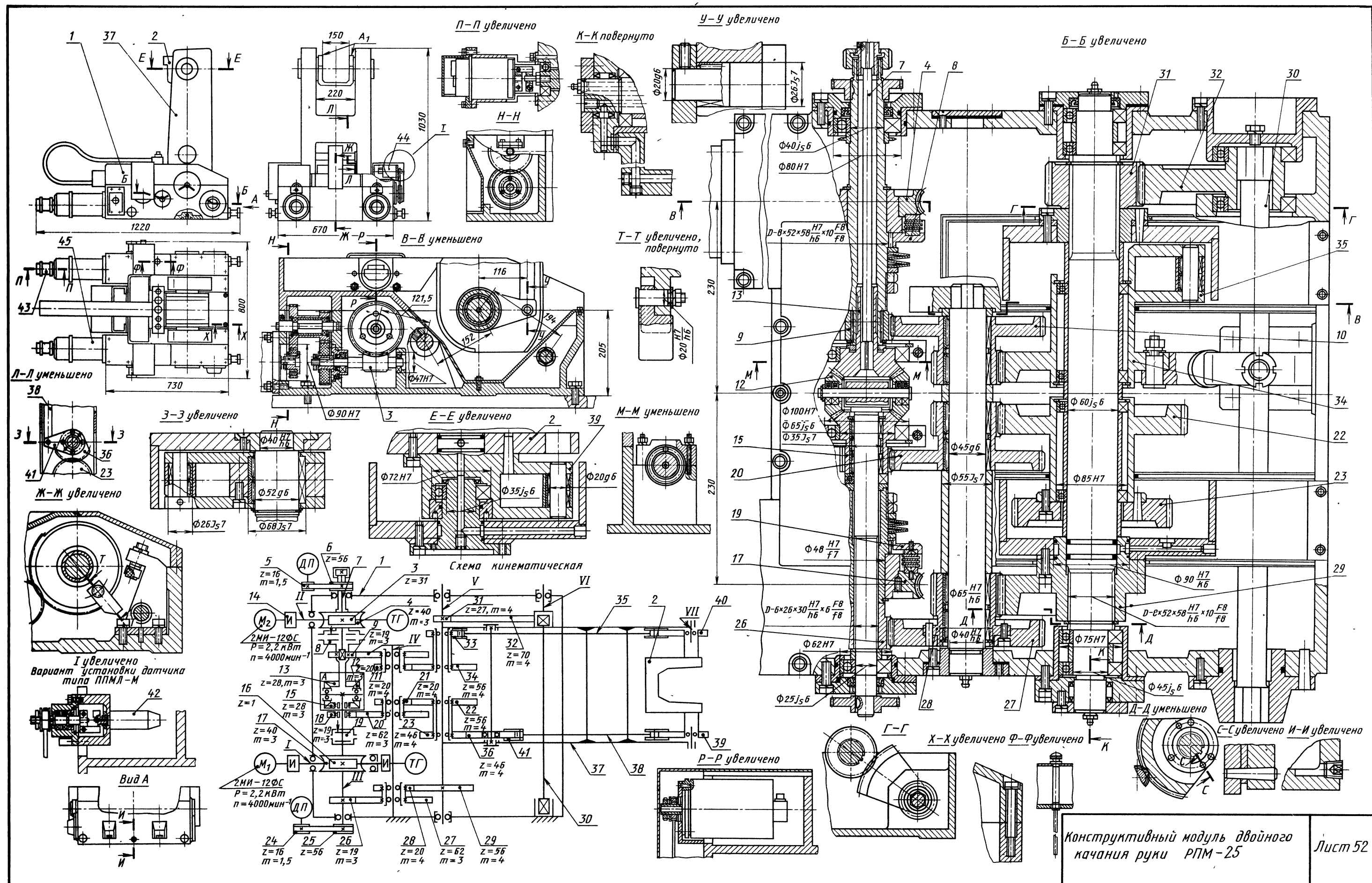
Д-Д увеличено, повернуто



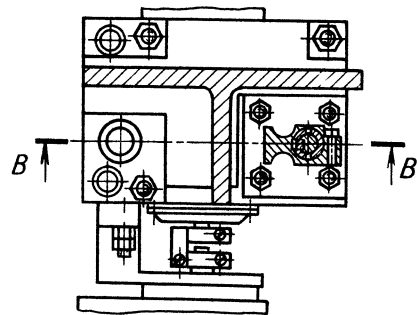
Блок электропневморазводки



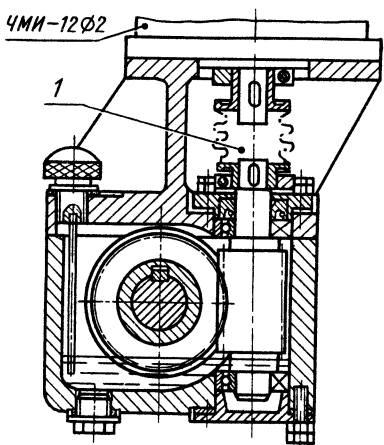
Конструктивный модуль поворота манипулятора ПР РПМ-25



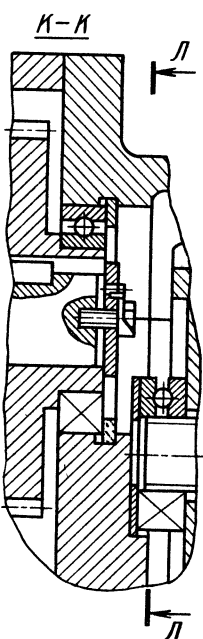
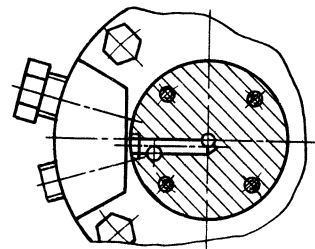
Б-Б увеличено



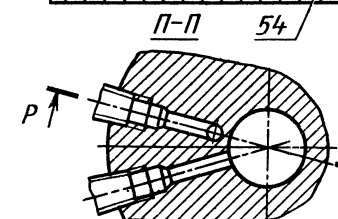
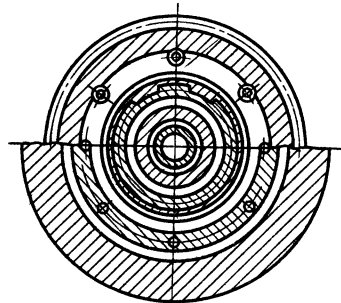
В-В увеличено



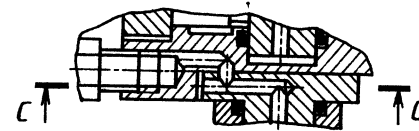
С-С



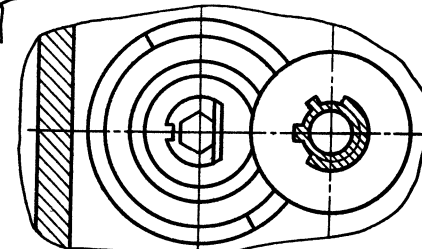
Е-Е уменьшено



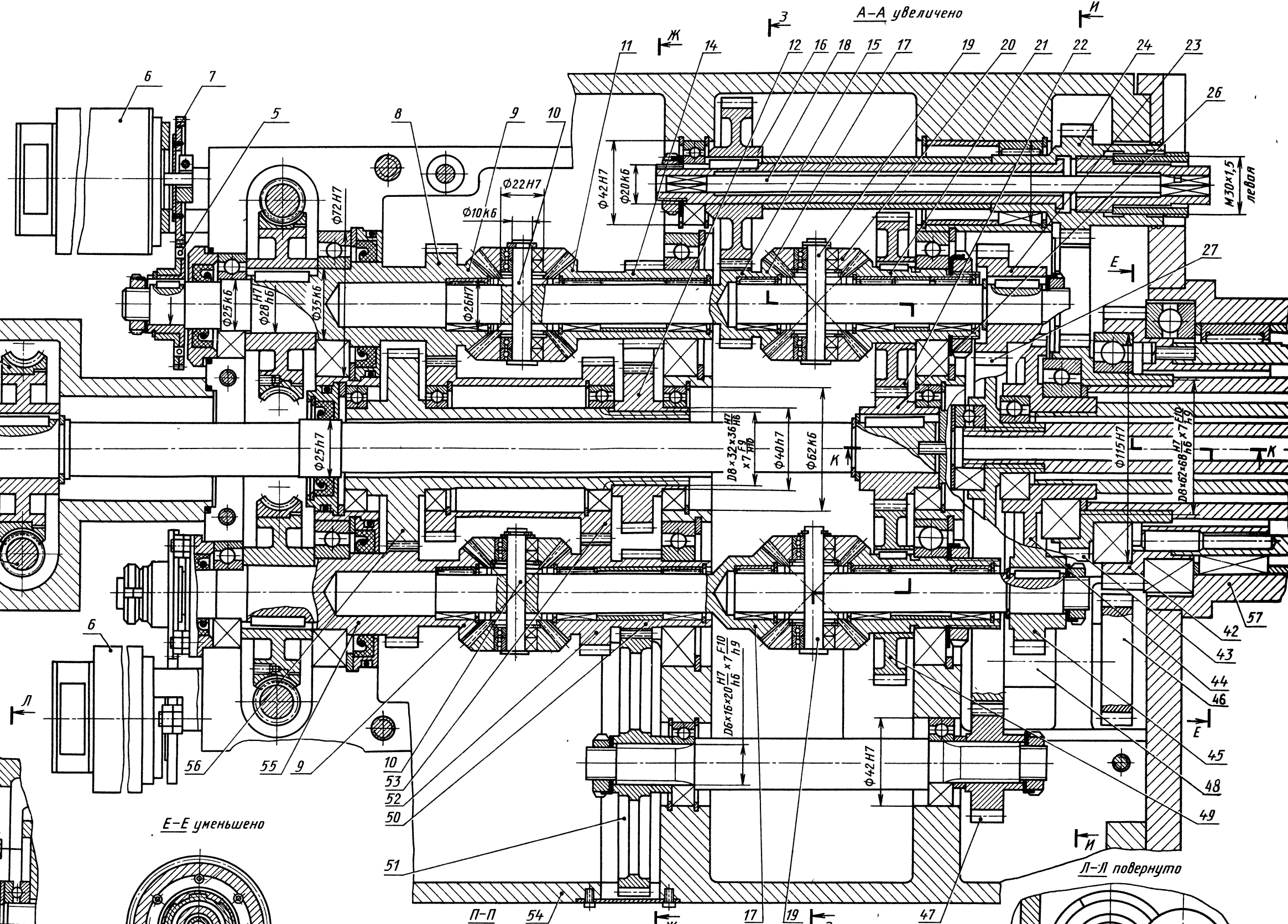
Р-Р повернуто



Л-Л повернуто



А-А увеличено



М30х1,5
левая

57

42

43

44

46

45

48

49

47

17

19

3

47

17

19

3

47

17

19

3

47

17

19

3

47

17

19

3

47

17

19

3

47

17

19

3

47

17

19

3

47

17

19

3

47

17

19

3

47

17

19

3

47

17

19

3

47

17

19

3

47

17

19

3

47

17

19

3

47

17

19

3

47

17

19

3

47

17

19

3

47

17

19

3

47

17

19

3

47

17

19

3

47

17

19

3

47

17

19

3

47

17

19

3

47

17

19

3

47

17

19

3

47

17

19

3

47

17

19

3

47

17

19

3

47

17

19

3

47

17

19

3

47

17

19

3

47

17

19

3

47

17

19

3

47

17

19

3

47

17

19

3

47

17

19

3

47

17

19

3

47

17

19

3

47

17

19

3

47

17

19

3

47

17

19

3

47

17

19

3

47

17

19

3

47

17

19

3

47

17

19

3

47

17

19

3

47

17

19

3

47

17

19

3

47

17

19

3

47

17

19

3

47

17

19

3

47

17

19

3

47

17

19

3

47

17

19

3

47

17

19

3

47

17

19

3

47

17

19

3

47

17

19

3

47

17

19

3

47

17

19

3

47

17

19

3

47

17

19

3

47

17

19

3

47

17

19

3

47

17

19

3

47

17

19

3

47

17

19

3

47

17

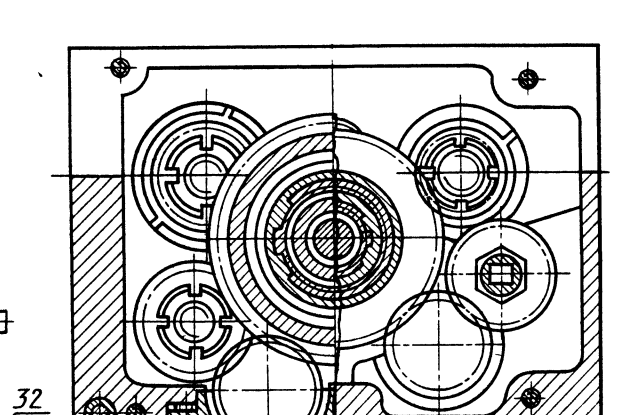
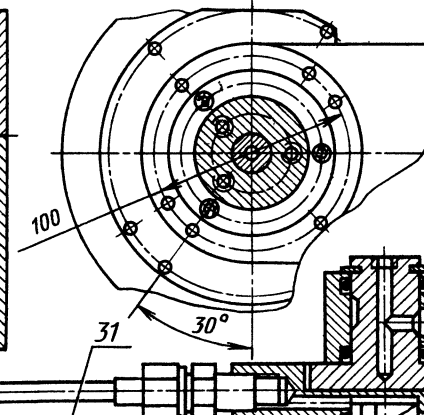
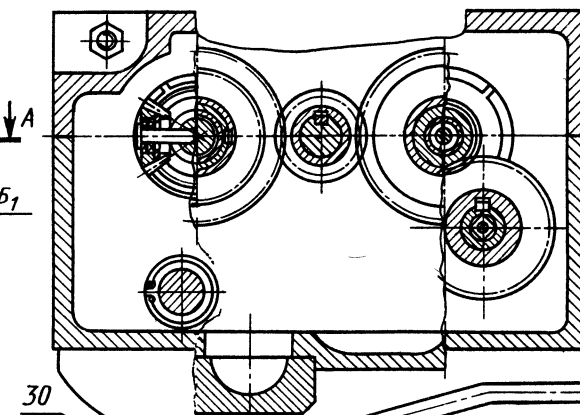
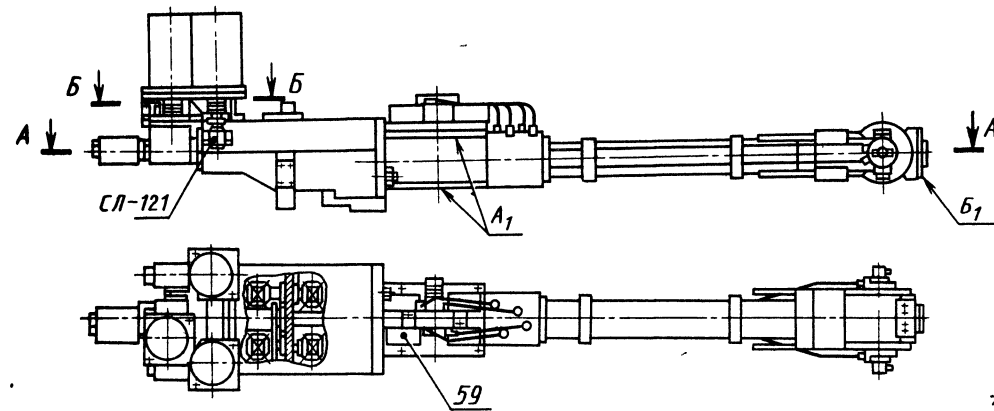
19

3

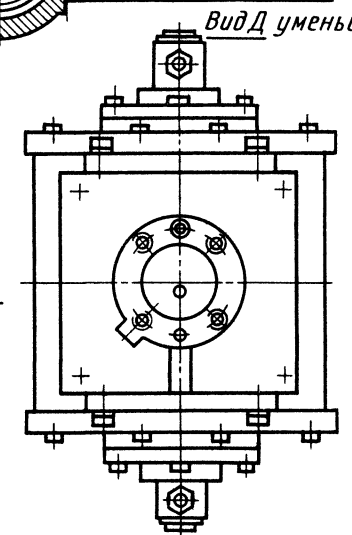
З-З повернуто, уменьшено

Н-Н уменьшено

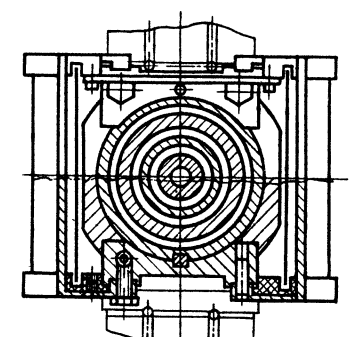
И-И уменьшено, повернуто



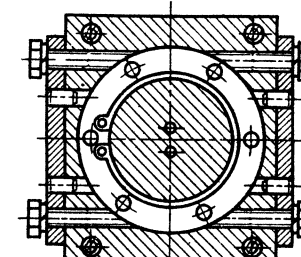
Вид Д уменьшено



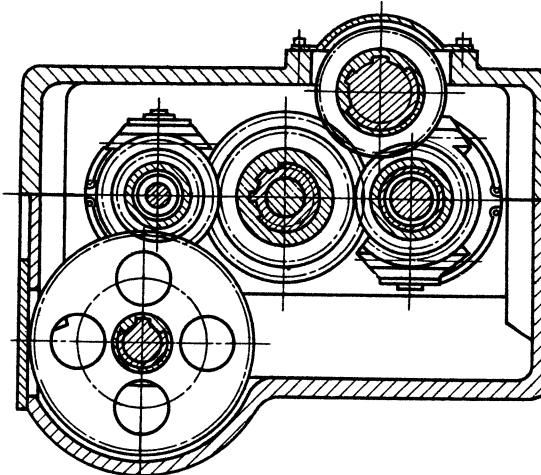
М-М уменьшено



Г-Г уменьшено



Ж-Ж уменьшено, повернуто



А-А увеличено

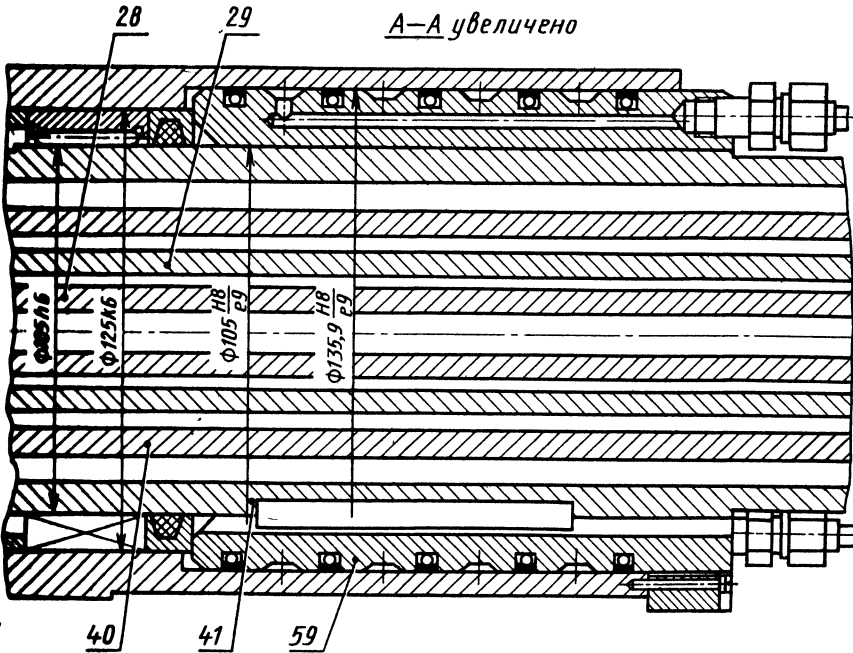
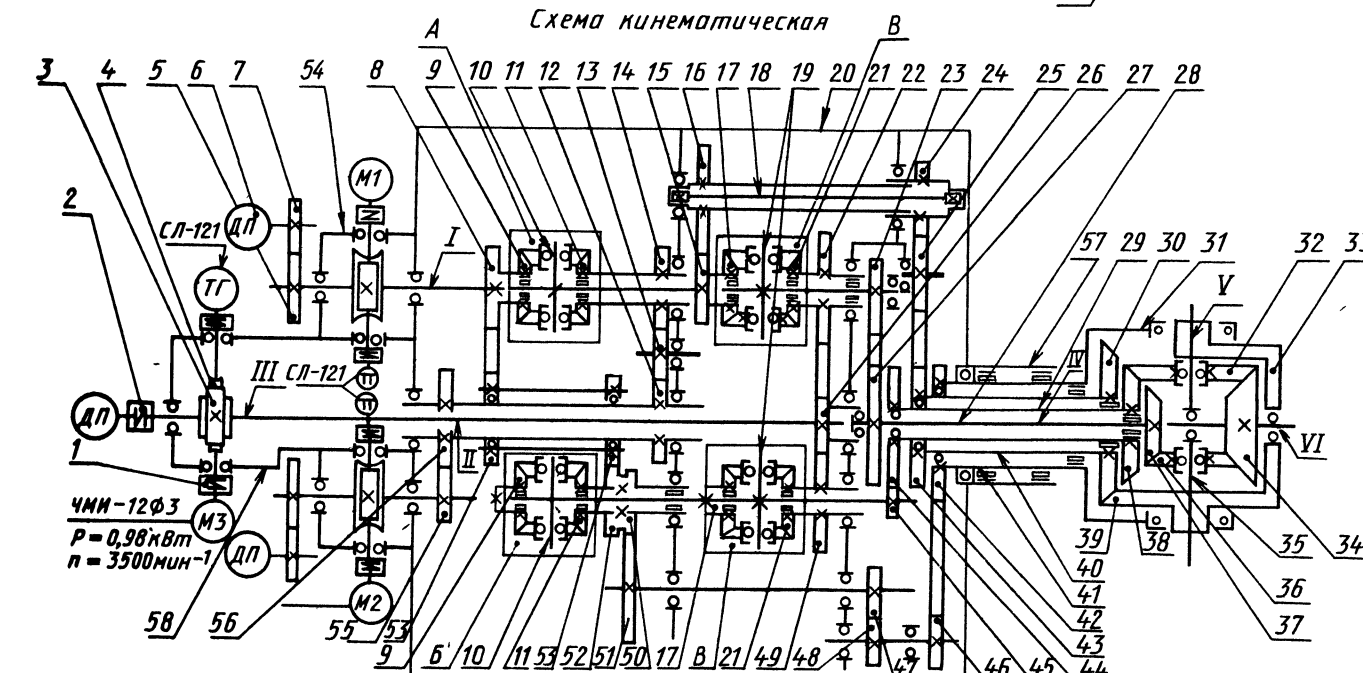


Схема кинематическая



Конструктивный модуль руки с тремя степенями подвижности для ПР типа РПМ-25

Лист 53

5. УНИВЕРСАЛЬНЫЕ (МНОГОЦЕЛЕВЫЕ) ПРОМЫШЛЕННЫЕ РОБОТЫ В МАШИНОСТРОЕНИИ

5.1. ПРОМЫШЛЕННЫЕ РОБОТЫ ТИПА «УНИВЕРСАЛ-5»

Многоцелевые ПР предназначены для выполнения нескольких вспомогательных операций: погрузочно-разгрузочных, транспортных, складских или для обслуживания оборудования различного технологического назначения, требующего разнотипных движений и последовательностей. Универсальные ПР могут быть использованы не только для автоматизации вспомогательных операций, но и для выполнения основных технологических процессов, например, сварки, термообработки, окраски.

Конструктивные особенности универсальных (многоцелевых) ПР определяются прежде всего необходимым многообразием их технологических возможностей. В связи с этим при проектировании ПР требуется обеспечить большое число (5—7 и более) степеней подвижности рабочего органа, например, схвата. Для возможности выполнения роботом различных технологических задач используются цилиндрические, сферические и комбинированные системы координатных перемещений звеньев манипулятора (руки и кисти). Универсальные промышленные роботы обычно обслуживают несколько единиц технологического оборудования, установленных вокруг. Их характеризует достаточно большая рабочая зона и высокая маневренность. Однако с возрастанием числа вращательных пар в кинематической структуре манипулятора затруднительно достижение большой грузоподъемности и точности позиционирования рабочего органа, а также усложняется управление роботом.

С целью увеличения рабочей зоны, например, при обслуживании многоцелевым роботом группы станков или другого технологического оборудования манипулятор может быть установлен на подвижном основании (тележке). Дополнительное переносное движение обеспечивает возможность при увеличенном ходе руки сохранить большую грузоподъемность манипулятора.

Рука манипулятора может быть выполнена либо как единая жесткая конструкция (обычно в форме стержня трубчатого сечения), либо в виде нескольких шарнирно соединенных звеньев. В некоторых моделях в конструкциях руки и кисти манипулятора имеется по несколько шарнирных сочленений, что придает ПР большую подвижность и маневренность.

Манипулятор может быть оснащен механизмом кисти с двумя схемами: при повороте кисти на 180° вокруг продольной оси один схват устанавливается точно на месте другого. Двухзахватное устройство кисти особенно эффективно при обслуживании технологического оборудования, когда нужно, например, снять готовую деталь и на ее место тут же установить заготовку. Захватные устройства ПР обычно выполняются сменными.

Для расширения областей применения универсальных (многоцелевых) ПР, а также изменения их характеристик с целью приспособления к конкретным условиям производства наряду с базовыми моделями создаются их модификации. Конструктивные варианты ПР могут собираться из унифицированных узлов, а также из специализированных узлов, созданных только для выполнения конкретных работ.

Многоцелевые ПР типа «Универсал-5» применяются для автоматизации погрузочно-разгрузочных работ, обслуживания различного технологического оборудования, межоперационного и межстаночного транспортирования объектов обработки и выполнения других вспомогательных операций.

Общий вид и техническая характеристика ПР «Универсал-5.02» приведены на листе 54.

Исполнительным механизмом ПР является манипулятор, который обеспечивает установку в пределах рабочей зоны захватного механизма-схвата. Манипулятор имеет четыре степени подвижности руки 1 в сферической системе координат, которые реализуются механизмами: поворота 2 относительно оси $II-II$, выдвижения 3, руки 1 вдоль оси $III-III$, поворота 4 руки относительно вертикальной оси $I-I$, подъема 5 руки вдоль оси $I-I$. Две ориентирующие степени подвижности рабочего органа-схвата 7 создают механизмы 6 вращения кисти руки относительно ее продольной оси $III-III$ и поперечной оси $IV-IV$. Подвижные механизмы манипулятора защищены от попадания пыли, грязи и масла ограждением 8.

Установочные перемещения руки осуществляются с помощью электромеханических следящих приводов, а ориентирующие движения кисти руки и зажим-разжим схвата — пневмоцилиндрами.

Пневмоблок 9, которым комплектуется ПР, предназначен для подготовки, регулирования подачи сжатого воздуха из заводской сети и блокирования работы манипулятора при падении давления ниже допустимого.

Блок 10 тиристорных электроприводов формирует управляющие напряжения в якорной цепи электродвигателей постоянного тока.

Устройство программного управления 11 позиционного типа имеет возможность записи программы в режиме обучения (по первому циклу) и формирует управляющие сигналы на блок 10, а также технологические команды управления циклом работы манипулятора и обслуживаемого оборудования.

Принципиальные кинематическая, пневматическая и электрическая схемы ПР «Универсал-5.02» приведены на листе 55.

Блоки тиристорного электропривода ЭПТ6-У5.02 обеспечивают управление в следящем режиме электродвигателями постоянного тока типа СЛ-569 и СЛ-661, установленными в механизмах четырех программируемых степеней подвижности манипулятора.

Механизмы электроприводов включают в себя зубчатые или червячные редукторы; параметры которых даны в кинематической схеме. Обратная связь исполнительных механизмов манипулятора по положению и скорости осуществляется потенциометрическими датчиками типа ППМЛ, приводящимися с помощью зубчатых редукторов и тахогенераторов типа СЛ-121, которые приводятся в движение специальными зубчатыми или ременными механизмами.

Пневмоблок, которым комплектуется ПР, предназначен для под-

готовки сжатого воздуха, подаваемого из заводской сети к манипулятору, а также для циклового управления двумя ориентирующими движениями кисти руки и захватным устройством. Приводы этих движений осуществляются от пневмоцилиндров. Для преобразования поступательного перемещения поршня во вращательное движение кисти руки используются винтовая копия (в приводе поворота кисти руки относительно ее продольной оси) и передача рейка-шестерня (в приводе качания кисти относительно поперечной оси). Привод зажима и разжима губок схвата осуществляется рычажным механизмом, присоединенным к штоку пневмоцилиндра. Соединение механизмов манипулятора между собой и устройством аналогового позиционного программного управления типа АПС-1 производится в соответствии с принципиальной электрической схемой.

Базовым узлом манипулятора является механизм поворота, конструкция которого показана на листе 56. В неподвижном корпусе 1 на радиально-упорных подшипниках 2 установлена подвижная планшайба 3, получающая вращение от механизма привода 4, который установлен в корпусе 1. Механизм привода поворота состоит из электродвигателя 5 постоянного тока, червячного редуктора 6 и жестко связанного с валом червяка 7 тахогенератора 8. Крутящий момент на планшайбу 3 передается через цилиндрическую зубчатую передачу, колесо 9 которой находится в зацеплении с выходной шестерней 10 редуктора.

На специальном кронштейне 11, закрепленном на корпусе 1, установлен потенциометрический датчик положения 12, валик которого получает вращение через зубчатую передачу. Разрезная шестерня 13 привода находится в зацеплении с зубчатым колесом 9. На крышке 14, предохраняющей от попадания в радиально-упорные подшипники 2 пыли и грязи, установлено ограждение 15, внутри которого укладываются два витка электрокабеля. В крышке 14 закреплен угольник 16, в который ввернута труба 17 воздуховода. Через трубу 17, на переднем конце которой установлен обратный клапан 18, сжатый воздух проходит к угольнику 19, а от него по шлангу подается к пневмоцилиндрам механизма руки.

На неподвижном корпусе 1 установлен дополнительный кронштейн 20 с амортизирующими резиновыми пластинами, которые являются ограничителями поворота подвижной планшайбы 3.

С целью выбора люфта в механизме привода червячное колесо 21 выполнено разрезным: нижняя половина колеса надета на шлицевый вал 22, а верхняя — на ступицу его нижней половины. Выбор люфта производится эксцентриком 23 путем поворота верхней половины червячного колеса относительно нижней. После установления требуемого бокового зазора (0,02...0,06 мм) обе половины червячного колеса 22 закрепляются винтами 24.

На планшайбе механизма поворота установлен механизм подъема манипулятора, конструкция которого показана на листе 57. Механизм подъема манипулятора выполнен в виде пространственного рычажного устройства (типа пантографа), неподвижные нижние шарниры которого закреплены в кронштейне 1 на основании 2. Подвижные нижние шарниры пантографа установлены на каретке 3, которая перемещается на роликах 4 по направляющим 5. При горизонтальном движении каретки 3 пантограф перемещается вертикально вместе с верхней платформой 6. К платформе крепится механизм поворота руки (на рисун-

ка не показан) и скалка 7, являющаяся направляющей для конических роликов 8 каретки 9, в которой установлены верхние подвижные шарпиры 10 пантографа.

Механизм привода подъема манипулятора состоит из двух электродвигателей 11 постоянного тока, установленных соосно относительно друг друга на основании 2, редуктора 12 и винтовой передачи 13. Контроль перемещения выполняется с помощью потенциометрического датчика 14, соединенного с помощью зубчатой передачи 15 с ходовым винтом. Обратная связь по скорости осуществляется тахогенератором 16, который соединен зубчато-ременной передачей 17 с входным валом редуктора 12.

Винтовая передача 13 конструктивно представляет собой винт 18 с трапецидальной резьбой, установленный в опорах на подшипниках качения. В корпусе 20 каретки 3 установлены две полугайки 19. Для компенсации погрешности расположения опор винта относительно направляющих 6 корпус 20 имеет осевой люфт (0,01 ... 0,03 мм) и радиальный зазор (0,5 мм) относительно каретки 3.

Для выбора бокового зазора в зацеплении цилиндрических колес редуктора 12 и передачи 15 привода датчика положения (потенциометра) 14 ведомые зубчатые колеса 21 и 22 выполнены разрезными с разводящими пружинными кольцами.

Для уравнивания нагрузки в конструкции механизма подъема применены две пружины 23 в опоре винта и две пружины 24 в верхней части пантографа.

Механизм поворота руки относительно вертикальной оси II—II (см. лист 55), установленный на верхней платформе механизма подъема, представляет собой редуктор с цилиндрическими зубчатыми и червячными передачами. Конструкция редуктора механизма поворота руки данного манипулятора была рассмотрена ранее (см. лист 8).

Механизм выдвигания руки относительно ее продольной оси выполнен в виде двухступенчатого редуктора с цилиндрическими зубчатыми колесами и зубчато-реечной передачей. Конструкция аналогичного механизма была рассмотрена ранее (см. рис. 1, лист 11).

Конструкция механизма руки манипулятора показана на листе 58. В состав руки манипулятора входят механизмы качания и поворота кисти со схватом. Корпус 1 руки выполнен в виде полый гильзы, внутри которой размещены пневмоцилиндры качания и поворота кисти 2. На корпусе руки крепится зубчатая рейка 3 и три стальные направляющие 4 для опорных роликов, установленных в корпусе каретки 5, которая монтируется на механизме поворота руки.

Привод качания кисти 2 состоит из пневмоцилиндра 6, шток 7 которого с помощью тяги 8 жестко связан с зубчатой рейкой 9, зацепляющейся с вал-шестерней 10. Подача воздуха в цилиндр 6 (в левую или правую полость) осуществляется через штуцеры 11 и 12. Ограничение вращения вала-шестерни 10 происходит посредством упора, регулируя который можно получить разные углы качания кисти или полностью заблокировать это движение.

Для обеспечения плавности движения предусмотрено демпфирующее устройство, состоящее из поршня 13, который перемещается вместе со штоком 7 в цилиндре 14, заполненном маслом. В поршне 13 имеется калиброванное отверстие, через которое масло выжимается из одной полости в другую при перемещениях поршня 13.

Механизм вращения кисти 2 включает в себя правую часть общего с механизмом качания пневмоцилиндра 6, шток 15 которого жестко связан при помощи соединительной втулки и дополнительного полого штока 16 с ползуном 17. Ползун 17 представляет собой полый толсто-стенный цилиндр, в котором прорезан двухзаходный винтовой паз с шагом 130 мм. В паз входят два шарикоподшипника 18, сидящие на осях водила 19.

При поступательном движении ползуна 17 подшипники 18, копируя винтовой паз, поворачивают водило 19 и шарнирно связанную с ним кисть 2, которая установлена на подшипниках 20 в корпусе 1 руки. Ползун 17 удерживается от поворота роликами 21, катящимися по дополнительным пазам на стенках гильзы 1. Ролики 21 установлены консольно на осях, одним концом запрессованных в тело ползуна 17.

Угол вращения кисти 2 руки можно регулировать, закладывая ша-

рики диаметром 8 мм в кольцевой канал круглого сечения в стыке между фланцами гильзы 1 и крышки 22. Внутри этого канала, запертого двумя упорными винтами 23, через кольцевой паз входит палец 24, жестко запрессованный одним концом в хвостовой части кисти 2.

Плавность движения кисти руки обеспечивается демпфирующим устройством в виде поршня с калибрующим отверстием, выполненным заодно со штоком 14. Поршень демпфера перемещается в замкнутой полости, внутри которой залито масло.

С целью расширения технологических возможностей ПР предусмотрена возможность закрепления захватного механизма на кисти в четырех различных положениях, которые точно фиксируются штифтом в корпусе 25 схвата по отверстиям в крышке 22 кисти 2.

Конструкция механизма схвата показана на листе 58. Привод губок 26 схвата осуществляется от пневмоцилиндра 27, закрепленного на корпусе 25. Для зажима схвата воздух подается в рабочую полость цилиндра 27, шток которого посредством проушины 28 и оси 29, запрессованной в нее, поворачивает фигурные рычаги 30, шарнирно связанные с корпусом 25, и губки 26. Разжим губок 26 схвата осуществляется пружинами 31 после сброса давления воздуха в цилиндре 27.

5.2. ПРОМЫШЛЕННЫЕ РОБОТЫ ТИПА УМ160Ф2

Многоцелевые промышленные роботы типа УМ160Ф2 предназначены для группового обслуживания оборудования различного технологического назначения, в том числе металлорежущих станков с ЧПУ. ПР обеспечивает загрузку станков заготовками типа тел вращения, а также транспортирование обработанных деталей из рабочей зоны станка с последующей укладкой их в тару, магазин-накопитель или приспособление. Заготовки и детали в таре или магазине-накопителе располагаются в ориентированном виде.

Большие функциональные возможности ПР позволяют обслуживать станки различных групп, имеющих горизонтальный шпиндель или стол: токарные, фрезерные, фрезерно-центровальные, вертикально-сверлильные, отделочно-расточные, шлифовальные, зубообрабатывающие и др. при линейном их расположении под несущим порталом, по которому передвигается каретка с манипулятором.

Общий вид и техническая характеристика ПР УМ160Ф2.81.01 приведены на листе 59. Многоцелевой ПР типа УМ160Ф2 выполнен передвижным с конструкцией порталного типа: каретка 1, несущий механизм руки 2 перемещаются по направляющему рельсу 3, который установлен над обслуживаемым оборудованием на колоннах 4.

Автоматический манипулятор обладает четырьмя степенями подвижности: 1 — перемещение X каретки по монорельсу; 2 — поворот A руки в плечевом суставе; 3 — поворот D руки в локтевом суставе; 4 — вращение C кисти (головки схвата) вокруг своей оси (кантование на 90 и на 180°). Качание звеньев плеча и локтя руки в вертикальной плоскости совместно обеспечивает горизонтальное и вертикальное перемещения кисти руки, несущей захватное устройство.

Для зажима-разжима заготовок или деталей предусмотрено движение W губок схвата.

Управление приводами степеней подвижности X , A и D осуществляется в режиме позиционирования от устройства ЧПУ поз. 5, а движениями C и W — с помощью команд цикловой автоматики, размещенной в электрошкафу 6.

Устройство ЧПУ типа УПМ-331 дает возможность программировать цикл движений манипулятора в режиме обучения: с запоминанием координат, устанавливаемых при ручном управлении перемещениями кисти со схватом, и дальнейшим воспроизведением заданных движений в автоматическом цикле.

Конструкция манипулятора предусматривает возможность установ-

ки на нем дополнительных механизмов и устройств, например, для: 1) контроля правильности базирования заготовки в центрах или патроне станка; 2) контроля диаметра обрабатываемой детали; 3) очистки от стружки поверхностей станка методом обдува.

Кинематическая схема манипулятора приведена на листе 60. Унифицированный комплектный привод каретки (исполнения 1 и 2) — электрогидравлический с шаговым серводвигателем типа ШД5Д-1 и гидроусилителем крутящего момента. От гидродвигателя 1 привода каретки через зубчатый редуктор 2 с коническими (исполнение 1) или цилиндрическими (исполнение 2) шестернями вращение передается на шестерню 26, находящуюся в зацеплении с рейкой 3, которая установлена на направляющем рельсе 4.

Рука манипулятора — двухзвенная, включает в себя плечевой и локтевой рычажно-шарнирные элементы. Плечевой рычаг 10 руки манипулятора установлен шарнирно на оси 1 кронштейна, закрепленного на каретке 5. Механизм привода плеча, включающий в себя электрогидравлический шаговый двигатель 6, зубчатый редуктор 7 и ходовой шариковый винт 8, смонтирован в качающемся относительно каретки корпусе. Винт, вращаясь в подшипниках корпуса, сообщает относительно перемещение шариковой гайке 9, которая шарнирно установлена на конце верхнего (короткого) плеча рычага 10. В результате этого перемещения происходит качательное движение плеча 10 руки манипулятора. Фиксация углового положения звена осуществляется электромагнитным тормозом 13, установленным на входном валу редуктора. Аналогичную схему имеет и механизм привода локтевого звена 16 руки. Механизм включает в себя электрогидравлический шаговый двигатель 12, электромагнитный тормоз 13, зубчатый редуктор 14 и шариковую передачу винт-гайка 11. В отличие от привода плеча корпус редуктора 14 установлен на шарнире непосредственно на локтевом звене 16 руки, а шариковая гайка 11 шарнирно связана с нижним (длинным) рычагом плеча 16. Качание локтевого звена осуществляется относительно оси II нижнего рычага плеча.

Кисть руки (головка) 20 с захватным устройством 22 совершает качательное движение относительно оси III на нижнем конце рычага локтевого звена 16 руки.

В корпусе кисти 20 размещены два гидроцилиндра: 18 — для зажима и разжима губок однозахватного механизма; 19 — для механизма кантования кисти, т. е. ее поворота на 90 или 180°.

С целью обеспечения стабильного положения кисти вместе с захватным устройством (в любой точке рабочей зоны манипулятора) предусмотрен специальный спрямительный механизм для компенсации угла качания звеньев руки. Механизм выполнен в виде цепной передачи 17, звездочки 15 которой установлены на осях I, II и III. Таким образом, при движении руки кисть получает дополнительное качание, а ее угловое положение относительно каретки остается постоянным.

Принципиальная гидравлическая схема ПР приведена на листе 60. Электрогидравлические шаговые приводы каретки (ЭГШП1), плеча (ЭГШП2) и локтя (ЭГШП3) руки включают в себя электрические шаговые серводвигатели М1, М2, М3, гидромоторы ГМ1, ГМ2, ГМ3 и гидроусилители моментов ГУ1, ГУ2, ГУ3, представляющие собой следящие гидрозолотники, которые с одной стороны связаны с помощью винтовой пары с ротором соответствующего шагового двигателя, а с другой стороны — с валом гидромотора.

Привод поворота (кантования) кисти осуществляется от гидроцилиндра Ц2, на штоке которого нарезана зубчатая рейка, зацепляющаяся с шестерней z_{12} (см. кинематическую схему). Управляется гидроцилиндр с помощью следящего золотника (ЗС), шуп которого контактирует через рычаг 2 с кольцевым копиром 1, закрепленным на корпусе кисти. Ось рычага 2 закреплена на тяге 3, которая опирается на ступенчатый шток 4 вспомогательного гидроцилиндра Ц3. В зависимости от положения штока 4 ось рычага 2 устанавливается на одном из трех уровней, что приводит к изменению положения шупа золотника ЗС по отношению к копиру 1 и, как следствие, к повороту кисти руки при перемещении штока гидроцилиндра Ц2 в среднее или одно из двух крайних положений. Профиль копира 1 выбирается в соответствии с

необходимым законом разгона и торможения при повороте кисти руки в заданное положение.

С помощью гидроцилиндра *Ц1* осуществляется зажим и разжим губок схвата; для этого шток цилиндра жестко связан с рейкой *21* захватного механизма.

Цикл работы гидроцилиндров *Ц1* и *Ц2* можно уяснить по таблице состояния электромагнитов управления (*У*) и положению конечных выключателей (*С*) на листе 60.

Манипулятор ПР содержит следующие унифицированные конструктивные элементы (узлы): 1) каретка с приводом; 2) механическая рука с приводами для плечевого и локтевого звеньев, а также механизмом компенсации угла качания кисти; 3) кисть (головка схвата) с приводом поворота (кантования) и гидроцилиндром для схвата; 4) захватное устройство (схват).

Каретка является базовым элементом конструкции манипулятора, обеспечивающим его перемещение по направляющему монорельсу. Конструкция каретки унифицирована для групп однотипных манипуляторов (см. лист 98).

Механизм привода каретки включает в себя одноступенчатый редуктор, приводимый от электрогидравлического шагового двигателя (см. кинематическую схему на листе 60). На выходном валу редуктора

установлена шестерня, которая находится в зацеплении с рейкой, прикрепленной к направляющему рельсу. Использование редуктора с коническими зубчатыми колесами (см. исполнение 2) в отличие от базового исполнения 1 позволяет уменьшать размеры привода и частично уравновесить конструкцию манипулятора. Унифицированный вариант конструкции механизма привода каретки для однотипных манипуляторов показан на листе 93.

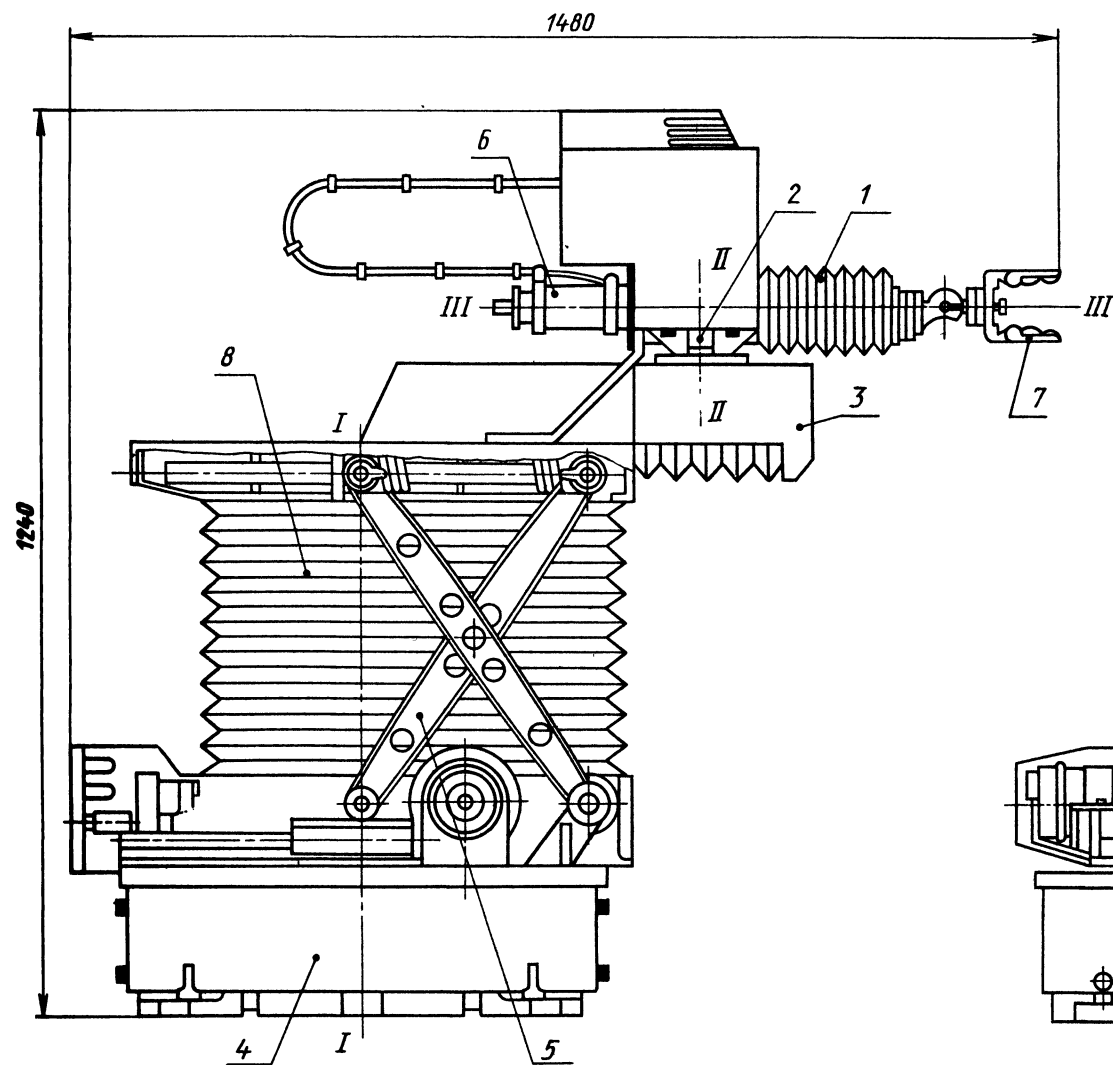
Модуль механической руки ПР УМ160Ф2.81.01 представляет собой сложную рычажную конструкцию (лист 61). Механизм руки состоит из двух звеньев — плеча 2 и локтя 3, шарнирно связанных между собой. С помощью специальных кронштейнов 1 рука шарнирно (на оси 5) крепится к базовой плоскости каретки. На базирующий фланец локтевого звена руки шарнирно на оси 8 устанавливается модуль кисти 9 с захватным устройством. Связь плечевого звена 2 с приводом осуществляется с помощью шарнирно установленной шариковой гайки 6. Аналогично выполнено соединение локтевого звена 3 с его приводом (на листе 61 не показан). Контроль положения звеньев руки манипулятора осуществляется с помощью бесконтактных путевых датчиков 4 и 7, установленных на соответствующих осях поворота. На этих же осях и оси 8 в подшипниках установлены звездочки 10, 11 и 12 прями-тельного механизма для компенсации угла качания звеньев руки 2 и 3.

Механизмы электрогидравлических приводов качания плечевого и локтевого звена руки выполнены в виде унифицированных узлов, конструкция которых показана на листе 32.

Механизм кисти руки (однозахватной головки), конструкция которого в различных вариантах исполнения показана на листе 62, включает в себя гидроцилиндр поворота 1, связанный с помощью рейки 2 и зубчатой передачи 4 (исполнение 1) или непосредственно со шпинделем 7 (исполнение 2). Гидроцилиндр 1 осуществляет таким образом поворот схвата на угол 180°, который ограничивается упорами 8. С помощью гидроцилиндра 5 осуществляется зажим и разжим схвата, который устанавливается в шпинделе 7 и крепится с помощью штока 6. Управление циклом поворота кисти (исполнение 1) и зажима схвата осуществляется при помощи путевых переключателей командоаппарата 3.

Управление поворотом кисти руки (исполнение 2) осуществляется специальным следящим гидрозолотником 9, шток которого при помощи рычага с роликом 10 взаимодействует со сменным копиром 11, закрепленным на нижнем фланце шпинделя 7. В исполнении 1 среднее угловое положение схвата фиксируется упором 12.

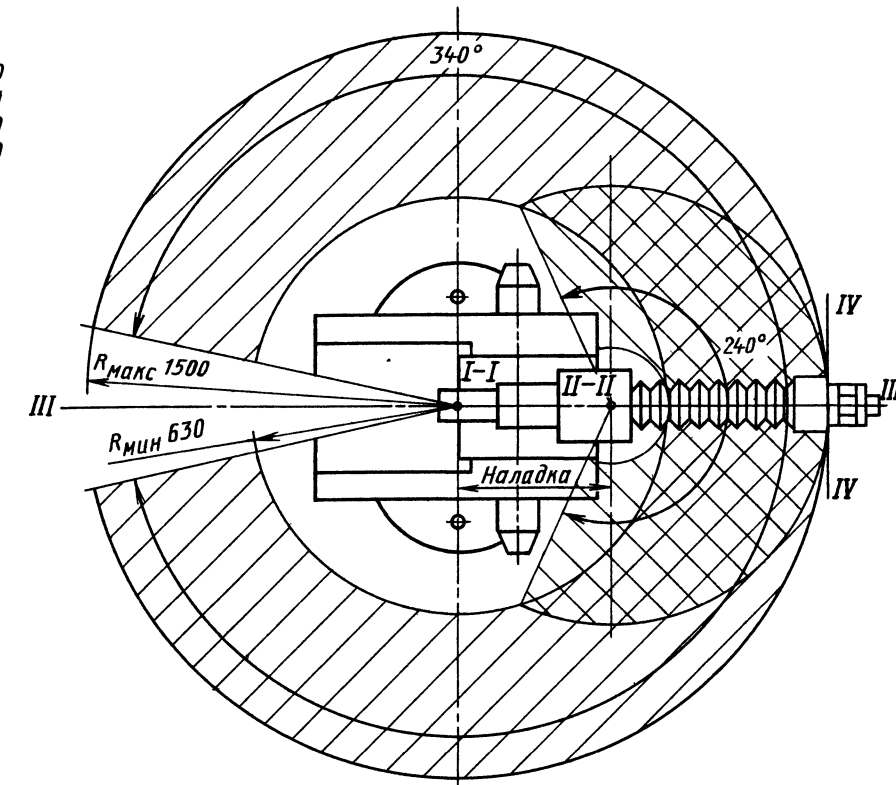
Манипулятор оснащается сменными захватными устройствами унифицированной конструкции, которые показаны на листах 35 и 36.



Техническая характеристика

1. Грузоподъемность, кг 5
2. Число степеней подвижности 6
3. Наибольшая величина перемещения:
 вокруг вертикальной оси I-I, град. 340
 вдоль оси I-I, мм 400
 вдоль горизонтальной оси III-III, мм 630
 вокруг вертикальной оси II-II, град. 240
 вокруг оси III-III, град. 180
 вокруг оси IV-IV, град. 180
4. Наибольшая скорость:
 вокруг оси I-I поворота, град/с 84
 вертикального хода руки, вдоль
 оси I-I, м/с 0,27
 выдвижения руки вдоль оси III-III,
 м/с 1,08
 поворота руки вокруг оси II-II,
 град/с 132
5. Точность позиционирования, мм ±1
6. Масса (вместе с устройством управления), кг 690

Схема рабочей зоны манипулятора



Установочная схема ПР

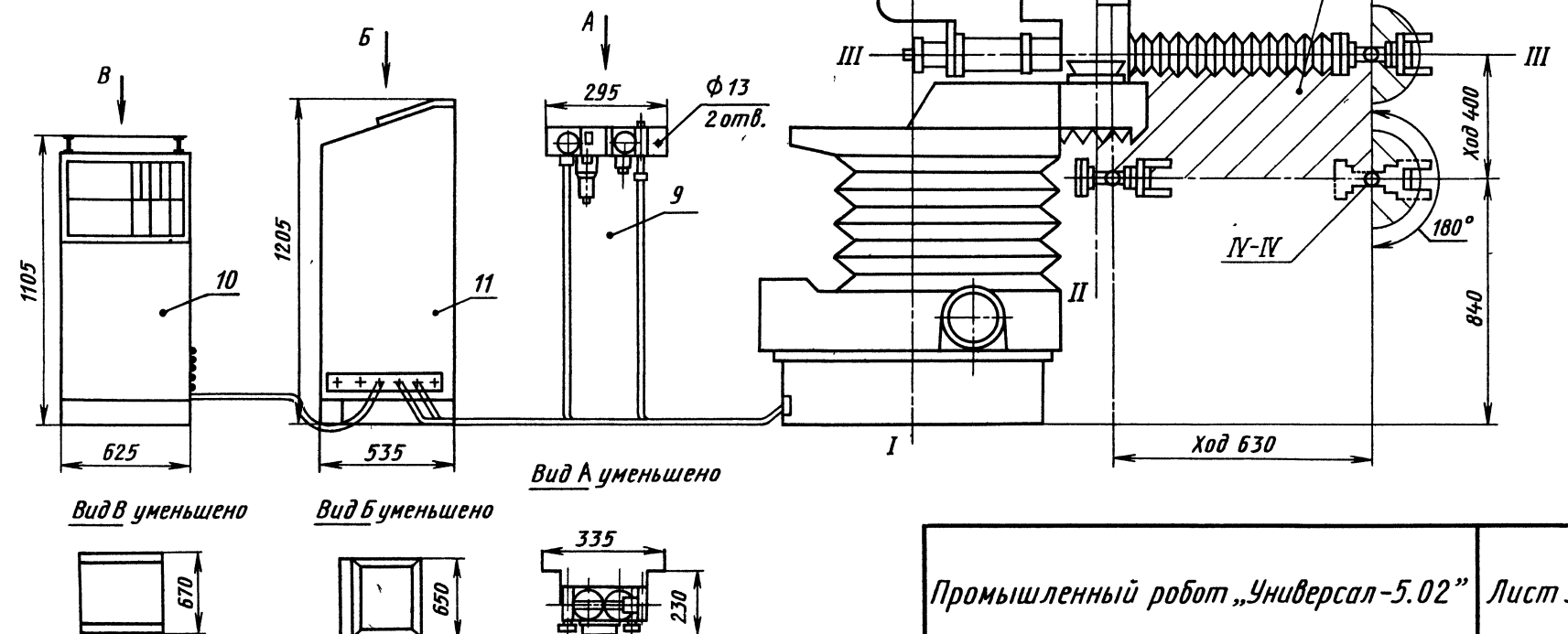
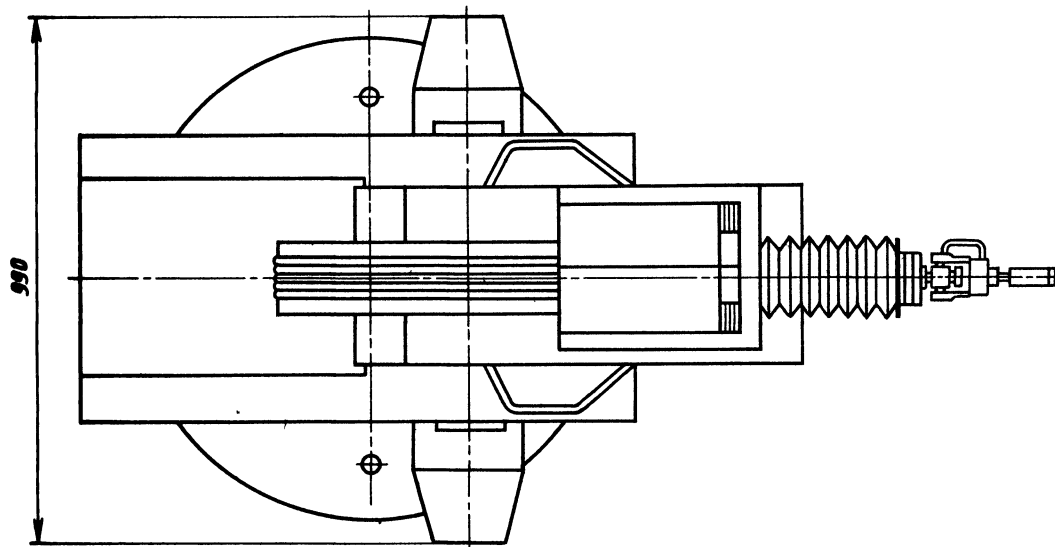
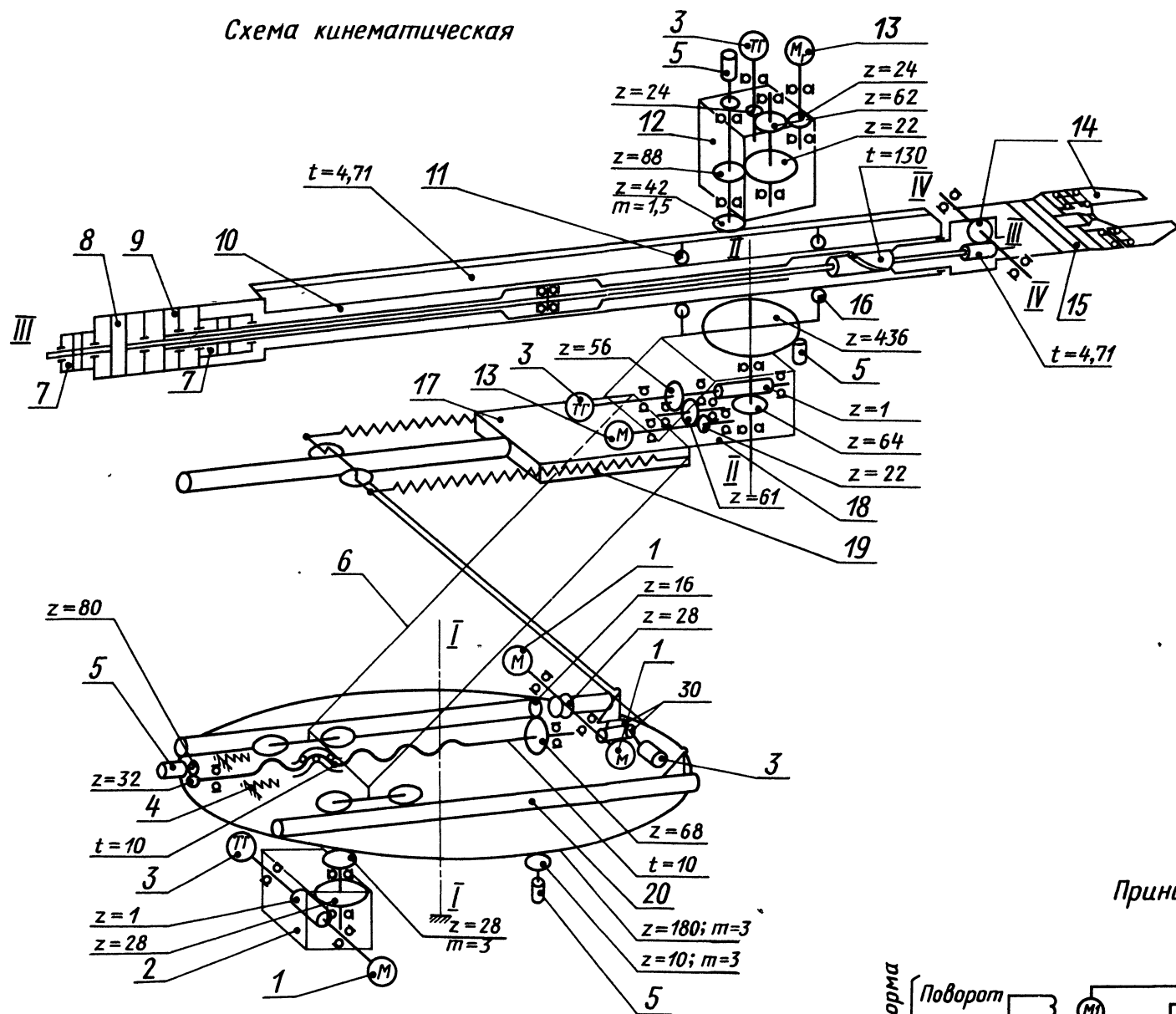


Схема кинематическая

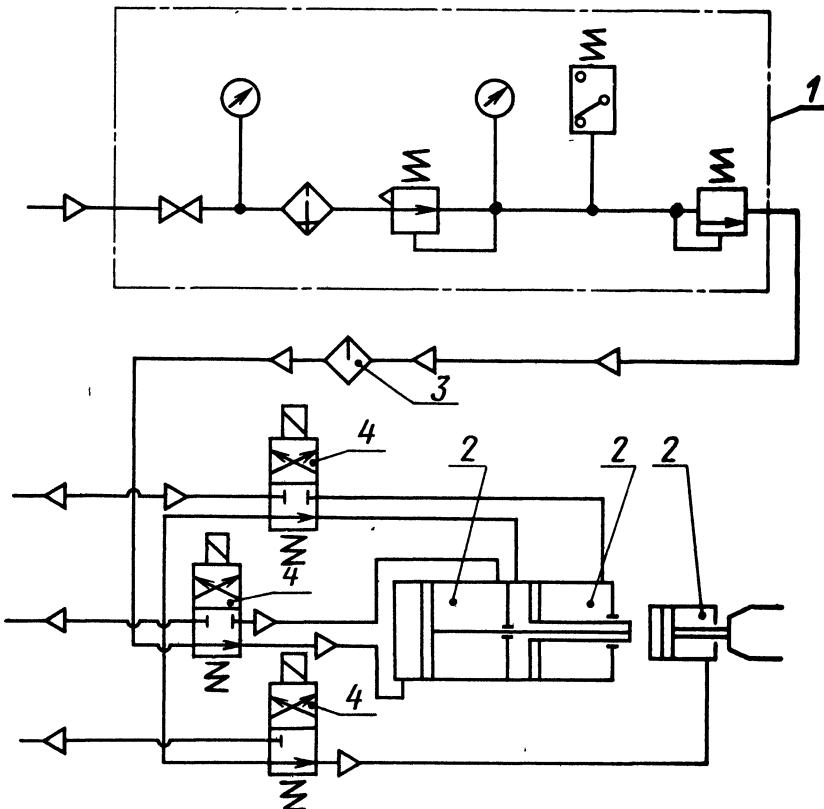


Степень подвижности	Двигатель				Передаточное число редуктора	Передаточное число привода датчика типа ППМЛ	Наибольшая частота вращения датчика ППМЛ, мин ⁻¹
	Тип	Мощность Р, Вт	Частота вращения n, мин ⁻¹	Крутящий момент Тн, Нм			
Поворот платформы вокруг оси I-I	СЛ-661	230	2400...2750	0,925	180	18	18
Перемещение руки по вертикали	СЛ-661	230	2400...2750	0,925	4,25	2,5	12
Поворот руки вокруг оси II-II	СЛ-569	160	3300...4000	0,475	163	10,8	3,61
Перемещение руки вдоль оси III-III	СЛ-569	160	3300...4000	0,475	10,32	1	3,6

Примечание.
Поворот кисти руки вокруг оси III-III, качание кисти руки вокруг оси IV-IV, зажим и разжим губок схвата осуществляются пневмоцилиндрами с d=70мм

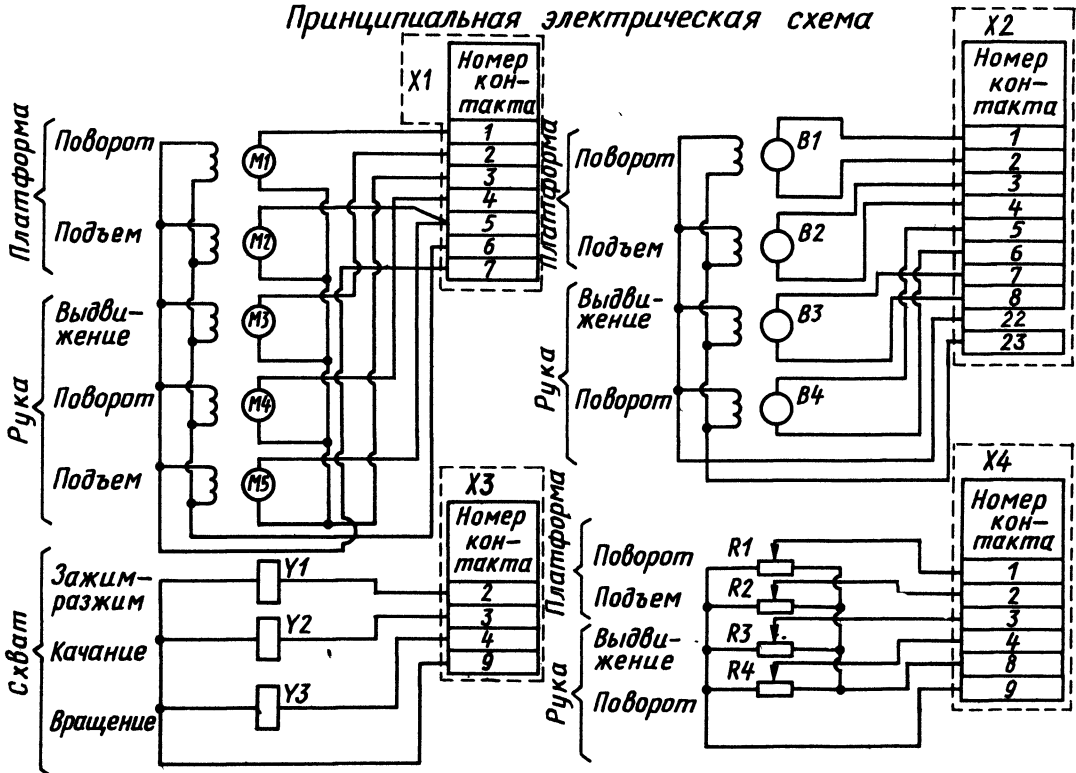
Поз.	Наименование	Кол.
1	Электродвигатель	3
2	Механизм поворота	1
3	Тахогенератор	4
4	Пружина сжатия	2
5	Датчик положения	4
6	Механизм подъема	1
7	Гидродемпфер	2
8	Пневмоцилиндр качания кисти руки	1
9	Пневмоцилиндр вращения кисти руки	1
10	Рука манипулятора	1
11	Ролик нажимной	2
12	Механизм выдвижения руки	1
13	Электродвигатель	2
14	Схват	1
15	Пневмоцилиндр схвата	1
16	Ролик опорный	2
17	Платформа	1
18	Механизм поворота руки	1
19	Пружина растяжения	2
20	Направляющая	2

Принципиальная пневматическая схема



Поз.	Наименование	Кол.
1	Блок пневматический	1
2	Пневмоцилиндр	3
3	Маслораспылитель	1
4	Воздухораспределитель	3

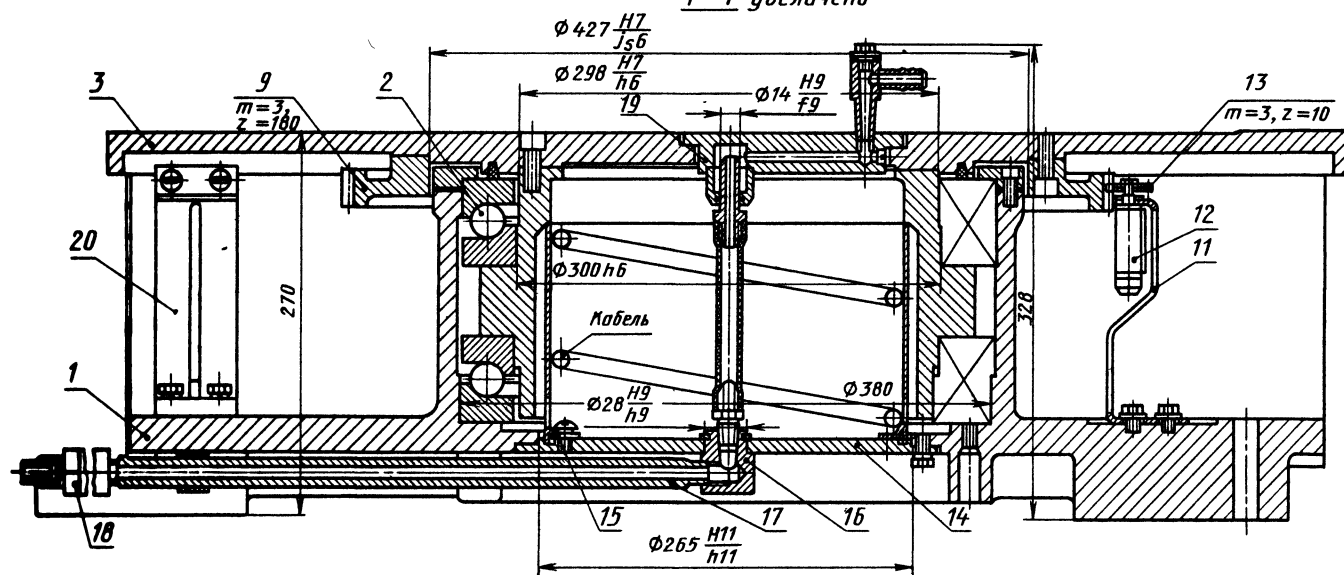
Принципиальная электрическая схема



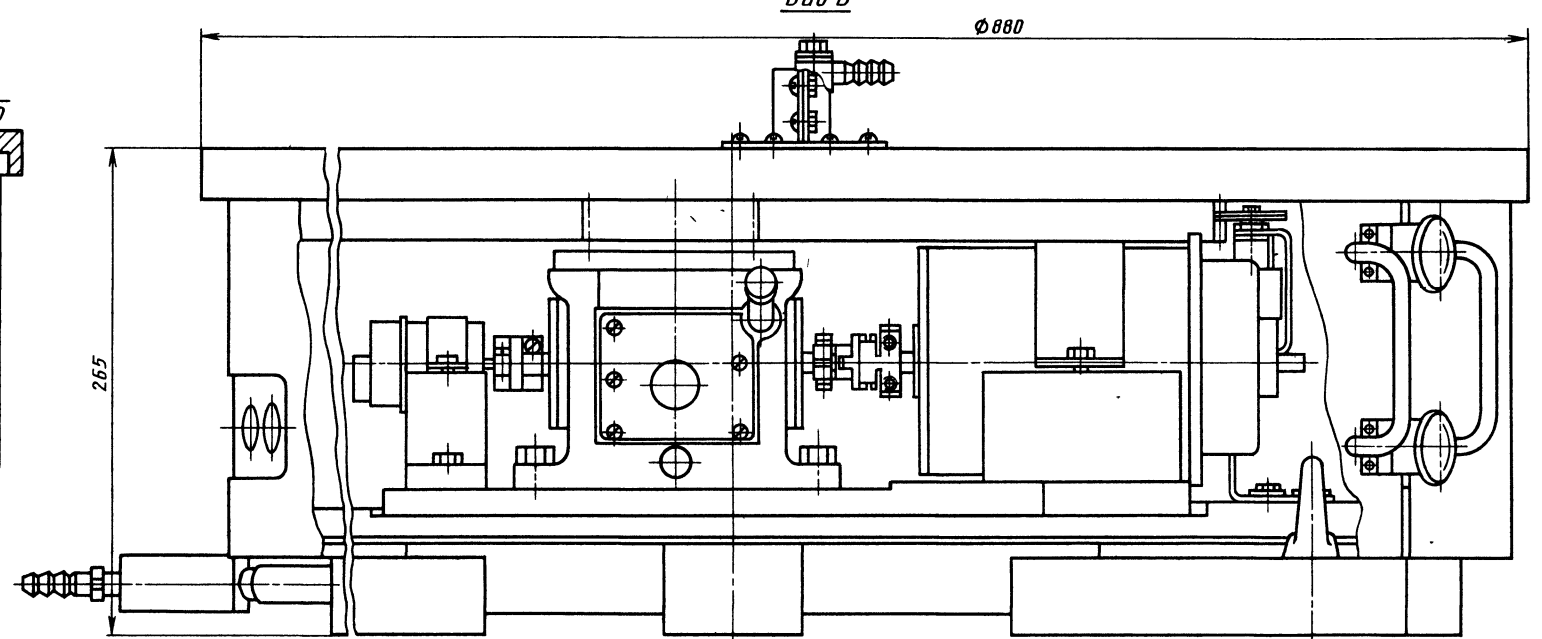
Позиционное обозначение	Наименование	Кол.
R1...R3	Потенциометр прецизионный ППМЛ	4
Y1...Y3	Электромагнит	3
M1, M2, M5	Электродвигатель постоянного тока СЛ-661М	3
M3, M4	Электродвигатель постоянного тока СЛ-569М	2
B1, B4	Тахогенератор постоянного тока СЛ-121	4
X1, X2, X3, X4	Вилка	2

Принципиальные схемы ПР
„Универсал-5.02“

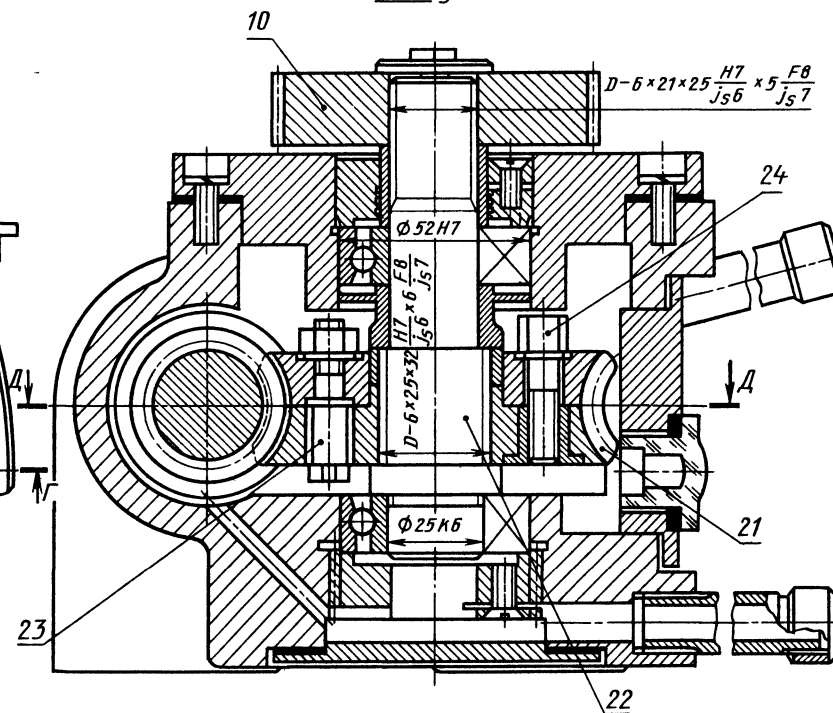
Г-Г увеличено



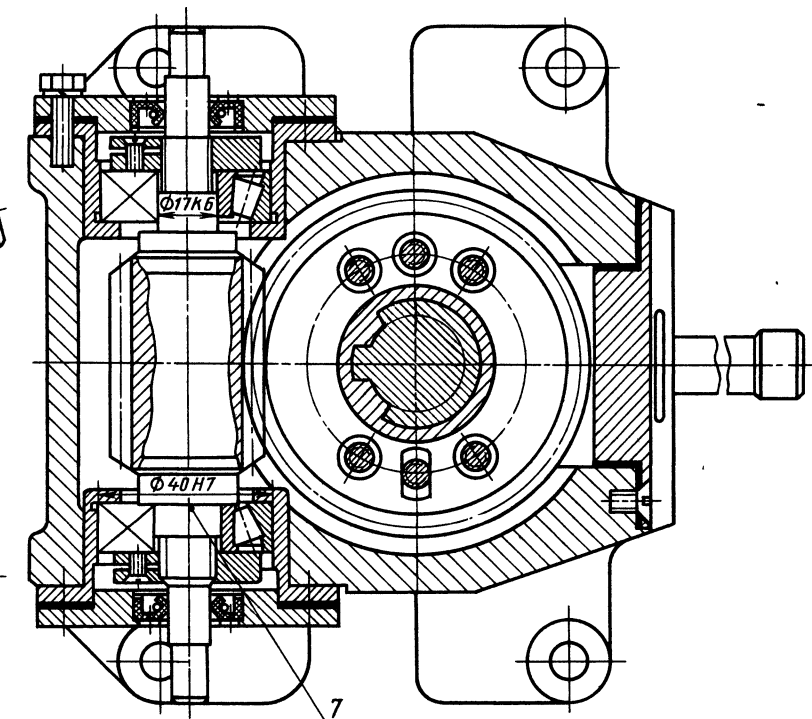
Вид В



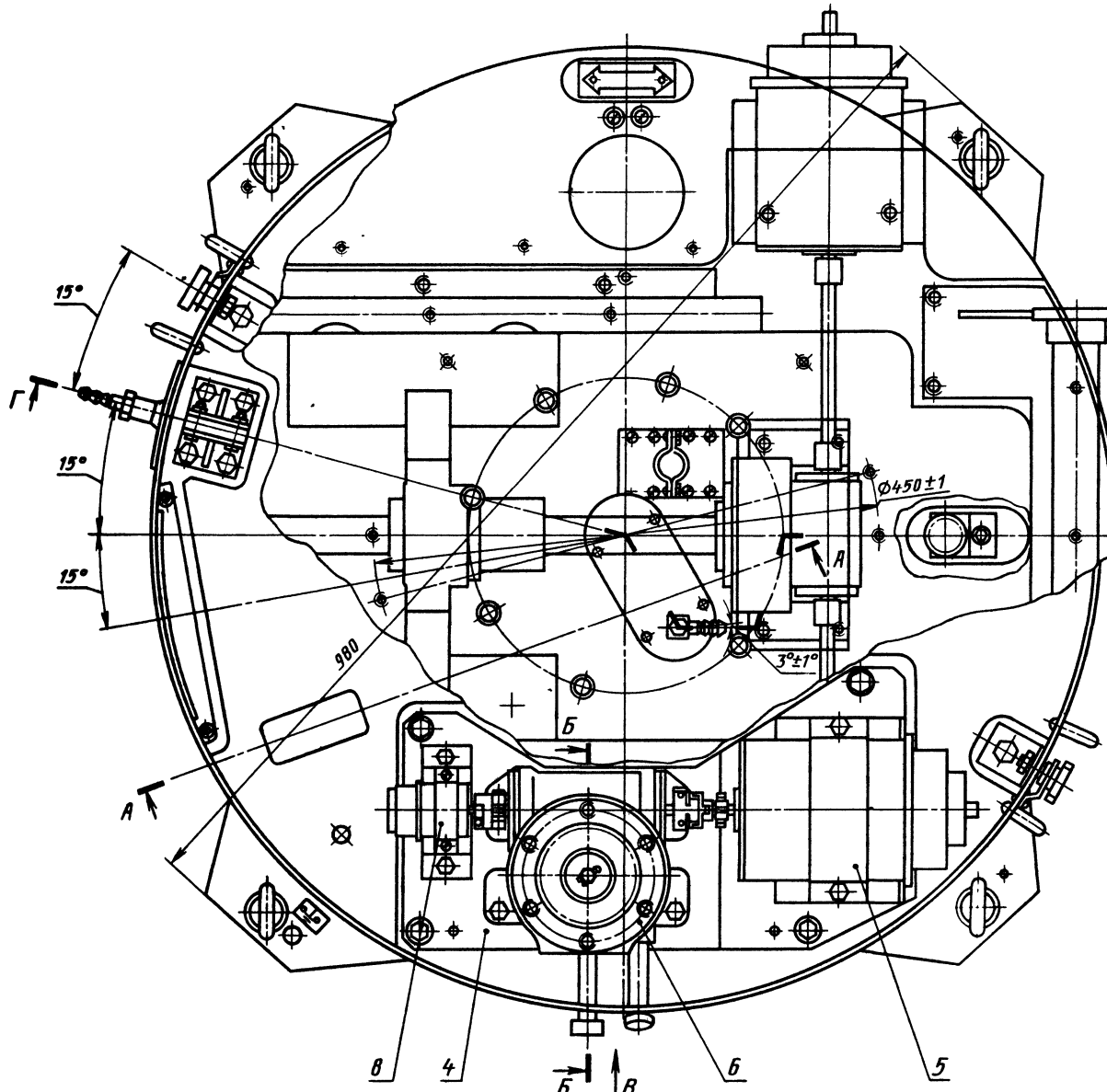
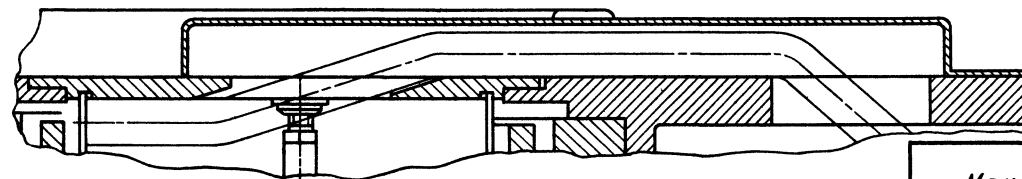
Б-Б увеличено



Д-Д увеличено

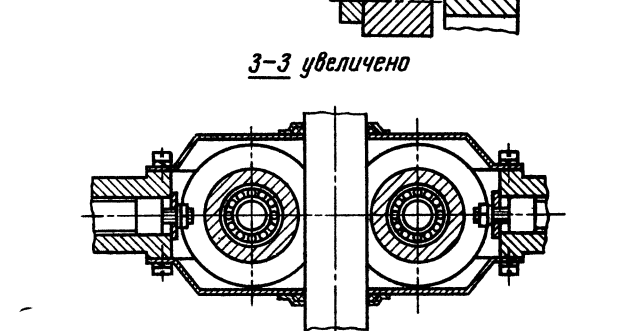
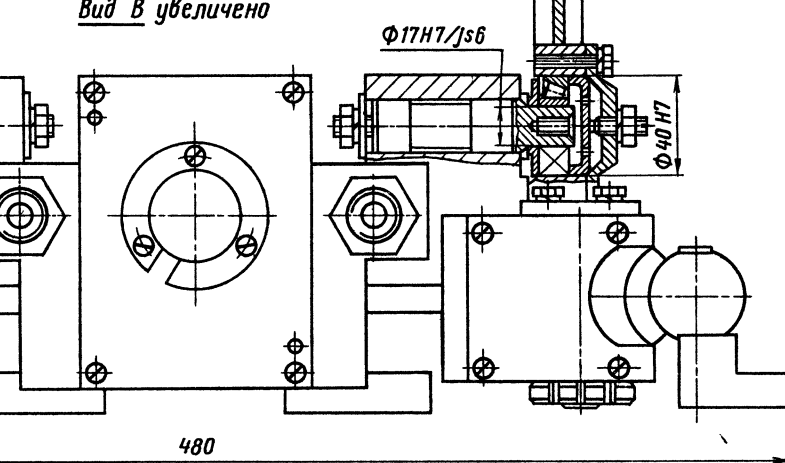
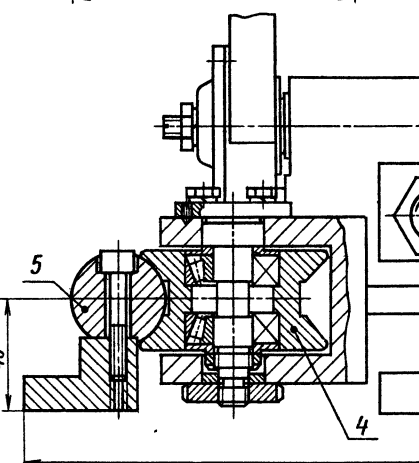
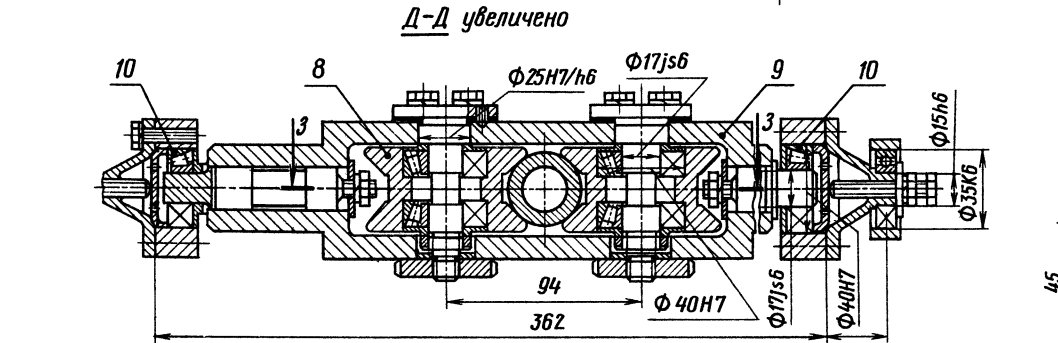
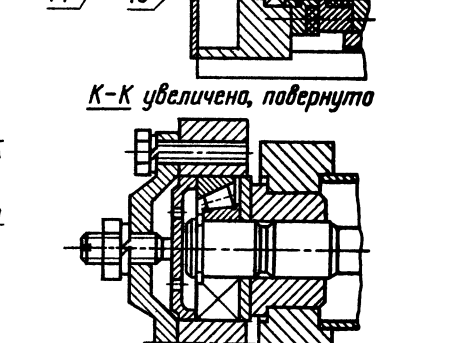
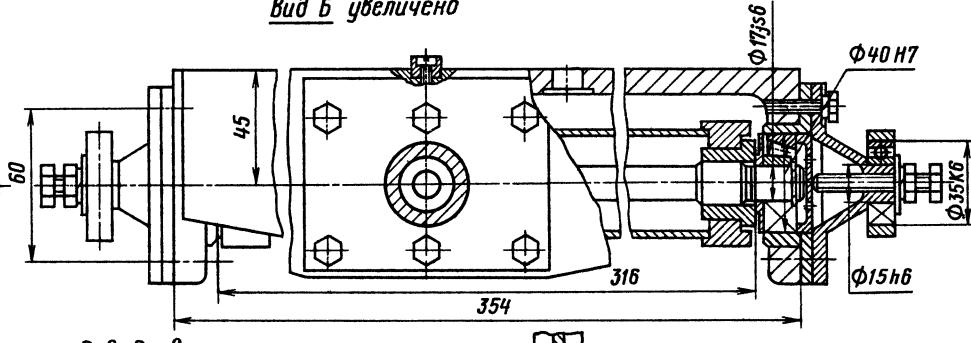
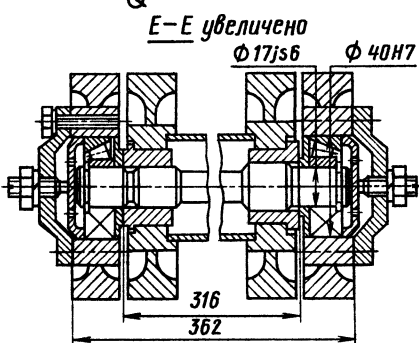
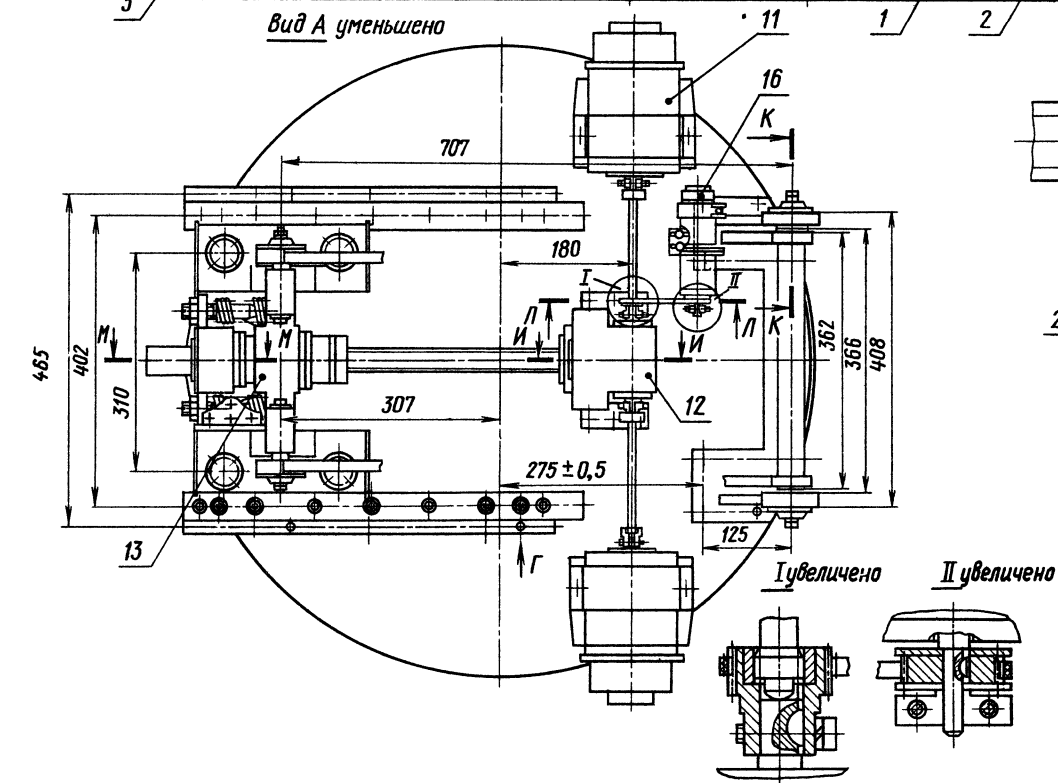
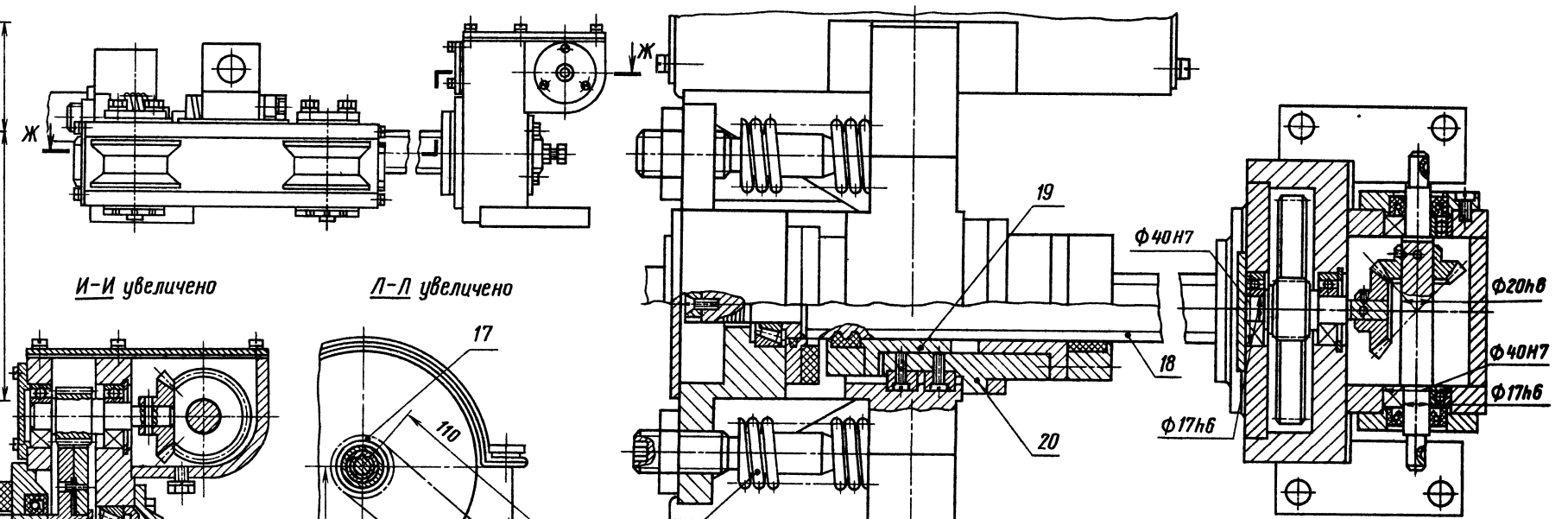


А-А увеличено, повернуто

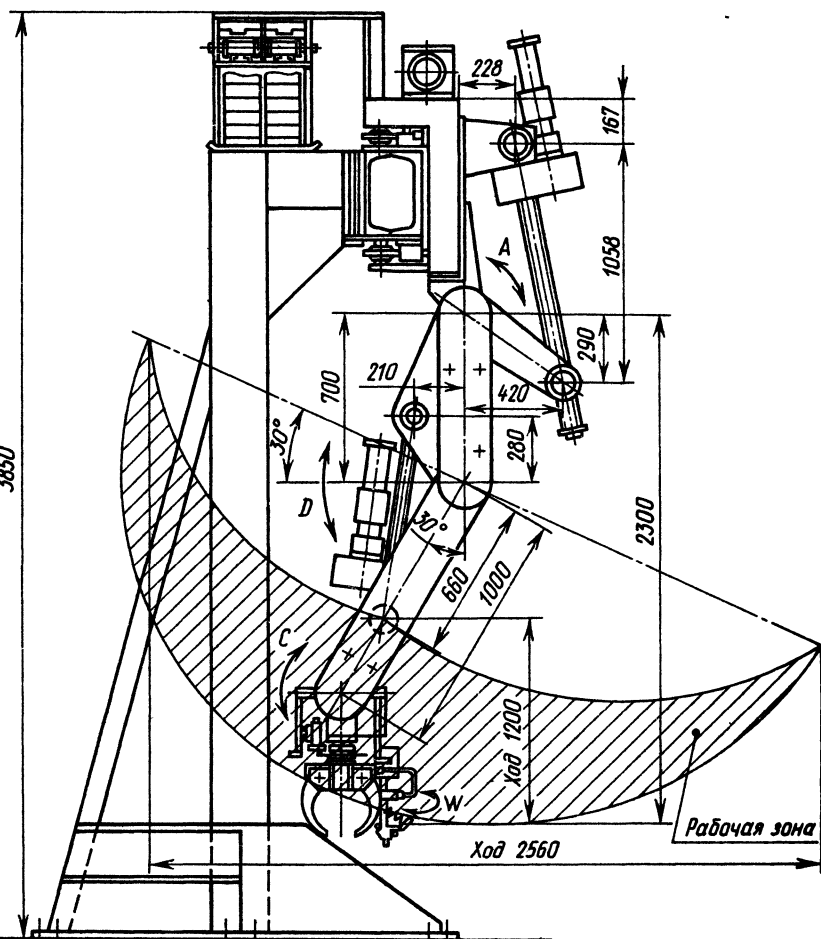
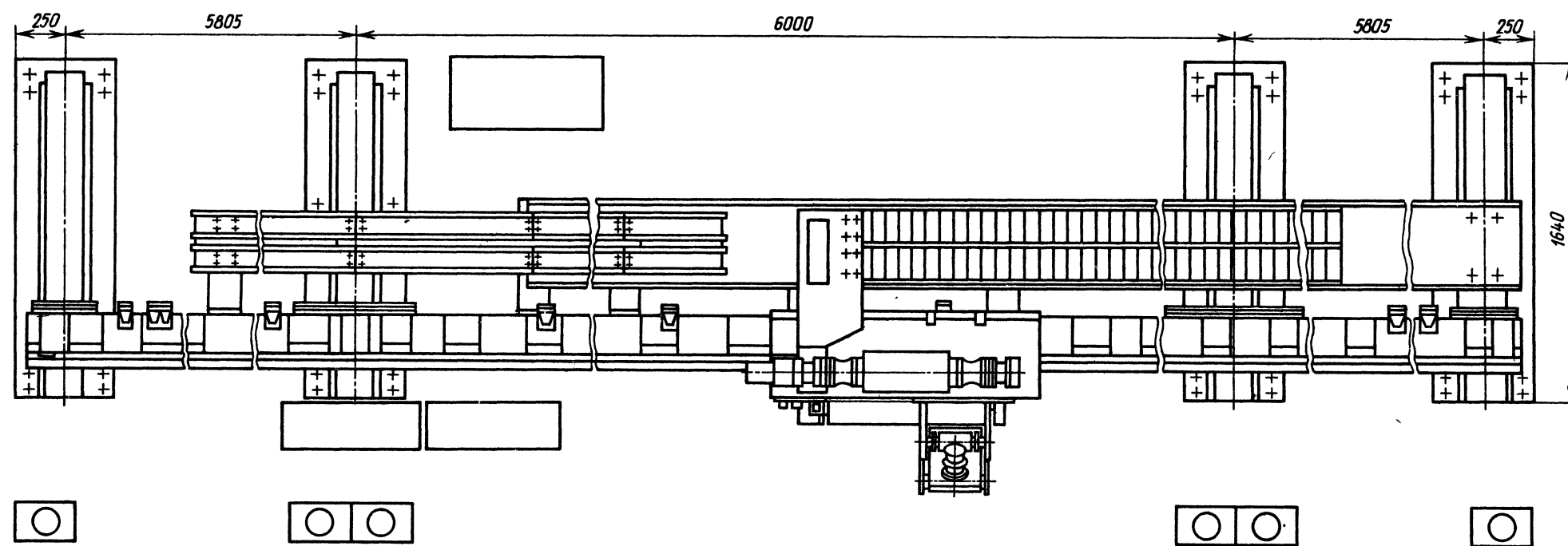
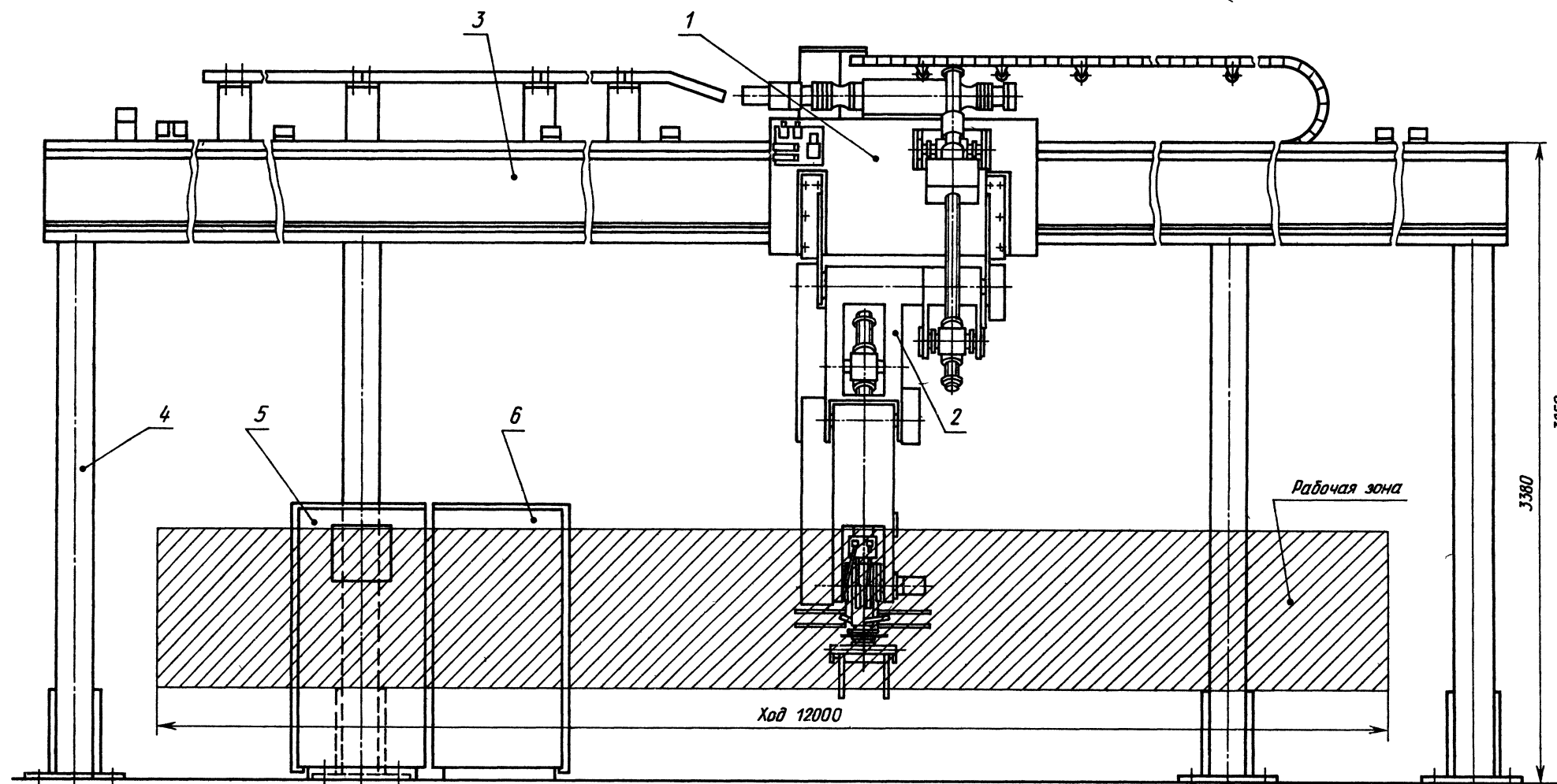


Механизм поворота манипулятора
„Универсал-5.02”

Лист 56



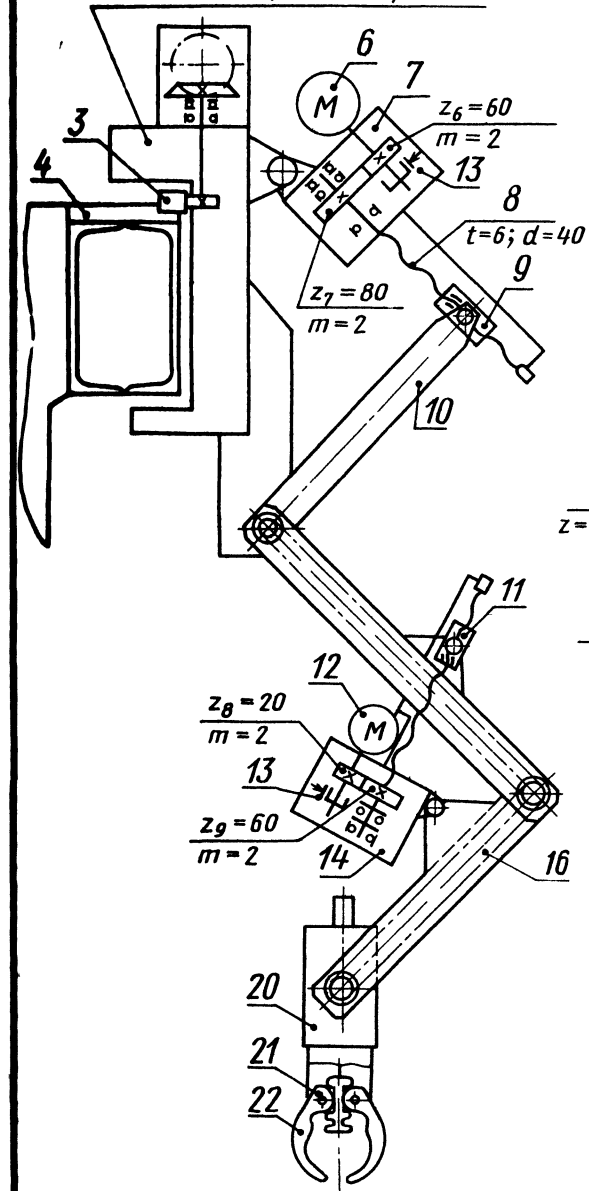
Механизм подъема манипулятора
ПР „Универсал-5.02“



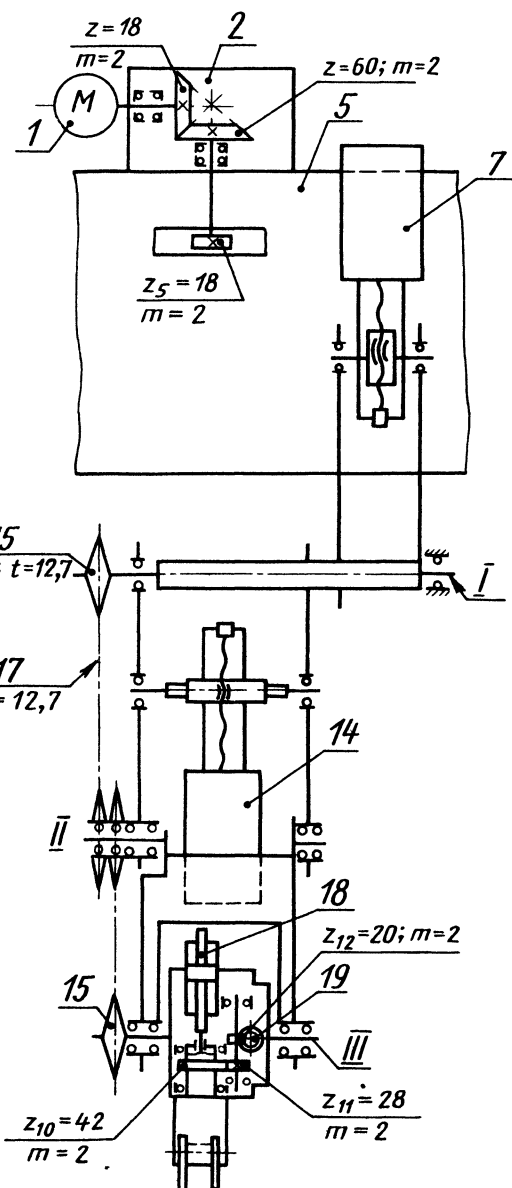
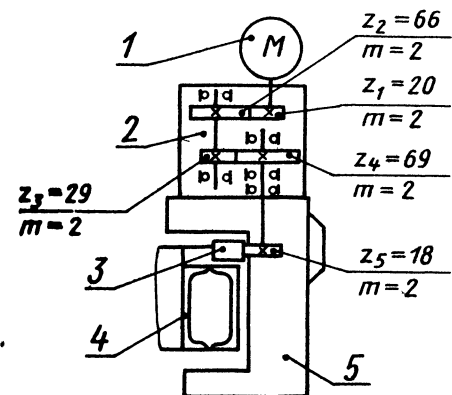
Техническая характеристика

1. Грузоподъемность, кг	160
2. Число степеней подвижности	4
3. Перемещения:	
продольное каретки, мм	12000
горизонтальное руки, мм	2560
вертикальное руки, мм	1200
качание звеньев руки в вертикальной плоскости, град	90
поворот кисти руки вокруг продольной оси, град	180
4. Скорости:	
перемещение каретки, м/с	1,2
горизонтальное перемещение руки, м/с	1,8
качание звеньев руки, град/с	30
поворот кисти руки, град/с	90
5. Погрешность позиционирования, мм	±0,5
6. Число захватных устройств	1
7. Масса манипулятора, кг	6500

Исполнение 1 привода каретки



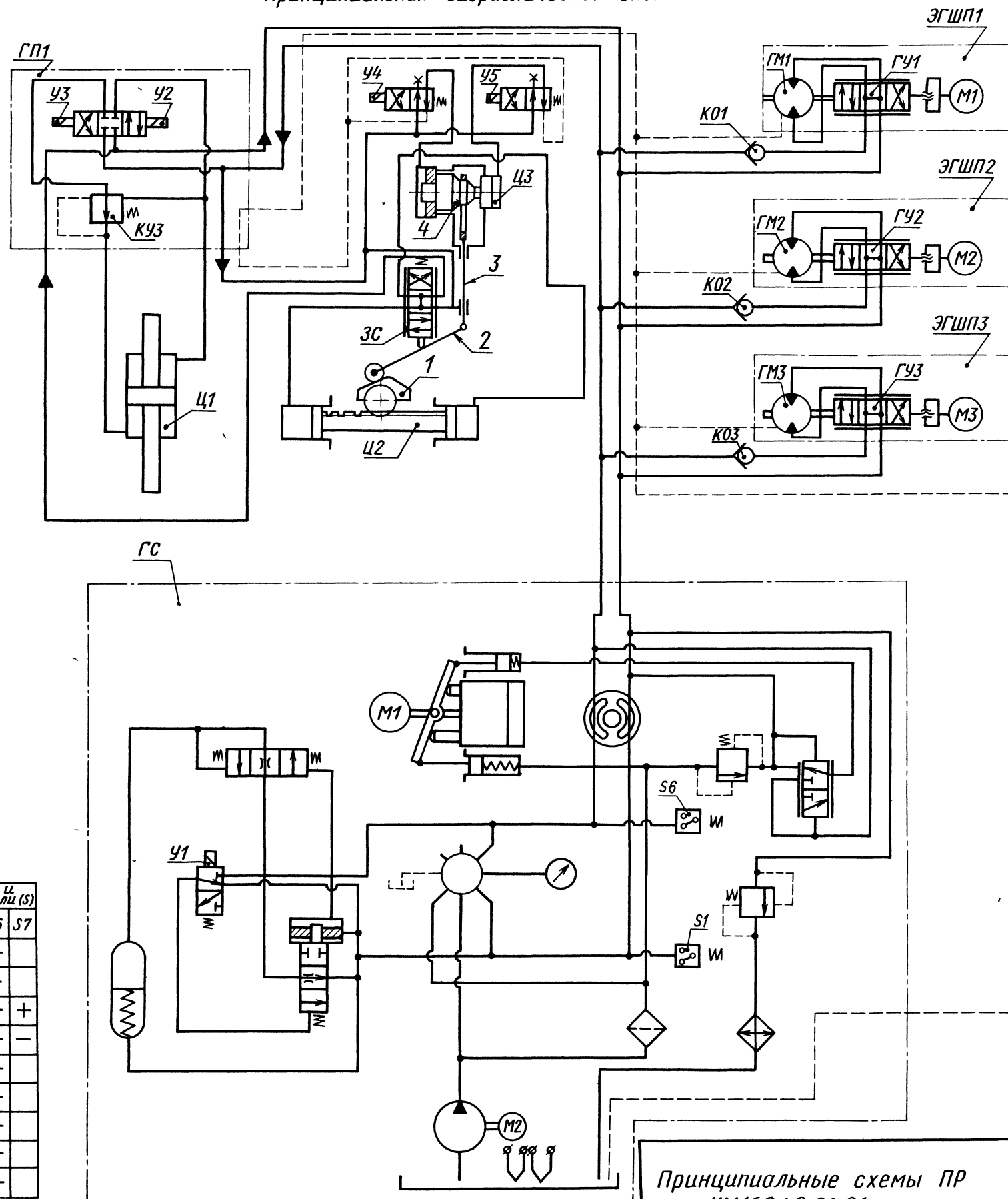
Исполнение 2 привода каретки

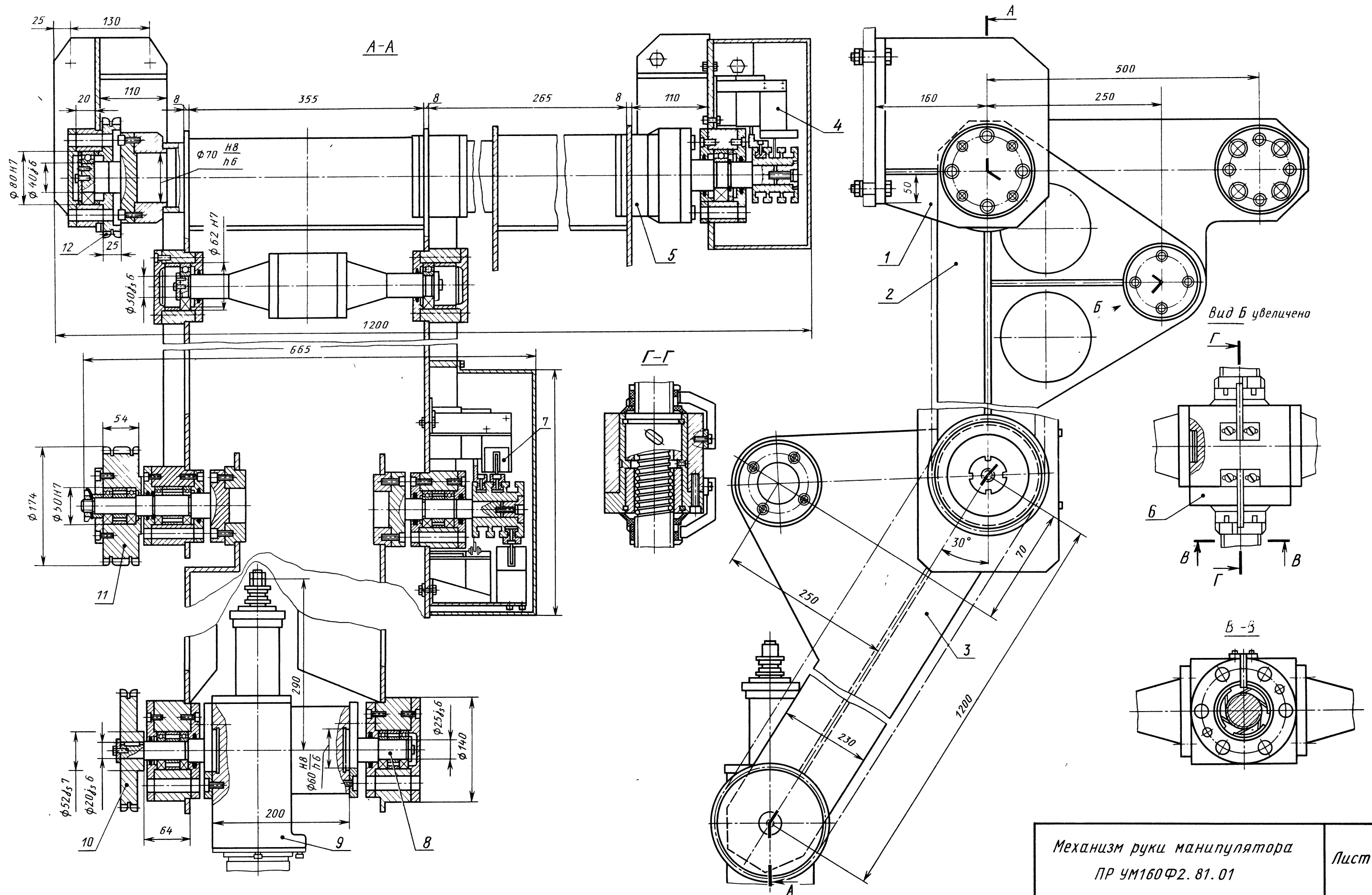


Состояние электромагнитов и путевых переключателей в гидросхеме

Объект управления	Этапы цикла	Электромагниты (Y) и путевые переключатели (S)							
		Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	S1	S6	S7
Гидростанция (ГС)	Пуск	-	-	-	-	-	-	-	-
	Работа	+	-	-	-	-	+	+	-
Привод схватов (Ц1)	Зажим	+	+	-	-	-	+	+	+
	Разжим	+	-	+	-	-	+	+	-
	Стоп	+	-	-	-	-	+	+	-
Привод поворота кисти (Ц2)	Вправо	+	-	-	-	+	+	+	-
	Влево	+	-	-	+	-	+	+	-
	В среднее положение	+	-	-	+	+	+	+	-
	Стоп в заданном положении	+	-	-	-	-	+	+	-

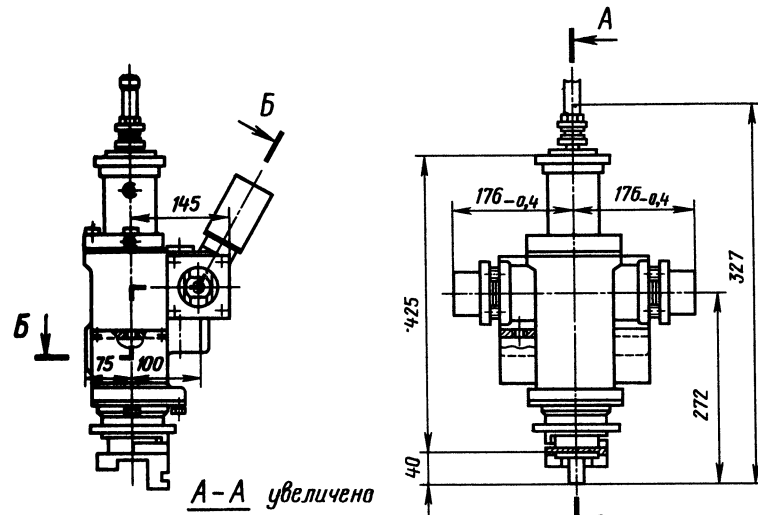
Примечание. включено — "+"; выключено — "-"





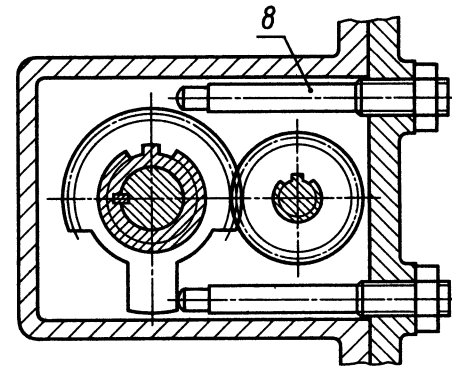
Исполнение 1

E-E

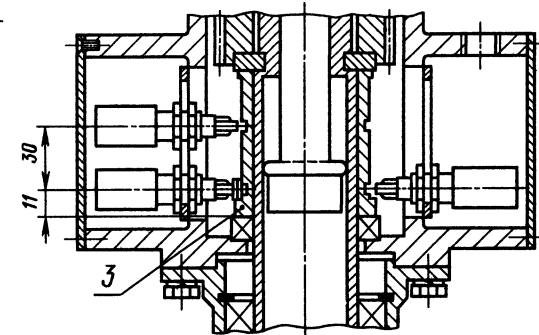


A-A увеличено

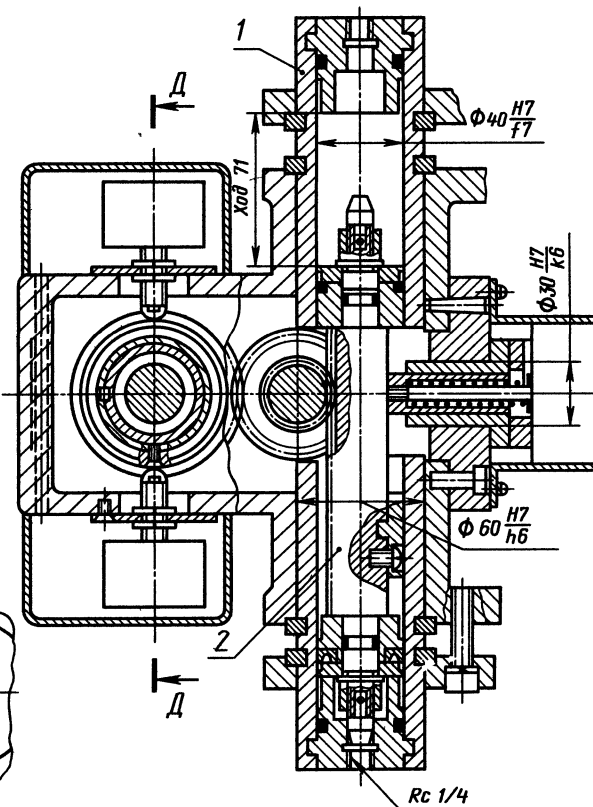
Г-Г уменьшено



Д-Д повернуто

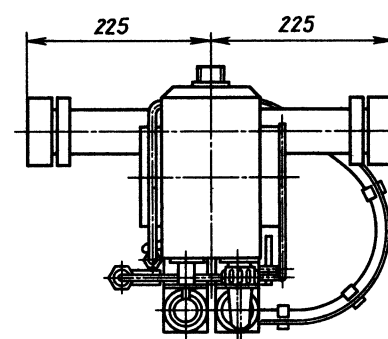


Б-Б увеличено

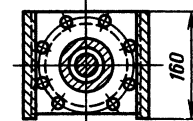


Rc 1/4

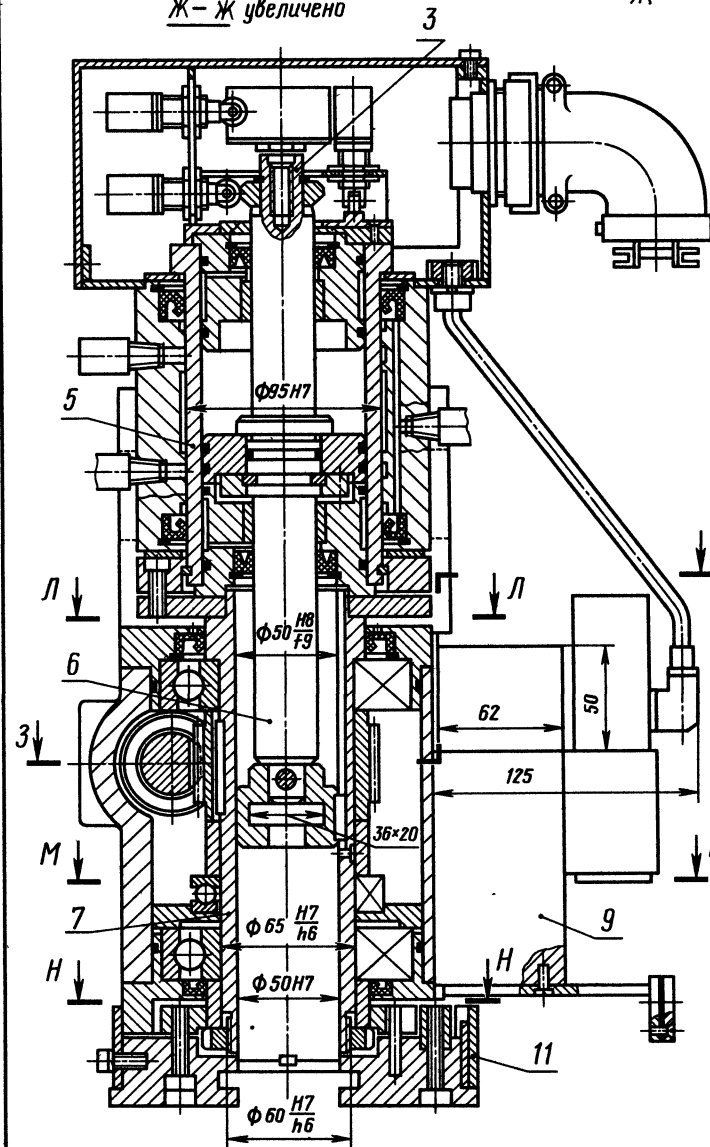
Вид Р



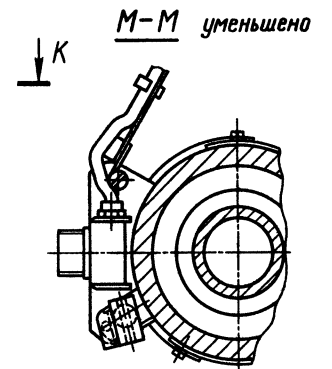
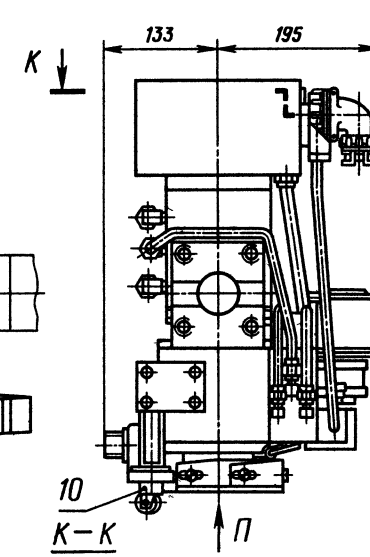
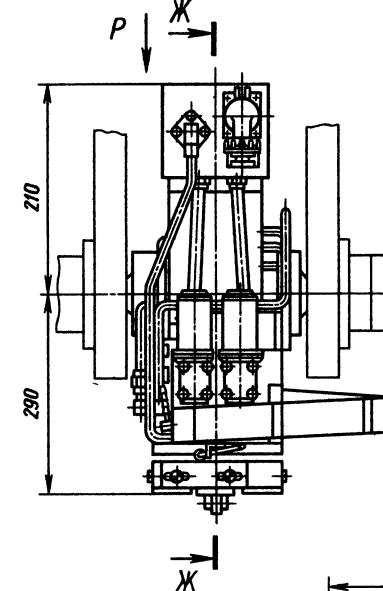
Л-Л уменьшено, повернуто



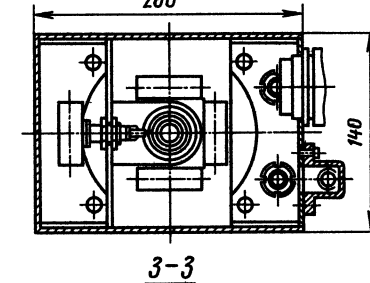
Ж-Ж увеличено



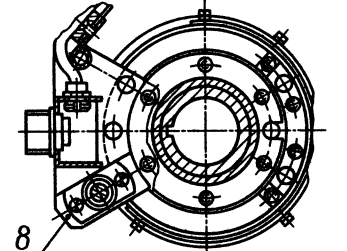
Исполнение 2



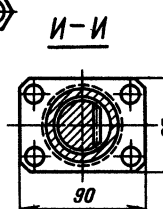
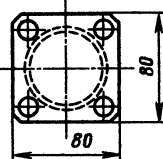
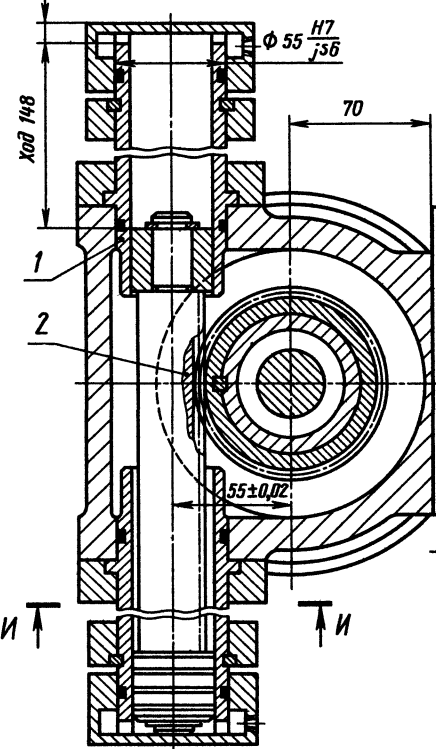
Н-Н уменьшено



3-3



Вид П



Механизмы кисти руки ПР
УМ 160 Ф2.81.01

Лист 62

6. СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫЕ (ЦЕЛЕВЫЕ) ПРОМЫШЛЕННЫЕ РОБОТЫ

6.1. ПРОМЫШЛЕННЫЕ РОБОТЫ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ШТАМПОВОЧНОГО ПРОИЗВОДСТВА

6.1.1. Промышленные роботы типа «Циклон-5»

Промышленные роботы типа «Циклон-5» предназначены для автоматизации процессов холодной штамповки в условиях серийного и мелкосерийного производств, а также для загрузки и разгрузки технологического оборудования, межстаночного транспортирования и межоперационного складирования в механических, заготовительных и других цехах.

Промышленный робот «Циклон-5» (лист 63) состоит из манипулятора 1 (исполнения 1 и 2) и устройства 2 циклового программного управления типа УЦМ-30.

Для установки манипулятора на требуемой высоте от уровня пола используются винтовые домкраты 3.

ПР «Циклон-5.02» (исполнение 3) дополнительно оснащен модулем сдвига, увеличивающим размер зоны обслуживания в горизонтальном направлении (лист 63).

Конструктивная и принципиальная гидропневматическая схемы ПР типа «Циклон-5» приведены на листе 64. При поступлении команды от устройства УЦМ-30 включаются в определенной последовательности электромагниты $У_1$, $У_2$, ..., $У_{22}$ воздухораспределителей. Воздухораспределители открывают доступ воздуху в пневмоцилиндры механизмов привода, и рука совершает движение. При установке руки в заданное положение срабатывают конечные выключатели S_1 , S_2 , ..., S_8 , контролирующие выполнение соответствующего перемещения и дающие разрешение на начало следующего движения. Поворот кисти руки, зажим-разжим схвата, а также установка упоров поворота в нужные точки контролируются не по перемещению, задаваемому конечными выключателями, а по времени. На выполнение этих движений отводится определенный интервал времени (0,2—1,8 с) с дискретностью задания 0,2 с.

Манипулятор является исполнительным механизмом ПР и включает в себя следующие основные сборочные единицы: 1) рука (или две руки); 2) механизм подъема и поворота рук; 3) пневмосистема.

Рука манипулятора выполнена в виде унифицированной конструкции, предназначенной для захвата, удержания и ориентации в пространстве заготовок, деталей или технологической оснастки массой до 5 кг (лист 65).

Для осуществления указанных выше операций механизм руки включает в себя приводы выдвижения и поворота кисти, а также захватное устройство (схват) с приводом зажима.

Захват и зажим объекта манипулирования производится губками 1, установленными на шарнирах в корпусе, который крепится к фланцу 4, сидящему на шлицевом хвостовике вала 3.

Размеры и конфигурации губок могут быть разнообразными в зависимости от формы и массы детали; в случае необходимости допускается замена всего схвата.

Зажим и разжим схвата осуществляется сжатым воздухом, который через штуцер 22 и отверстие во втулке 15 подводится во внутреннюю полость валов 17 и 3, а затем поступает в рабочую полость пневмоцилиндра 2. Под давлением воздуха шток-поршень пневмоцилиндра 2 перемещается влево и при помощи закрепленного на штоке валика и рычагов сжимает губки схвата. Разжим схвата происходит под действием пружины при выключении давления воздуха в пневмоцилиндре 2.

Привод поворота схвата состоит из двух пневмоцилиндров 23, расположенных на корпусе 14. При подаче сжатого воздуха в рабочую полость одного из цилиндров (например, левого) поршень 24 вместе с рейкой 26 движется вправо, приводя во вращение шестерню 27, валы 17 и 3. Полость правого цилиндра при этом сообщается с атмосферой.

Для поворота схвата в противоположную сторону сжатый воздух подается в правый цилиндр. Угол поворота схвата регулируется винтами-ограничителями 25.

Для обеспечения равномерной скорости поворота схвата имеется гидродемпфер 16, который крепится к корпусу 14. Лопасть 28 демпфера установлена на валу, кинематически связанном с валом 17. При повороте вала лопасть 28 выжимает масло из полости К в полость Л через дроссель 29, с помощью которого регулируется скорость поворота схвата.

Привод выдвижения руки представляет собой пневмоцилиндр, состоящий из трубы 10 с приваренными на концах фланцами 13 и 18. Внутри трубы размещен полый шток-поршень 11, на переднем конце которого закреплен схват. К фланцам крепятся два корпуса: 14 и 19.

В корпусе 19 запрессована бронзовая втулка 20, которая является направляющей штока 11. На штоке жестко закреплен хомут 5, к которому крепится штанга 6 с двумя упорами 7 и 12, предназначенными для ограничения хода штока. Передвигая упоры по штанге, можно регулировать ход руки. Положение упоров фиксируется винтами 21. Штанга 6 одновременно служит для удержания шток-поршня 11 от проворота относительно продольной оси руки.

Штоковая полость пневмоцилиндра 10 постоянно находится под давлением. Для выдвижения руки сжатый воздух подается в противоположную полость этого пневмоцилиндра: шток 11 вследствие разности эффективных площадей поршня начинает перемещаться влево вместе со штангой 6 и упорами 7, 12, осуществляя выдвижение руки до соприкосновения упора 12 в подпружиненный палец 8 датчика 9 положения.

Датчик выдает сигнал в систему управления о срабатывании механизма выдвижения. Для втягивания руки давление в бесштоковой полости сбрасывается, и поршень под действием давления воздуха в штоковой полости начинает движение назад.

Для увеличения скорости втягивания руки в магистрали подвода воздуха из сети устанавливается клапан быстрого сброса (поз. 26 на листе 64).

В корпусе 19 (лист 65) расположен сдвоенный гидродемпфер, который обеспечивает торможение руки при ее движении вперед или назад при подходе к точке позиционирования.

Движущаяся вместе со штоком рука воздействует на упоры: упор 12 (при выдвижении руки) или упор 7 (при обратном ходе), которые нажимают на выступающие штоки золотников 32, утапливая их в корпусе. Масло при движении золотника 32 вытесняется из полости М (или Н) через кольцевое отверстие, образованное коническим хвостовиком золотника и сверлением в корпусе. При перемещении золотника сечение отверстия уменьшается, плавно увеличивая сопротивление движению руки: происходит торможение руки. Эффективность (время) торможения можно регулировать дросселем. Масло, вытесненное при движении золотника 32, частично перетекает в полость К и перемещает поршень 30 в правую сторону, преодолевая давление постоянно подаваемого через штуцер 31 воздуха.

При обратном движении руки упор 12 (или 7) отходит от хвостовика золотника, и масло из полости К под действием давления воздуха в полости Л открывает обратные клапаны, перетекает в полость М (или Н) и возвращает золотник в исходное положение.

Механизм подъема и поворота предназначен для осуществления перемещения рук вдоль вертикальной оси манипулятора и поворота рук вокруг этой оси (лист 66).

Рука (или руки) крепятся на торце подвижного пневмоцилиндра 1, который является приводом подъема. В устройство подъема рук входит также шток 2 с поршнем 3, установленный на подшипниках 4 и 5 в корпусе 6 и неподвижно закрепленный на стойке станины клапан тормозной 7 с дросселем.

Для подъема руки сжатый воздух через сверления в крышке 8 и в штоке 2 подается в бесштоковую полость цилиндра 1. Верхнее положение цилиндра с закрепленными на нем руками определяется упором 9, который, упираясь в корпус тормозного клапана 7, препятствует дальнейшему перемещению цилиндра 1.

При подъеме рук упор 9 цилиндра подъема нажимает на шток 10 золотника, который, поднимаясь, вытесняет масло из полости Л в полость К через дроссель 11 и кольцевое отверстие переменного сечения. Эффективность торможения определяется временем перетекания масла и регулируется посредством дросселя 11. При этом дроссель настраивают так, чтобы обеспечивался безударный останов подвижного цилиндра в верхнем положении.

При опускании рук (при отходе упора 9) возврат штока-золотника 10 в исходное положение осуществляется сжатым воздухом, постоянно подаваемым из сети в полость И, отделенную от полости К поршнем 36. Для ускорения возврата золотника масло в полость Л перетекает через обратный клапан 12.

Интенсивность торможения при опускании рук регулируется дросселем 13. Плавность хода и регулировка скорости подъема и опускания рук осуществляется с помощью двух гидродемпферов 14. Корпус гидродемпферов крепится к стойке станины, а шток 15 соединен с кол-

лектором 16. При подъеме и опускании цилиндра 1 вместе со штоком 18 масло выжимается из полости М в полость Н через дроссель 17, с помощью которого регулируется скорость движения.

В нижнем положении цилиндра 1 поршень 3 упирается в заглушку 18. **В заданном положении** цилиндра срабатывает бесконтактный **путевой датчик 19**, в паз головки которого входят флажки 20, закрепленные на скалке 21. Датчик сигнализирует о выполнении заданного перемещения.

Устройство поворота (лист 66) состоит из двух малых 22 и двух больших 23 пневмоцилиндров. Штоки 24 поршней 25 выполнены в виде реек. В полости поршней находятся бесконтактные путевые датчики 26. **Передние концы штоков 24** служат плунжерами полостей гидроцилиндра 27 торможения при повороте руки. На штоках 28 больших гидроцилиндров 23 закреплены планки 29, которые, упираясь в регулируемые гайки-упоры 30, ограничивают перемещение этих штоков. Шток-рейки 24 зацепляются с шестерней 31, закрепленной на штоке 2. Передача вращающего момента со штока на подвижный цилиндр 1 осуществляется посредством скалки 32, которая укреплена на кронштейне 33, и приводит в движение водило 34, жестко связанное с подвижным цилиндром 1.

Для осуществления поворота рук сжатый воздух подается в бесштоковую полость одного из пневмоцилиндров 22: шток-рейка, перемещаясь под давлением воздуха до упора в шток 28, приводит во вращение шестерню 21 и связанный с ней подвижный цилиндр 1 с закрепленными на нем механическими руками.

Для уменьшения сопротивления при повороте сжатый воздух в пневмоцилиндры 22 подается через клапаны быстрого выпуска воздуха 35, принцип действия которых аналогичен описываемому выше.

Фиксация любых четырех точек в зоне обслуживания робота при повороте рук осуществляется путем последовательной подачи сжатого воздуха в соответствующие полости пневмоцилиндров 22 и 23.

Сжатый воздух для привода рук подается из воздухораспределителей по гибким трубкам в нижний коллектор 16, имеющий возможность только вертикального перемещения, и далее по каналам в подвижном цилиндре — в верхний коллектор (см. схему на листе 64).

6.1.2. Промышленные роботы

типа «Ритм-01»

Промышленные роботы типа «Ритм-01» предназначены для автоматизации технологических процессов в листоштамповочном и механосборочном производствах приборостроения. ПР данного типа выпускаются с манипуляторами трех исполнений, отличающихся друг от друга количеством рук, числом их степеней подвижности и наличием механизма поперечного сдвига.

На листе 67 показана конструкция манипулятора ПР «Ритм-01.01», имеющего две руки. Общее число степеней подвижности манипулятора — 6: движения подъема, поперечного сдвига, поворота рук в горизонтальной плоскости, осевого перемещения и поворота кисти руки со схватом относительно продольной оси.

В ПР «Ритм-01.02» руки имеют разное исполнение: правая — двухстепенная (движения вдоль оси и поворота кисти относительно этой оси), левая — одностепенная (только осевое движение). ПР «Ритм-01.03» имеет однорукий манипулятор с двумя степенями подвижности, без механизма сдвига.

ПР типа «Ритм-01» могут быть как стационарного, так и передвижного (на тележке) исполнений.

Манипуляторы ПР типа «Ритм-01» имеют унифицированную конструкцию, состоящую из следующих сборочных единиц: рук 1 (однорук или двухстепенная); механизма сдвига 2; механизма поворота и подъема 3; основания 4; гибких трубопроводов 5; пневмоблоков 6; механизмов установочных перемещений 7; устройства циклового программного

управления (на листе 67 не показано), соединенное с манипулятором при помощи кабеля.

Программа для цикла движений манипулятора задается на пульте управления. При поступлении команд с устройства циклового программного управления (ЦПУ) включаются электромагниты соответствующих пневмораспределителей, которые открывают доступ воздуху в пневмоцилиндры исполнительных механизмов: манипулятор совершает определенные движения. При достижении схватом руки заданного положения путевые бесконтактные датчики (герконовые переключатели) формируют электрические сигналы, поступающие в устройство ЦПУ, которое выдает команду на выполнение очередного этапа цикла движения. Момент отработки команд на поворот кисти руки и зажим-разжим схвата фиксируется по окончании заданных выдержек времени в интервале 0,1—0,9 с (с дискретностью 0,1 с), формируемых в блоке управления ЦПУ. Кроме того, возможно формирование временных интервалов от 1 до 9 с (с дискретностью 1 с) между отдельными этапами цикла движения манипулятора.

Принципиальные схемы ПР типа «Ритм-01» — конструктивные (для различных исполнений) и пневматическая показаны на листе 68.

Механизм руки манипулятора унифицирован для вариантов исполнения: с одной (лист 69) или двумя (лист 70) степенями подвижности.

Механическая одностепенная рука (см. лист 69) имеет только один механизм привода выдвижения кисти, а также устройства для установки схвата при наладке в следующие положения: I — параллельно продольной оси руки и соосно с ней; II — параллельно продольной оси руки и под ней; III — перпендикулярно продольной оси руки.

Захватный механизм включает в себя пневмоцилиндр 1 с подпружиненным шток-поршнем 2 и систему рычагов 3, на которых устанавливаются сменные губки.

Схват крепится на переднем фланце кисти 4, выполненной в виде шарнирного параллелограмма, который фиксируется в определенных положениях гайками. Для зажима губок схвата сжатый воздух подается в поршневую полость пневмоцилиндра 1 через штуцер 5 и далее по гибкому трубопроводу 6, проходящему внутри полой скалки 7 с фланцами для крепления кисти 4 и крышки 8. Разжим губок схвата осуществляется при помощи пружины 9, которая при соединении поршневой полости пневмоцилиндра 1 с атмосферой отводит шток-поршень 2 вправо. При этом пружины 10 возвращают рычаги 3 в исходное положение.

Механизм выдвижения кисти руки состоит из пневмоцилиндра 11, корпуса 12 с шариковыми обоймами 13 и несущей полой скалки 7, с которой жестко связана кисть со схватом. Шток пневмоцилиндра 11 связан со скалкой при помощи поперечной планки 14. Для выдвижения кисти руки сжатый воздух подается в поршневую полость цилиндра, и шток, выдвигаясь, перемещает скалку в шариковых обоймах корпуса. Обратный ход кисти со схватом осуществляется при подаче воздуха в штоковую полость пневмоцилиндра 11. Для регулирования величины хода выдвижения на скалке 7 крепится упор 15.

Для безударного останова в обеих точках позиционирования предусмотрен гидродемпфер 16 двустороннего действия. В гидродемпфере две полости со шток-поршнями 17 заполнены маслом и сообщаются между собой через дроссель, которым производится настройка интенсивности (времени) торможения. При выдвижении руки упор 15 в конце хода взаимодействует со штоком-поршнем 17, утапливая его в корпус 16 гидродемпфера. Торможение происходит за счет медленного перетекания масла из одной полости гидродемпфера в другую. В конце хода корпус 16 соприкасается с упором, при этом правый шток-поршень гидродемпфера полностью утоплен, а левый шток-поршень выдвинут из корпуса. При обратном ходе руки с левым штоком-поршнем взаимодействует планка 14. На пневмодемпфере установлены два датчика положения 18 для отсчета обеих точек позиционирования.

Вместо механического захватного устройства на манипуляторе ПР может быть установлен пневматический схват, который также монтируется на переднем фланце кисти руки.

Внутри корпуса пневмосхвата размещается эжектор 19 для создания разрежения под вакуумной присоской 20. Для захвата детали к

эжектору подается сжатый воздух через ту же магистраль, что и к механическому схвату. Для сброса детали подводящая пневмомагистраль соединяется с атмосферой.

Механическая рука с двумя степенями подвижности состоит из схвата (механического или пневматического) и двух механизмов приводов: поворота и выдвижения кисти.

Механизм руки манипулятора с двумя степенями подвижности показан на листе 70 (на листах 69 и 70 унифицированные элементы конструкции имеют один и тот же номер позиции). Отличительной особенностью конструкции механизма руки с двумя степенями подвижности является то, что рычаги 3 механического схвата крепятся на переднем фланце кисти 4, выполненной в виде гильзы пневмоцилиндра 1 зажима губок. Для сжатия губок воздух подается в поршневую полость пневмоцилиндра 1 через штуцер 5 крышки 21 и центральное сверление вала 22, соединенного с трубопроводом 6, который проходит внутри полой скалки 7. Пневмосхват для данного манипулятора показан на листе 69 (поз. 19 и 20).

Механизм выдвижения руки аналогичен ранее рассматриваемой конструкции (см. лист 69).

Механизм поворота кисти руки (см. лист 70) состоит из пневмоцилиндра 23, барабана 24 с винтовым пазом и вала 25 для передачи крутящего момента, а также упорным винтом 26 для регулирования угла поворота. На шток 27 поршня пневмоцилиндра установлен штифт 28, который одновременно входит в прямолинейный паз направляющей втулки 14 и в винтовой паз барабана 24, жестко соединенный с валом 22. Для поворота кисти руки против часовой стрелки сжатый воздух подается в поршневую полость пневмоцилиндра 23, шток которого выдвигается и поворачивает с помощью штифта 28 барабан 24. Для поворота кисти руки в противоположную сторону сжатый воздух подается в штоковую полость пневмоцилиндра 23.

Угол поворота переднего фланца кисти 4 вала 25 регулируется количеством шариков 30, закладываемых в кольцевой канал обоймы 29, закрепленной на переднем фланце руки. Поворот вала ограничен упорным винтом 26.

Механизм поворота и подъема манипулятора показан на листе 71.

На планшайбе 1 устанавливаются (в зависимости от исполнения манипулятора) рука, либо механизм сдвига с закрепленной на нем рукой, либо консоль с двумя руками. Планшайба опирается на подшипник 2 и имеет возможность вращения под действием пневмоцилиндра 3. Поршни цилиндра соединены штоком-рейкой 4, которая входит в зацепление с цилиндрическим зубчатым колесом 5. Вращение колеса 5 передается через трехгранное соединение на игольчатых подшипниках на вал 6 и закрепленную на нем планшайбу 1. Для регулировки угла поворота имеются переналаживаемые упоры 7, 8, 9, которые болтами 10 прижимаются к коническому пазу планшайбы 1.

Торможение в крайних точках осуществляется гидродемпфером 11 при взаимодействии упоров 8 или 9 с плунжерами 12. При этом соответствующий плунжер утапливается, перегоняя масло через дроссель 13, которым регулируется интенсивность торможения, в полость подпитки 14. При отходе упоров 8 или 9 под действием возвратной пружины 15 перемещается поршень 16 с обратным клапаном 17, который, перегоняя масло из полости подпитки через соответствующий обратный клапан 18, ускоренно возвращает плунжер 12 в исходное положение. На гидродемпфере установлена плита с датчиком положения 19. Для торможения и закрепления руки в средней точке установлен механизм фиксации 20: под действием сжатого воздуха, поступающего в полость цилиндра 22 по команде от устройства управления, плунжер 21 поджимается вверх и фиксирует планшайбу 1. При повороте руки упор 7 давит на плунжер 21, перемещая его вниз: происходит торможение планшайбы, благодаря медленному перетеканию масла в нижнюю полость а. Положение руки фиксируется при попадании верхнего конца плунжера 21 в гнездо упора 7, при этом срабатывает датчик положения 23.

Механизм подъема представляет собой пневмоцилиндр 24. Совместно с поршнем цилиндра перемещаются платформа 25, трехгранный вал 6, травеса 26 и планшайба 1. На боковых поверхностях траверсы

26 установлены шариковые опоры качения 27, перемещающиеся по направляющим, которые выполнены на корпусе механизма поворота. Регулировка хода осуществляется упорами 28 и 29, установленными на скалке 30. Торможение при подъеме производится гидродемпфером 31, который имеет два плунжера, взаимодействующих с упорами 28 и 29. На корпусе гидродемфера установлены датчики положения 32.

Механизм горизонтального перемещения (сдвига) руки (в направлении, перпендикулярном оси руки) показан на листе 72.

Корпус 1 механизма сдвига крепится на планшайбе механизма поворота и подъема. С неподвижным корпусом 1 связан полый шток-поршень 2 приводного пневмоцилиндра 3. Наружная поверхность цилиндра выполнена в виде четырехгранной скалки. Цилиндр может перемещаться в направляющих качения 4, шариковые обоймы которых закреплены в корпусе 1. С подвижным цилиндром 3 с помощью кольца 5 и крышки 6 связан кронштейн 7, на котором крепится рука. Для перемещения руки воздух подается в поршневую полость пневмоцилиндра через штуцер 8; штоковая полость при этом соединяется с атмосферой. Регулировка хода производится перемещением упора 9 по скалке 10. В конце хода цилиндра 3 его крышка 11 воздействует на упор 9 и, сжимая пружину 12, перемещает скалку 10 вправо. При этом рычаг 13, поворачиваясь вокруг оси, смещает влево скалку 14, которая жестко связана со штоком пневмодемпфера 15. Шток утапливается в корпус пневмодемпфера, осуществляющего торможение движения пневмоцилиндра 3. Торможение происходит за счет сжатия воздуха, находящегося в полости пневмоцилиндра до тех пор, пока не сработает предохранительный клапан 16, пружина 17 которого настроена с помощью гайки 18 на соответствующее давление.

Для возвращения кронштейна 7 с рукой в исходное положение сжатый воздух подается в штоковую полость пневмоцилиндра 3 через центральное сверление в штоке 2. Торможение в конце хода происходит за счет медленного истечения воздуха из поршневой полости пневмоцилиндра 3 в атмосферу через дроссель 19. Во время этого хода крышка 11 смещается влево, освобождая упор 9, и пружина 12 возвращает в исходное положение скалку 10, рычаг 13, скалку 14 и соединенный с ней шток пневмодемпфера, внутри которого открывается обратный клапан 20. На пневмодемпере установлены два датчика положения 21 для обеих точек позиционирования.

6.1.3 Промышленные роботы типа РГШ-40

Промышленные роботы типа РГШ-40 предназначены для автоматизации операций горячей штамповки: обслуживания прессового оборудования (РГШ-40.01); загрузки-разгрузки печного оборудования (с температурой внутри печи до 1100°С) и обслуживания горяче-штамповочных прессов (РГШ-40.02).

На листе 73 показан общий вид и приведена техническая характеристика ПР РГШ-40.02.

ПР представляет собой комплекс, состоящий из манипулятора модульной конструкции, устройства позиционного программного управления, блока тиристорных преобразователей электроприводов. Устройства управления и преобразователей приводов соединены с манипулятором при помощи кабелей (на листе 73 данные устройства не показаны).

Программирование движений манипулятора осуществляется в режиме обучения по первому циклу, который оператор осуществляет вручную при помощи пульта управления. При установке манипулятора в определенную позицию необходимо задатчики координат, имеющиеся на панели управления, поставить в нулевое положение. Таким образом осуществляется согласование положений задатчиков (до 16 по каждой координате) и потенциометрических датчиков положения (типа ППМЛ). В каждом кадре управляющей программы также задают следующую

информацию: номера технологических команд на оборудование (от 1 до 14); номера команд на манипулятор (от 1 до 7); степень точности позиционирования (1 или 2); выдержки времени на выполнение заданных команд (1, 2 или 3).

В автоматическом режиме работы система программного управления формирует сигналы на преобразователи приводов, которые задают необходимые значения и знаки напряжения на двигатели соответствующих степеней подвижности манипулятора. При уменьшении рассогласования уровней напряжения задатчика и датчика положения автоматически включается схема замедления скорости, и привод данной степени подвижности осуществляет точный подвод в точку позиционирования. После выполнения всех заданных перемещений отрабатываются технологические команды с заданным временем, а затем автоматически вводится следующий кадр управляющей программы.

Манипулятор ПР РГШ-40.02 (лист 73) состоит из: основания 1; модуля поворота (стола) 2; модуля подъема 3, на котором установлен модуль руки 4 с кистью и схватом 5. На основании имеется входная клеммная коробка 6 для подсоединения кабеля от устройства управления. Клеммная коробка 7, установленная сверху на модуле подъема, предназначена для подсоединения электрокабелей к приводам подъема и перемещений руки. Штуцер 8 предназначен для подсоединения шланга от блока подготовки воздуха, установленного рядом с манипулятором (на листе 73 этот блок не показан). Воздух, поступающий из пневмосети, предназначен для пневмоцилиндра управления руки и привода схвата. Для охлаждения передней части руки и схвата, работающего в зоне с высокой температурой, в верхней части колонны модуля подъема имеется штуцер для трубопровода, откуда вода по шлангам 9 поступает во внутреннюю полость модуля руки.

Принципиальные схемы — кинематическая и пневматическая — манипулятора ПР показаны на листе 74.

Модуль поворота (лист 75) предназначен для установки руки в заданное угловое положение в горизонтальной плоскости. Модуль поворота размещается в основании 1. Для большей устойчивости манипулятора к корпусу основания шарнирно прикреплены дополнительные поворотные опоры 2.

Модуль поворота состоит из механизма привода 3, волнового зубчатого редуктора 4, поворотного стола 5 с упорами 6, установочных штифтов 7, трубопроводов и деталей крепления. Унифицированный механизм привода включает в себя: электродвигатель 3 типа МИ-2 и зубчатую ременную передачу 8, передающую движение на ведомый шкив 10 волнового редуктора. С помощью зубчато-ременной передачи 9 движение передается на шкив 12 привода тахогенератора 14, предназначенного для контроля скорости двигателя, и шкив датчика положения 11 типа ППМЛ. Параметры привода указаны на кинематической схеме (лист 74), где арабскими цифрами указаны валы, поз. 23—27 — шкивы зубчато-ременной передачи, поз. 28 и 29 — зубчатые колеса редуктора привода датчика положения.

Волновой зубчатый редуктор предназначен для передачи движения с большим передаточным отношением ($i=1/100$) от механизма привода 3 к поворотному столу 5.

Шкив 10 крепится на выходном валу 13, который выполнен пустотелым (для возможности проводки электрокабелей) и установлен на двух радиальных подшипниках в корпусе 15 и крышке 16. Движение с вала 13 передается на кулачковый генератор 17, на который надет гибкий подшипник 18. С гибкого колеса 4, прикрепленного к крышке 16, движение передается поворотному столу 5. Вращение стола осуществляется по направляющим качения 19, собранным с предварительным натягом. Крайние угловые положения стола контролируются путевым переключателем 20.

Модуль подъема (лист 76) предназначен для осуществления вертикального перемещения руки и позиционирования ее в заданных программных положениях. В состав модуля подъема руки входят: колонна 1, установленная на столе модуля поворота; привод подъема (на листе не показан); каретка 2, перемещающаяся на роликах 3 по направляющим 4 колонны, с кронштейном (на листе 76 не показан) для перемещения руки и кронштейном 5 для путевых выключателей; пневмо-

цилиндр для уравнивания руки (на листе 76 показана его ось); защитное устройство 6 для направляющих.

На колонне имеется также ряд поперечных пазов для установки на необходимой высоте упоров 7, ограничивающих перемещение каретки 2. Привод подъема, показанный на кинематической схеме (лист 74), включает в себя электродвигатель типа МИ-2, понижающую зубчато-ременную передачу 5, 4 и одноступенчатый зубчатый редуктор 3, 2, на выходном валу X которого установлена шестерня 1, зацепляющаяся с рейкой 8. Зубчато-ременная передача 6, 7 соединяет вал VI двигателя с валом VII, при помощи муфты с которым связан тахогенератор (ТГ). На валу VIII установлен тормоз, а с валом IX соединен датчик положения.

Для устранения люфта при движении каретки 2 между роликами 3 и направляющими 4 на одном из каждой пары противоположных роликов имеется эксцентричная ось 9 (см. лист 76). При повороте оси 9 ролик может приближаться к направляющей, выбирая тем самым зазор в подвижном стыке. После выбора люфта оси 9 закрепляются при помощи гайки 10.

Модуль руки обеспечивает горизонтальное осевое движение и вращение кисти со схватом для установки и ориентации заготовки при обработке (лист 74).

Выдвижение кисти происходит от электродвигателя МИ-2, вращение ротора которого через муфту передается валу XVI и шестерне 18, а от нее зубчатым колесам 17 на валу XX с установленными на нем шестернями 16. Шестерни 16 воздействуют на рейку, закрепленную на каретке несущей системы руки.

Ротор двигателя с помощью зубчатой ременной передачи 19 и 20 связан с тахогенератором, соединенным при помощи муфты с валом XVII. На валу XVIII установлена шестерня 21, находящаяся в зацеплении с колесом 22 привода датчика положения ППМЛ.

В состав модуля руки (лист 77) входят следующие конструктивные элементы (сборочные единицы): несущая система; механизм прямолинейного перемещения с приводом датчиков положения и тахогенератора; механизм поворота кисти с волновым зубчатым редуктором; кисть руки с захватным устройством.

Несущая система руки содержит корпус 1 с установленными в нем на осях 2 на подшипниках 3 двумя роликами 4. Цапфы осей 2 относительно посадочного места подшипников 3 выполнены с эксцентриситетом $e=1$ мм. В нижней части корпуса 1 установлены два катка 5. На роликах 4 и катках 5 перемещается рука 6, имеющая прямоугольное сечение, к боковым сторонам которой приварены закаленные направляющие 7. На переднем и заднем концах руки имеются упоры 8, а на корпусе каретки установлены против них пружинные амортизаторы 9 для смягчения удара в конце хода руки. Перед соприкосновением упора 8 с амортизатором специальный кулачок (на листе 77 не показан), наезжая на ролик путевого переключателя 21, выключает электродвигатель осевого перемещения руки. На концах руки, кроме того, неподвижно закреплены обоймы 10 и 11. В передней обойме 10 на игольчатых подшипниках установлен центральный полый вал 12, к которому крепится кисть 13 руки (см. также лист 78). В задней обойме 11 на подшипниках 14 установлено зубчатое колесо 15, связанное с валом 12 при помощи эвольвентного шлицевого соединения. С целью выбора зазора в соединении на конце вала 12, на котором нарезаны шлицы, выполнены две выточки с конусной перемычкой между ними. Во впадинах между шлицами на одинаковом расстоянии друг от друга имеются восемь замкнутых продольных сквозных пазов, а в перемычку вставлен конусный упор 16, установленный на резьбе в расточке вала 12.

На обойме 11 закреплены диаметрально два пневмоцилиндра 17 и 18 для зажима схвата, причем на торце пневмоцилиндра 17 установлен золотник 20, управляющий работой этих пневмоцилиндров. На цапфы вала 12 надета рубашка 19, которая служит для разделения встречных потоков жидкости, предназначенной для охлаждения руки 6 и кисти 13.

К корпусу 1 несущей системы руки крепится механизм прямолинейного перемещения 22, выходное зубчатое колесо 23 которого входит в зацепление с рейкой 24, закрепленной на руке 6. На корпус механиз-

ма 22 прямолинейного перемещения установлен привод датчика 25, входной вал которого связан муфтой 26 с выходным валом механизма прямолинейного перемещения. На корпус механизма 22 прямолинейного перемещения также установлен двигатель 27, связанный при помощи муфты 28 с входным валом этого механизма, и привод тахогенератора 29 посредством зубчатого ремня 30.

Вращение кисти происходит от электродвигателя 4МИ-12Ф3 (см. схему на листе 74). На роторе двигателя установлен шкив 11, который через зубчатый ремень вращает шкив 10, связанный с ним вал XII и генератор волн зубчатого волнового редуктора. На выходном валу XIII редуктора закреплена шестерня 9, которая вращает зубчатое колесо 8 и связанный с ним центральный полый вал XXI руки с закрепленной на нем кистью.

Кисть может иметь несколько исполнений и заменяется в зависимости от выполняемой технологической задачи.

Конструкция механизма привода поворота кисти руки манипулятора была рассмотрена ранее (лист 22, рис. 1).

На обойму 10 (лист 77) центрального вала 12 крепится при помощи фланца кисть 13 со схватом, которая связана тягой 31 с рычагом 32, установленным на штоках пневмоцилиндров 17 и 18.

Зажим и разжим губок схвата происходит при поступлении воздуха в пневмоцилиндры несущей системы руки. Штоки цилиндров через рычаг воздействуют на тягу, приводящую в движение толкатель с роликом, который в свою очередь смещает ролик рычагов схвата: при ходе тяги назад происходит зажим, а при ходе вперед — разжим губок схвата.

Конструкции механизмов кисти руки со схватом (исполнения 1 и 2) показаны на листе 78.

Механизм кисти (исполнение 1) состоит из корпуса 1, закрепленного на переднем фланце руки 2.

В продольном пазу, образованном корпусом 1 и опорной планкой 3, перемещается толкатель 4, который с помощью резьбы закреплен на тяге 5. На оси толкателя 4 установлен ролик 6, перекачивающийся по планке 3. Оси толкателей 4 и 8 связаны между собой шарнирно при помощи серьги 7 так, что при перемещении толкателя 4 вправо каретка 9 с роликами вместе с толкателем 8 смещается вниз и воздействует на ролики 10. В результате этого рычаги схвата 11 поворачиваются вокруг осей 12, а губки 13 зажимают деталь. При движении толкателя 4 влево каретка 9 с роликами смещается вверх, в результате чего рычаги 11 поворачиваются в обратную сторону, а губки 13 разжимают деталь. Усилие зажима зависит от угла между осями роликов, который настраивается при помощи осевого смещения тяги 5. При угле между осями роликов, равном 15°, усилие зажима губок составляет 3 кН.

Особенностью конструкции механизма кисти (исполнение 1) является обеспечение поворота ее относительно оси I. Для этого с передней обоймой 14 механизма руки жестко связана ведущая коническая шестерня 15, находящаяся в зацеплении с колесом 16, которое приводит во вращение корпус 17 схвата. В корпусе схвата установлены пальцы 18, по которым перемещается каретка 9 с роликами механизма зажима схвата.

В механизме кисти (исполнение 2), продольный разрез которого приведен на листе 78, ось II поворота совпадает с продольной осью руки. Механизм зажима губок 19 схвата 11 содержит зубчатую рейку на толкателе 4, входящую в зацепление с шестерней 21, которая, в свою очередь, зацепляется с двумя рейками 22, смещающими в радиальном направлении рычаги схвата 11.

Для охлаждения кисти руки при работе в зоне с высокой температурой в корпусе 1 просверлены отверстия, образующие внутренние полости для циркуляции охлаждающей жидкости (исполнение 2). Передний конец руки охлаждается при помощи водяной рубашки 23, в которой выполнен двухзаходный спиральный прямоугольный паз: по одному заходу спирального паза вода попадает в рубашку охлаждения, а по другую — возвращается назад во внутреннюю полость руки. Для охлаждения механизма зажима схвата имеются отверстия в толкателе 4 и оси 24, через которые вода попадает во внутренние полости осей 25 рычагов и направляющих роликов 26, 20.

6.2. СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫЕ ПРОМЫШЛЕННЫЕ РОБОТЫ ДЛЯ ОБСЛУЖИВАНИЯ СТАНКОВ С ЧПУ

6.2.1. Промышленный робот М20П.40.01

Промышленный робот с ЧПУ М20П.40.01 предназначен для автоматизации установки — снятия заготовок и деталей, смены инструментов и других вспомогательных операций при обслуживании станков с ЧПУ. Устройство данного типа может обслуживать один или два станка и образовывать вместе с накопительными и транспортными устройствами гибкий производственный обрабатывающий комплекс, предназначенный для продолжительной работы без участия оператора.

Общий вид ПР М20П.40.01 и его техническая характеристика приведены на листе 79.

Промышленный робот состоит из манипулятора 1, сменных схватов 2 (исполнения С01, ..., С05 и С07) и устройства ЧПУ, выполненного в виде автономной стойки 3. Манипулятор ПР включает в себя следующие сборочные единицы, некоторые из которых могут быть различного исполнения: механизм поворота 4; механизм подъема и опускания 5; механизм выдвижения руки 6 (базовое, 01 и 02 исполнения); балансир 7; блок поворота (кисть руки) 8 (исполнения 1 или 2); блок подготовки воздуха (на листе 79 не показан).

Устройство ЧПУ позиционного типа обеспечивает управление перемещениями руки в цилиндрической системе координат, цикловое управление движениями кисти и зажимом-разжимом схвата, а также подачу команд пуска циклов работы станков, другого технологического оборудования и приема ответных команд после выполнения этих циклов. Возможны три режима работы ПР: 1) «обучение» — возврат в нулевую точку, ручное управление и шаговое перемещение по каждой оси координат, ввод в память заданных значений координат, скорости перемещений, количества обрабатываемых деталей (циклов) и др.; 2) «автомат» — автоматическое управление по заданной программе; 3) «редактирование» — подготовка и корректирование данных управления роботом.

Типовой рабочий цикл ПР при смене заготовки на токарном станке с ЧПУ включает в себя следующие этапы: подвод руки ПР к патрону станка — захват обработанной детали — отвод руки в исходную точку — подвод руки к тактовому столу — опускание детали — захват очередной заготовки — подвод заготовки к патрону станка — освобождение заготовки после зажима ее в патроне — отвод руки в исходную точку — начало цикла обработки на станке.

Наибольшее количество одновременно управляемых координатных перемещений может быть: 1 — в режиме позиционирования (электродвигатели поворота, подъема-опускания или выдвижения руки) или 2 — в режиме циклового управления (пневмодвигатели блока поворота кисти руки и схвата).

Принципиальные (кинематическая и пневматическая) схемы ПР приведены на листе 79.

Диапазоны перемещений манипулятора по координатным осям также показаны на листе 79.

В состав пневмооборудования ПР включены блоки приводов поворота кисти руки (исполнения 1 и 2). Работа блока поворота (исполнение 1) происходит следующим образом. При отключенных электромагнитах YA1 и YA2 воздух по магистралям 1, 2 и 3 поступает в обе полости пневмодвигателя Д2. При включенном электромагните YA1 пневмораспределителя P4 и отключенном электромагните YA2 происходит поворот кисти руки против часовой стрелки относительно продольной

оси. При этом воздух из полости пневмодвигателя M2 вытесняется по магистрали 2 через пневмораспределитель P4 в атмосферу. При включенном электромагните YA2 пневмораспределителя P5 и отключенном электромагните YA1 аналогично происходит поворот кисти руки по часовой стрелке.

Блок поворота (исполнение 2) работает следующим образом.

Поворот кисти руки (относительно ее продольной оси) по часовой стрелке осуществляется при включенном электромагните YA3. При этом воздух в пневмодвигатель M1 поступает через распределитель P4 по магистрали 5. При включенном электромагните YA5 происходит ускоренный поворот кисти: воздух из пневмодвигателя M1 вытесняется в атмосферу через распределители P5, P3, дроссель ДР и глушитель Г2 по магистралям 6, 4, 7. При отключенном электромагните YA5 происходит замедленный поворот блока: воздух из пневмодвигателя Д1 вытесняется в атмосферу только через распределитель P5 и дроссель ДР по магистралям 6, 4.

Поворот кисти руки против часовой стрелки осуществляется при включенном электромагните YA4. При этом воздух в пневмодвигатель M1 поступает через распределитель P5 по магистрали 6. При включенном электромагните YA5 происходит ускоренный поворот блока: воздух из пневмодвигателя M1 вытесняется в атмосферу через распределители P4, P3, дроссель ДР и глушитель Г2 по магистралям 5, 4, 7. При отключенном электромагните YA5 происходит замедленный поворот блока: воздух из пневмодвигателя M1 вытесняется в атмосферу только через распределитель P4 и дроссель ДР по магистралям 5, 4.

Поворот кисти руки относительно ее поперечной оси вправо осуществляется при включенном электромагните YA1. При этом воздух в пневмоцилиндр Ц поступает по магистрали 2 и вытесняется из пневмоцилиндра Ц по магистрали 3 через распределитель P2.

Поворот кисти руки влево осуществляется при включенном электромагните YA2. При этом воздух в пневмоцилиндр Ц поступает по магистрали 3 и вытесняется из пневмоцилиндра по магистрали 2 через распределитель P1.

Механизм поворота ПР М20П.40.01 выполнен в виде автономного узла, показанного на листе 80.

На основании 1 робота крепится червячный редуктор 2, соединенный через зубчатую муфту 3 с электродвигателем 4.

На выходном валу червячного редуктора установлена зубчатая шестерня 5. Она входит в зацепление с цилиндрическим зубчатым колесом 6, которое соединено с валом 7. Таким образом, вращение электродвигателя постоянного тока через червячный редуктор и пару цилиндрических прямозубых шестерен передается валу 7, служащему опорой для механизма подъема и опускания руки. Контроль угла поворота для управления скоростью осуществляется при помощи путевых переключателей 8.

Механизм подъема и опускания руки, выполненный в виде отдельного узла, показан на листе 81.

Корпус 1, включающий в себя механизм выдвижения руки, перемещается вверх и вниз по двум направляющим 2, которые закреплены в верхней и нижней опорных плитах 3 и 4. На верхней опорной плите 3 установлено подмоторное основание 5, внутри которого находится электромагнитный тормоз 6. Электродвигатель 7 постоянного тока, установленный на подмоторном основании 5, через зубчатую муфту 8 соединен с шариковым винтом 9. Гайка 10 шариковой винтовой пары закреплена в корпусе 1 узла выдвижения руки. Таким образом, вращение электродвигателя 7 преобразуется в поступательное движение руки вверх или вниз.

Для защиты винта от пыли и грязи используется гофрированная оболочка 11. Резиновые амортизаторы 12 позволяют смягчить удар в конце хода руки в верхнем и нижнем положении. Для управления скоростью перемещения используются путевые переключатели, наезжающие на упоры 13 и 14.

Механизм выдвижения руки показан на листе 82.

К задней стенке корпуса 1 прикреплен кронштейн 2, на котором установлен электродвигатель 3 постоянного тока. Вращение электро-

двигателя через зубчатый ремень 4 передается винту 5 шариковой винтовой пары. Гайка 6 шариковой винтовой пары соединена с кронштейном 7. К верхнему концу этого кронштейна прикреплен скалка 8, перемещающаяся вперед или назад во втулке 9. Нижний конец кронштейна 7 с роликами движется по направляющей 10, которая исключает поворот скалки 8.

Внутри пустотелой скалки проходит трубка 11 для подачи сжатого воздуха во внутреннюю полость, а оттуда к механизму поворота кисти и схвата.

Амортизаторы 12 смягчают удар в конце хода руки — скалки 8. Контроль положения руки для управления скоростью перемещения осуществляется при помощи путевых переключателей 13. Длина хода скалки 8 зависит от исполнения механизма выдвижения руки.

Блок поворота (кисть руки) может быть выполнен в разных исполнениях: 1 или 2.

Конструкция блока поворота — кисти руки (исполнение 1) показана на листе 83.

Поворотный блок смонтирован в корпусе 1 и состоит из механизма вращения кисти относительно продольной оси с двухпозиционным управлением при движении от упора до упора и механизма поворота (качания) относительно поперечной оси.

Вращение кисти руки происходит от неполноповоротного пневмодвигателя 2, на переднем торце которого крепится стакан 3. На наружной поверхности стакана установлены распределительные пневмоустройства 4 привода поворота кисти, а внутри на подшипниках — втулка 5 с фланцем для крепления сменного схвата. Втулка 5 связана с валом пневмодвигателя 2 при помощи шпонки. На противоположном конце поворотного блока находится стопорный механизм 6, который жестко соединен с валом пневмодвигателя 2. В зависимости от установленного сменного двухплечевого рычага стопорного механизма можно ограничивать угловое положение кисти в диапазоне от 0 до $\pm 90^\circ$ (вариант 1) или от 0 до 180° (вариант 2). Внутри корпуса 1 смонтированы амортизатор 7, уменьшающий удар при подходе стопора 6 к переставным упорам 8, а также микропереключатели 12 конечных положений.

В поворотном блоке имеется также механизм ручной установки угла качания кисти относительно ее поперечной оси 9 (в пределах $\pm 3,5^\circ$). Угол качания регулируется винтами 10, установленными в неподвижном фланце 11.

Конструкция блока поворота — кисти руки (исполнение 2) также показана на листе 83.

Вращение вала пневмодвигателя 1 через приводной плоскозубчатый ремень 2 передается на вал 3. На этом же валу установлен электромагнитный тормоз 4, обеспечивающий быстрый останов вращения кисти руки.

Вращение вала 3 при включенном электромагните, растормаживающем вал, передается генератору 5 зубчатого волнового редуктора, который позволяет увеличить выходной крутящий момент привода.

Для контроля углового положения блока поворота используются два бесконтактных датчика 6, 7 крайних и промежуточных позиций, импульсы от которых поступают в устройство управления ПР. Разрешающая способность датчиков равна $0,1^\circ$, что обеспечивает стабильность установки угла поворота кисти в пределах $\pm 0,3^\circ$ во всем диапазоне от -90 до $+180^\circ$.

Поворот (качание) кисти относительно поперечной оси в пределах $\pm 3,5^\circ$ осуществляется от пневмоцилиндра 8, шток которого связан с кулачком 9, имеющим наклонный паз. С помощью кулачка шток воздействует на палец 10 в кронштейне 11 корпуса блока поворота. Угловое положение контролируется путевыми микропереключателями 12 и регулируется упорами 13.

Механизм схвата манипулятора (исполнение С1) унифицированной конструкции показан на листе 38.

6.2.2. Промышленный робот

М10П.62.01

Специализированные ПР типа М10П предназначены для обслуживания металлорежущих станков, например, загрузки и разгрузки станков с ЧПУ токарной группы. Особенностью ПР данного типа является обеспечение движений рабочего органа (схвата) манипулятора в сферической системе координат, а также конструктивное встраивание непосредственно в обслуживаемое технологическое оборудование. Устройство программного управления ПР обеспечивает позиционирование рабочего органа манипулятора по шести координатным осям, две из которых являются общими для механизмов с четырьмя степенями подвижности.

Общий вид и техническая характеристика ПР М10П.62.01 приведены на листе 84. Промышленный робот состоит из: основания 1, узла механической руки 2, унифицированных поворотных блоков 6 кисти руки, переходной втулки 7 и сменных схватов 8, а также устройства управления (на рисунке не показано). Основание 1 включает в себя механизм 3 поворота руки в вертикальной плоскости (движение В). Узел 2 руки состоит из: 1) механизма 4 горизонтального (движение Z) или вертикального (движение X) линейного перемещения (наименование данного перемещения зависит от предварительной установки руки манипулятора относительно координатных осей X и Z: горизонтально или вертикально); 2) механизма 5 поворота в вертикальной (движение А) или горизонтальной (С) плоскостях. Блок 6 поворота кисти относительно продольной оси (движение а) может быть выполнен в двух исполнениях: 1 или 2.

На листе 84 показаны кинематическая и принципиальная пневматические схемы ПР. Перемещение X или Z осуществляется при помощи регулируемого электродвигателя М1 постоянного тока типа 4ДПУ, установленного в узле руки, через приводной зубчатый ремень с передаточным отношением $\frac{2}{3}$ ($z_9=16$, $z_{10}=24$), пару конических зубчатых колес $z_{11}=15$, $z_{12}=30$ и многозаходную шариковинтовую передачу с ходом $t=60$ мм. Вместе с гайкой передачи перемещается по шариковой направляющей кронштейн с установленным на нем блоком поворота. Для предотвращения произвольного опускания кронштейна при выключении питания вал конической шестерни z_{11} соединен с электромагнитным тормозом. Контроль перемещения осуществляется переключателями, на которые воздействуют упоры, установленные на кронштейне.

Механизм поворота (движение В) включает в себя регулируемый электродвигатель М2 постоянного тока типа 4ДПУ, который через зубчато-ременную передачу $z_1=16$, $z_2=26$ приводит во вращение однозаходный червяк z_3 и сцепленное с ним червячное колесо $z_4=55$. Червячное колесо установлено на выходном валу, который жестко связан с механизмом руки манипулятора. На противоположном конце этого вала закреплен диск с упорами, воздействующими на путевые переключатели в схеме управления движением поворота В.

Конструкция основания ПР с механизмом поворота руки в вертикальной плоскости показана на рис. 1 (лист 85), где: 1 — электродвигатель; 2 — зубчато-ременная передача; 3 — вал-червяк; 4 — червячное колесо; 5 — выходной вал; 6 — диск с упорами (командо-аппарат); 7 — корпус основания; 8 — присоединительный фланец механизма поворота.

Механизм поворота руки манипулятора в вертикальной (движение А) или горизонтальной (движение С) плоскостях (см. кинематическую схему на листе 84) приводится в движение электродвигателями постоянного тока М3, который через приводной зубчатый ремень с передаточным отношением $\frac{2}{3}$ ($z_5=16$, $z_6=24$) вращает вал червяка z_7 и сцепленное с ним червячное колесо $z_8=55$. Последнее неподвижно закреплено на оси, установленной в корпусе механизма поворота (поз. 8 на листе 56, рис. 1). В результате обкатки червяка по неподвижному червячному колесу происходит движение А или С корпуса руки относительно оси этого колеса.

Конструкция механизмов осевого перемещения X (или Z) и поворота А (или С) руки манипулятора показана на рис. 2, лист 85, где: 1 — электродвигатель М1 (см. кинематическую схему) осевого перемещения; 2 — зубчато-ременная передача; 3 — зубчатая коническая передача; 4 — ходовой многозаходный винт; 5 — шариковая гайка; 6 — кронштейн; 7 — шариковая втулка; 8 — направляющая скалка; 9 — электромагнитный тормоз; 10 — путевой переключатель механизма осевого перемещения; 11 — вал-червяк механизма поворота руки; 12 — червячное колесо; 13 — ось поворота руки; 14 — диск с упором механизма поворота руки; 15 и 16 — путевые переключатели механизма поворота А (или С) руки; 17 — корпус механизма руки.

Вращение блока поворота кисти руки вокруг продольной оси (движение а) производится от неполноповоротного пневмодвигателя. Пневмооборудование ПР (см. принципиальную пневмосхему на листе 84) включает в себя: 1) узел подготовки воздуха, который крепится на задней стенке электрошкафа; 2) блоки пневмоаппаратуры приводов поворотных блоков (исполнения 1, 2) и сменных захватных устройств различных типов. Сжатый воздух от заводской сети поступает в узел подготовки, который включает в себя фильтр-влагодетель (ВД) для очистки воздуха и отделения конденсата, а также маслораспылитель (МР) для насыщения воздуха маслом.

Очищенный и насыщенный маслом воздух поступает к пневмоаппаратуре управления поворотными блоками. В блоке поворота (исполнение 1) при отключенных электромагнитах УА1 и УА2 воздух по магистралям 1, 2 и 3 поступает в обе полости пневмодвигателя Д.

При включенном электромагните УА1 пневмораспределителя Р1 происходит поворот блока относительно его продольной оси (движение а) против часовой стрелки. При этом воздух из полости пневмодвигателя М вытесняется по магистрали 2 через пневмораспределитель Р1 в атмосферу. При включенном электромагните УА2 пневмораспределителя Р2 осуществляется аналогичным образом поворот блока по часовой стрелке.

В блоке поворота исполнения 2 в отличие от исполнения 1 установлены дроссели ДР1 и ДР2, через которые воздух из полости пневмодвигателя М вытесняется по магистралям 6 и 2 через пневмораспределитель Р1 (или по магистралям 7 и 3 через пневмораспределитель Р2 — при изменении направления поворота). Кроме того, предусмотрена фиксация блока при отключенных электромагнитах УА1, ..., УА4 пневмораспределителей Р1, ..., Р4. При этом сжатый воздух по магистралям 2, 3, 6 и 7 поступает в обе полости пневмодвигателя Д, а по магистрали 5 — в поршневую полость пневмоцилиндра Ц. Расфиксация блока происходит при выключении электромагнитов УА3 и УА4 пневмораспределителей Р3 и Р4. При этом сжатый воздух по магистрали 4 поступает в штоковую полость пневмоцилиндра Ц.

Конструкция блока поворота кисти руки манипулятора в исполнении 1 показана на листе 86, рис. 1. На переднем торце неполноповоротного пневмодвигателя 1 закреплена переходная втулка 2, в которой на подшипниках установлен стакан 3, соединенный с помощью шпонки с выходным валом пневмодвигателя. К переднему фланцу стакана 3 крепится сменный схват (на рис. 1 не показан), конструкция которого аналогична показанной на листе 38. На противоположной стороне пневмодвигателя смонтировано двухпозиционное устройство управления 4, обеспечивающее включение и выключение пневмораспределителей. Фиксация кисти при повороте на угол 90 и 180° в двух ее положениях (0 и 90° или 0 и 180°) осуществляется при помощи стопора 5, тип которого выбирают в зависимости от требуемого угла поворота. Внутри корпуса 4 имеется амортизатор 6, уменьшающий удар при подходе стопора 5 к упорам 7. Там же установлен конечный переключатель 8, используемый для контроля положения останова.

Конструкция блока поворота кисти руки в исполнении 2 показана на листе 86, рис. 2, где: 1 — пневмодвигатель; 2 — переходная втулка; 3 — стакан с фланцем для крепления схвата; 4 — стопорное устройство, обеспечивающее четыре угловых положения (0 , $+90$, 180 и -90°); 5 — корпус стопорного устройства; 6 — шток пневмоцилиндра фиксации; 7 — фиксатор; 8 — путевые переключатели; 9 — блок пневмоаппаратуры приводов.

6.3. СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫЕ ПРОМЫШЛЕННЫЕ РОБОТЫ УНИФИЦИРОВАННОЙ КОНСТРУКЦИИ ДЛЯ ОБСЛУЖИВАНИЯ СТАНКОВ

6.3.1. Промышленный робот М20Ц.48.01

Специализированный ПР М20Ц.48.01 предназначен для выполнения **загрузочно-разгрузочных** операций при обслуживании станков (прежде всего токарно-револьверных), в том числе с ЧПУ. ПР приспособлен для работы с накопителями заготовок и деталей, уложенных в приспособлении-спутнике в ориентированном виде (при горизонтальном расположении оси). Типовые детали — короткие тела вращения (типа фланцев) диаметром от 40 до 160 мм и высотой до 100 мм.

Общий вид и техническая характеристика ПР М20Ц.48.01 приведены на листе 87.

Промышленный робот имеет порталную конструкцию. Каретка 1 перемещается по монорельсу 2, закрепленному на портале 3, который установлен на колоннах 4. Несущая система ПР — сварная с дополнительными ребрами жесткости.

На каретке 1 установлены две поворотные плиты 5, к каждой из которых крепится корпус 6 выдвигной руки. Робот имеет две руки — разгрузочную 7 и загрузочную 8, имеющие одинаковую конструкцию. Основание плиты 5 крепится к каретке 1 винтами с возможностью установочного перемещения по вертикали в пределах 50 мм. Корпус 6 каждой руки также имеет возможность установочного перемещения в пределах 50 мм вдоль горизонтальной оси. В нижней части каждой руки 7 и 8 установлена поворотная кисть (шпиндель) 9, в котором закрепляется захватное устройство 10. Привод каретки — электромеханический, а приводы вертикального перемещения 12 и качания 13 рук, а также приводы 14 схватов — пневматические.

Управление ПР осуществляется от устройства ЦПУ типа УЦМ-663 (на рисунке не показано).

ПР имеет несколько вариантов исполнения, отличающихся размерами K и L портала.

Кинематическая схема ПР М20Ц.48.01 приведена на листе 87.

Привод горизонтального перемещения каретки 1 по монорельсу 2 осуществляется электродвигателем 3 постоянного тока ДПУ160 через зубчатый редуктор с передаточным отношением 18/46. Шестерня, установленная на выходном валу редуктора, зацепляется с зубчатой рейкой 4, закрепленной на монорельсе. На противоположном конце выходного вала редуктора установлен электромагнитный тормоз 5 типа ЭТМ-056, который фиксирует каретку в заданных позициях.

К основанию поворотной плиты 6 шарнирно присоединен пневмоцилиндр Ц6, при движении штока которого поворотная плита вместе с рукой 7 отклоняется от вертикали на угол 30°.

Рука 7 перемещается в ее корпусе на роликах 8. Поворот кисти (шпинделя) 9 руки производится пневмоцилиндром Ц2 через зубчатую рейку 10, закрепленную на его штоке, и шестерню z_6 , которая жестко связана с трубой 11. Выдвигной упор 12, приводимый пневмоцилиндром Ц5, определяет среднее положение рейки 10 при повороте шпинделя 9 на угол 90°.

Толкатель 13, проходящий внутри трубы 11, связан со штоком пневмоцилиндра Ц1 привода сменного захватного устройства 14.

Вертикальное перемещение каждой руки производится пневмоцилиндром Ц3, штоки которых связаны с рукой через пружину 15, позволяющую осуществлять движение до упора схвата в заготовку или деталь. При отсутствии давления в пневмоцилиндре Ц1 рука 7 фиксируется защелкой 16, открываемой пневмоцилиндром Ц4.

Каретка ПР, конструкция которой показана на листе 88, выполнена в виде сварного корпуса 1 с роликами 2, установленными в подшипниках на осях 3. Ролики катятся по монорельсу 4, прикрепленному к portalу. Оси 3 роликов выполнены эксцентричными, что позволяет регулировать зазор в зацеплении выходной шестерни 5 привода каретки с зубчатой рейкой 6, установленной на портале, а также обеспечивать необходимый натяг между роликами 2 и монорельсом 4.

Перемещение каретки производится от электродвигателя 7 через двухступенчатый зубчатый редуктор 8 и зубчато-реечную передачу 5 и 6. На валу шестерни 5 установлен электромагнитный тормоз 9 для фиксации каретки в заданной позиции. Привод каретки также показан на листе 88.

Конструкция механизма руки манипулятора ПР показана на листе 89.

Рука манипулятора выполнена в виде полый гильзы (трубы) 1, к верхней части которой присоединены пневмоцилиндры 2 привода поворота кисти (шпинделя) 3 руки. Шпиндель 3 установлен на подшипниках в нижней части руки. Внутри трубы 1 проходит штанга-толкатель 4, передающая движение от пневмоцилиндра 5 привода захватного устройства. Для крепления схвата на конце толкателя 4 имеется головка 6 байонетного замка. Схват крепится в кольцевом пазу, выполненном во внутренней расточке шпинделя 3. Угловое положение схвата относительно шпинделя 3 при его креплении определяется фиксатором 7. Рука 1 перемещается относительно ее корпуса 8 на двух парах роликов 9. Привод руки выполнен в виде пневмоцилиндра 10, закрепленного на корпусе 8. Торможение руки в крайних положениях осуществляется при помощи гидравлических демпферов, закрепленных на пневмоцилиндре 10. Связь гильзы 1 руки со штоком пневмоцилиндра 10 осуществляется через подпружиненный толкатель 11, который нажимает на конечный выключатель 12 при сжатии пружины 13 в момент достижения жесткого упора.

К гильзе 1 руки крепится линейка 14, на которой устанавливаются кулачки 15, воздействующие при движении руки на путевые выключатели.

В корпусе 8 руки установлена защелка 16, зуб которой входит под действием пружины в отверстие, выполненное в линейке 14, для фиксации положения руки при уменьшении давления в пневмосистеме. Отвод защелки 16 осуществляется специальным пневмоцилиндром 17.

Механизм привода осевого перемещения руки манипулятора был показан ранее на листе 27 (рис. 1).

Механизмы схватов для данного ПР унифицированы с точки зрения характеристики и присоединительных размеров. Конструкция двухзахватного устройства для деталей типа валов с приводом поворота на угол 90° от встроенного пневмоцилиндра была показана на листе 37.

6.3.2. Промышленный робот М40П.05.01

Специализированный ПР М40П.05.01, общий вид и техническая характеристика которого приведены на листе 90, предназначен для обслуживания различного технологического оборудования, в том числе металлорежущих станков с ЧПУ в составе гибких автоматизированных станочных систем. Промышленный робот оснащается устройством ЧПУ позиционного типа (УПМ-331), позволяющим осуществлять заданные программой перемещения по трем координатным осям и выполнять большое число команд управления циклом работы как самого ПР, так и обслуживаемого технологического оборудования.

ПР оснащается устройством для автоматической смены схватов, в том числе двухзахватных, обеспечивающих одновременное манипулирование с заготовкой и обработанной на станке деталью.

Конструкция манипулятора ПР предусматривает возможность установки на нем дополнительных механизмов и устройств, например, для контроля базирования заготовки, измерения диаметра обрабатываемой на станке детали, очистки (обдувом) базовых поверхностей станка и технологической оснастки.

Манипулятор ПР выполнен передвижным и имеет порталную конструкцию, позволяющую осуществлять групповое обслуживание металлорежущих станков с горизонтальной осью шпинделя. На портале 1 смонтирована передвижная каретка 2, несущая механизм вертикального выдвигания руки (ползун 3). Каретка перемещается по монорельсу 7, закрепленному на портале.

Рука 4 манипулятора выполнена в виде двухплечевого рычага, шарнирно закрепленного на ползуне 3, и может совершать качательное движение в вертикальной плоскости.

На нижнем конце руки 4 шарнирно крепится кисть (головка) 5 со схватом 6. Кисть может поворачиваться (качаться) относительно горизонтальной оси, проходящей через шарнир крепления ее к руке 4, а также вращаться вокруг своей оси на определенный угол. Устройство управления состоит из шкафа ЧПУ 9 и электроавтоматики 8.

Приводы звеньев манипулятора — гидравлические.

Принципиальные кинематическая и гидравлическая схемы ПР показаны на листе 91. Привод каретки 1 перемещается в продольном направлении по монорельсу 2 (электрогидравлический шаговый ЭГШП). Гидродвигатель 3 через двухступенчатый зубчатый редуктор с передаточным отношением $\frac{20}{60} \times \frac{45}{53}$ соединен с шестерней $z_6 = 24$,

находящейся в зацеплении с зубчатой рейкой 4. Для выборки люфта и создания натяга на цепи привода предусмотрен дополнительный гидродвигатель 5 (на гидросхеме ГМ1), синхронно управляемый от золотника гидроусилителя. Гидродвигатель ГМ1 через зубчатый редуктор с таким же передаточным отношением, как и в цепи ЭГШП, связан со второй реечной шестерней $z_{10} = 24$.

На каретке 1 закреплен корпус 13 ползуна, в котором на опорах качения перемещается в вертикальном направлении ползун 6, соединенный со штоком линейного электрогидравлического шагового привода 14 (на гидросхеме ЛЭГШП1).

На нижнем конце ползуна 6 на оси установлена рука 7, которая может совершать качательное движение относительно этой оси. Это движение осуществляется линейным электрогидравлическим шаговым приводом 15 (на гидросхеме ЛЭГШП2), шарнирно установленным на кронштейне ползуна 6. Шток гидроцилиндра привода 15 шарнирно соединен с малым плечом рычага руки 7.

На нижнем конце большого рычага руки 7 шарнирно закреплена кисть (головка) 8, в которой устанавливается захватный механизм 9.

Для обеспечения постоянства положения в пространстве кисти 8 при качании руки 7 предусмотрен специальный спрямительный механизм, состоящий из пары зубчатых колес z_{17}/z_{18} в верхнем шарнире руки, рейки 16 и пары таких же зубчатых колес z_{19}/z_{20} в нижнем шарнире руки. При этом верхняя шестерня z_{17} установлена на оси качания руки, а нижняя z_{20} — на оси поворота кисти 8. Если верхняя шестерня z_{17} остается неподвижной, то при качании руки 7 ось кисти 8 будет сохранять постоянное положение в пространстве.

Этот же зубчато-реечный механизм используется в приводе качательного движения кисти в вертикальной плоскости. Для этого верхняя шестерня z_{17} соединена с выходным валом червячного редуктора, приводимым в движение гидродвигателем 11 (на гидросхеме ГМ2).

Гидропривод поворота кисти руки относительно ее продольной оси включает в себя гидродвигатель 10 (на гидросхеме ГМ3) и трехступенчатый редуктор с передаточным отношением $17/30 \times 15/30 \times 15/54$.

Управление движением поворота осуществляется следящим золотником, ролик нажимного рычага 17 (гидросхема) которого перекачивается по копиру, установленному на фланце поворотной части кисти

В зависимости от требуемого угла поворота (90 или 180°) выбирается положение оси подвески рычага 17 (см. гидросхему).

Привод губок схвата 9 представляет собой гидроцилиндр 12 (на гидросхеме ЦЗ), шток которого соединен с тягой механизма зажима схвата.

Для питания электрогидравлических шаговых приводов (ЭГШП) перемещения каретки, ползуна и руки робота, а также приводов механизмов качания, поворота кисти руки и зажима схватов применяется гидростанция типа Г48-44, позволяющая автоматически изменять производительность регулируемого насоса в соответствии с расходом масла, поступающего в гидросистему, при постоянном давлении в магистрали. Гидростанция осуществляет также охлаждение масла и предотвращает его слив из гидросистемы в выключенном состоянии.

Привод каретки состоит из гидромотора ГМ1 и комплектного ЭГШП. При подаче сигнала на шаговый двигатель М5 его ротор через винтовую передачу смещает золотник гидрораспределителя, соединяя напорную и сливную магистрали с соответствующими полостями гидромоторов. Гидромоторы соединены таким образом, что моменты на их валах направлены навстречу друг другу, обеспечивая безлюфтовое зацепление в передаче шестерня-рейка. При вращении гидромотора ЭГШП его вал, жестко связанный с золотником распределителя, стремится возвратить золотник в исходное положение, осуществляя таким образом обратную связь по положению.

Линейные электрогидравлические шаговые приводы (ЛЭГШП) перемещения ползуна (ЛЭГШП1) и качания руки (ЛЭГШП2) состоят из шагового двигателя (М3 и М4), следящего распределителя и гидроцилиндра, в шток которого встроен винтовой механизм обратной связи по положению. При подаче сигнала на шаговый двигатель его ротор через винтовую передачу смещает золотник гидрораспределителя, открывая проход масла в гидроцилиндр. Поступательное движение поршня гидроцилиндра через винтовую передачу преобразуется во вращение винта, а через зубчатую передачу и винтовую пару — в осевое перемещение золотника. Обратные клапаны КО1 и КО2 служат для предотвращения произвольного опускания звеньев руки при отключении гидравлики.

Управление поворотом кисти руки осуществляется гидропанелью ГП1. Команда на поворот в зависимости от направления подается на У7 или У8 и У6 (см. табл. «Состояние электромагнитов» на листе 91). При этом поршень фиксатора Ц1 движется вверх, преодолевая усилие пружины, и через рычаг смещает следящий золотник: открывается проход масла через распределитель Р2 к полостям гидромотора ГМ2. После того, как гидромотор отработает нужное количество оборотов, поступает сигнал на отключение электромагнита У6; происходит фиксация кисти и отключение электромагнита распределителя Р2. Скорость вращения гидромотора может регулироваться.

Поворот кисти руки осуществляется гидромотором ГМ3 при подаче команд на распределители Р3 и Р4 на гидропанели ГП2. При включении электромагнита У4 масло под давлением поступает в левую полость управляющего гидроцилиндра Ц2. Если при этом электромагнит У5 отключен, то поршень Ц2 перемещается в крайнее правое положение, сдвигая через рычаг 17 следящий золотник и открывая проход масла в полости гидромотора ГМ3. Другой конец рычага 17 постоянно соприкасается с копиром, установленным на поворотной части кисти. Таким образом, при повороте кисти руки на определенный угол (например, в крайнее правое положение) рычаг 17 возвращает следящий золотник в среднее положение, и ГМ3 останавливается. При включении электромагнита У5 и отключении У4 масло под давлением поступает в правую полость управляющего гидроцилиндра Ц2, а левая его полость соединяется со сливом; поршень перемещается в левое положение и ГМ3 поворачивает кисть руки до соответствующего выступа на копире. При включении электромагнитов У2 и У5 обе полости Ц2 соединяются с напорной магистралью, а благодаря разности площадей поршень устанавливается в среднее положение, определяемое упором втулки. Гидромотор повернет кисть руки до среднего выступа копира.

Привод с гидроцилиндром ЦЗ рассчитан на работу как с двойным, так и с одинарным типом схватов. В зависимости от типа схвата кра-

новый распределитель гидропанели ГПЗ вручную ставится в левое или правое положение. При работе с одинарным схватом управление осуществляется с помощью гидрораспределителя Р5. При включении электромагнита У2 схват размыкается, а при выключении У2 происходит зажим схвата. Обратный клапан, встроенный в гидропанель, предотвращает резкий разжим схватов при падении давления в системе. При работе с двойным схватом команда на разжим каждого из них подается включением электромагнита У2 или У3. Когда оба электромагнита включены (или выключены), схваты одновременно сжимаются пружинами.

Каретка, общий вид которой показан на листе 92, является базовым элементом манипулятора, обеспечивающим его продольное перемещение по монорельсу.

Механизм каретки смонтирован в сварном корпусе 1, подкрепленном ребрами жесткости. Каретка установлена на роликовых опорах 2, 3, 4, 5 и 6, с помощью которых она перемещается по направляющему рельсу.

Боковая плоскость каретки является базовой для крепления руки манипулятора.

Механизм привода каретки (см. лист 92) включает в себя два двухступенчатых редуктора 7 с прямозубыми цилиндрическими колесами, смонтированными в одном корпусе и приводимыми от шагового электрогидравлического привода 8 и гидромотора 9. На выходных валах 10 редукторов установлены шестерни 11, зацепляющиеся с зубчатой рейкой 13, прикрепленной к направляющему рельсу 12.

Ползун механизма руки манипулятора, конструкция которого показана на листе 93, рис. 1, выполнен сварным коробчатой формы с поперечным сечением в виде замкнутого трапециoidalного профиля. Ползун 1 перемещается внутри корпуса 2, закрепленного на каретке, на двух группах роликов 3 (по четыре с каждой), которые установлены в подшипниках на осях 4. Для осуществления натяга в стыке между роликами и ползуном часть роликов установлена на эксцентричных осях 5.

На верхней части корпуса 2 установлен линейный электрогидравлический шаговый привод вертикального перемещения, шток 6 которого крепится к ползуну. На нижней плоскости ползуна 1 крепится рука, а на передней боковой плоскости 7 — кронштейн, на котором установлен электрогидравлический шаговый привод качания руки (на рис. 1 не показаны). Шток данного привода соединен с рукой при помощи шарнира. К корпусу 2 прикреплен механизм фиксации ползуна 1, смонтированный в отдельном корпусе 8. В верхней части корпуса 8 установлен плунжер 9, приводимый в действие пружиной 10. Этот плунжер постоянно воздействует на верхнее плечо рычага 11 фиксатора. В нижней части корпуса 8 имеется расточка с плунжером 12, который приводится в движение давлением масла и воздействует на нижнее плечо рычага 11. При движении ползуна 1 плунжеры 9 и 12 уравнивают рычаг 11, который находится в вертикальном положении: ползун 1 расфиксирован.

Если снять давление на плунжер 12, то рычаг 11 под действием пружины 10 поворачивается по часовой стрелке, входя в паз ползуна, который фиксируется в вертикальном направлении. Для расфиксации ползуна необходимо подать давление в торцовую полость гидравлического плунжера 12.

Механизм кисти (головки) руки, конструкция которого показана на листе 93, рис. 2, смонтирован в сборном корпусе 1, прикрепленном к фланцу нижней поворотной цапфы руки.

Внутри корпуса 1 размещается зубчатый редуктор 2 привода поворотной головки 3, смонтированной на подшипниках качения. На переднем конце поворотной головки 3 расположен байонетный замок 4 и фланец 5 с пружинным фиксатором 6 для закрепления схвата. На фланце установлены также разъемы 7, служащие для подвода электрических и пневматических коммуникаций. Над поворотной головкой 3 в корпусе 1 размещается гидроцилиндр зажима захвата, на штоке 8 которого смонтирована полумуфта 9 байонетного замка, соединяющая шток с тягой схвата (на рис. 2 схват не показан).

Поворот головки 3 на угол 90 или 180° осуществляется гидродвигателем 10 через редуктор 2. Торможение и остановка гидродвигателя выполняется следящим гидрозолотником, взаимодействующим при помощи рычага 11 с торцовыми копирами 12, которые установлены на фланце 5 поворотной головки. Контроль угловых положений поворотной головки 3 и линейного перемещения штока 8 осуществляется путевыми переключателями 13, установленными в верхней части механизма кисти руки.

В нижней части ползуна установлен механизм руки, конструкция которой показана на листе 94.

В кронштейне 1, закрепленном на ползуне, на подшипниках качения установлены верхние цапфы, представляющие собой полуоси 2 и 3, жестко связанные с корпусом 4 руки. Корпус 4 руки выполнен сварным в виде двуплечевого рычага. Большое плечо руки образует две параллельные пластины, несущие верхние и нижние цапфы, блок 5 зубчатых колес привода кисти руки, ось зубчатых колес 6 и 7 спрямительного механизма и оси опорных роликов 8 и 9 зубчатой рейки 10, входящие в данный механизм. Нижние цапфы руки представляют собой полуоси 11 и 12, установленные в корпусе 4 на подшипниках качения. Заодно с правой полуосью 12 выполнено зубчатое колесо привода спрямительного механизма. К торцам полуосей 11 и 12 жестко крепится ось 13 привода механизма качания кисти руки.

Малое плечо руки выполнено в виде кронштейна, к которому крепится опора 14 с шарниром для присоединения штока 15 электрогидравлического шагового привода качания руки, установленного на ползуне. Предельный угол качания руки 4 относительно оси верхних цапф определяется упорами 16, воздействующими на путевые выключатели 17. На корпусе 4 руки смонтированы гидрокоммуникации 18 для приводов кисти со схватом и системы смазки опор.

Привод качания кисти руки вокруг горизонтальной оси (на угол до 90°), включающий в себя гидродвигатель и червячный редуктор (см. кинематическую схему на листе 91), установлен в верхней части руки. Выходной вал редуктора с помощью муфты соединяется с зубчатым колесом спрямительного механизма, установленным на верхней цапфе руки.

Конструкции унифицированных механизмов схватов для деталей типа валов были показаны ранее (см. листы 35, 36, 37).

6.3.3. Промышленные роботы типа МА160П

Промышленные роботы типа МА160П агрегатной конструкции предназначены для обслуживания металлорежущих станков и гибких автоматических комплексов, состоящих из группы (до четырех единиц) станков для обработки тел вращения (валов и фланцевых деталей). ПР типа МА160П позволяют выполнять все необходимые для обслуживания станков операции: взятие заготовки из накопителя и снятия обработанной на станке детали, транспортирование заготовки и детали к станкам или накопителям, установку заготовки на станки и детали в свободной ячейке приемной тары накопителя.

При этом заготовки и детали должны располагаться в накопителях в ориентированном виде.

Агрегатный принцип построения ПР данного типа дает возможность на базе унифицированных узлов создавать модели роботов различного технологического назначения.

На листе 95 показаны общие виды и даны технические характеристики двух моделей ПР: МА160П.01.01 и МА160П.51.01, отличающиеся конструкцией механизмов руки, кисти (головки) и захватного устройства.

Опорная система ПР представляет собой портал 1, установленный на колоннах. По направляющему рельсу портала 1 перемещается ка-

ретка 2, имеющая индивидуальный гидропривод 3. Для подвода энергии к гидроприводам и электрических сигналов управления ПР используются гибкие гидро- и электрокоммуникации 4.

На боковой поверхности каретки 2 установлен ползун 5, перемещаемый в вертикальном направлении относительно его корпуса при помощи гидропривода 6. На ползуне 5 установлен механизм руки 7, имеющий различные конструкции: поворотного типа с гидроприводом 8 (в ПР МА160П.51.01) и выдвижного типа с перемещением совместно с ползуном 5 (в ПР МА160П.01.01).

В нижней части руки 7 установлена кисть (головка) 9, которая может поворачиваться относительно горизонтальной оси при помощи индивидуального гидропривода 10 (в ПР МА160П.01.01) или сохранять определенную ориентацию в пространстве при помощи специального специального механизма 11, работающего совместно с приводом 8 качания руки (в ПР МА160П.51.01).

В головке 9 руки при помощи унифицированного держателя 12 закреплено сменное захватное устройство 13, оснащенное специальным электроконтактным датчиком 14, определяющим момент касания схвата с заготовкой или деталью.

Конструкция схватов определяется типом обрабатываемых заготовок: в ПР МА160П.51.01 — для валов, а в ПР МА160П.01.01 — главным образом для коротких (фланцевых) деталей.

Промышленные роботы данного типа комплектуются гидростанцией 18, устройством ЧПУ 16 типа УПМ-331 (показаны для исполнения 2) и электрошкафом, конструкция которого зависит от модели ПР (на листе 96 электрошкаф не показан).

Принципиальные кинематические и гидравлические схемы ПР типа МА160П приведены на листе 96.

Каретка 1 ПР МА160П перемещается по монорельсу 2, закрепленному на портале. Привод каретки — электрогидравлический шаговый, включающий в себя шаговый электродвигатель (ШД1) и гидроусилитель 3 момента с гидромотором ГМ. Движение передается через коническую зубчатую пару z_1/z_2 с передаточным отношением $i=0,3$ и реечную шестерню z_3 , находящуюся в зацеплении с рейкой 4. Для обеспечения натяга в зубчато-реечном зацеплении имеется дополнительный параллельно работающий привод, включающий в себя гидромотор ГМ1, коническую пару колес z_4/z_5 и реечную шестерню z_6 , которая также находится в зацеплении с рейкой 4.

На каретке 1 закреплен корпус 5 ползуна, в котором на опорах качения перемещается ползун 6, соединенный со штоком линейного электрогидравлического шагового привода 7.

В ПР МА160П.51.01 на конце ползуна 6 на оси закреплена рука 8, выполненная в виде рычага, который совершает качательное движение вокруг горизонтальной оси. Это движение осуществляется от линейного электрогидравлического шагового привода 9, шарнирно установленного на кронштейне ползуна 6.

К руке данной модели ПР крепится спрямляющий механизм 10, состоящий из системы рычагов, которые служат для сохранения вертикального положения кисти (головки) 11 при любом угловом положении руки 8. Спрямляющий механизм 10 имеет пальцы 12, два из которых жестко закреплены на фланце 13 корпуса и два — на диске 14, сидящем на шлицах цапфы кисти (головки) 11 руки. Пальцы 12 соединены тягами, которые образуют шарнирный параллелограмм.

В ПР МА160П.01.01 на конце ползуна 6 жестко закреплена рука 16,

к которой шарнирно крепится кисть (головка) 17 руки. Головка имеет возможность поворачиваться на угол 90° вокруг горизонтальной оси при помощи электрогидравлического шагового привода 18, установленного на кронштейне руки 16.

Кисть (головка) руки ПР МА160П имеет поворотную часть — шпиндель 19, в котором закрепляются сменные захватные устройства 15.

Шпиндель 19 поворачивается вокруг вертикальной оси на угол 90 или 180° . Поворот шпинделя осуществляется гидроцилиндром 20, управляемым следящим золотником 21 и зубчатой рейкой 22. Шуп этого золотника с помощью рычага 23 упирается в кольцевой копир 24, закрепленный на шпинделе 19 головки руки. Ось рычага 23 закреплена на тяге 25, которая опирается на ступенчатый шток 26 вспомогательного трехпозиционного гидроцилиндра. В зависимости от положения штока 26 ось рычага 23 смещается, что приводит к изменению положения шупа следящего золотника 21 по отношению к копиру 24, т.е. к перемещению штока гидроцилиндра 20: каждому положению рычага 23 соответствует определенная позиция шпинделя 19 головки.

Перемещение губок захватного устройства 15 осуществляется встроенным в головку гидроцилиндром 27 через тягу 28.

Гидравлическая схема ПР МА160П (см. лист 96) обеспечивает перемещения: каретки по монорельсу — при помощи электрогидравлического шагового привода ЭГШП1; ползуна и руки (или головки руки в ПР МА160П.01.01) — при помощи линейных электрогидравлических шаговых приводов ЛЭГШП1 и ЛЭГШП2; шпинделя головки руки вместе с захватным устройством — при помощи гидроцилиндра Ц2 со штоком-рейкой; зажима и разжима губок схвата — при помощи гидроцилиндра Ц1.

Питание системы осуществляется от гидростанции типа Г48-44, включающей в себя регулируемый насос типа 2Г15-14.

Спецификация элементов гидросистемы ПР МА160П и таблица включения электромагнитов золотников управления, позволяющие анализировать работу схемы, также приведены на листе 96. Принцип работы гидросхемы аналогичен схеме ПР М40П.05.01, рассмотренной ранее.

Манипулятор ПР типа МА160П смонтирован на подвижной каретке, конструкция которой показана на листе 97, рис. 1. Каретка выполнена в виде сварного корпуса 1, имеющего в сечении Г-образную форму с двумя группами (по три штуки в каждой) опорных роликов 2, 3, 4, охватывающих верхний рельс 5, и парой роликов 6 и 7, опирающихся на нижний рельс 8. Рельсы крепятся на траверсе 9, установленной на колоннах (на рисунке не показаны). Путевые выключатели 10 и 11, установленные на каретке, взаимодействуют с упорами на линейке, которая закреплена на траверсе 9.

На верхней плоскости корпуса 1 установлен механизм привода каретки, также показанный на листе 97, рис. 2. Механизм привода каретки представляет собой сдвоенный редуктор, смонтированный в общем корпусе 1. Ведущие шестерни 2 редуктора связаны с валами электрогидравлического шагового двигателя 3 и дополнительного гидромотора 4. Ведомые зубчатые конические колеса 5 установлены на входных валах 6, на которых на шлицах установлены шестерни 7 зубчато-реечной передачи.

Контроль угла поворота ведущего вала механизма привода выполняет бесконтактный импульсный датчик 8, в паз которого периодически входит лепесток 9, установленный на валу-шестерне 2.

Механизм ползуна ПР МА160П показан на листе 99. В корпусе 1, установленном на каретке, на осях установлены роликовые опоры 2, по которым внутри корпуса 1 перемещается ползун 3.

К корпусу 1 крепится линейный электрогидравлический шаговый привод 4, шток которого присоединен к ползуну 3. Ход штока ограничен жесткими упорами 5, установленными на ползуне 3, и регулируемые упорами 6 на его корпусе 1. Стопорение ползуна 3 осуществляется при помощи специального фиксирующего механизма 7, конструкция которого аналогична рассмотренной на листе 93, рис. 1.

В верхней части ползуна 3 крепятся шланги 8 энергопривода и кабель 9 цепей управления, которые затем проходят внутри ползуна и соединяются на нижнем фланце 10 с механизмом руки.

Управление приводом 4 ползуна осуществляется по сигналам путевых электрических переключателей 11, установленных на кронштейне корпуса 1.

Механизм руки манипулятора ПР МА160П.51.01 показан на листе 99.

Корпус 1 руки выполнен из двух сварных труб, в верхней и нижней частях которых установлены цапфы. Верхние цапфы 2 жестко соединены с корпусом 1 и смонтированы в подшипниках качения, установленных в кронштейне 3, который крепится к ползуну.

На одной из верхних цапф установлены кулачки 4, действующие на выключатели 5, которые контролируют крайние и промежуточные положения руки. На кронштейне 3, закрепленном на ползуне, установлено поворотное соединение 6 для подвода гидравлических коммуникаций к механизму руки. Нижние цапфы 7 смонтированы на подшипниках качения, установленных в корпусе 1 руки. К этим цапфам крепится кисть (головка) 8. Одна из цапф 7 имеет шлицы, через которые передается и преобразуется во вращательное движение головки 8 линейное перемещение спрямляющего устройства 9 таким образом, чтобы в любом положении руки головка сохраняла вертикальную ориентацию. На корпусе 1 руки в нижней части установлено поворотное соединение 10 для подвода гидравлических коммуникаций к механизму головки.

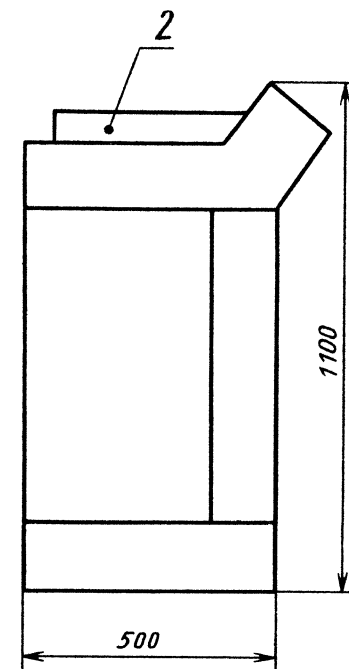
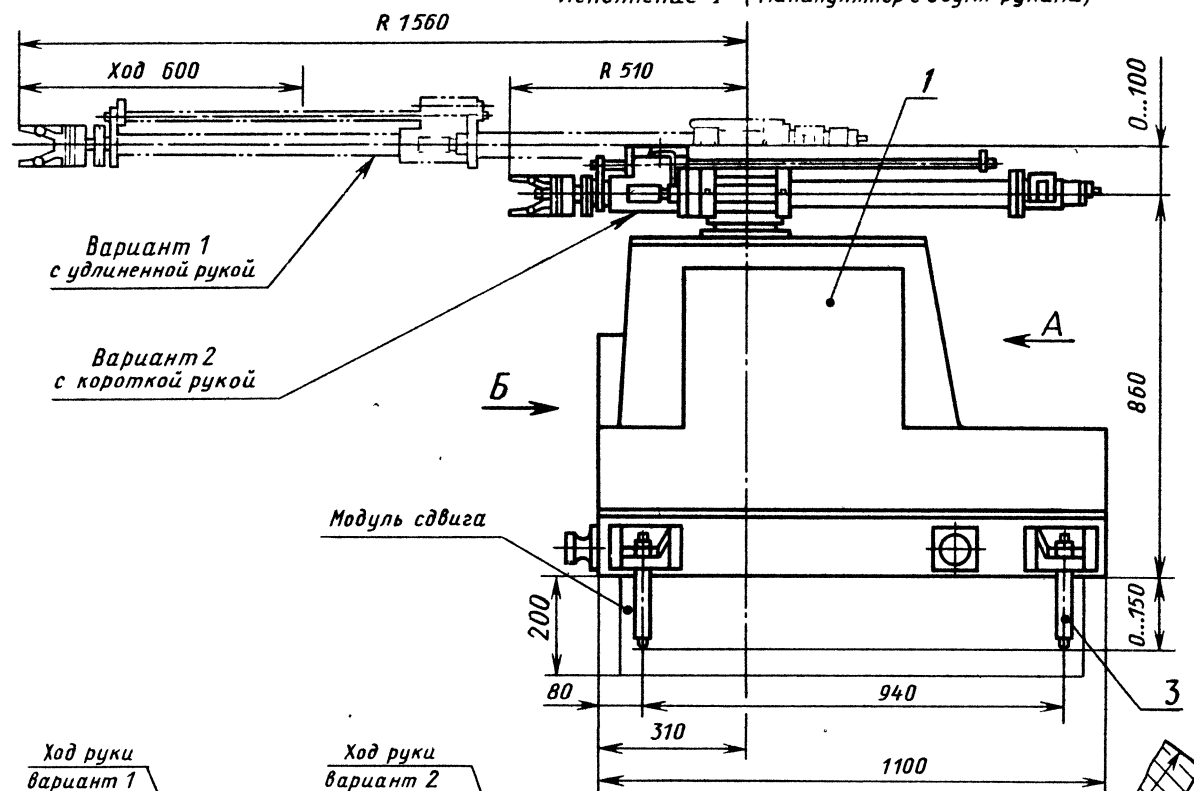
На нижнем конце руки на цапфах шарнирно установлена кисть (головка) руки, конструкция которой показана на листе 100. Описание механизма головки было дано ранее при рассмотрении кинематической схемы ПР (см. лист 96).

Соединение держателя 1 захватного устройства со шпинделем 2 головки, а также хвостовика 3 схвата со штоком 4 гидроцилиндра 5 производится за счет байонетных замков 6 и 7. Зажим осуществляется при вводе выступов держателя 1 схвата и хвостовика 3 в соответствующие проточки шпинделя 2 и замка 7 с последующим поворотом держателя относительно шпинделя 9 на угол 90° . В повернутом положении держатель 1 фиксируется подпружиненным роликом 8, входящим в клиновидный паз фланца держателя. Для освобождения держателя 1 следует вручную отвести фиксатор вверх.

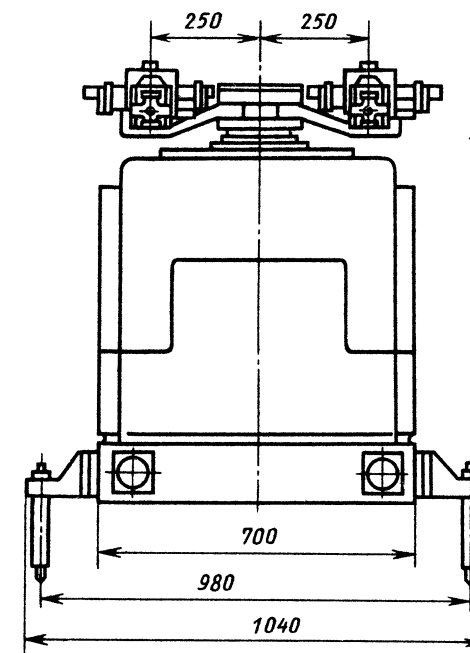
Поворот шпинделя осуществляет гидроцилиндр 10, шток-рейка 11 которого зацепляется с шестерней 12, жестко соединенной со шпинделем. Контроль углового положения шпинделя выполняют путевые переключатели 9.

Унифицированное захватное устройство ПР МА160П для деталей типа ступенчатых валов, оснащенное электроконтактным датчиком для определения положения заготовок на транспортно-накопительных устройствах, было рассмотрено ранее (см. лист 36).

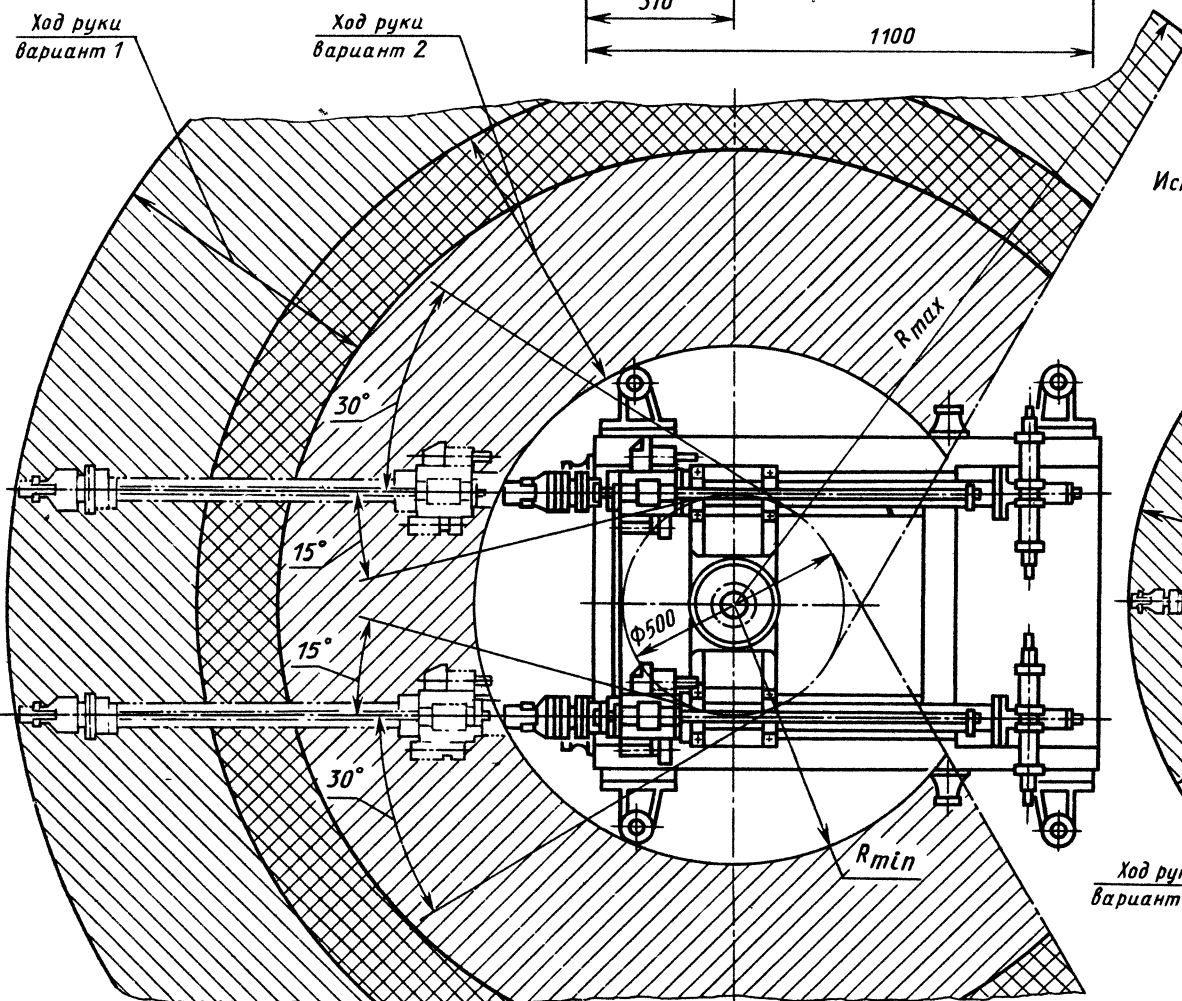
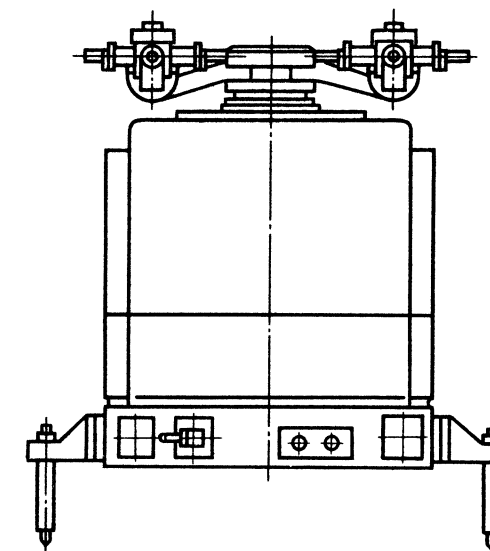
Исполнение 1 (манипулятор с двумя руками)



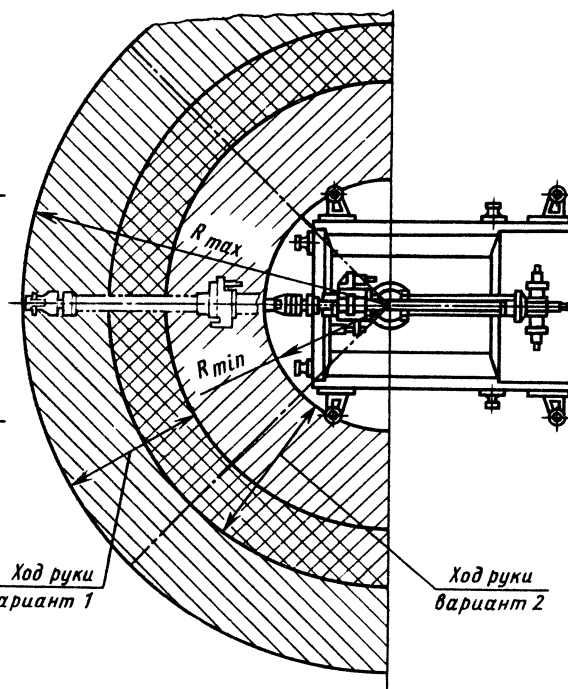
Вид Б



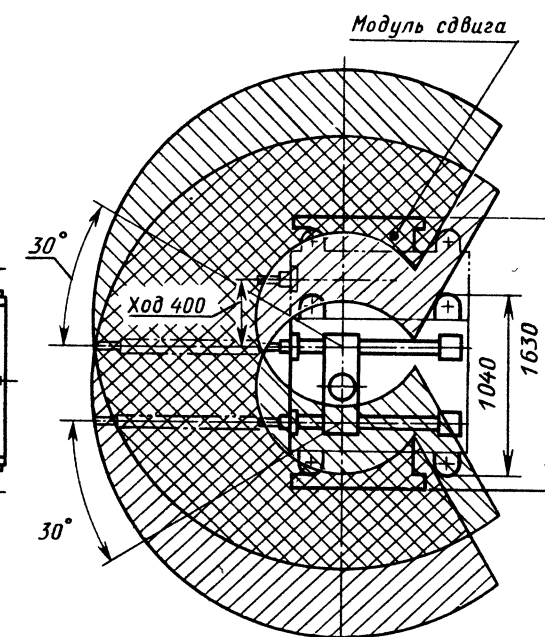
Вид А



Исполнение 2 (манипулятор с одной рукой)



Исполнение 3 (манипулятор с модулем сдвига)

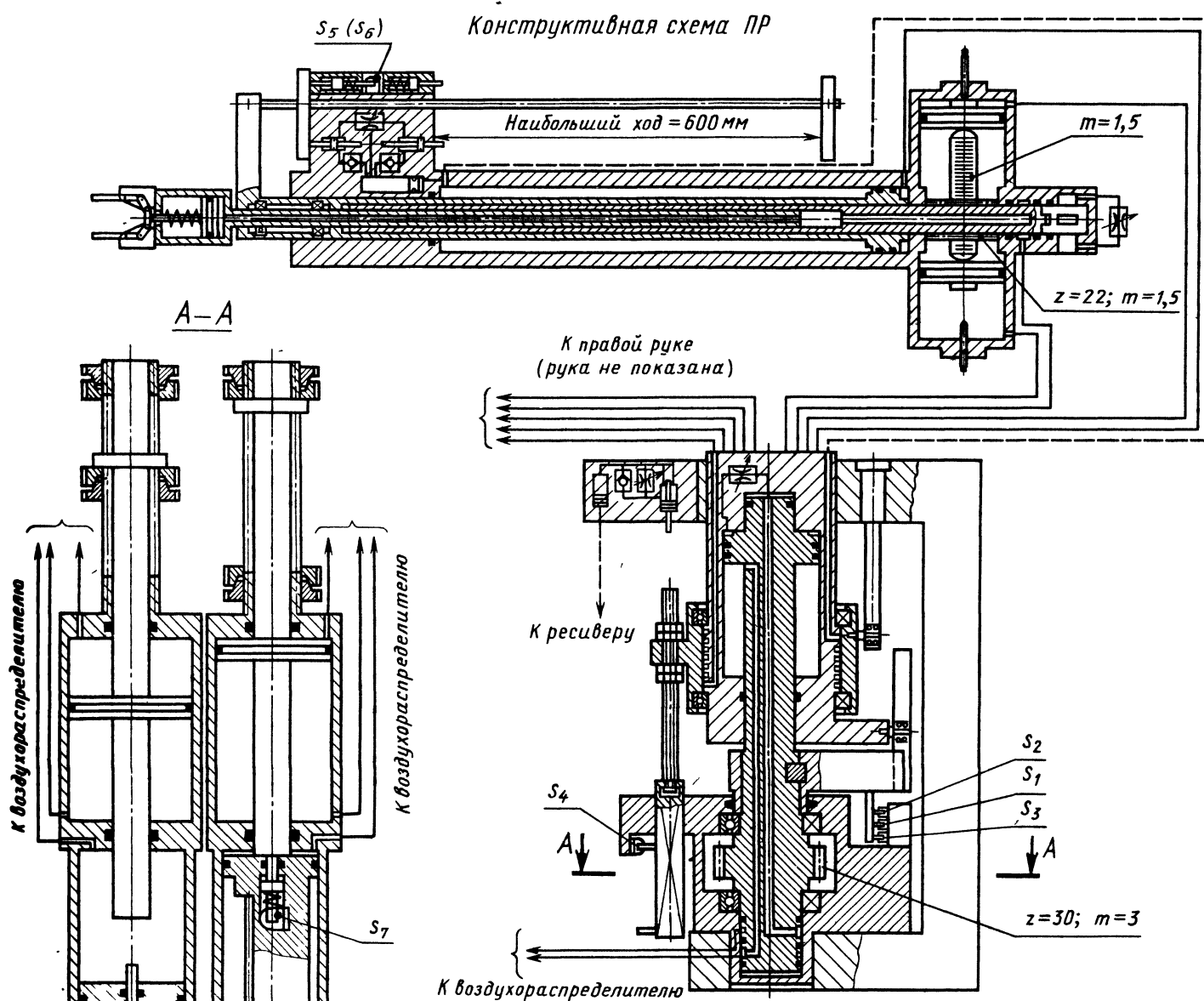


Техническая характеристика

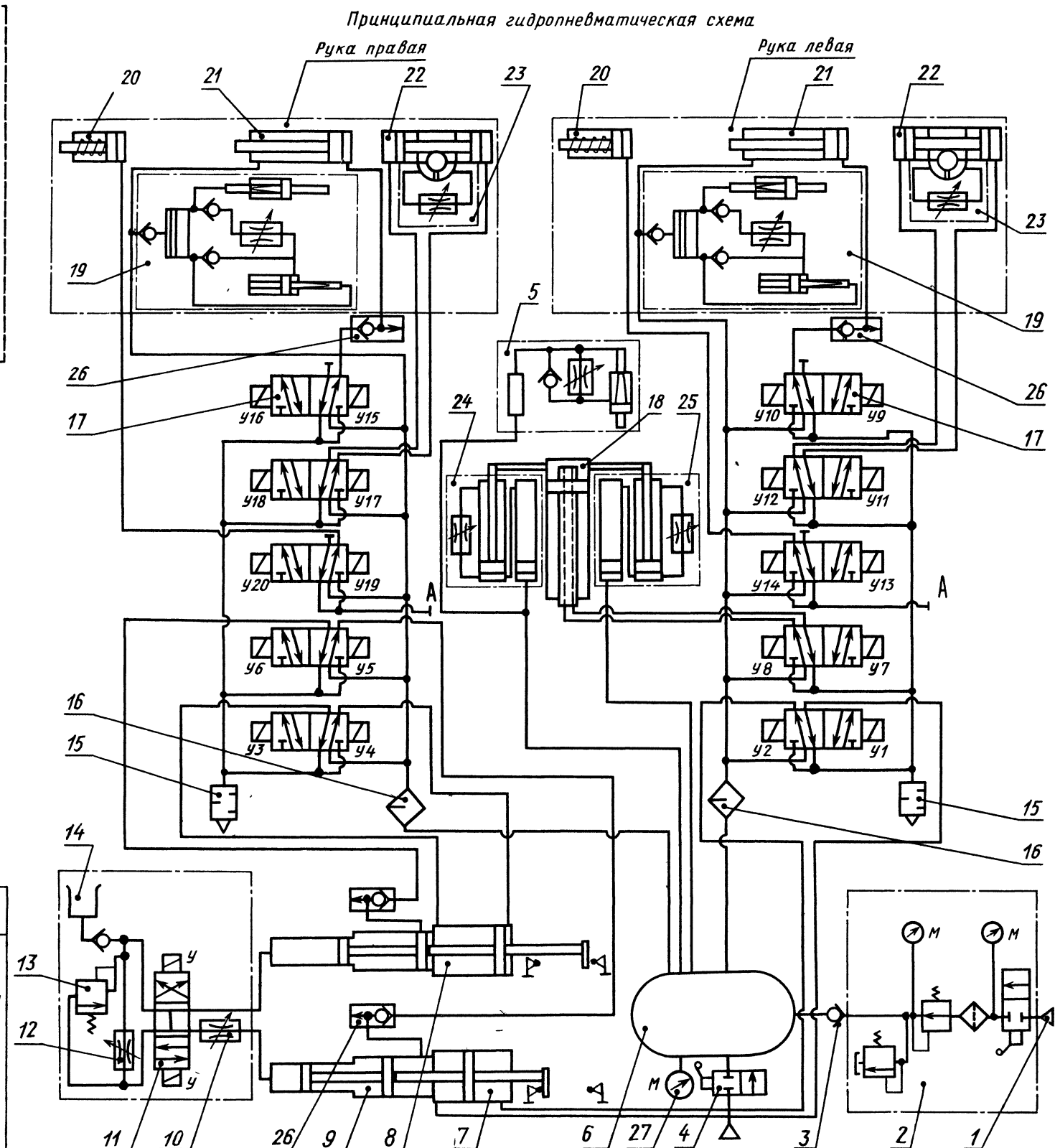
1. Число рук... 1...2
2. Грузоподъемность одной руки, кг... 5
3. Радиус рабочей зоны, мм:
наибольший R_{max} ... 1560
наименьший R_{min} ... 510
4. Наибольший горизонтальный ход руки, мм... 600
5. Высота оси руки от уровня пола, мм:
наименьшая... 860
наибольшая... 1110
6. Наибольший вертикальный ход руки, мм... 100
7. Наибольший угол поворота рук в горизонтальной плоскости, град... 180
8. Пределы установки угла положения каждой руки относительно продольной оси манипулятора, град... $\pm 30...15$
9. Наибольший угол поворота схвата вокруг продольной оси, град... 180
10. Точность позиционирования схвата, мм:
при повороте руки (на 180°)... $\pm 0,25$
при линейных перемещениях... $\pm 0,1$
11. Масса манипулятора, кг:
однорукого... 460
двухрукого... 780

Промышленные роботы типа
„Циклон-5”

Лист 63

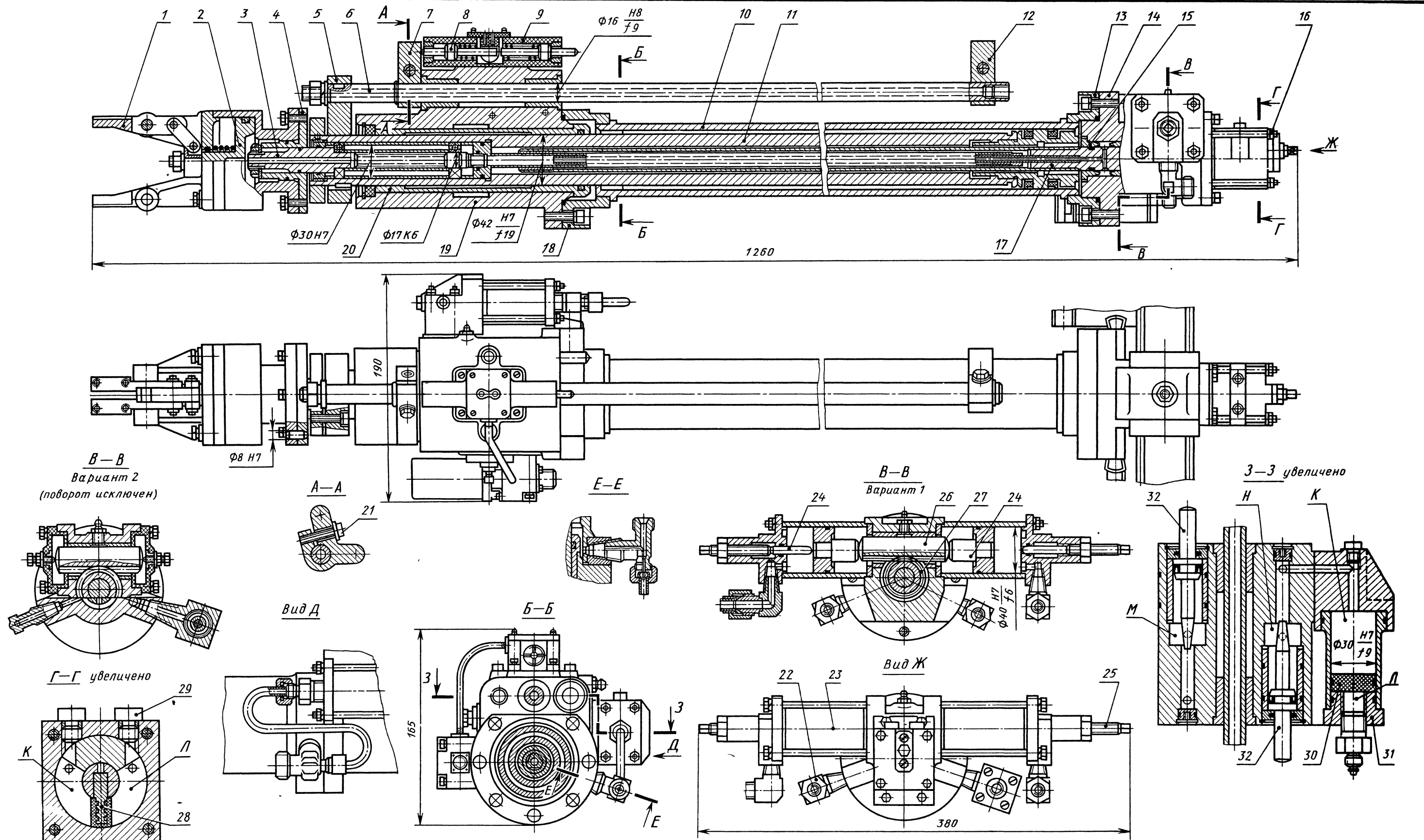


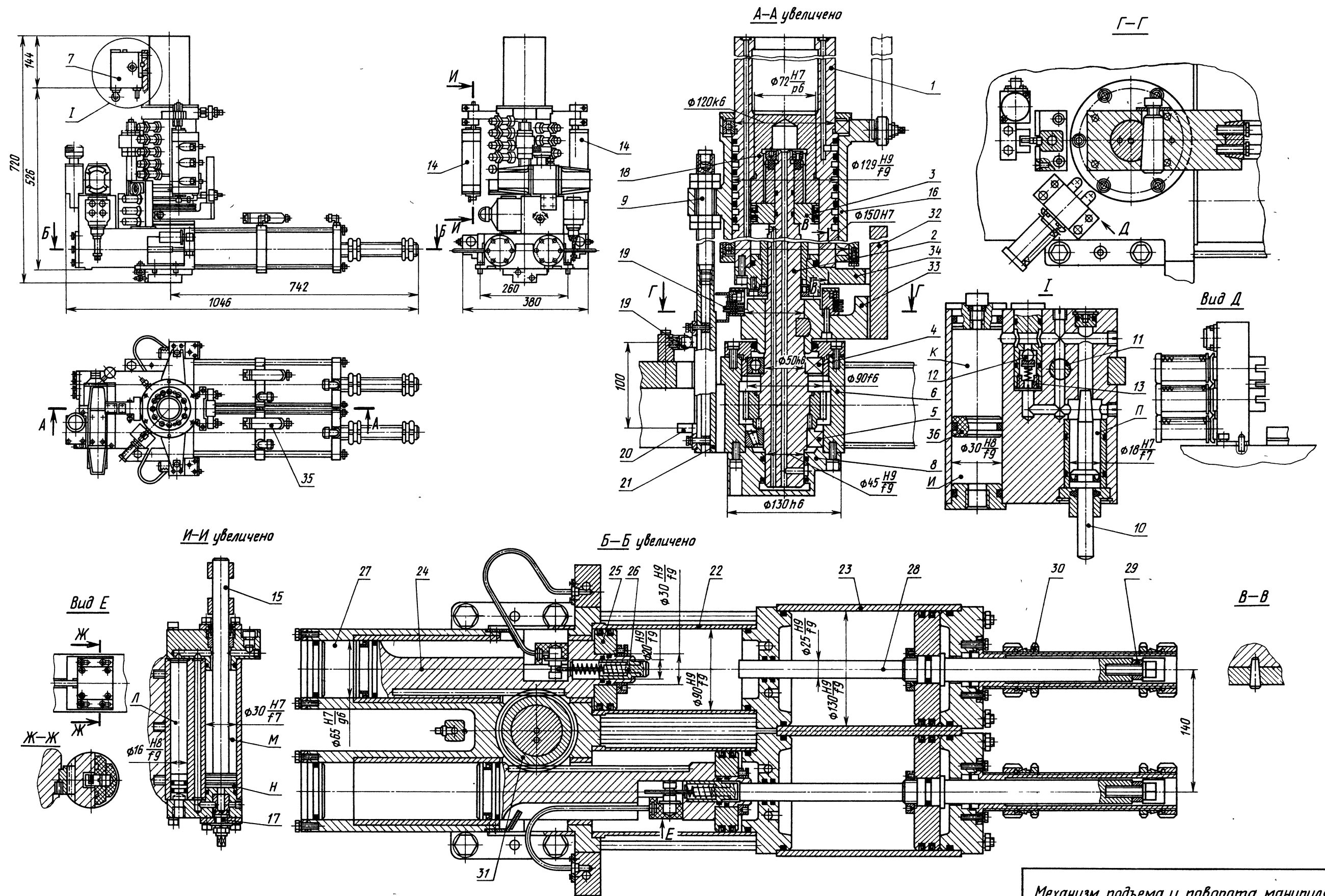
Поз.	Наименование	Поз.	Наименование
1	Трубопровод подвода сжатого воздуха из сети	15	Глушитель
2	Блок пневматический П-Б 116/10-03	16	Маслораспылитель В 44-24
3	Клапан обратный ПК 16-10	17	Воздухораспределитель РПЭ1-2М
4	Вентиль запорный муфтовый	18	Пневмоцилиндр подъема
5	Клапан тормозной	19	Блок тормозной
6	Ресивер	20	Пневмоцилиндр схвата
7	Пневмоцилиндр упора левого	21	Пневмоцилиндр руки
8	Пневмоцилиндр упора правого	22	Пневмоцилиндр поворота схвата
9	Пневмоцилиндры поворота рук	23	Гидродемпфер
10	Дроссель	24	Гидродемпфер левый
11	Распределитель золотниковый Р 102-АЛ 14-110	25	Гидродемпфер правый
12	Дроссель с регулятором ПГ-77-22	26	Клапан быстрого сброса воздуха
13	Золотник напорный БПГ-54-22	27	Манометр МТП-60/4-6×2,5
14	Бачок подпитки		



Принципиальные схемы ПР типа
„Циклон-5”

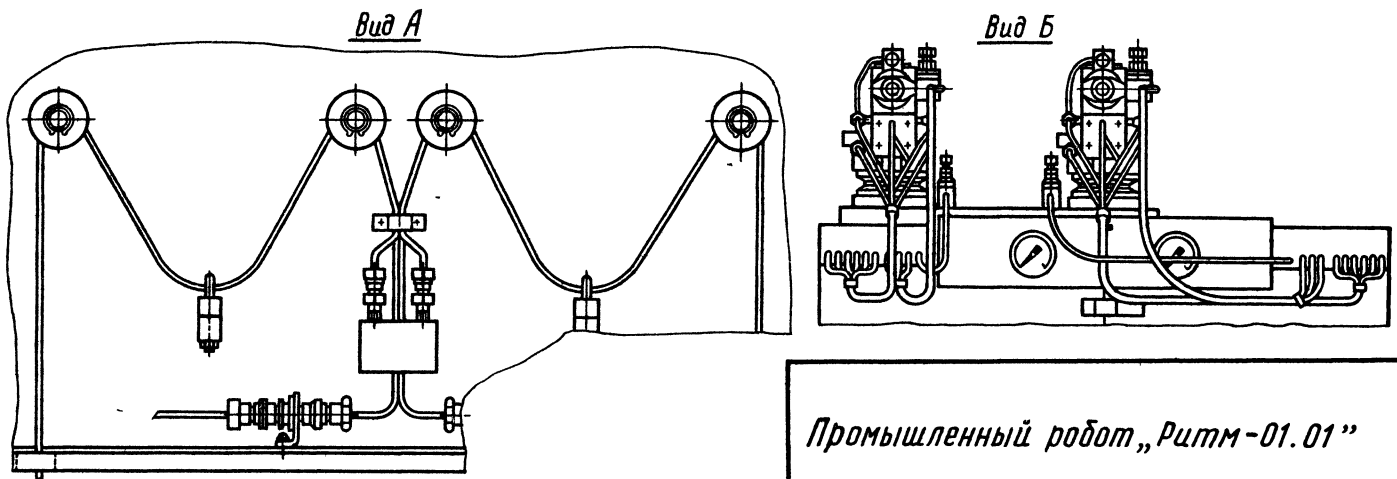
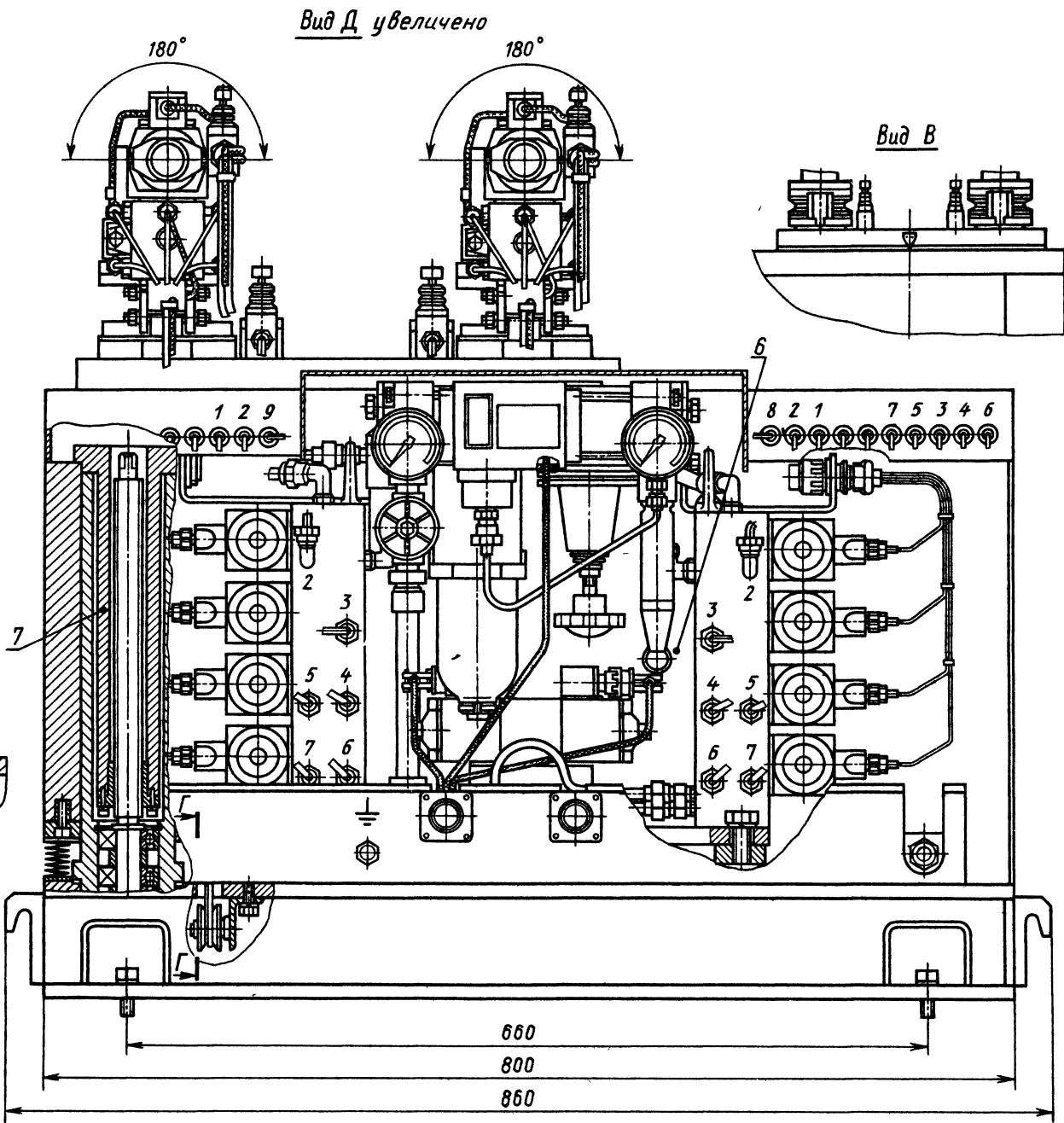
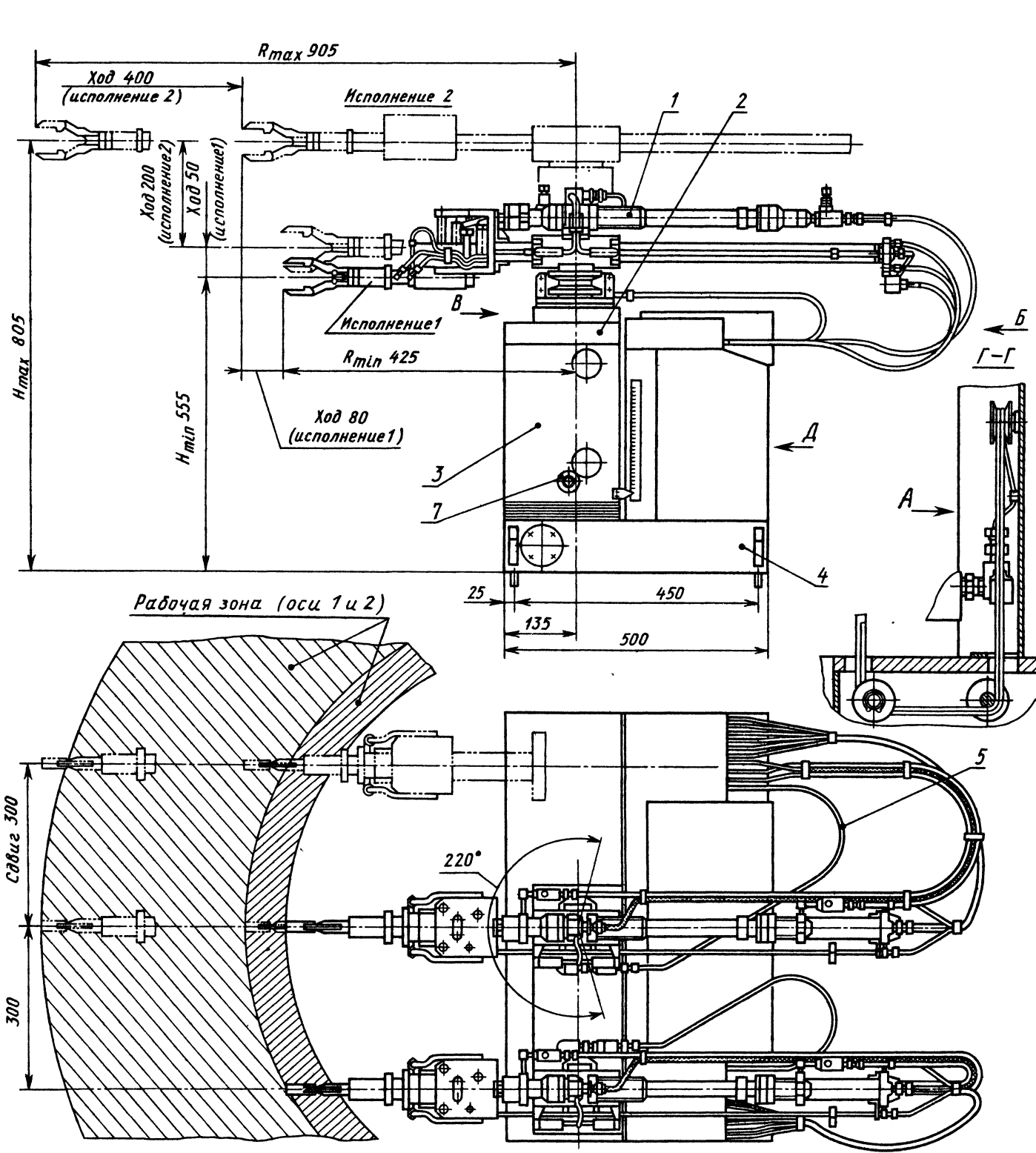
Лист 64





Механизм подъема и поворота манипулятора
ПР „Циклон-5”

Лист 66



Техническая характеристика

- | | | |
|--|---------------------------------------|---|
| 1. Количество рук, шт. 2 | 5. Скорости перемещений: | 6. Точность позиционирования переносимых объектов по каждому перемещению, мм Δ 0,1 |
| 2. Номинальная грузоподъемность руки, кг 0,5 | подъема и опускания рук, м/с ... 0,17 | 7. Масса манипулятора (без устройства ЦПУ), кг 20 |
| 3. Число степеней подвижности.... 5 | поворота рук, град/с 360 | |
| 4. Пределы регулирования углового расположения каждой руки относительно продольной оси манипулятора (при повороте рук в одну сторону), град ± 65 | выдвижения рук, м/с 0,6 | |
| | поперечного сдвига, м/с 0,17 | |
| | поворота кистей рук, град/с ... 720 | |

Примечание. Диапазоны перемещений манипулятора указаны на чертеже

Конструктивные схемы ПР

Исполнение 1 (РИТМ-01.01)

Исполнение 2 (РИТМ-01.02)

Исполнение 3 (РИТМ-01.03)

Принципиальная пневматическая схема

Рука с двумя степенями подвижности

Рука с одной степенью подвижности

Рука с двумя степенями подвижности

Рука с двумя степенями подвижности

Консоль

Колонна

Консоль

Механизм поворота и подъема

Механизм сдвига

Исполнение 4 (РИТМ-01.02)

Рука с одной степенью подвижности

Механизм установочного перемещения

Консоль

Механизм сдвига

$z=22; m=2$

$z=22; m=2$

Основание

Тележка

A-A

B-B

B-B

Кисть с двумя степенями подвижности

11

10

9

8

7

6

4

3

2

5

1

12

13

14

17

15

12

17

14

18

17

21

20

20

20

20

20

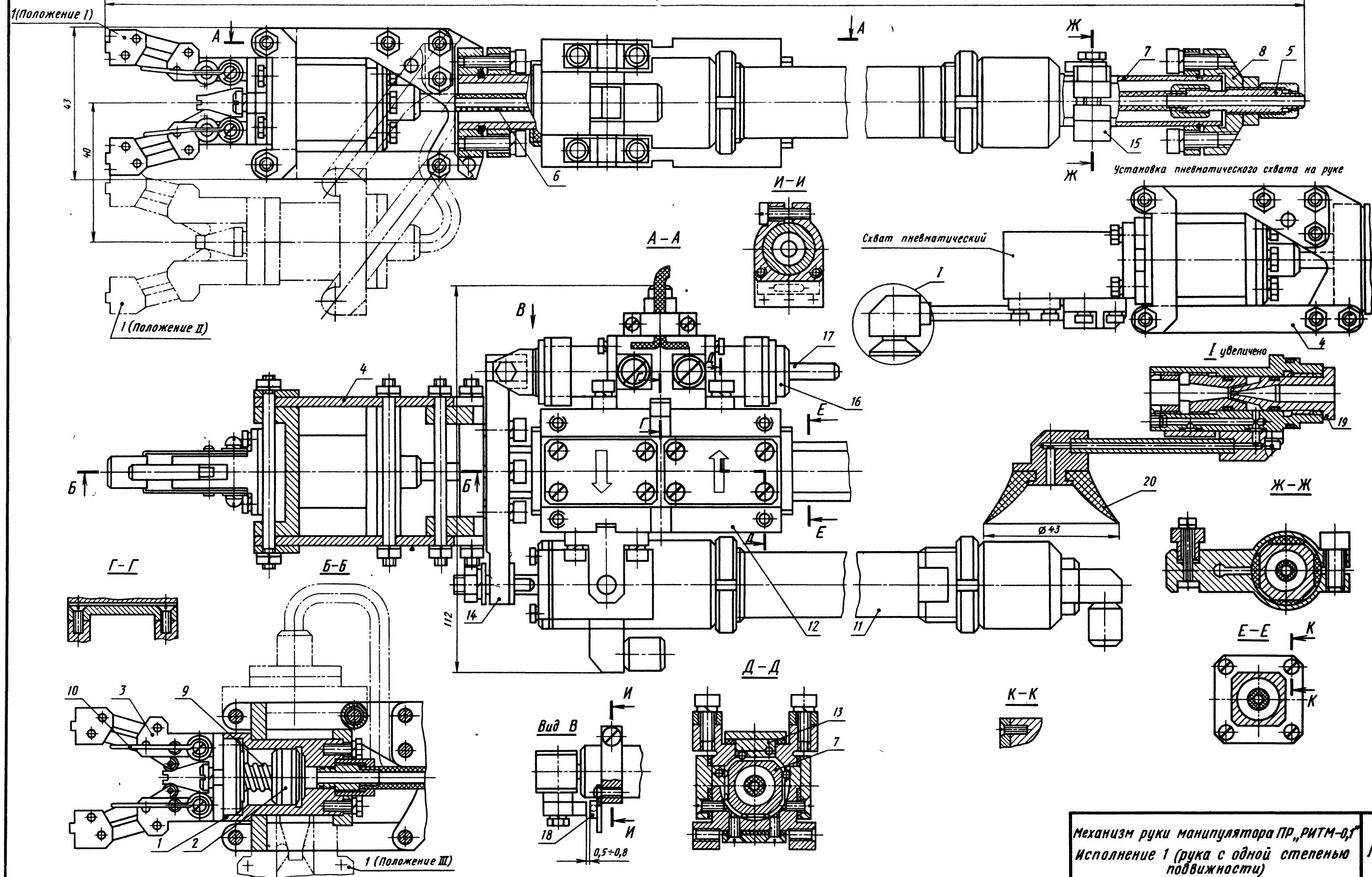
21

21

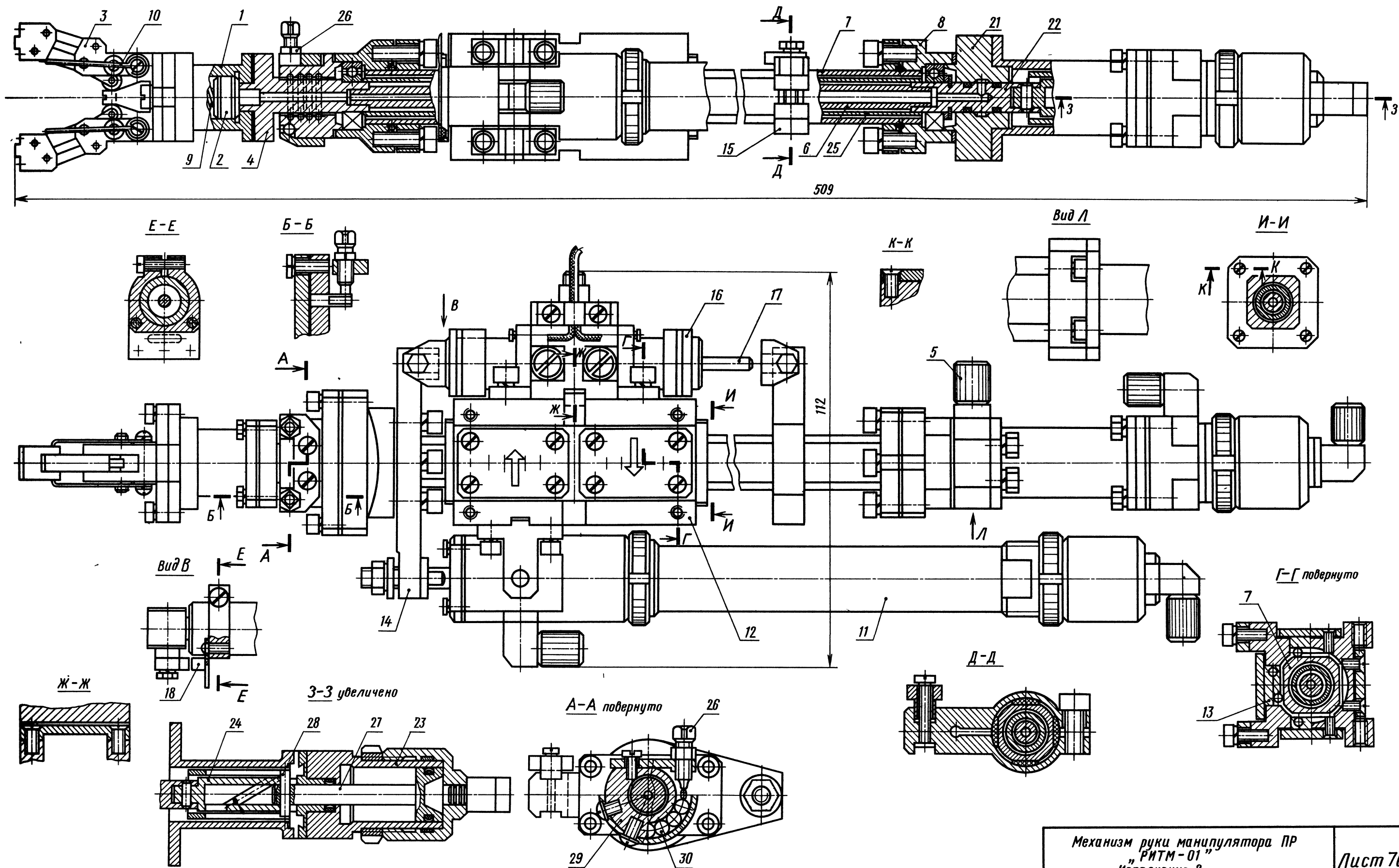
Поз.	Наименование	Поз.	Наименование
1	Влагоотделитель	12	Пневмоцилиндр зажима схвата
2	Регулятор давления	13	Гидродемпфер руки
3	Манометр	14	Пневмоцилиндр руки
4	Маслораспылитель	15	Пневмоцилиндр поворота схвата
5	Пневмораспылитель	16	Пневмоцилиндр откидного упора механизма поворота
6	Пневмоцилиндр механизма поворота	17	Рука двухступенная
7	Гидродемпфер механизма подъема	18	Рука одностепенная
8	Пневмоцилиндр механизма подъема	19	Механизм сдвига
9	Гидродемпфер механизма поворота	20	Механизм поворота и подъема
10	Пневмодемпфер механизма сдвига	21	Модуль силового управления
11	Пневмоцилиндр механизма сдвига		

Принципиальные схемы ПР
"РИТМ-01"

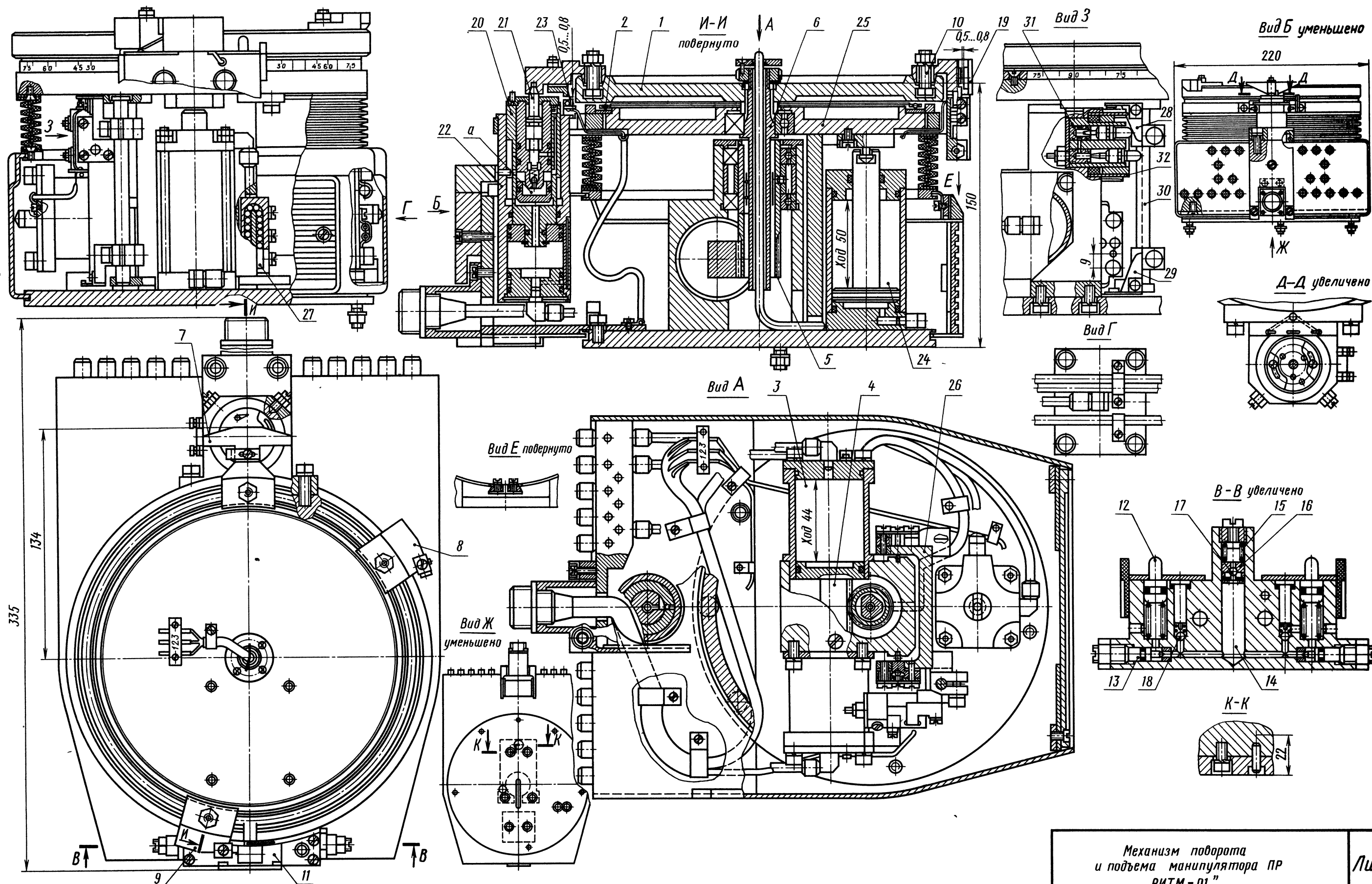
Лист 68



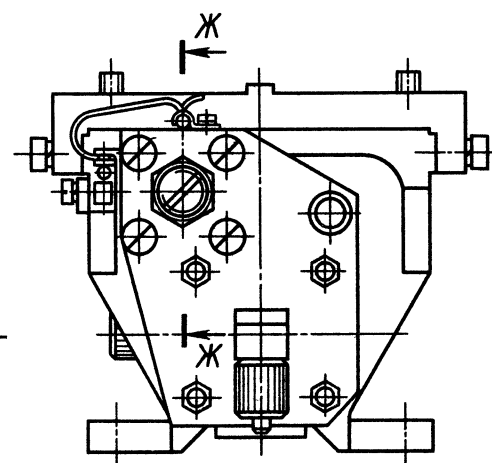
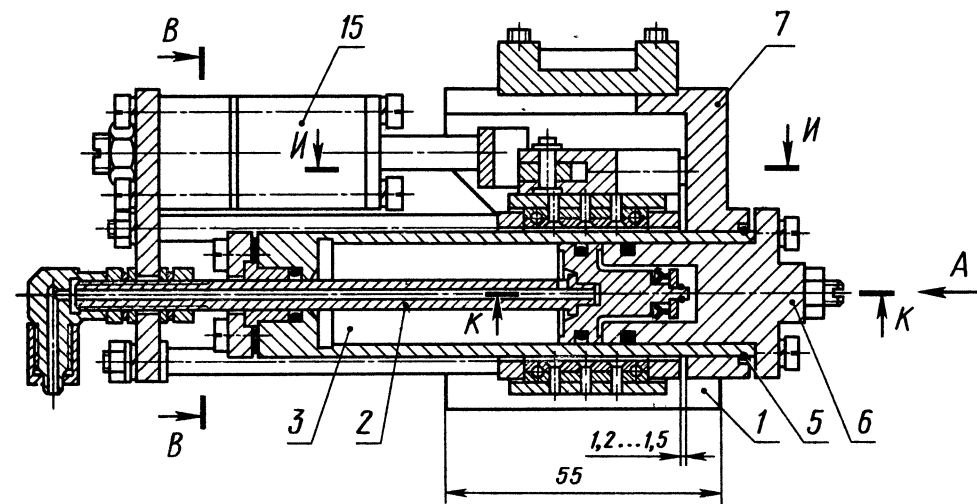
Механизм руки манипулятора ПР „РИТМ-0,1“
Исполнение 1 (рука с одной степенью подвижности)



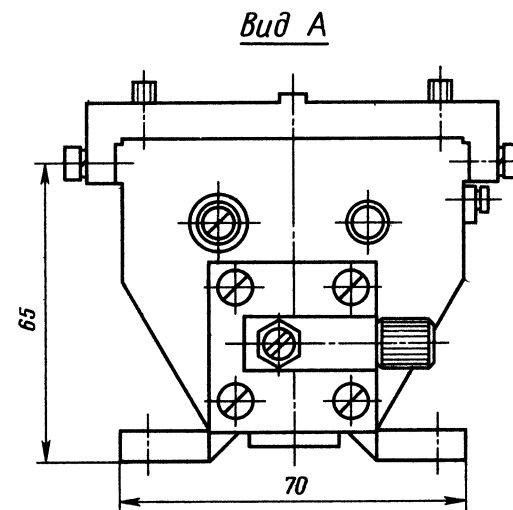
Механизм руки манипулятора ПР
 "РИТМ-01"
 Исполнение 2
 (рука с двумя степенями подвижности)



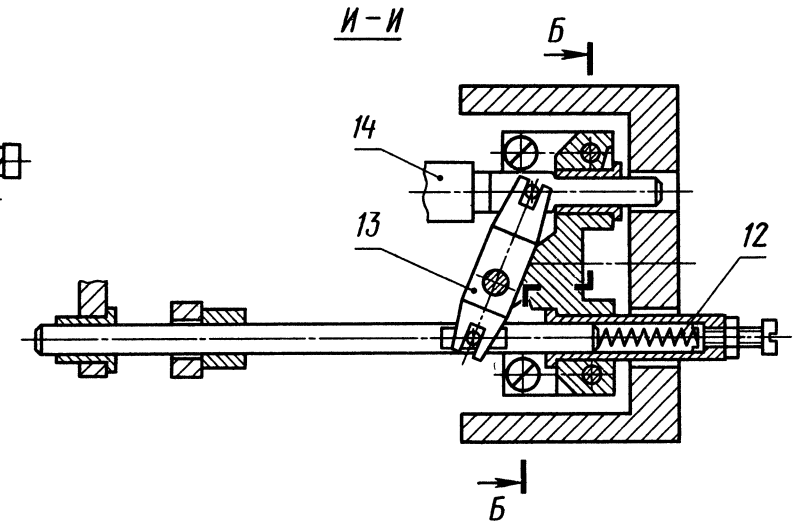
Механизм поворота
и подъема манипулятора ПР
"РИТМ-01"



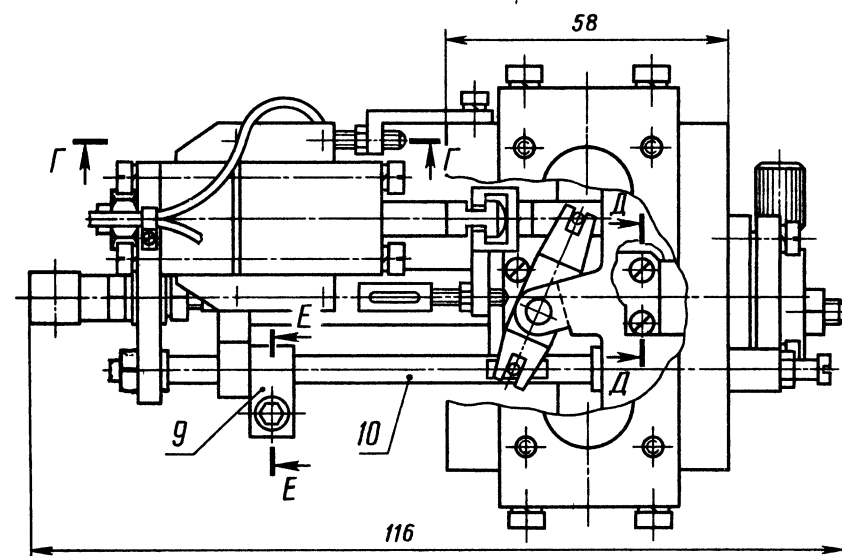
Б-Б увеличено



Вид А

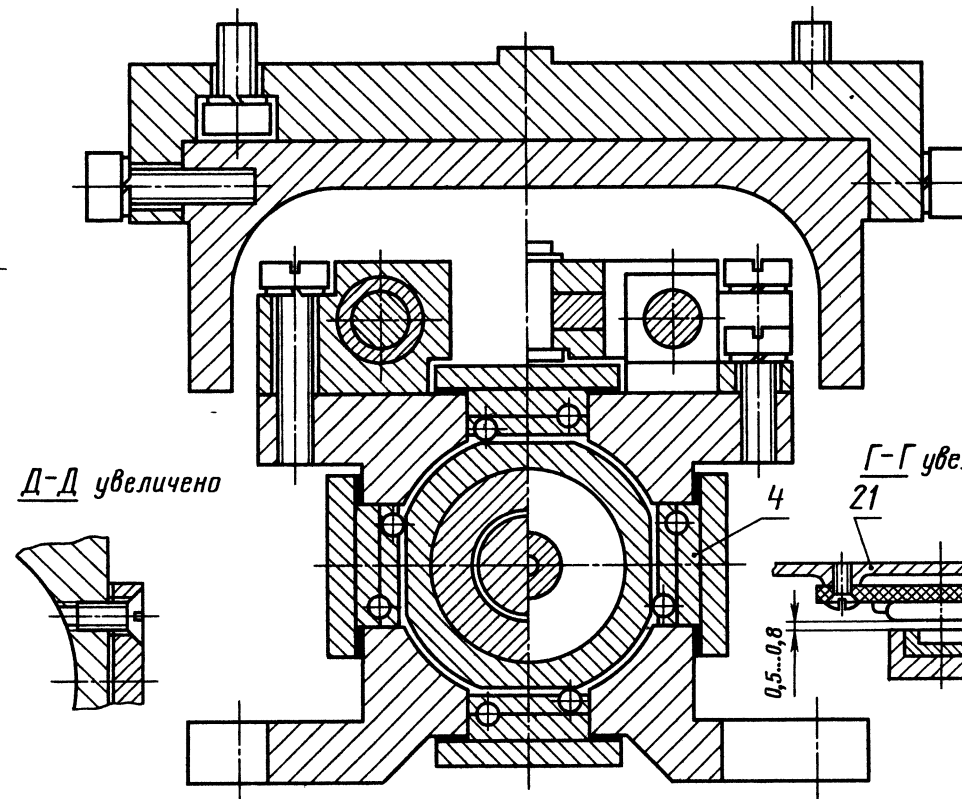
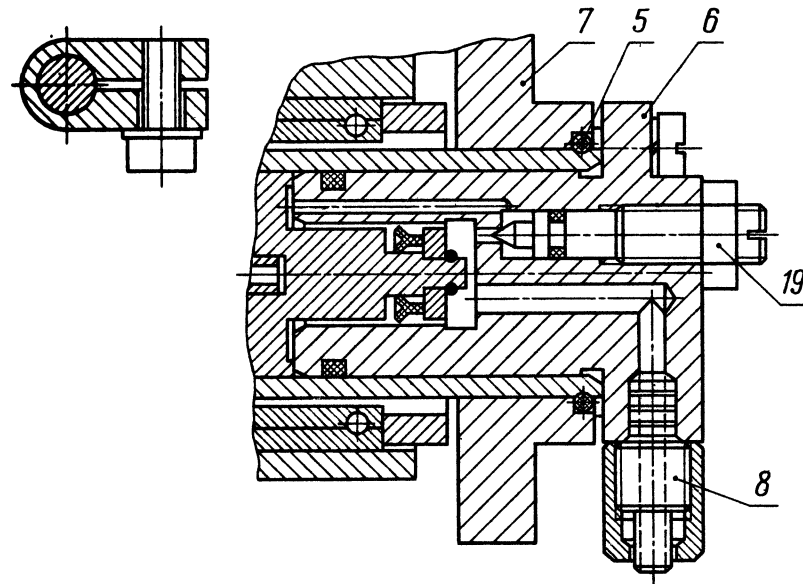


В-В увеличено

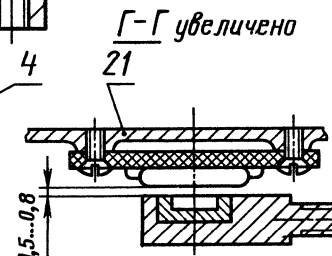


Е-Е увеличено, повернуто

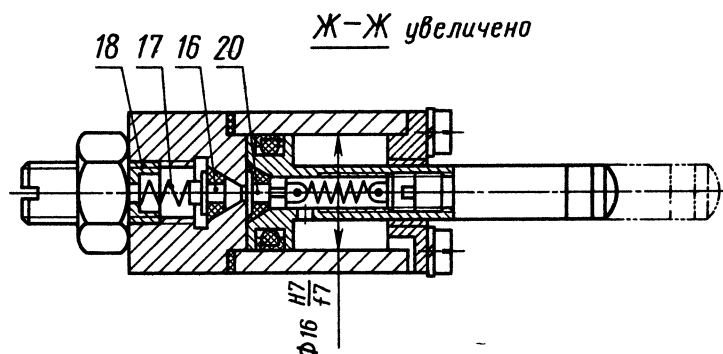
К-К увеличено



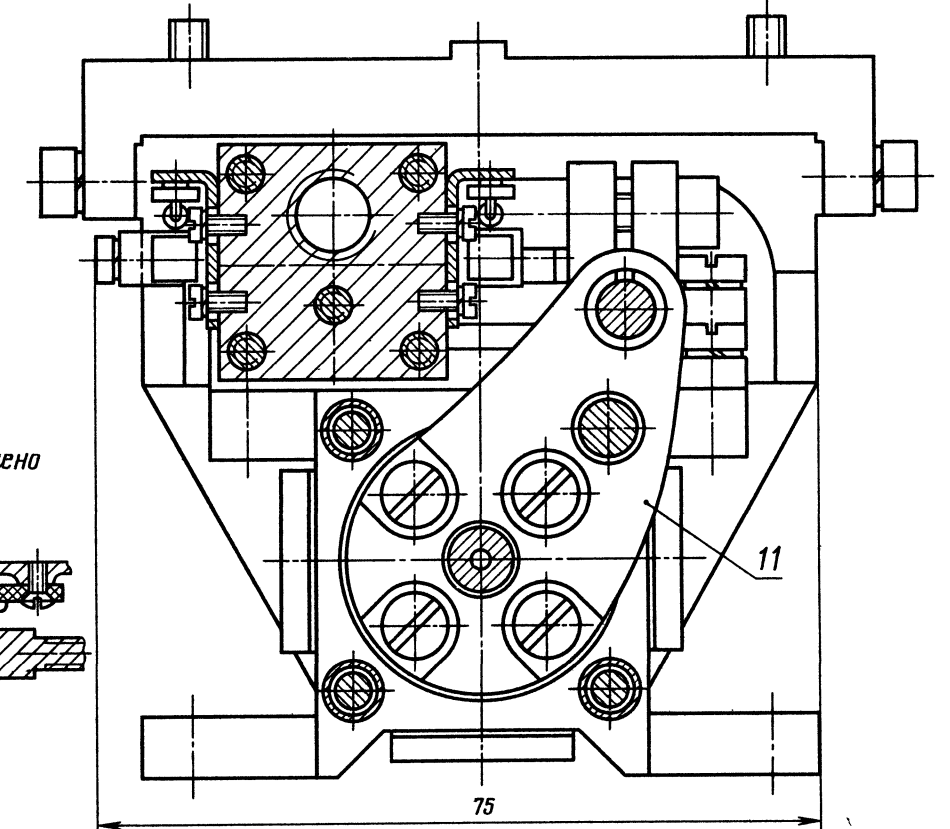
Д-Д увеличено



Г-Г увеличено



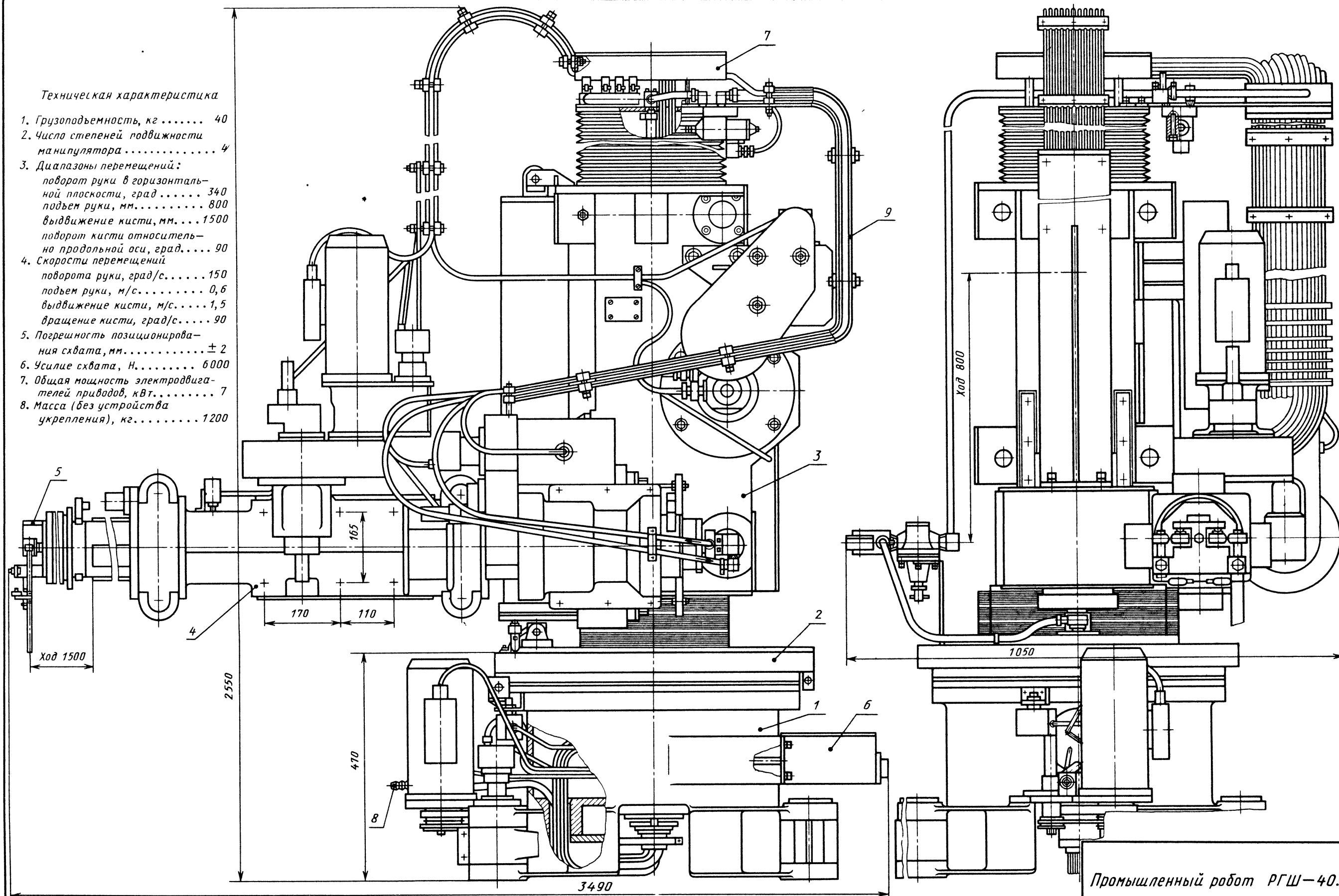
Ж-Ж увеличено



Механизм горизонтального перемещения
(сдвига) манипулятора ПР
„РИТМ-01“

Техническая характеристика

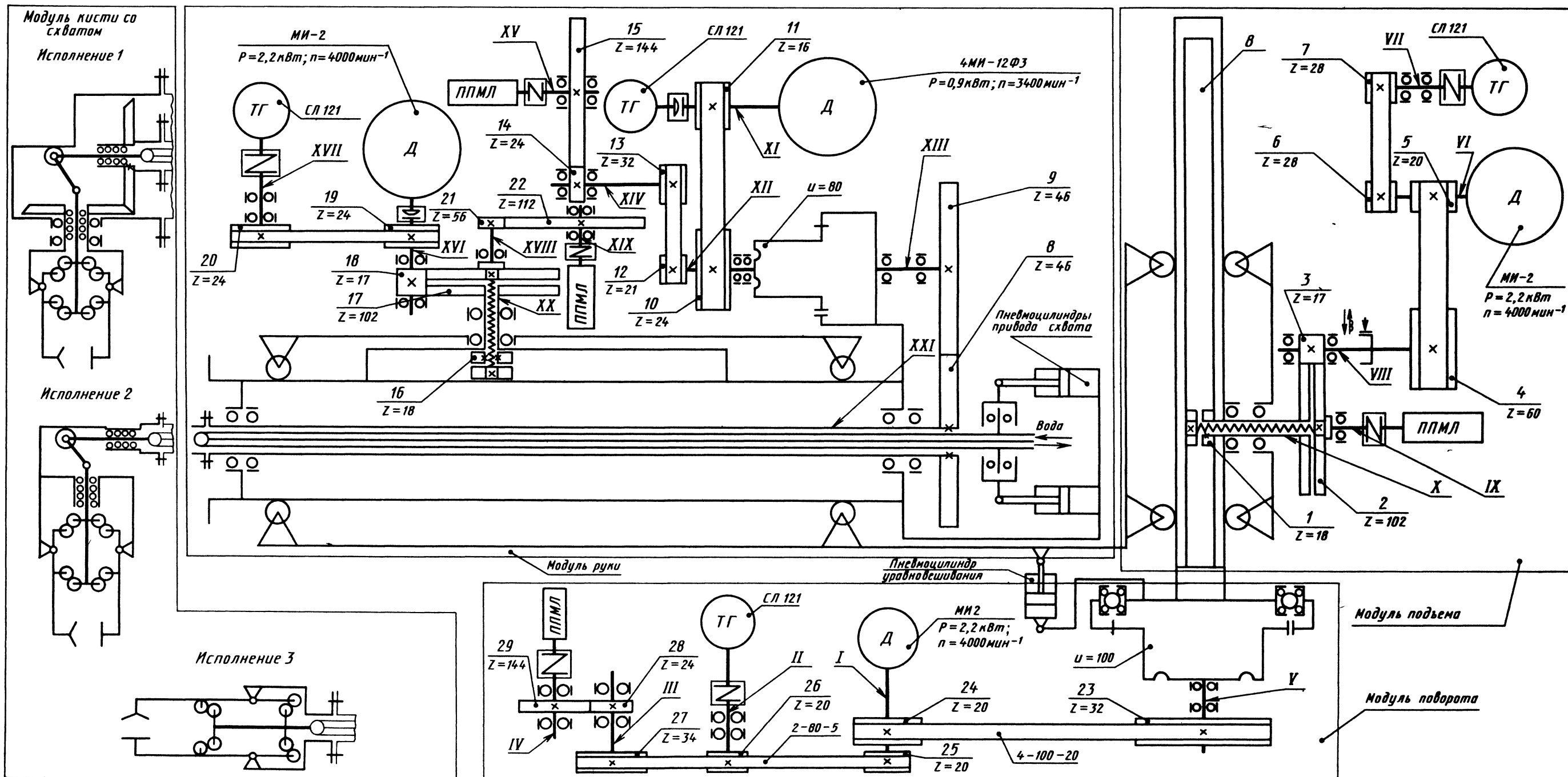
1. Грузоподъемность, кг 40
2. Число степеней подвижности манипулятора 4
3. Диапазоны перемещений:
 поворот руки в горизонтальной плоскости, град 340
 подъем руки, мм 800
 выдвижение кисти, мм 1500
 поворот кисти относительно продольной оси, град 90
4. Скорости перемещений:
 поворота руки, град/с 150
 подъем руки, м/с 0,6
 выдвижение кисти, м/с 1,5
 вращение кисти, град/с 90
5. Погрешность позиционирования схвата, мм ± 2
6. Усилие схвата, Н 6000
7. Общая мощность электродвигателей приводов, кВт 7
8. Масса (без устройства укрепления), кг 1200



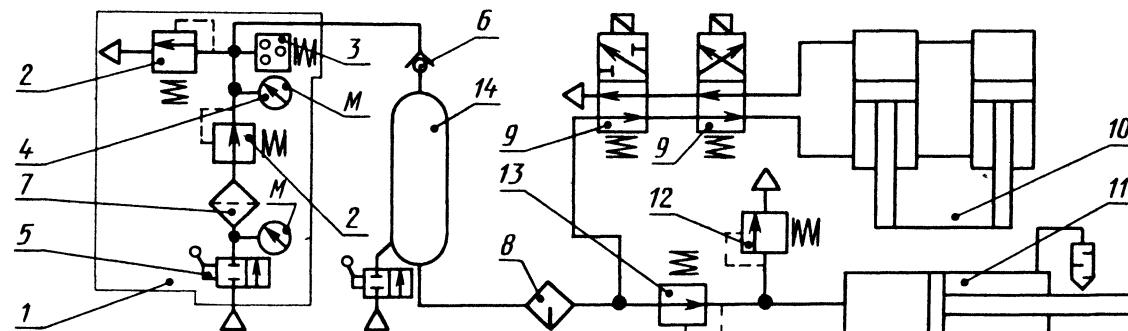
Промышленный робот РГШ-40.02

Лист 73

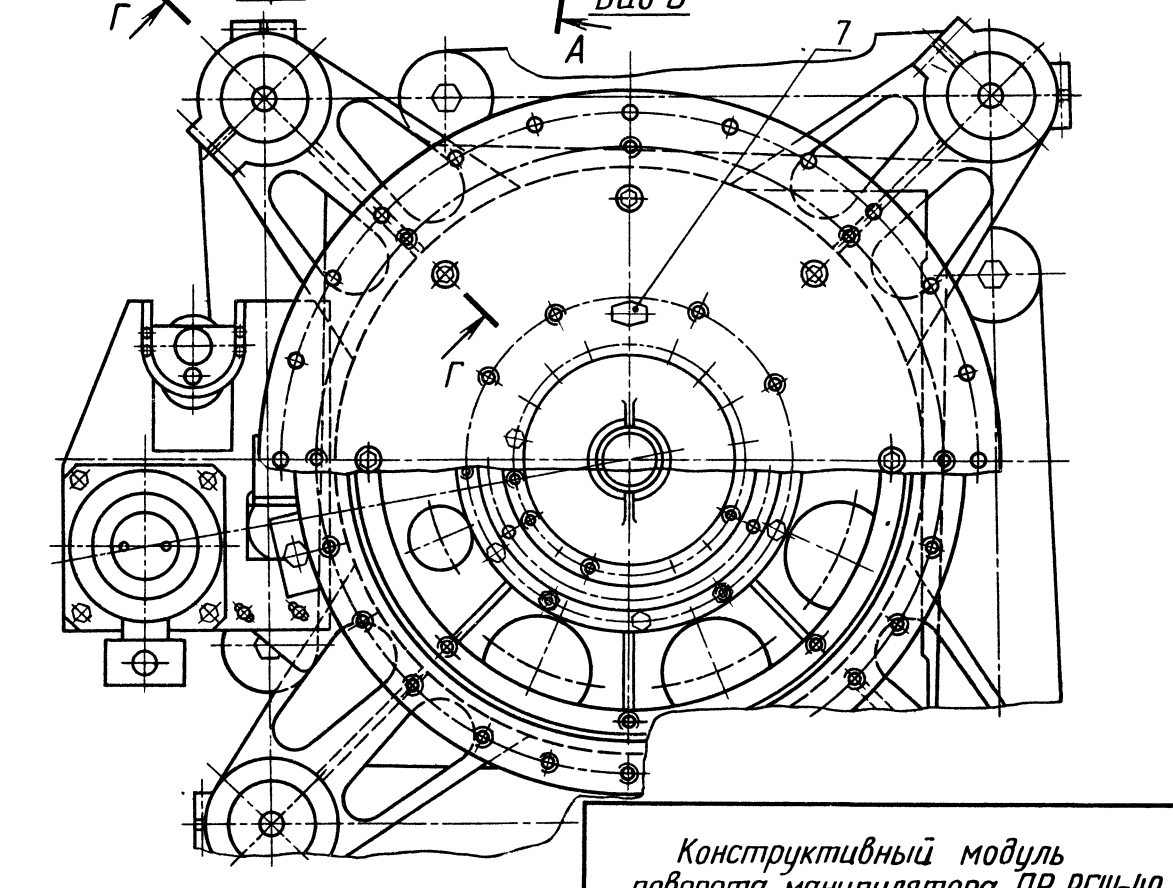
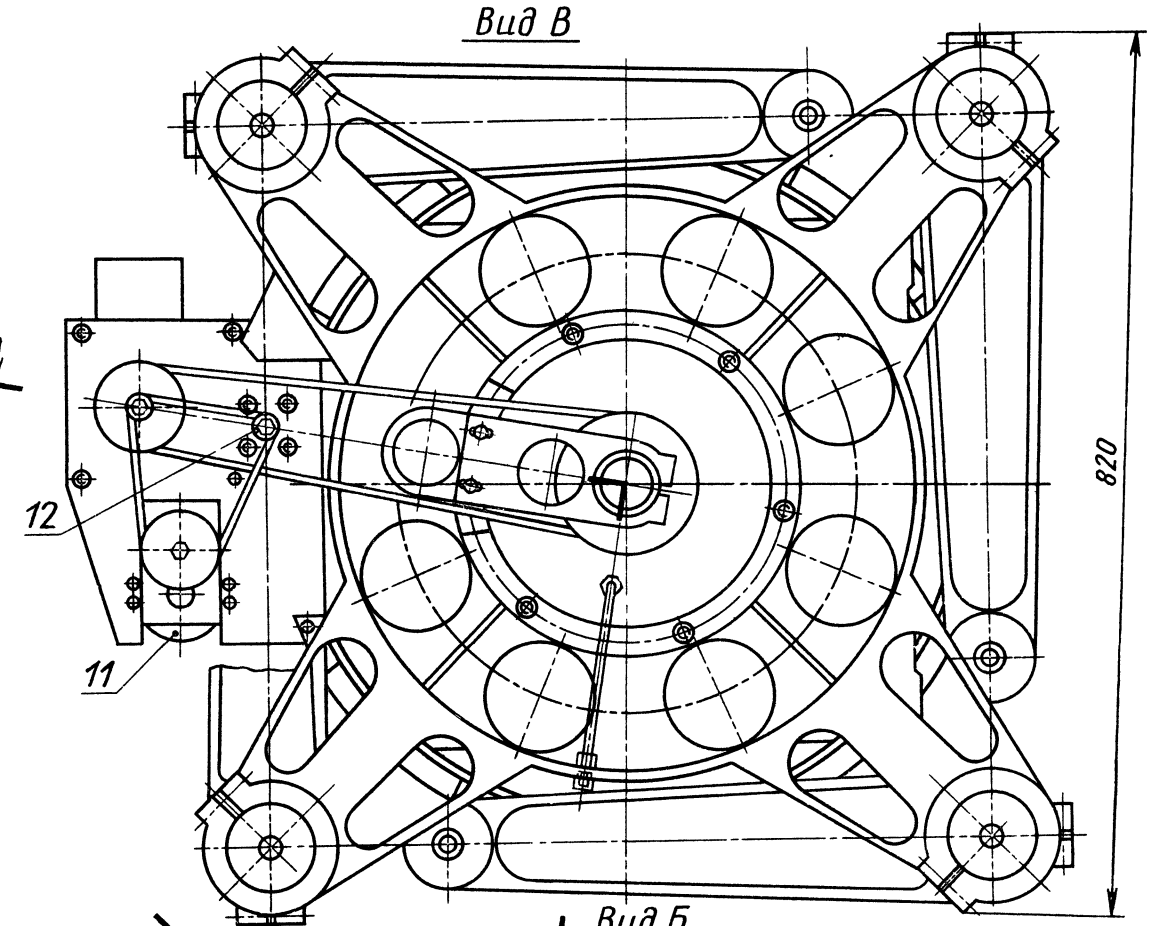
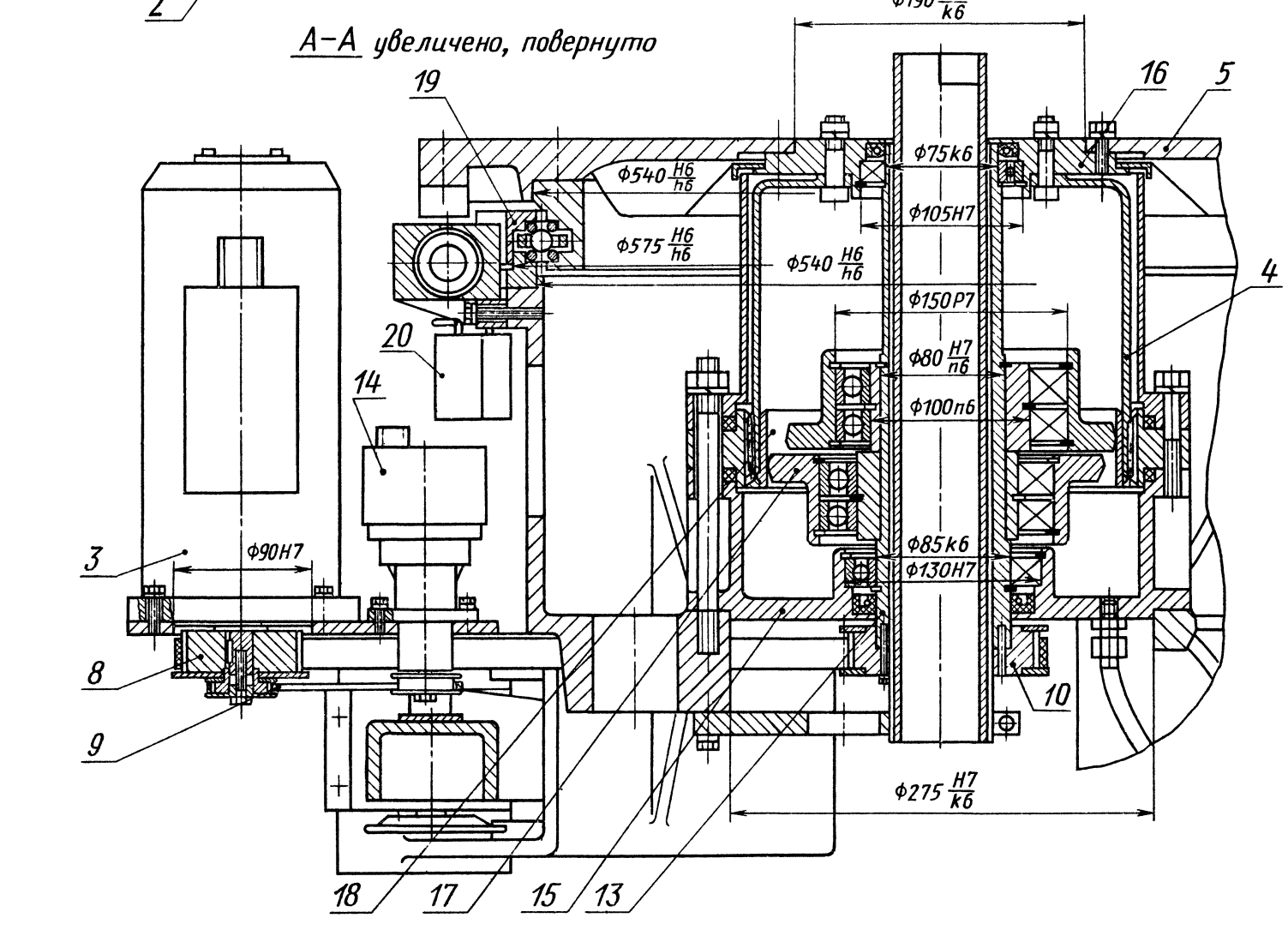
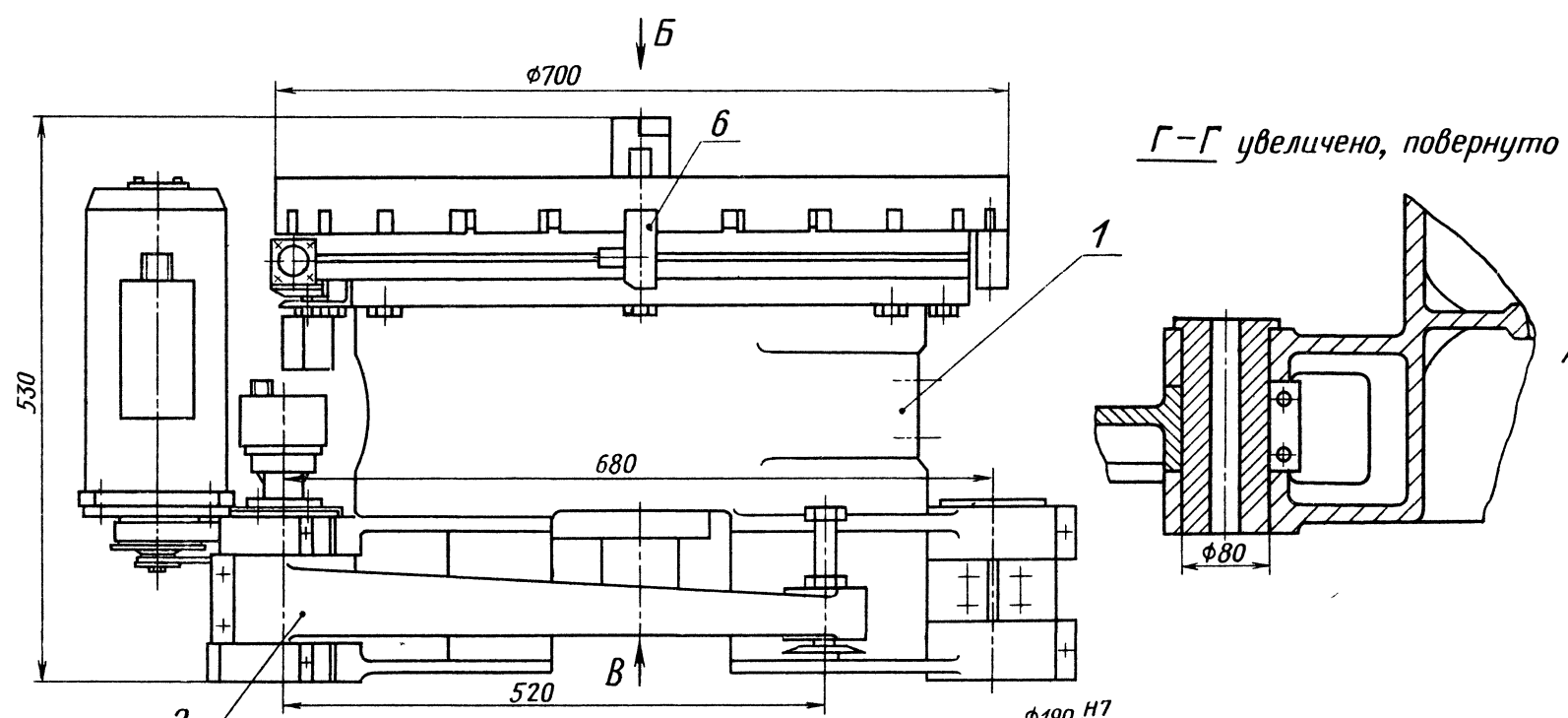
Кинематическая схема



Принципиальная пневматическая схема



Поз	Наименование	Поз	Наименование
1	Блок пневматический П-5116	8	Маслораспылитель В44-24
2	Пневмоклапан 16-21	9	Пневмораспределитель
3	Реле давления	10	Блок цилиндров схвата
4	Манометр	11	Цилиндр уравновешивания руки
5	Вентиль	12	Пневмоклапан предохранительный
6	Клапан обратный В51-14	13	Регулятор давления ВВ57-14
7	Фильтр влагоотделитель	14	Резервуар

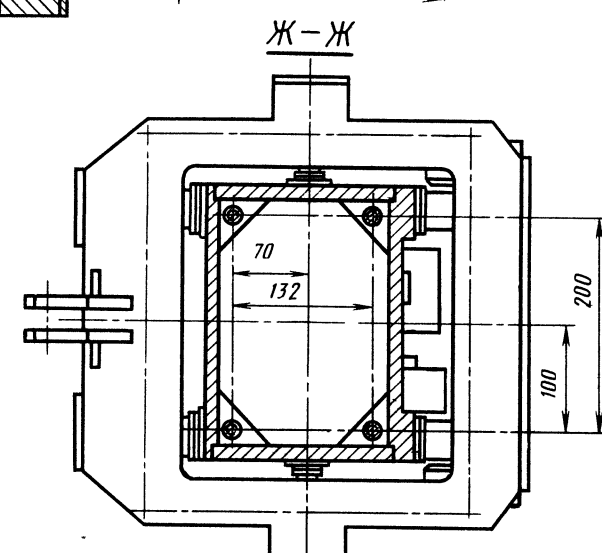
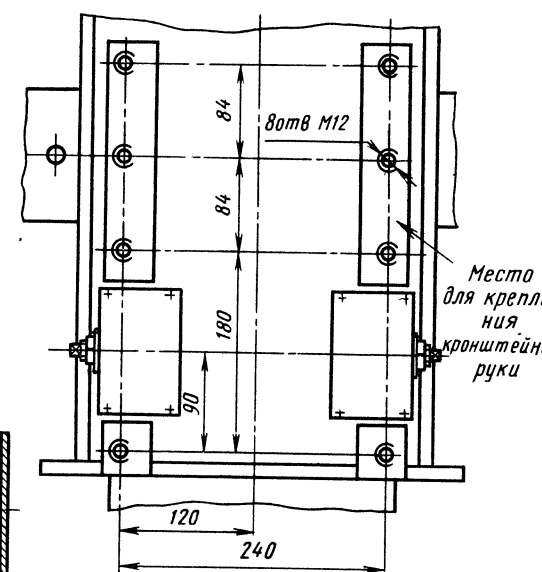
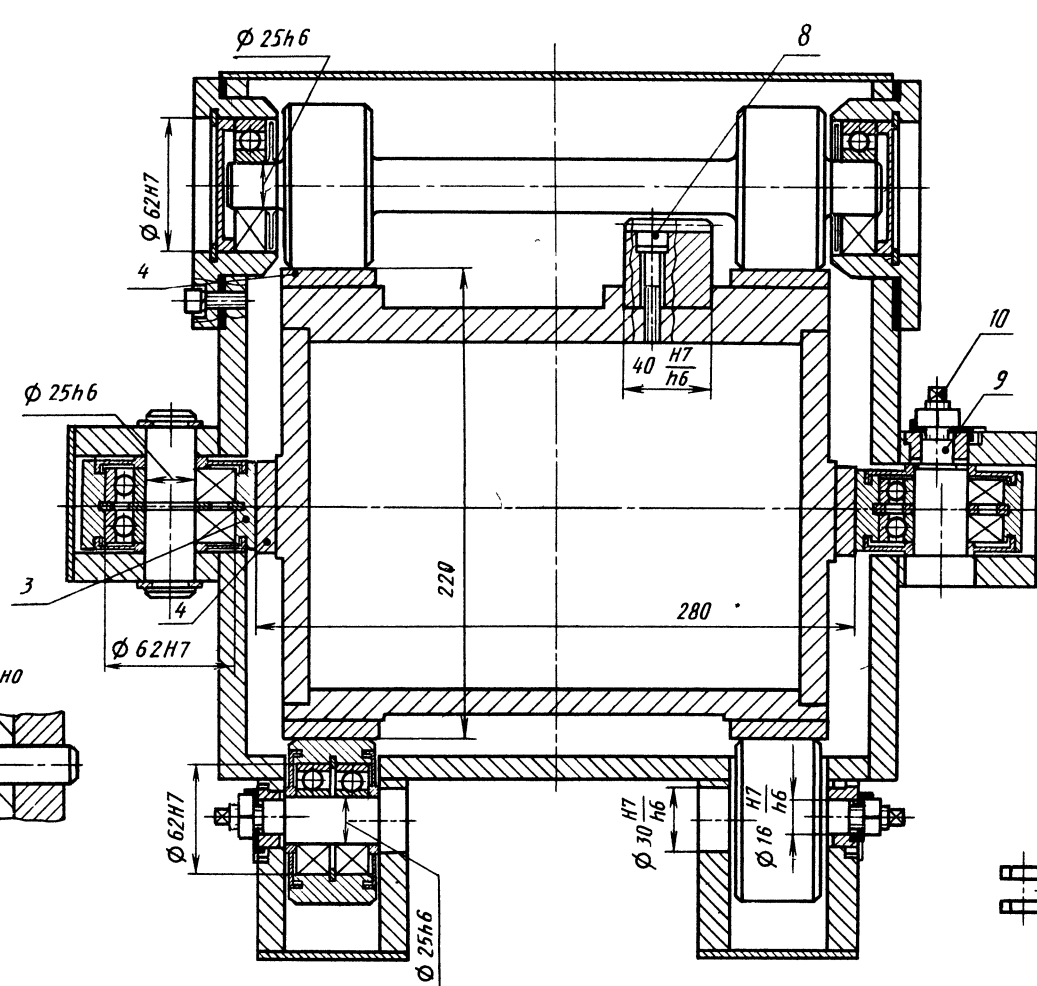
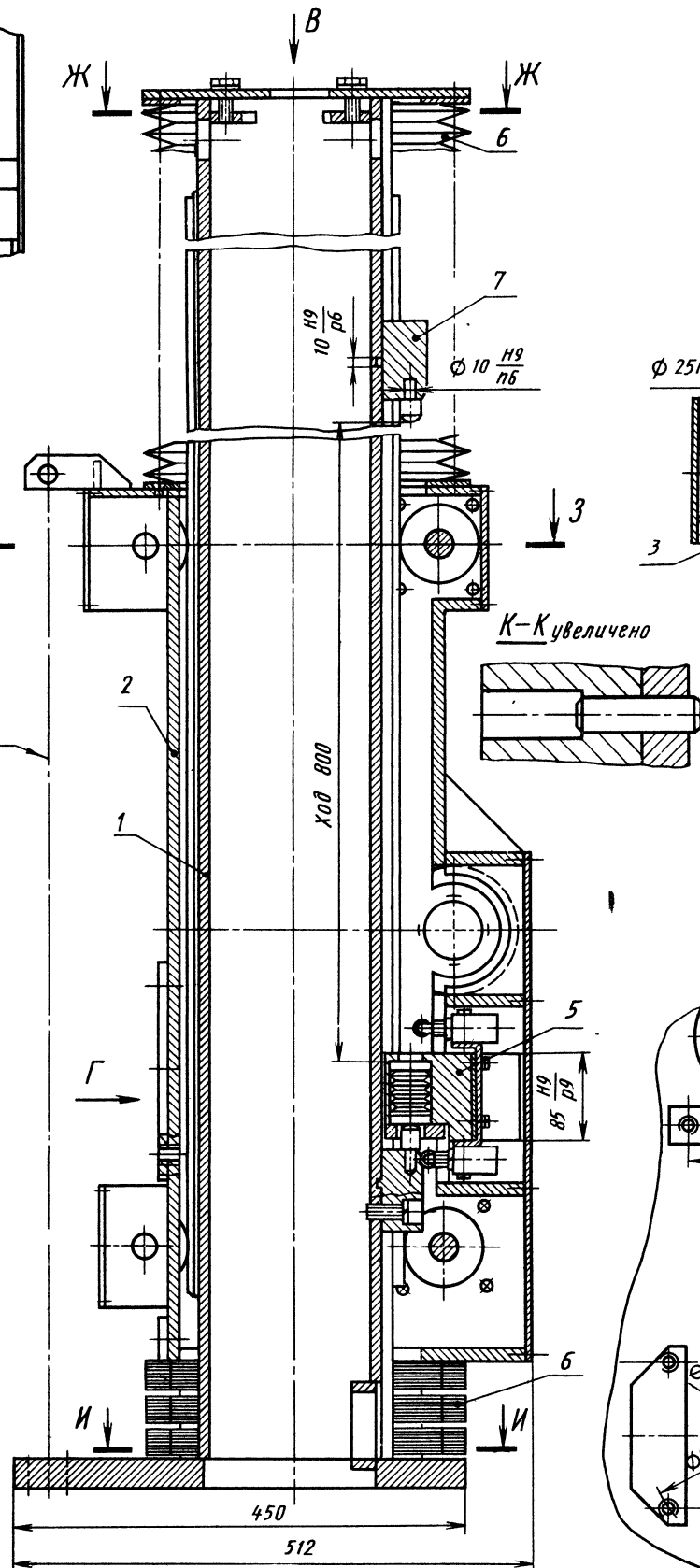
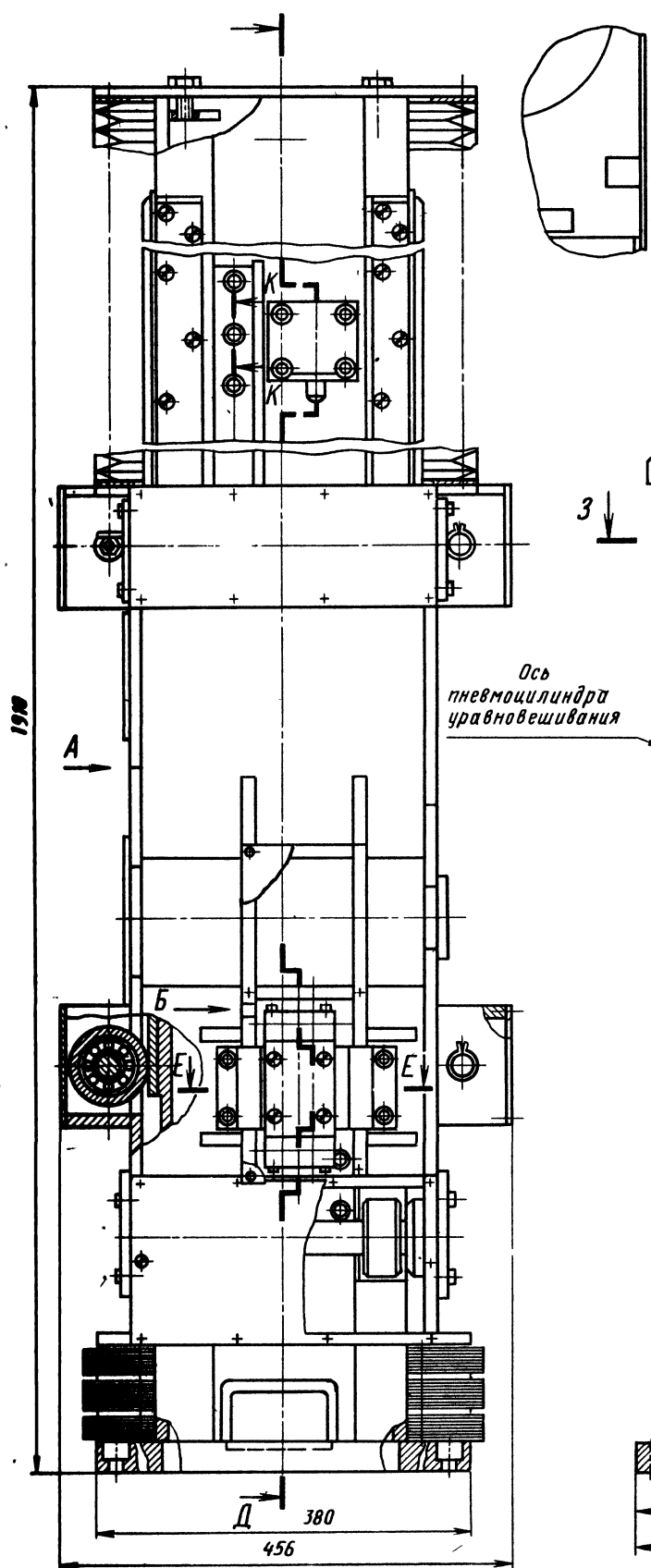


Вид Б увеличено

Д-Д

3-3 увеличено

Вид Г

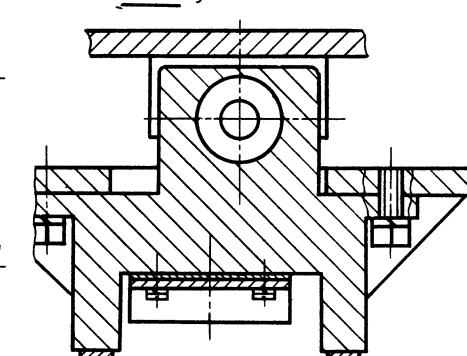
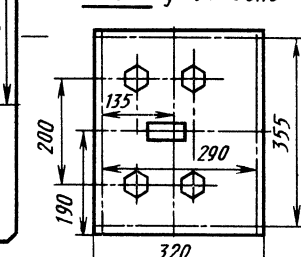
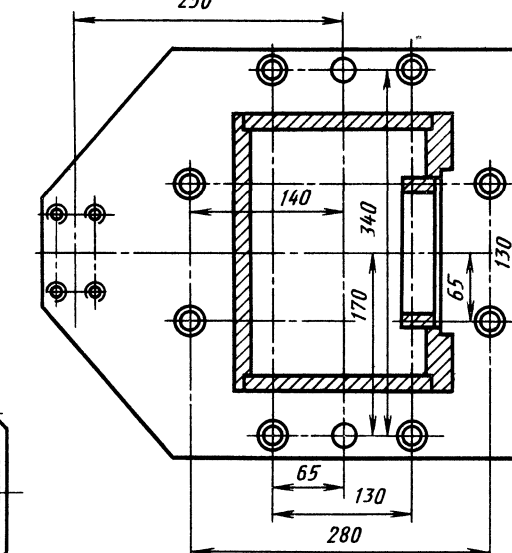
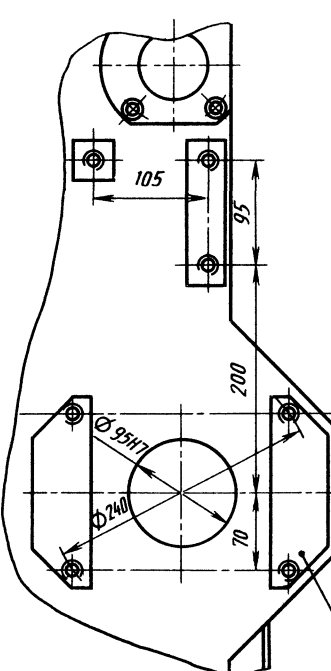


Вид А

И-И

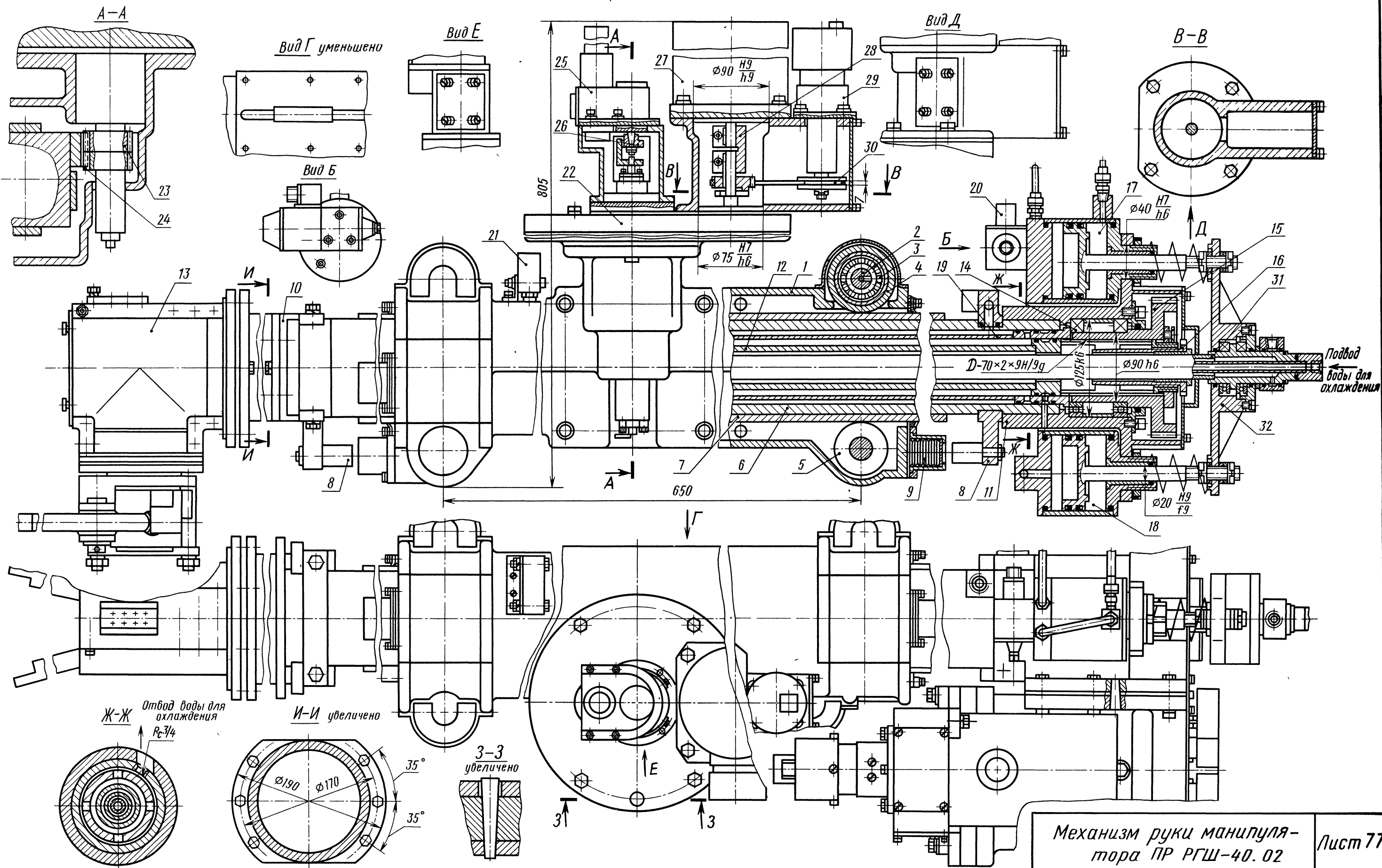
Вид В уменьшено

Е-Е увеличено



Конструктивный модуль
подъема манипулятора ПР РГШ-40

Лист 76

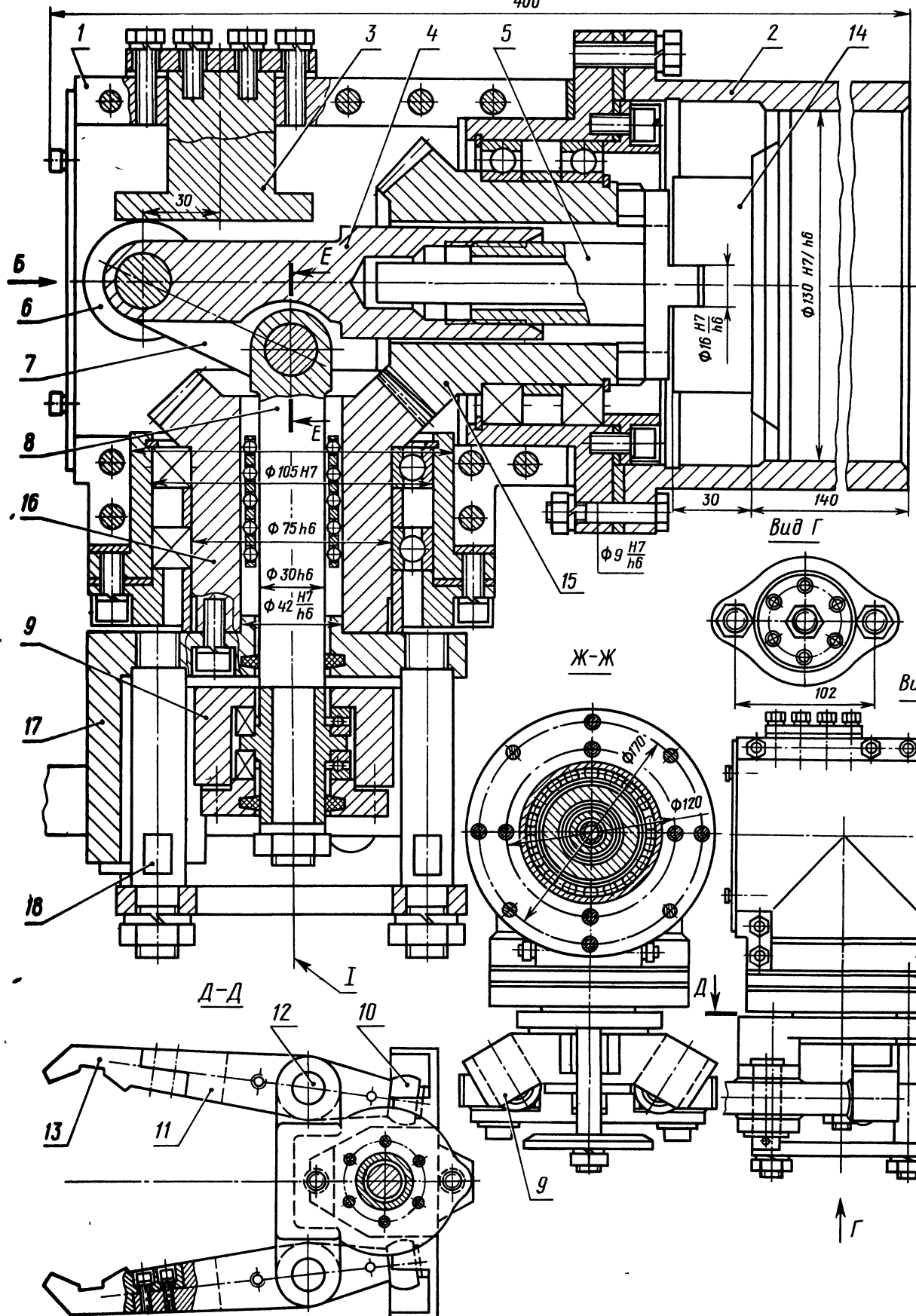


Механизм руки манипулятора ПР РГШ-40.02

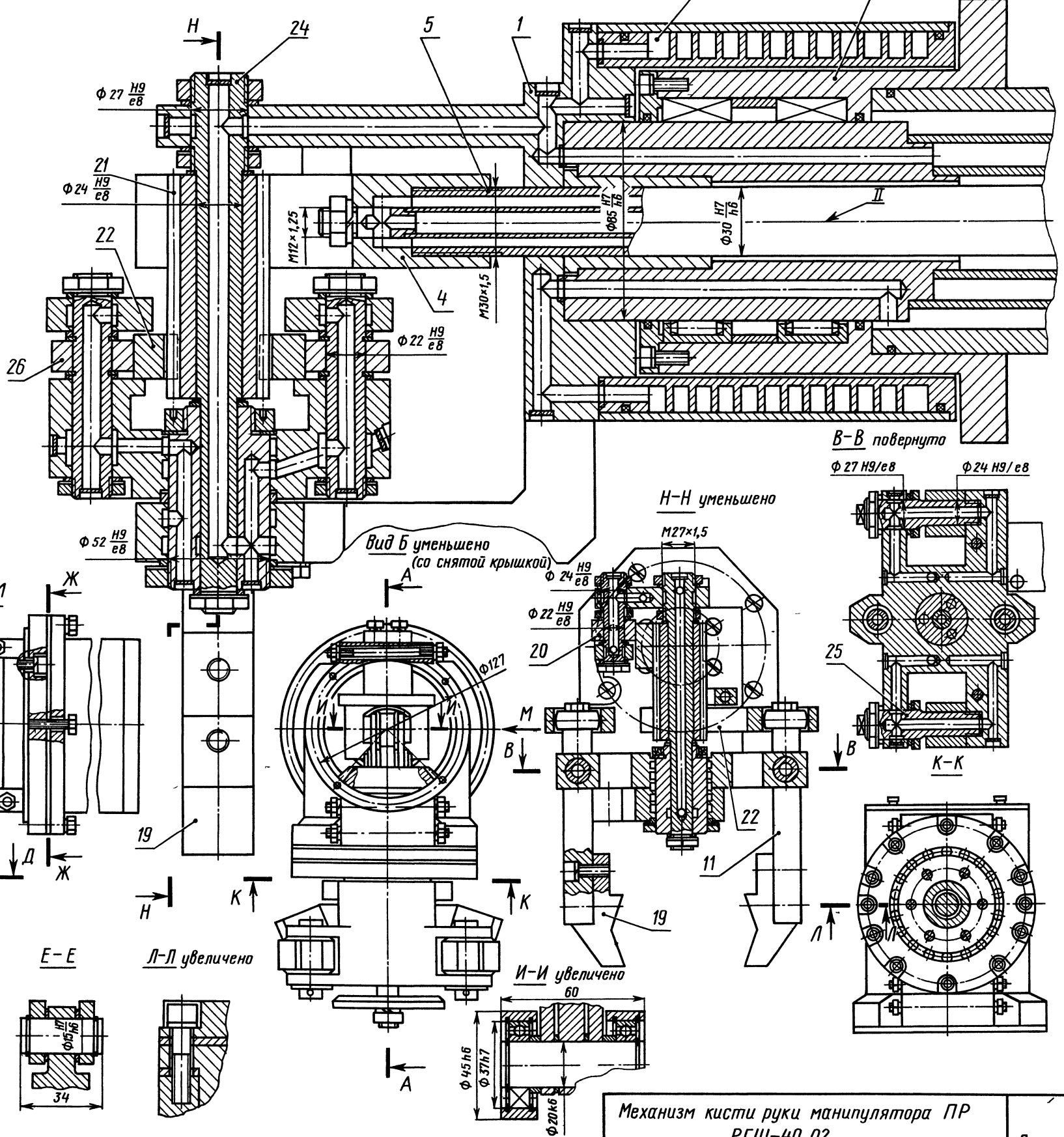
A-A

Исполнение 1

400

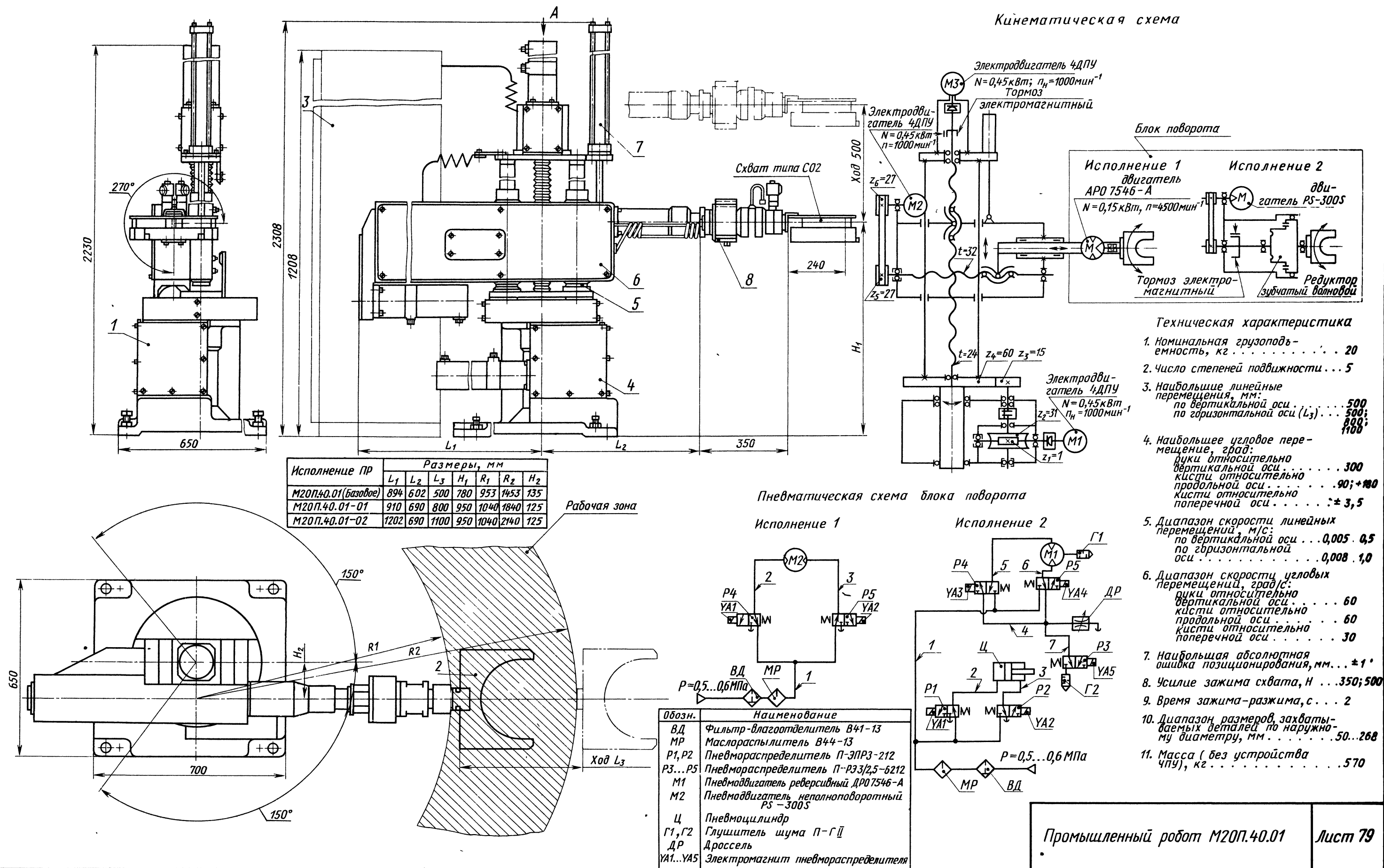


Исполнение 2



Механизм кисти руки манипулятора ПР
РГШ-40.02
(Исполнения 1 и 2)

Лист 78



A-A увеличено

B-B увеличено, повернуто

Г-Г увеличено

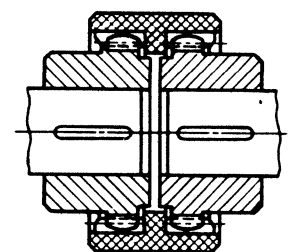
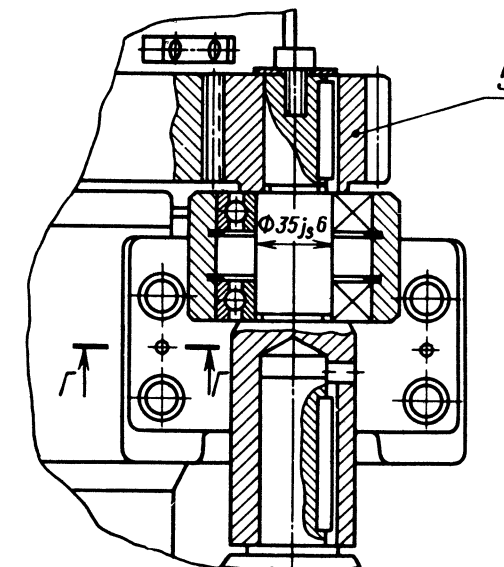
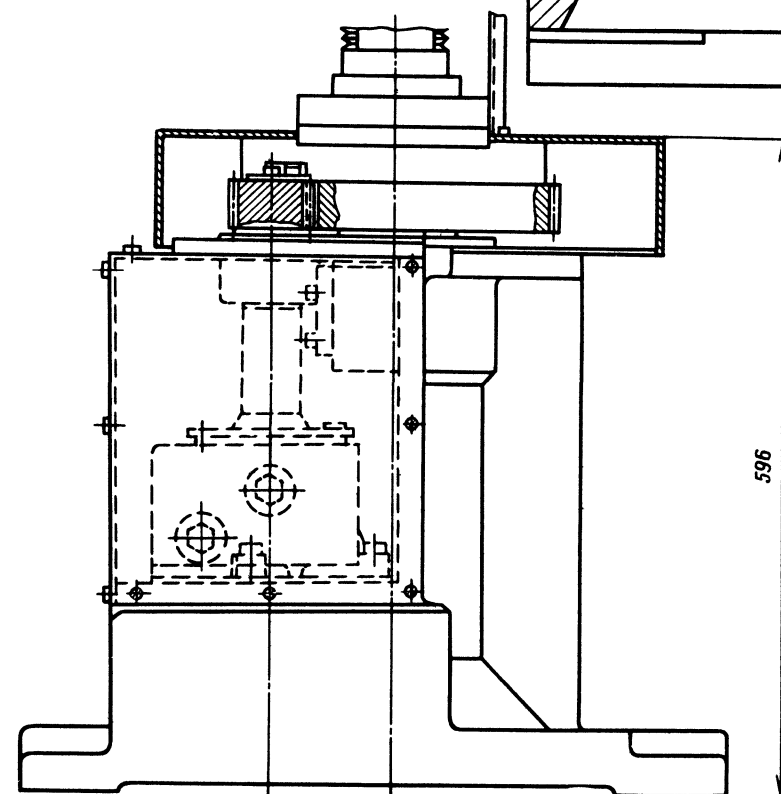
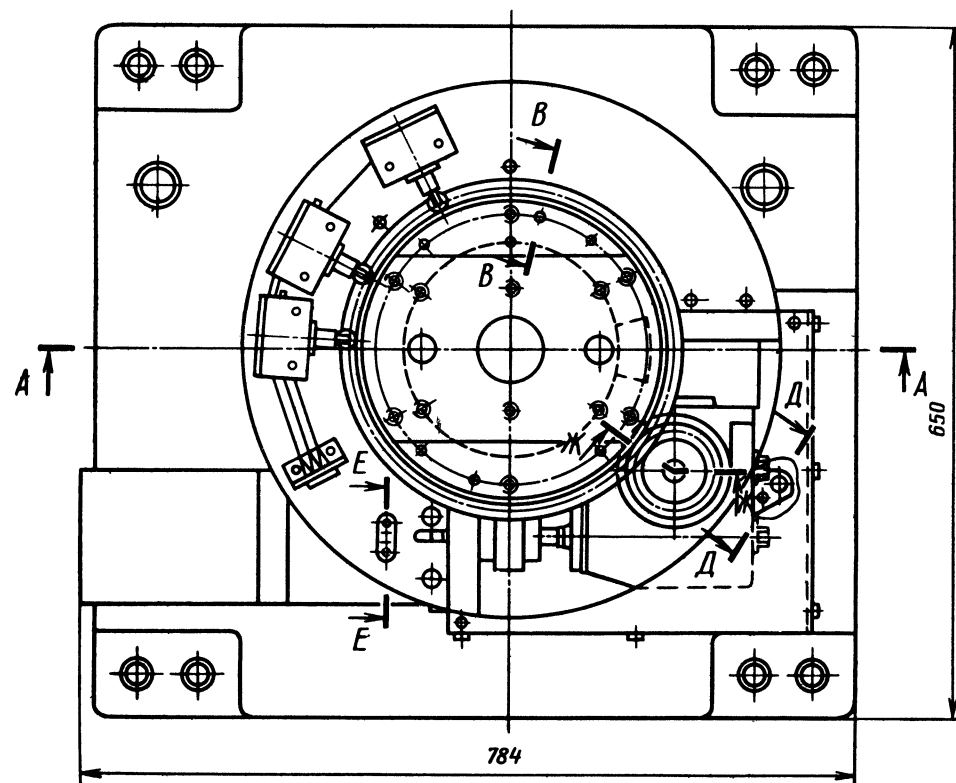
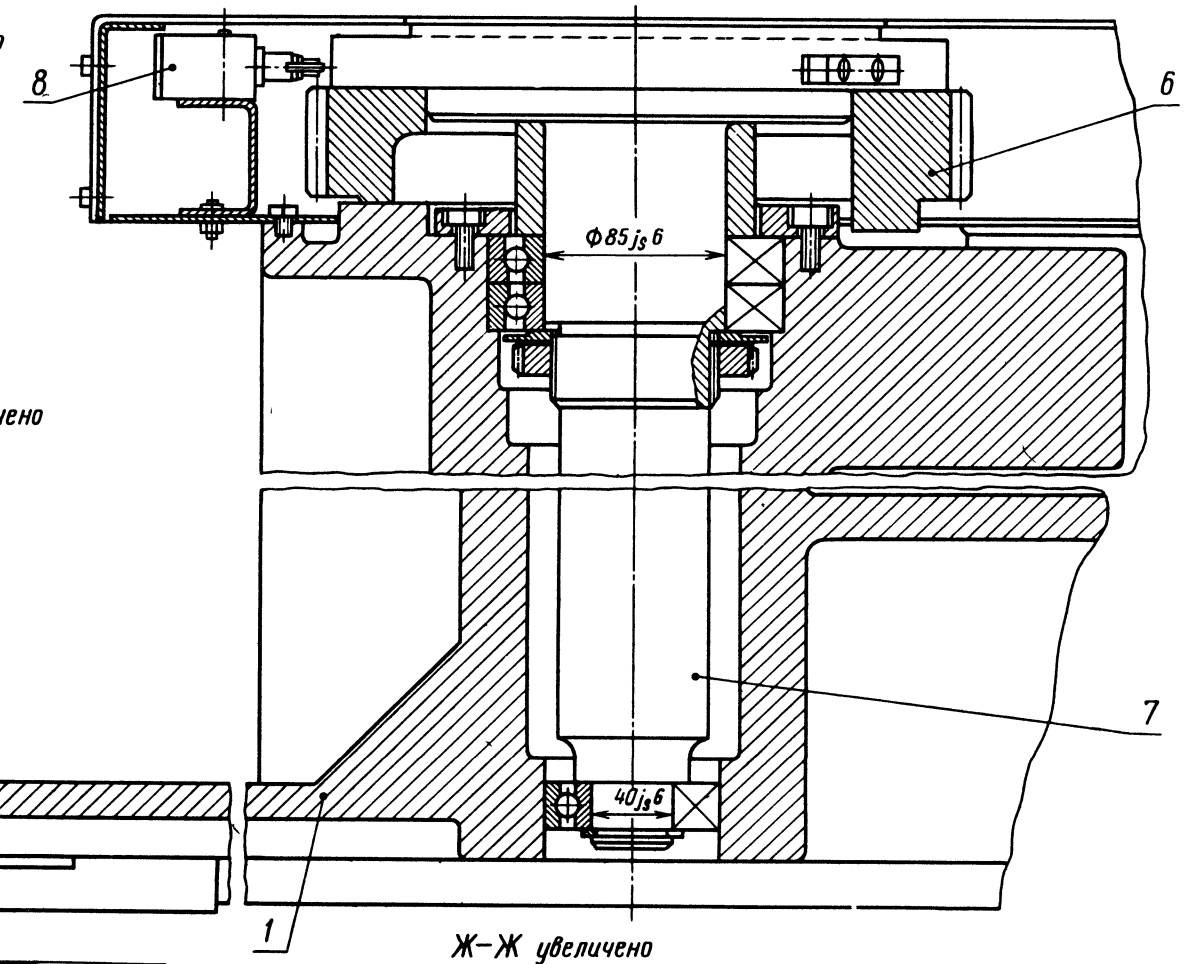
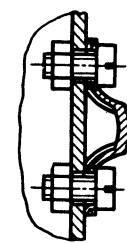
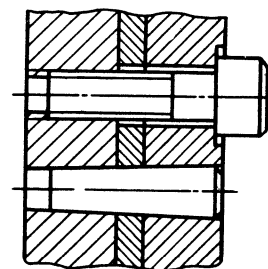
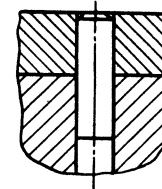
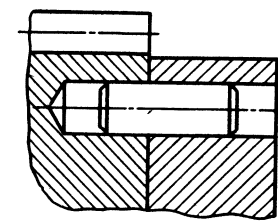
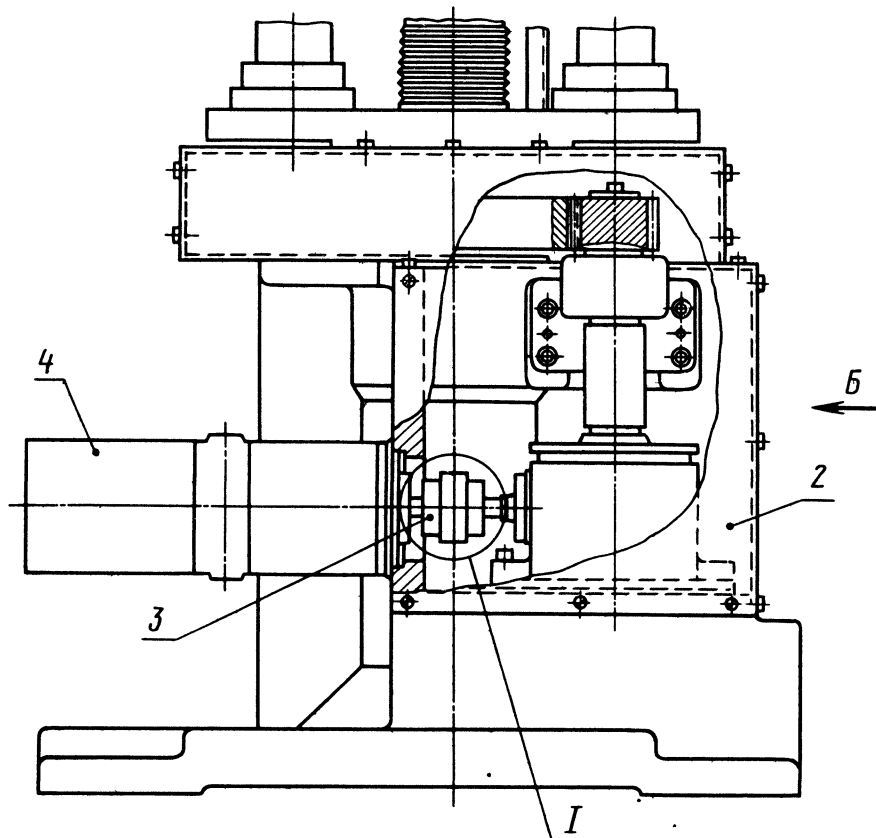
Д-Д увеличено, повернуто

Е-Е увеличено

Вид Б

Ж-Ж увеличено

И увеличено

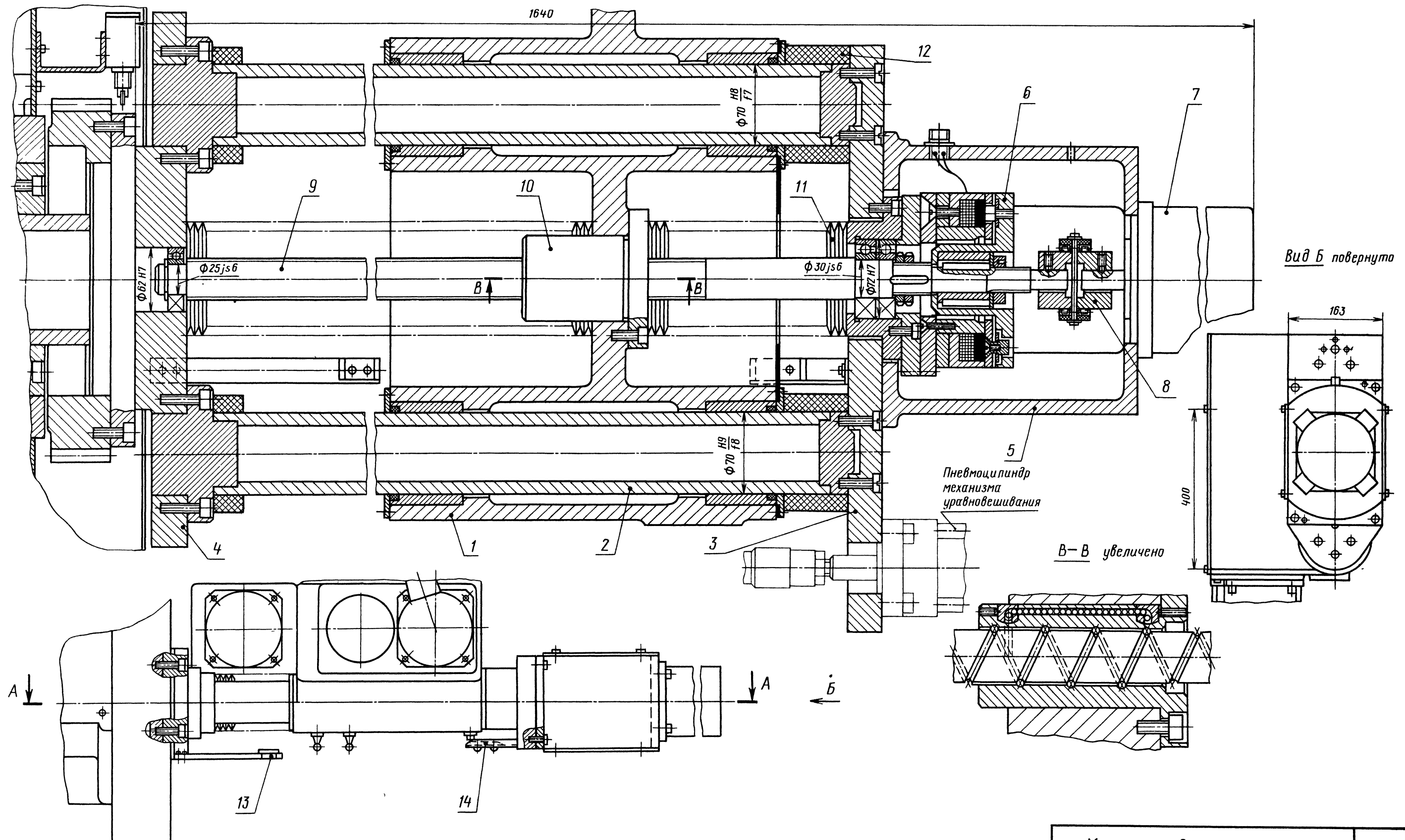


Механизм поворота манипулятора
ПР М20П.40.01

Лист 80

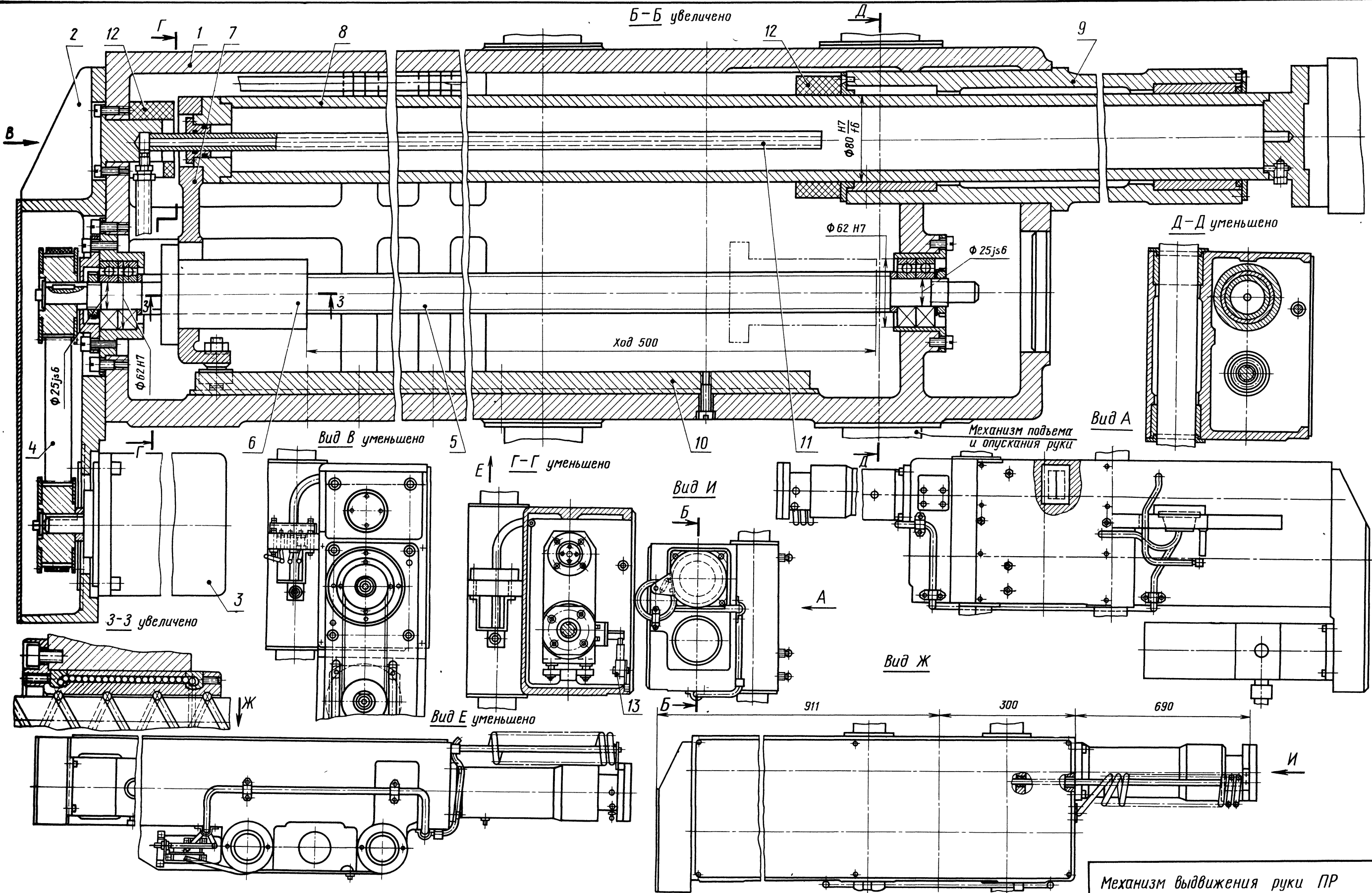
A-A увеличено

1640



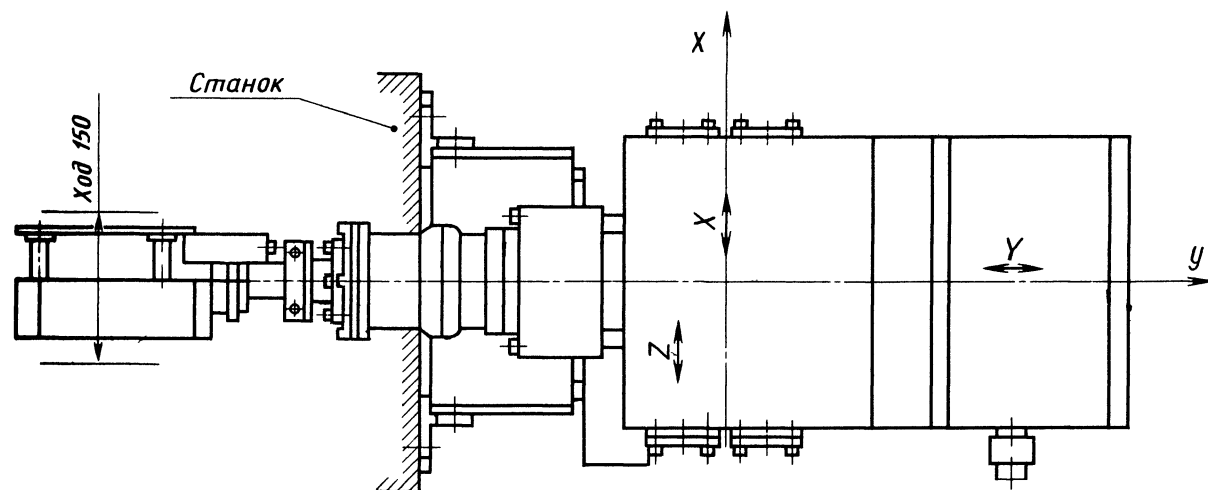
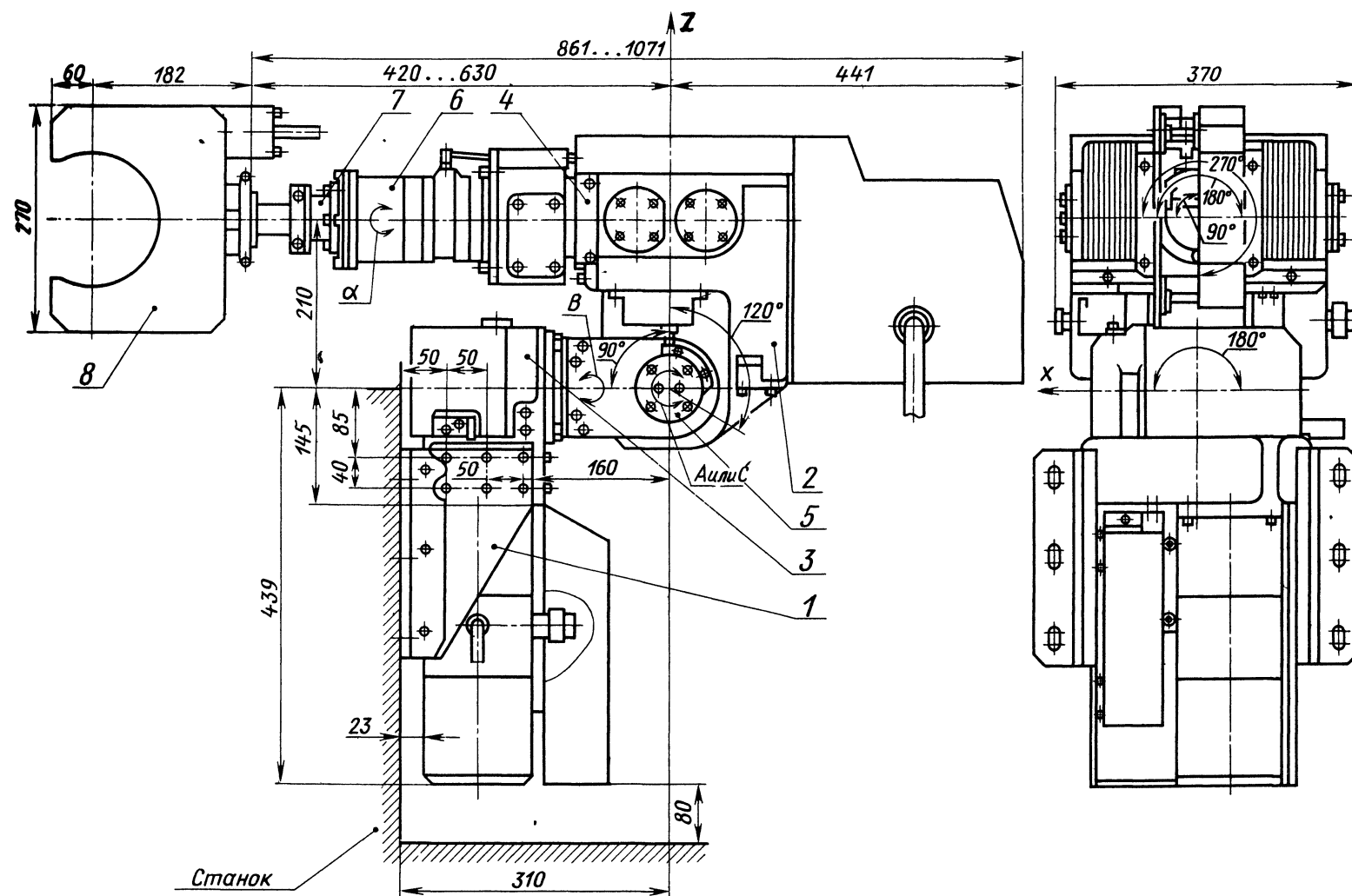
Механизм подъема манипулятора
ПР М20П. 40.01

Лист 81



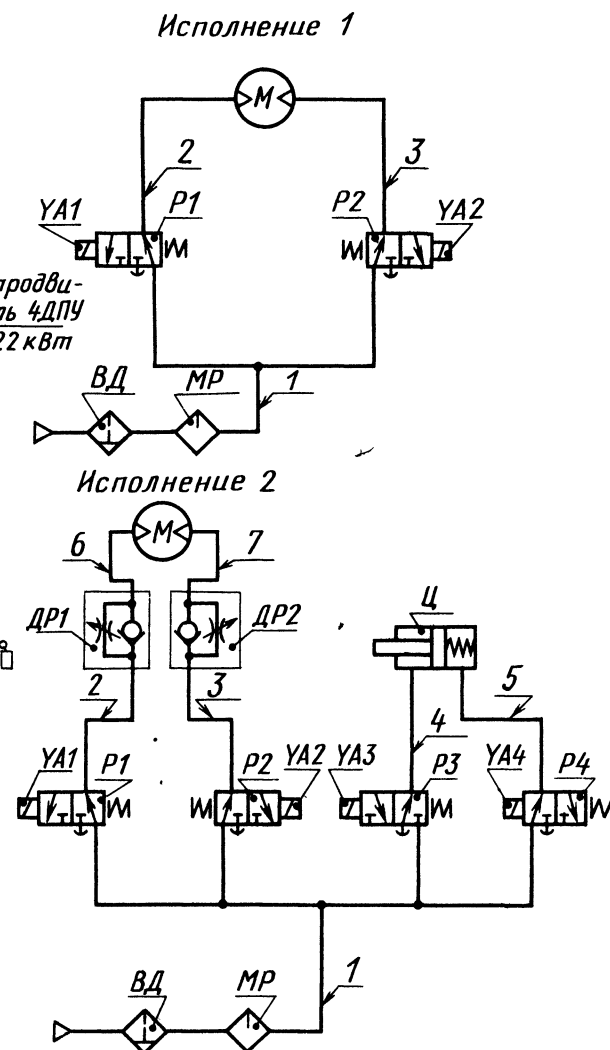
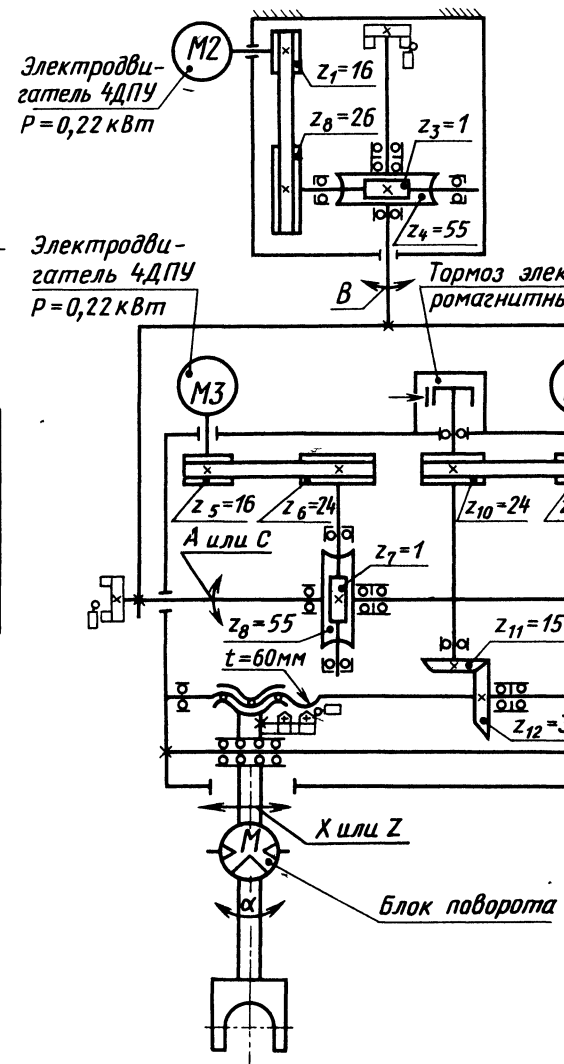
Механизм выдвижения руки ПР
М20П. 40.01 (исполнение базовое)

Лист 82



Кинематическая схема

Пневматическая схема блока поворота



Техническая характеристика

1. Номинальная грузоподъемность при установке схвата, кг:
одинарного 10
двойного 2x5
2. Число степеней подвижности (управляемых координатных движений) 4-6
3. Максимальные линейные перемещения X или Z, мм 150
4. Максимальные угловые перемещения, град:
A 90
B 120
C 180
α (блок поворота - исполнение 1) 90 или 180
α (блок поворота - исполнение 2) 270
5. Диапазон скоростей угловых перемещений, град/с:
A, B и C 1,36...120
α 90
6. Диапазон скоростей линейных перемещений X или Z, м/с 0,008...0,5
7. Максимальная абсолютная погрешность позиционирования, мм 0,5
8. Наибольший вылет руки, мм 630
9. Усилие захватывания, Н 360...500
10. Диапазон размеров загружаемых деталей, мм:
по наружному диаметру 20...150
по внутреннему диаметру 38...168
11. Масса, кг 110

Поз.	Наименование и тип
ВД	Фильтр-влагоотделитель 22x12x40 (В41-13)
ДР	Дроссель
М	Пневмодвигатель неполноворотный PR-300S
МР	Маслораспылитель В44-13
P1...P4	Пневмораспределитель П-РЕ 3/2,5-6212
Ц	Пнеumoцилиндр
YA1...YA4	Электромагнит пневмораспределителя

Промышленный робот М10П62.01

Лист 84

Вид А

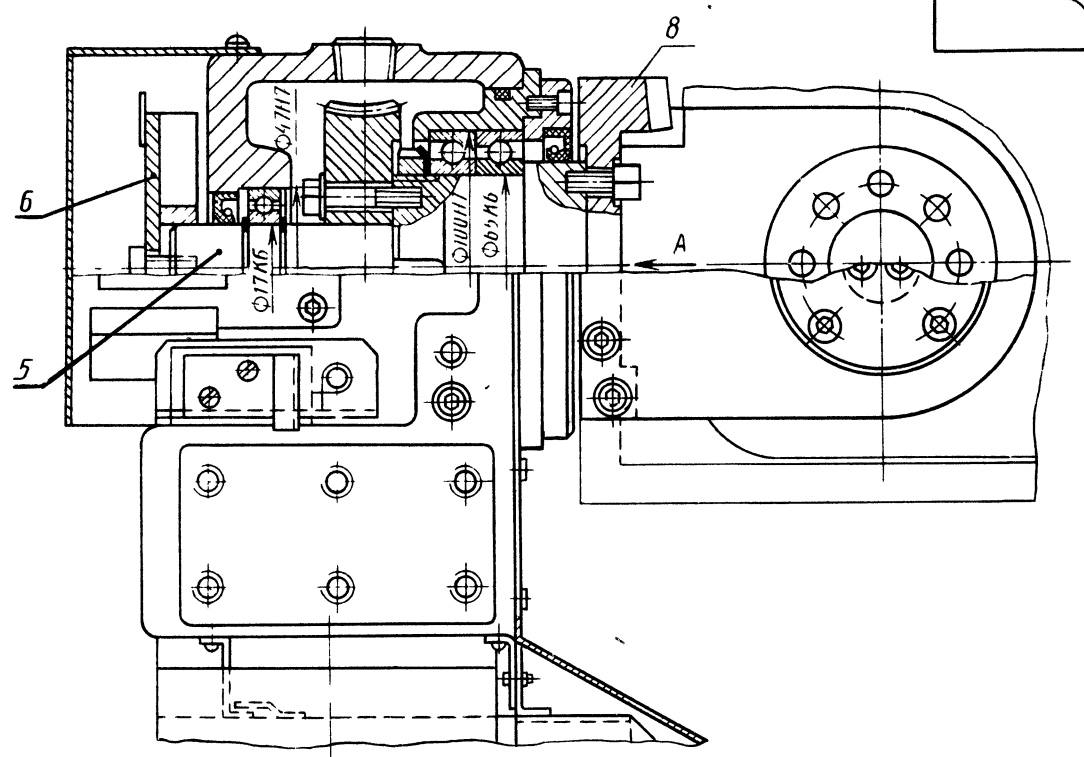
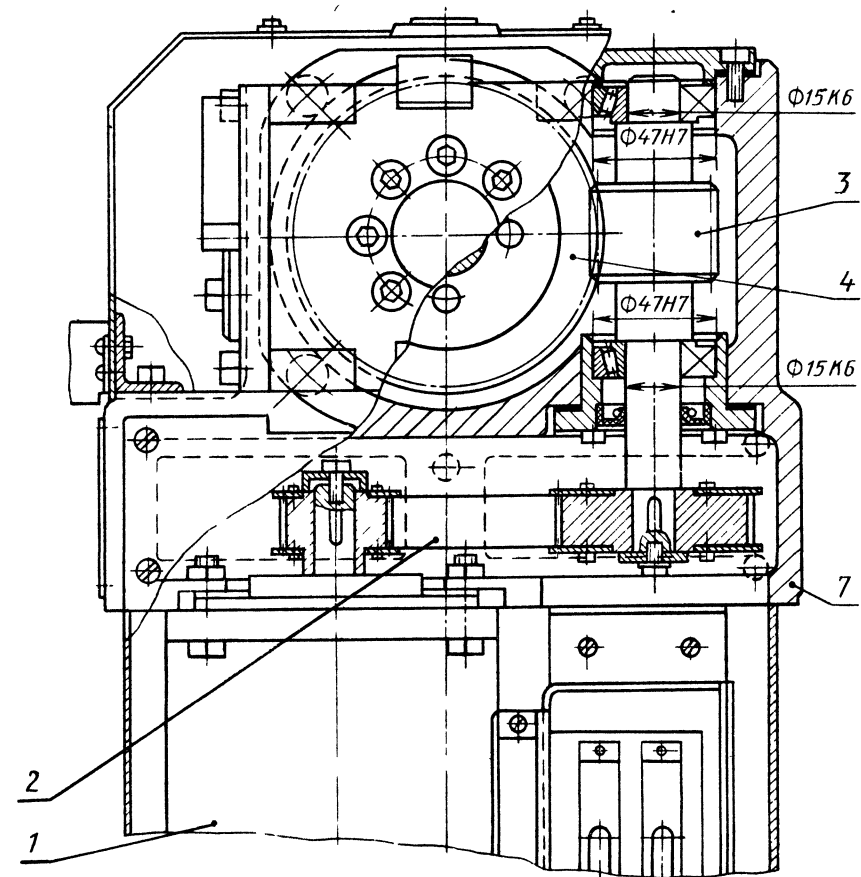
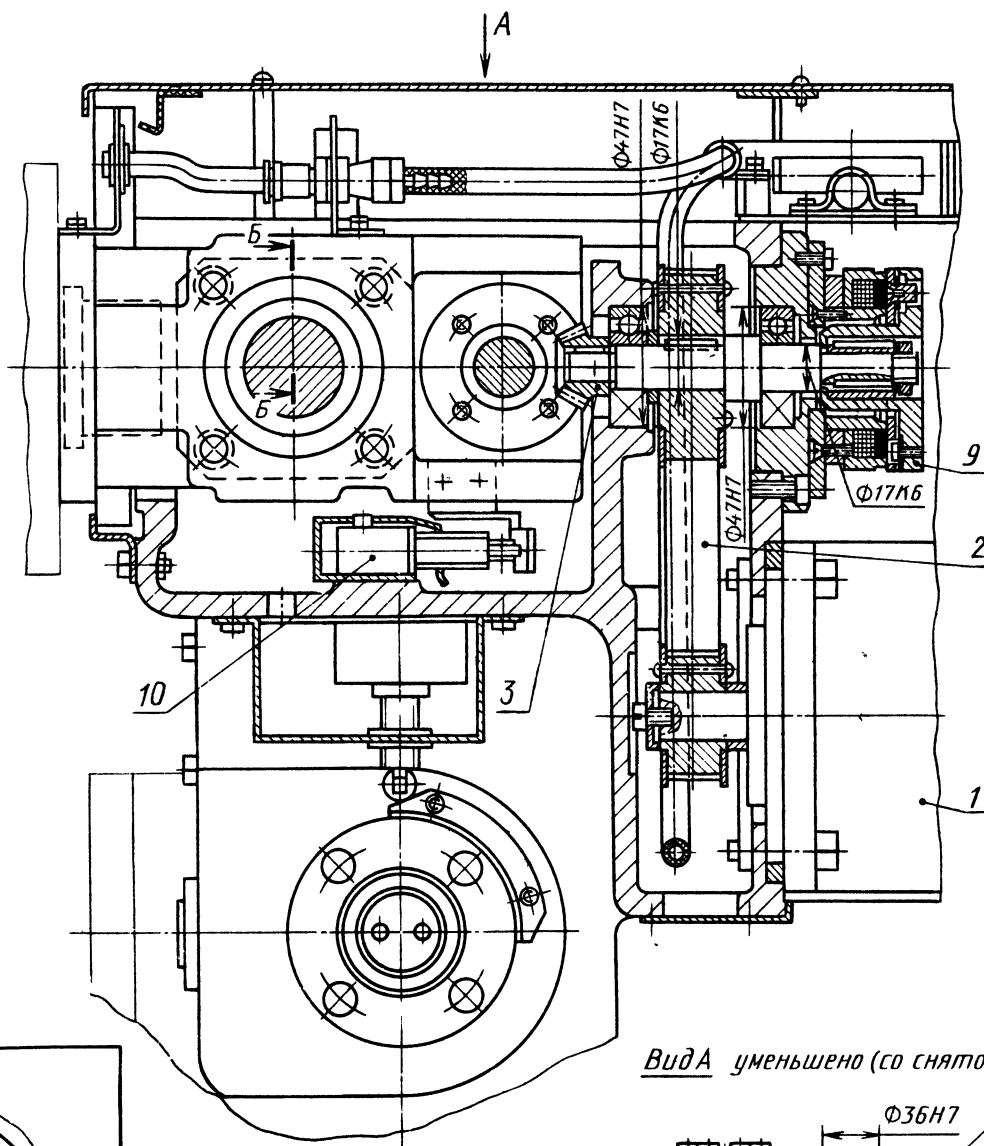


Рис.1. Механизм поворота манипулятора в вертикальной плоскости



Вид А уменьшено (со снятой крышкой)

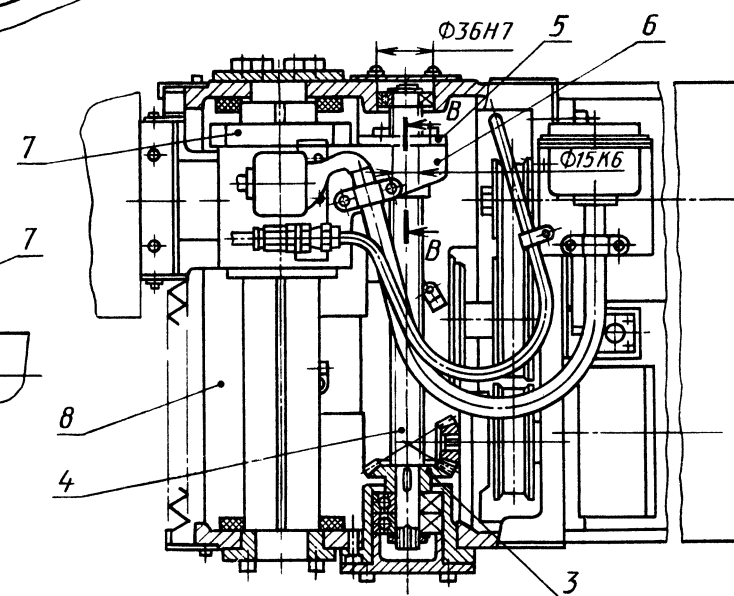
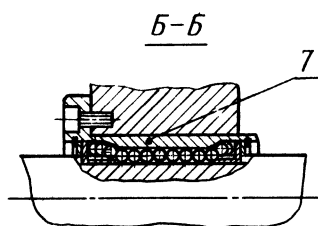
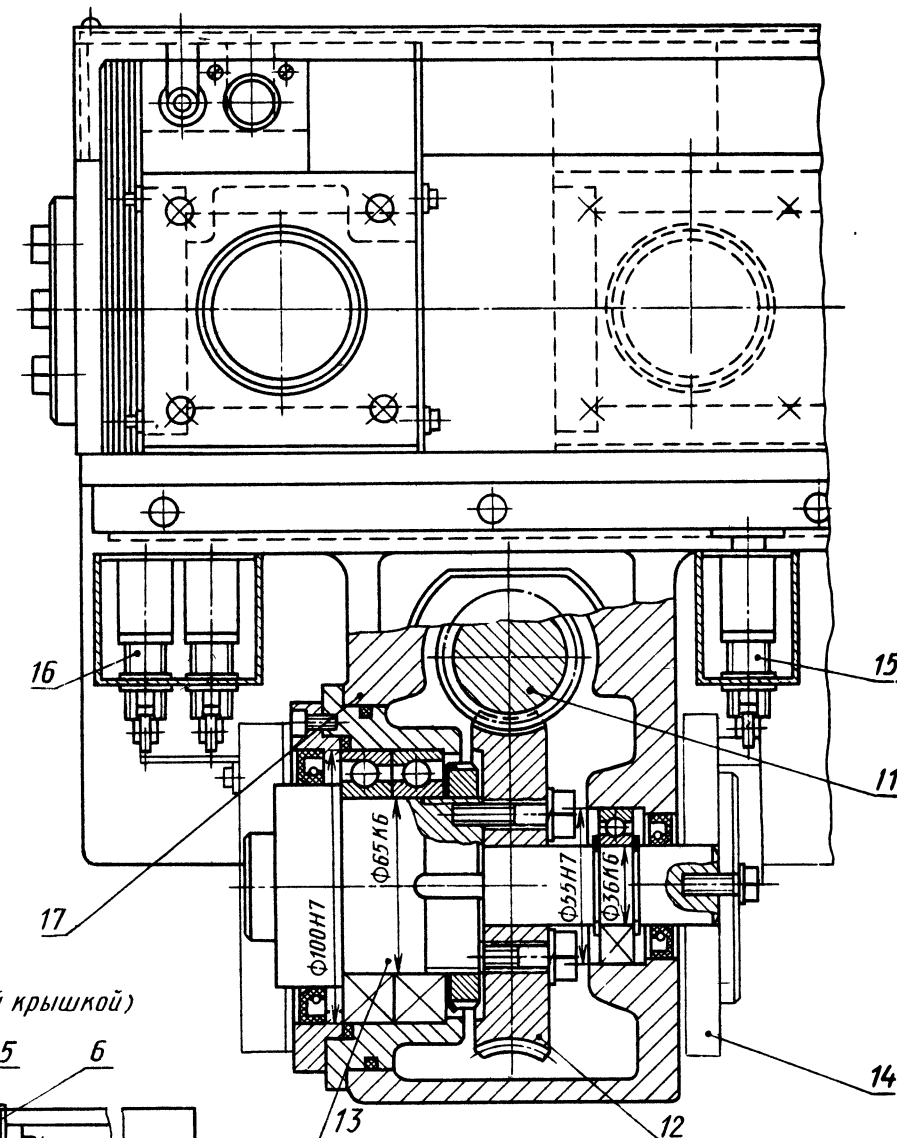
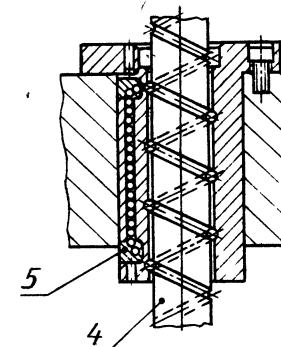


Рис.2. Механизмы осевого перемещения и поворота руки манипулятора



В-В увеличено



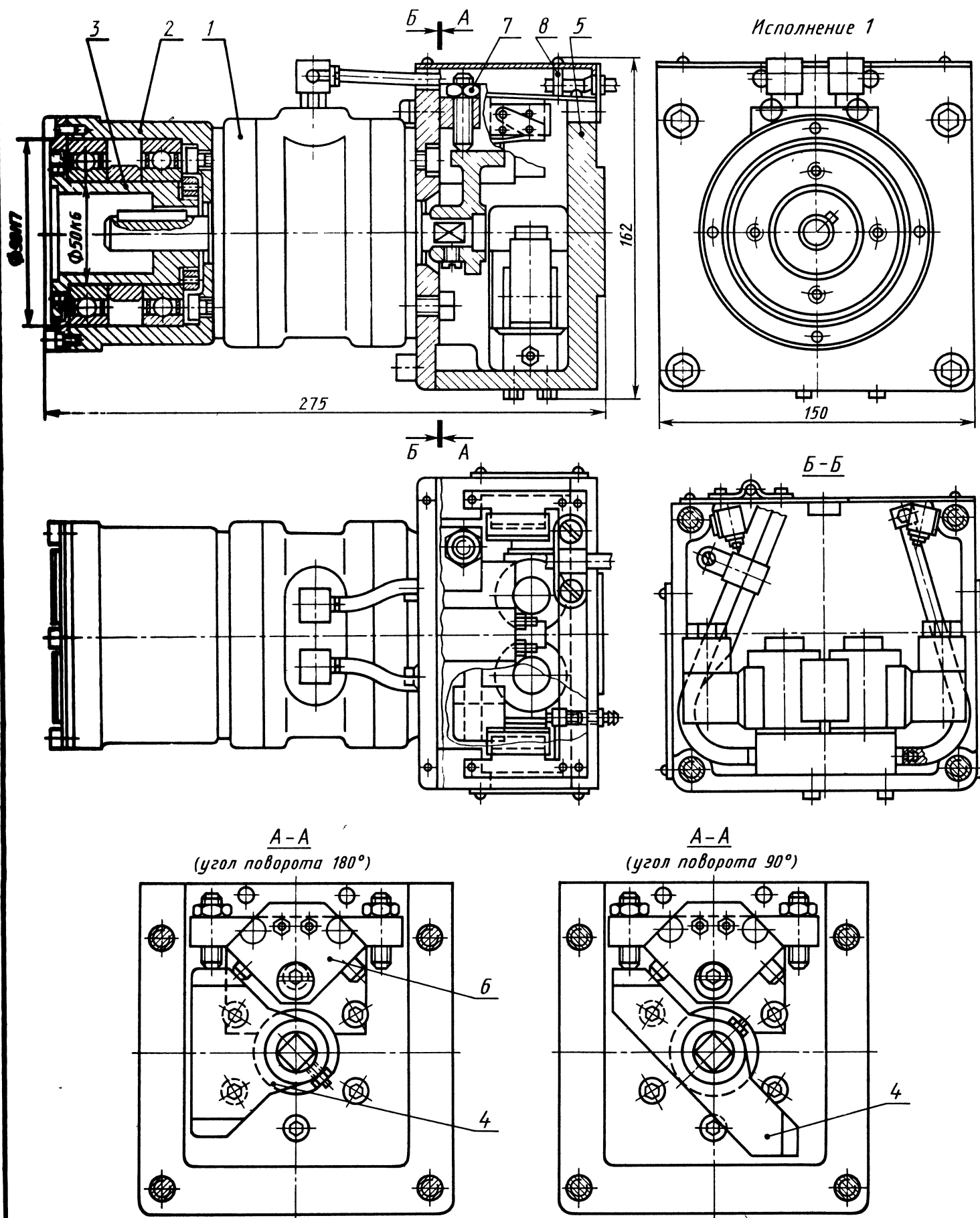


Рис. 1

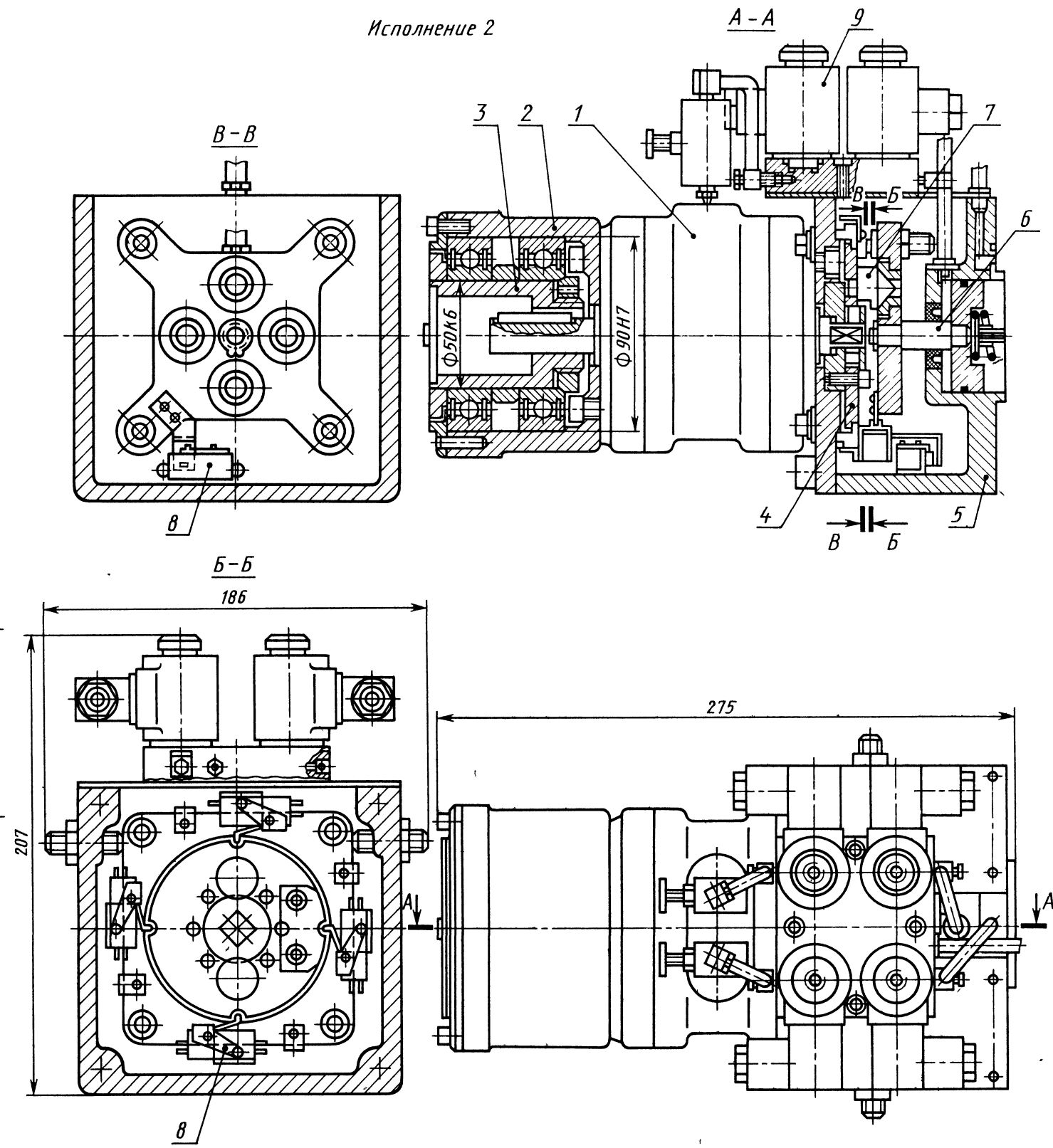
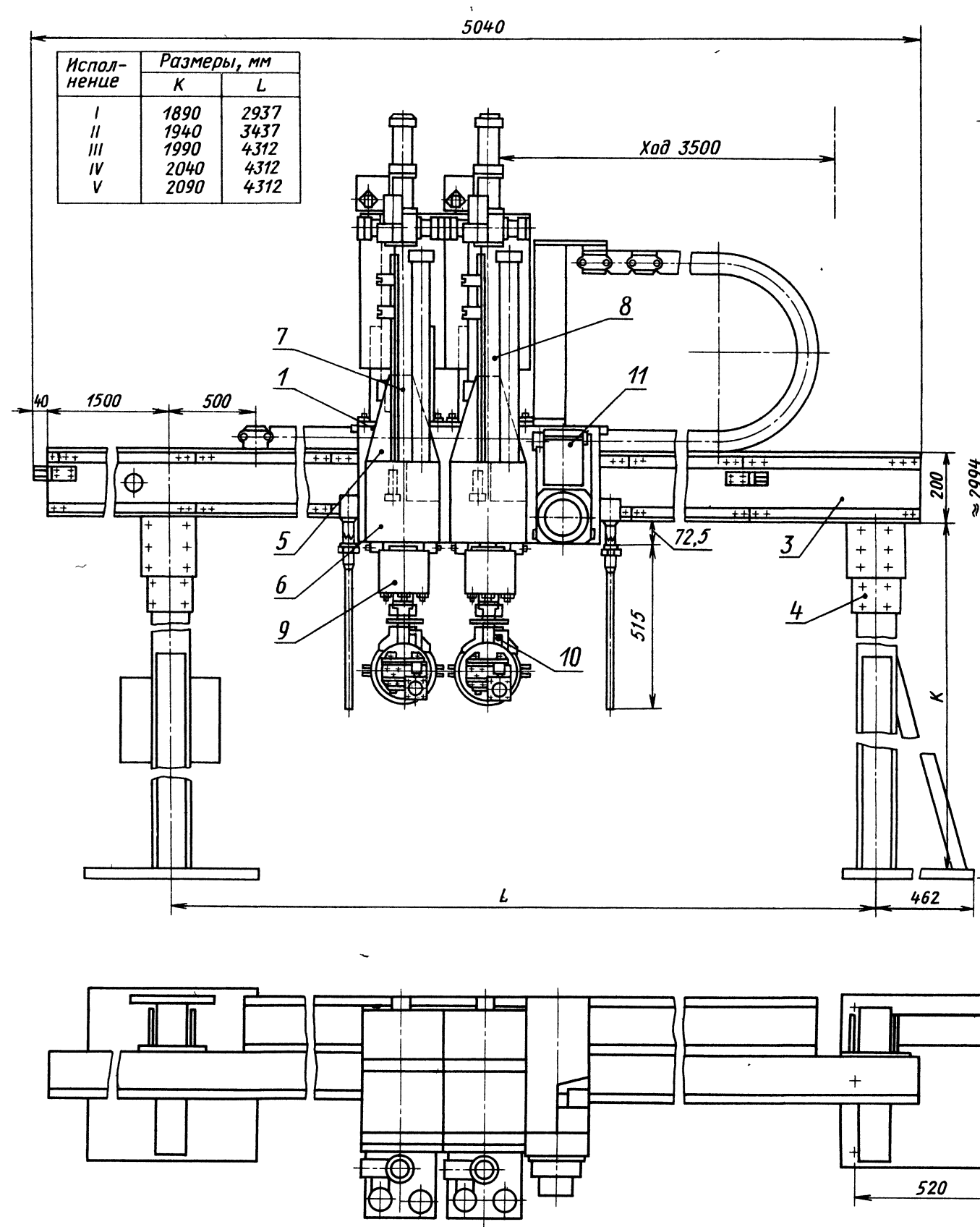
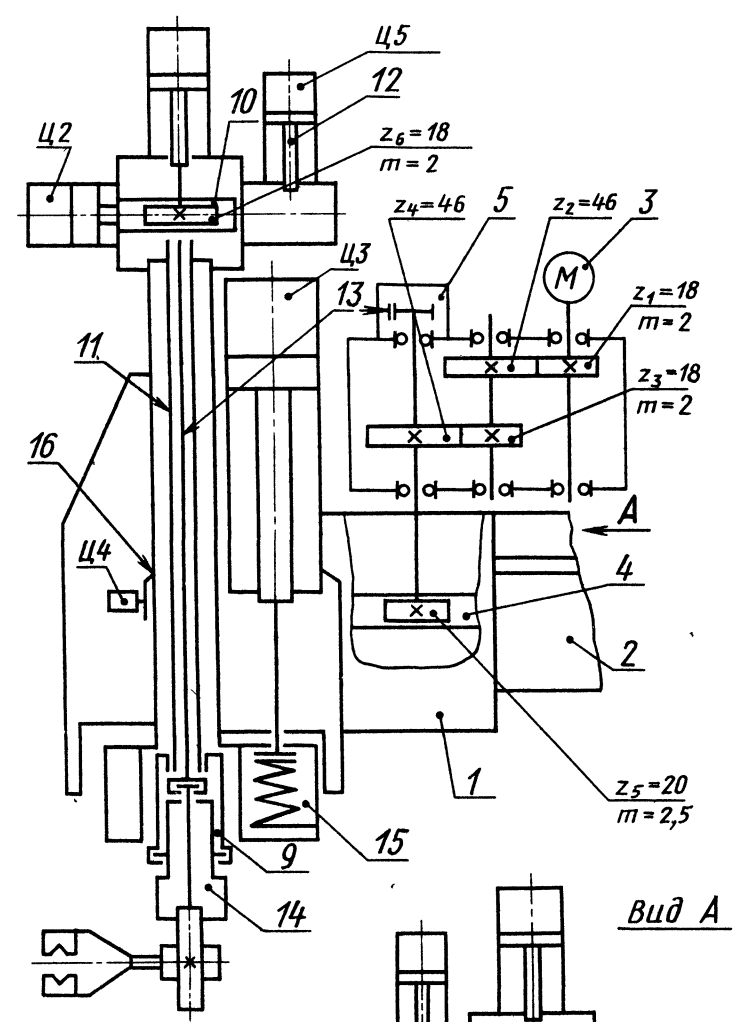


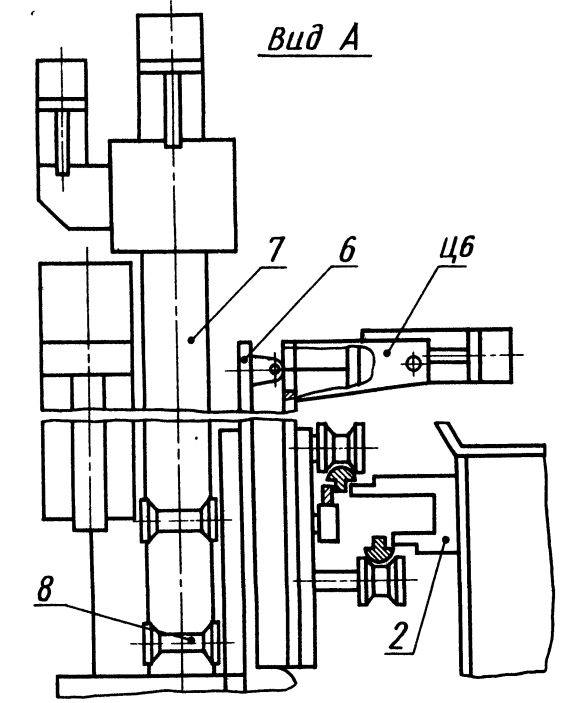
Рис. 2



Кинематическая схема



Вид А



- Техническая характеристика**
1. Грузоподъемность, кг 10x2
 2. Количество степеней подвижности . . . 9
 3. Максимальный горизонтальный ход каретки, мм 3500
 4. Максимальный вертикальный ход каретки, мм 630
 5. Угол поворота (качания) руки, град. . . 30
 6. Угол поворота кисти (шпинделя) руки, град. 90; 180
 7. Угол поворота схвата, град. 90
 8. Максимальная скорость линейных перемещений, м/с:
каретки 1,2
руки 0,5
 9. Максимальные скорости угловых перемещений, град/с:
поворота кисти (шпинделя) руки . . . 90
качания руки 90
поворота схвата 90
 10. Точность позиционирования каретки, мм ± 1
 11. Масса (с устройством управления), кг . . . 1450

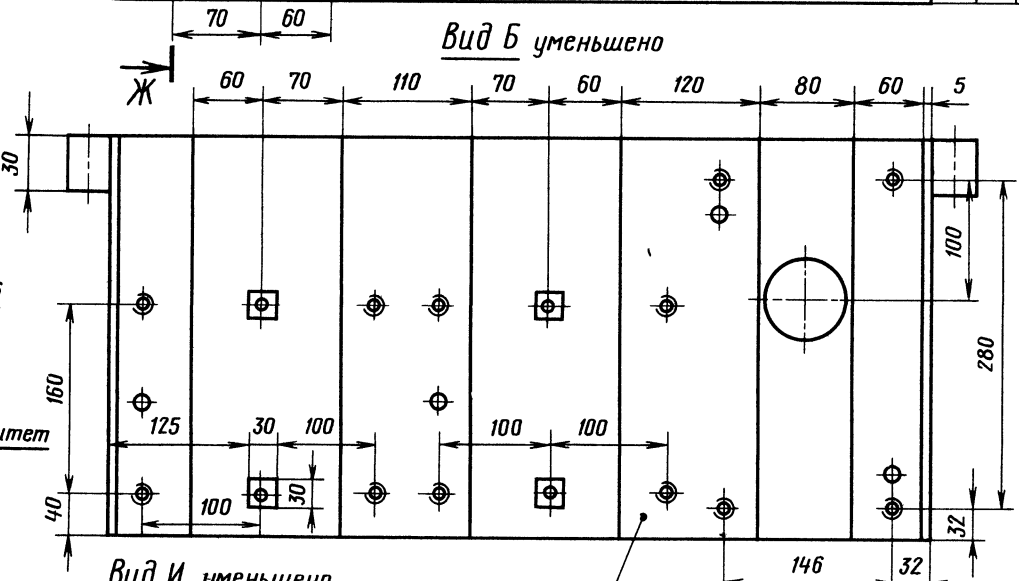
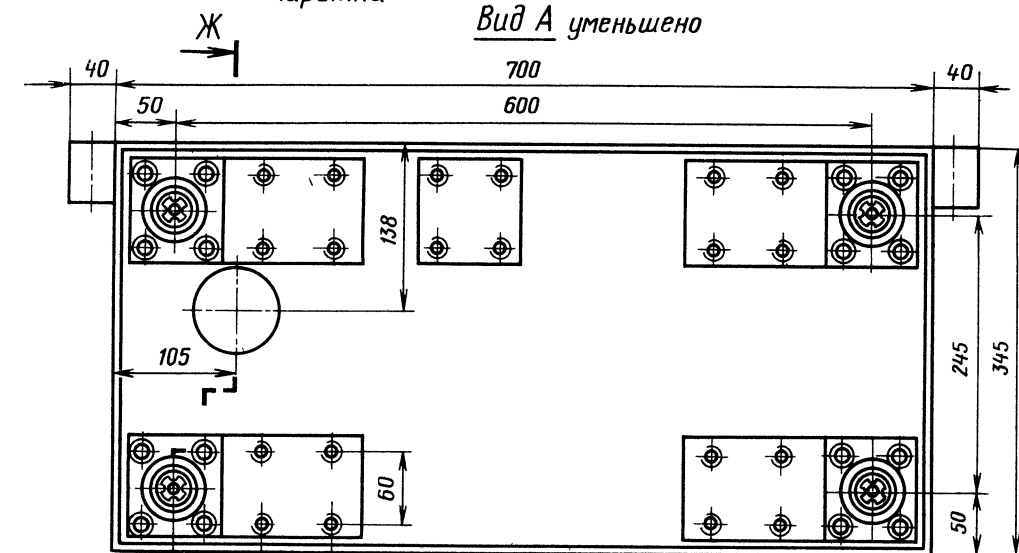
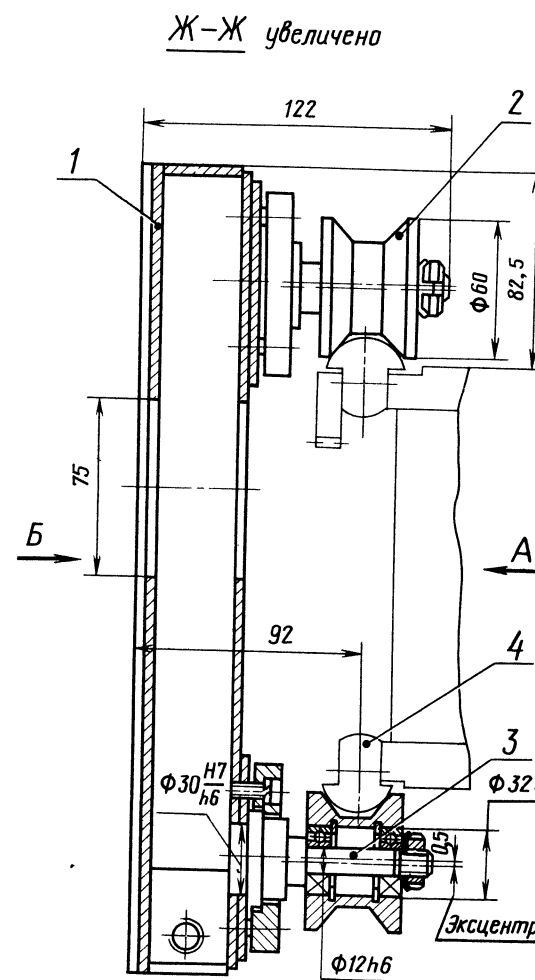
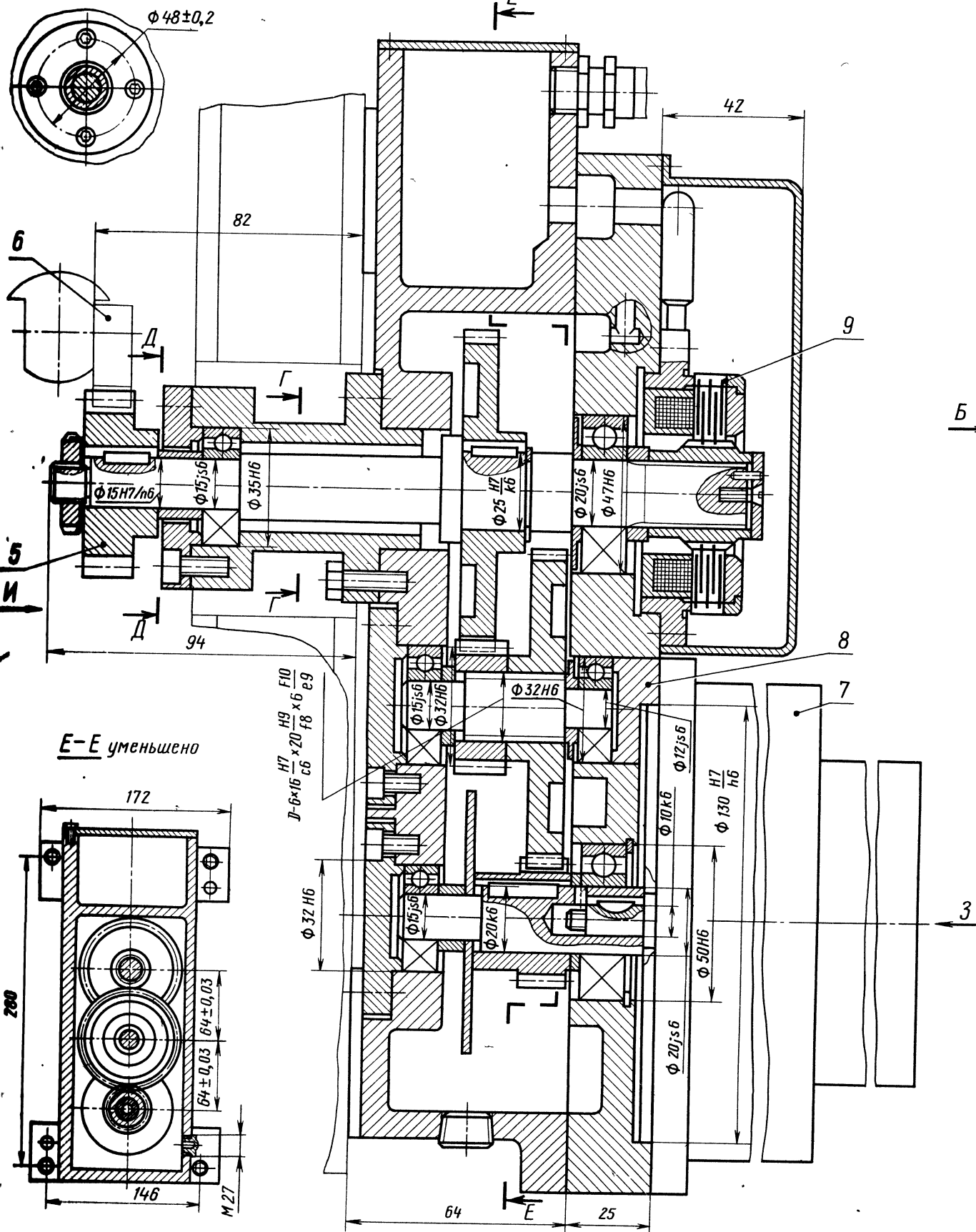
Д-Д

Привод каретки

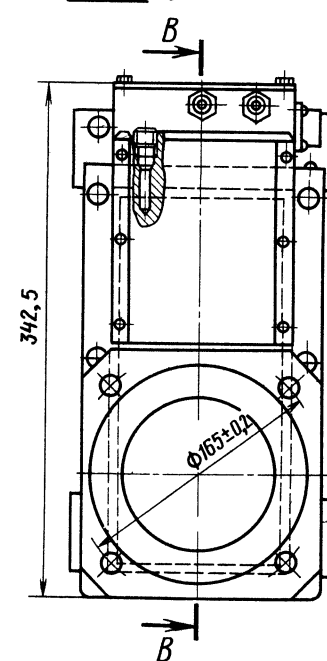
В-В увеличено

Каретка

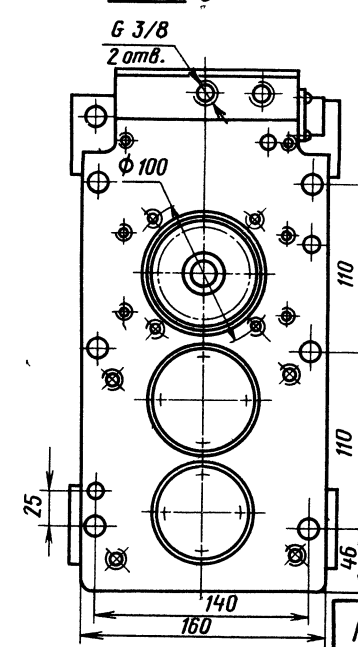
Вид А уменьшено



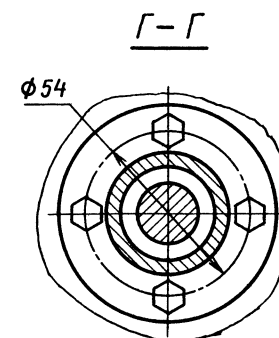
Вид 3 уменьшено



Вид И уменьшено

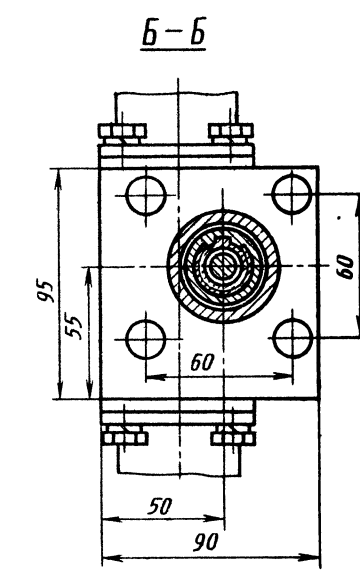
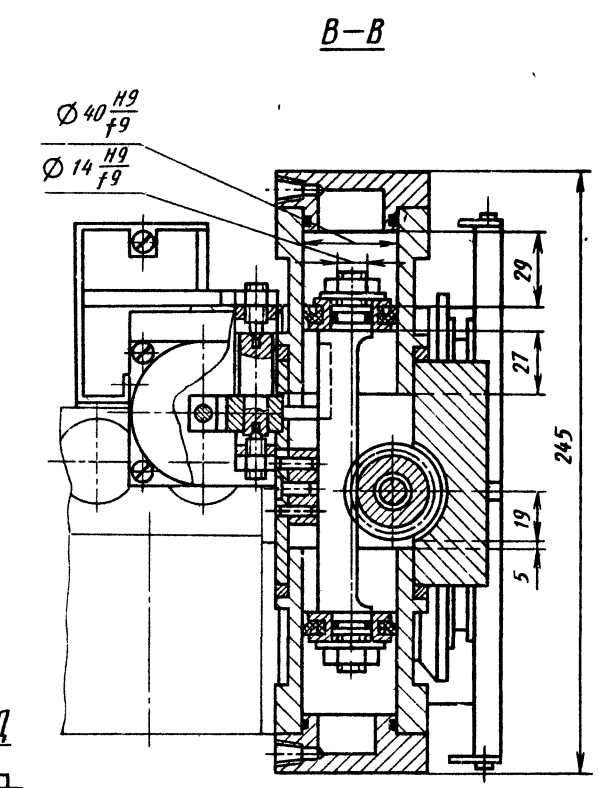
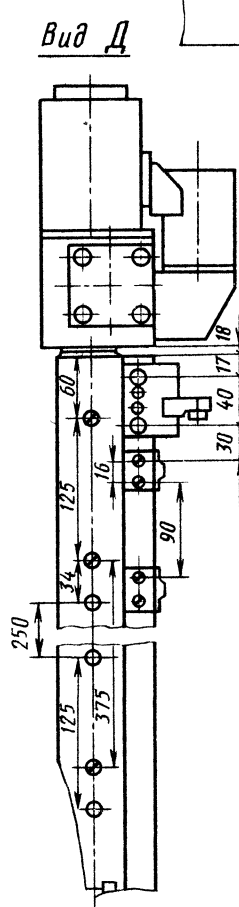
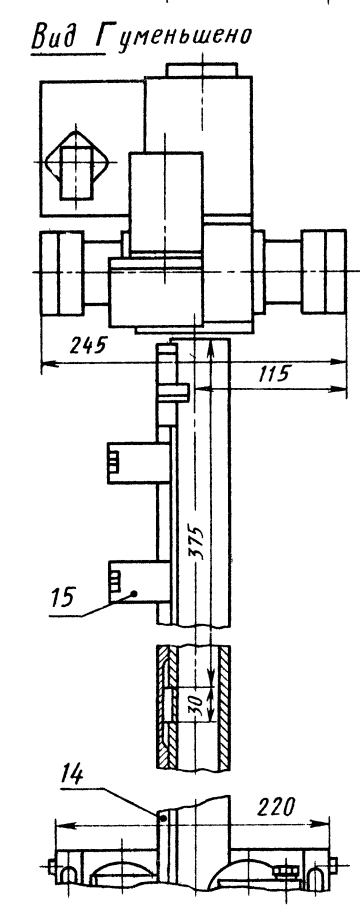
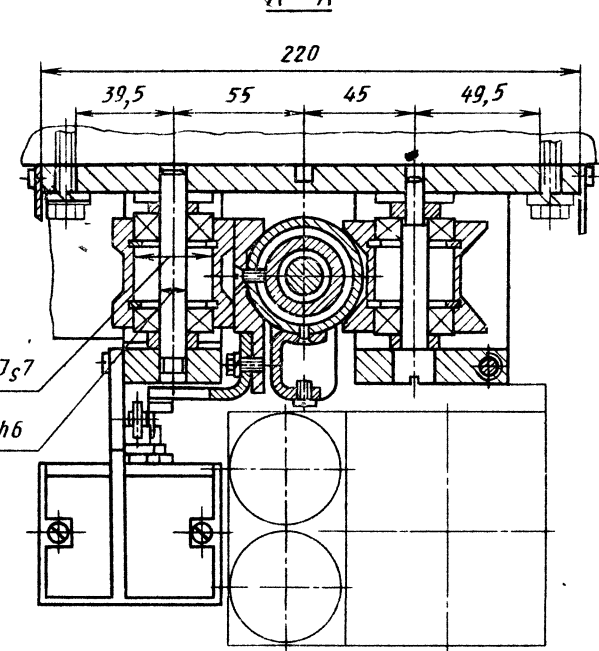
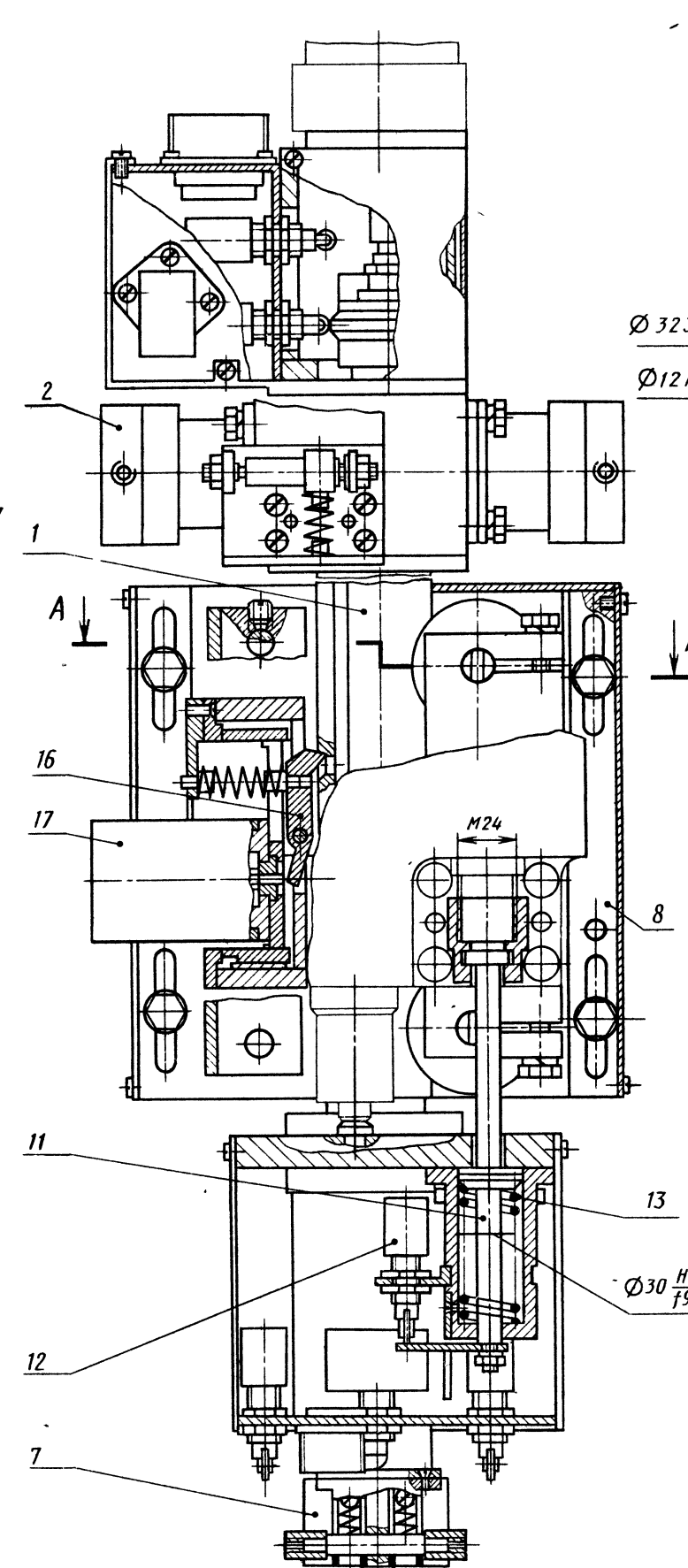
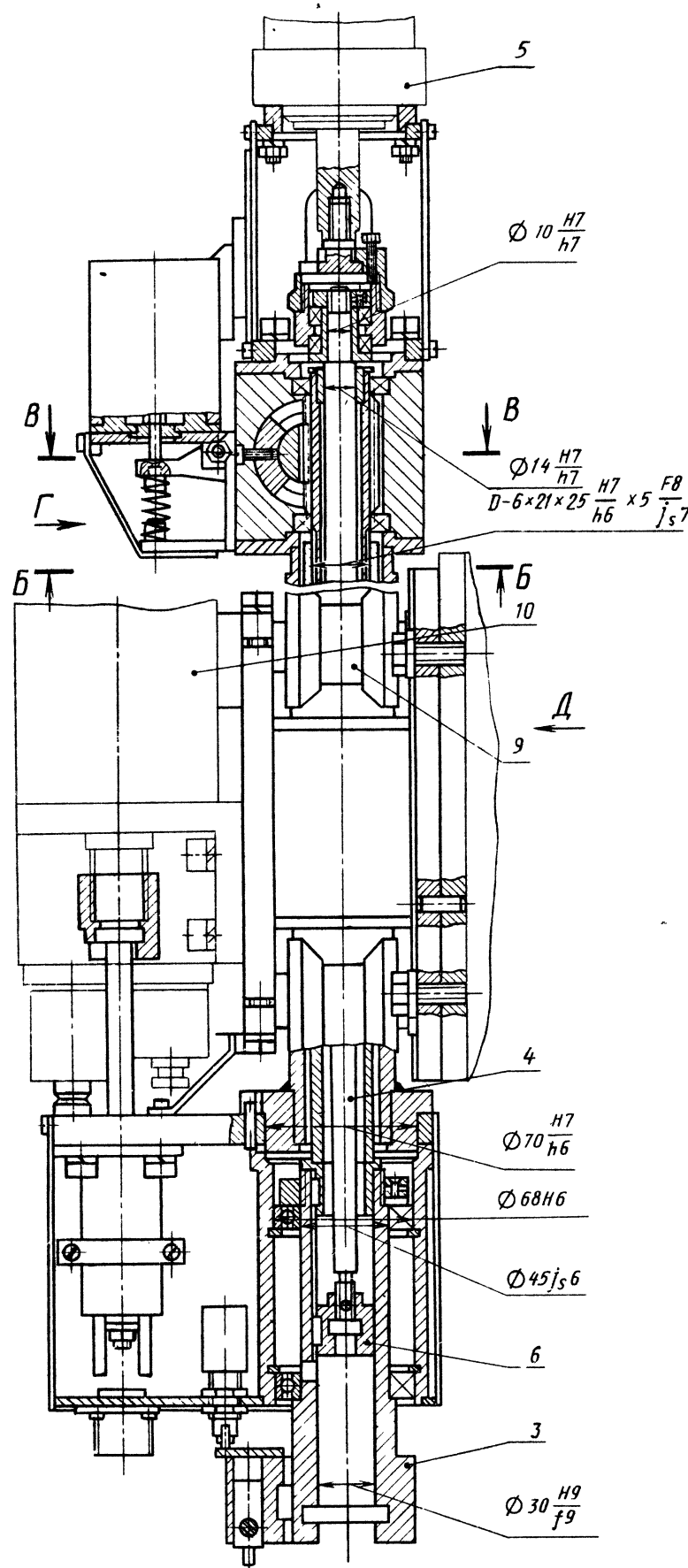


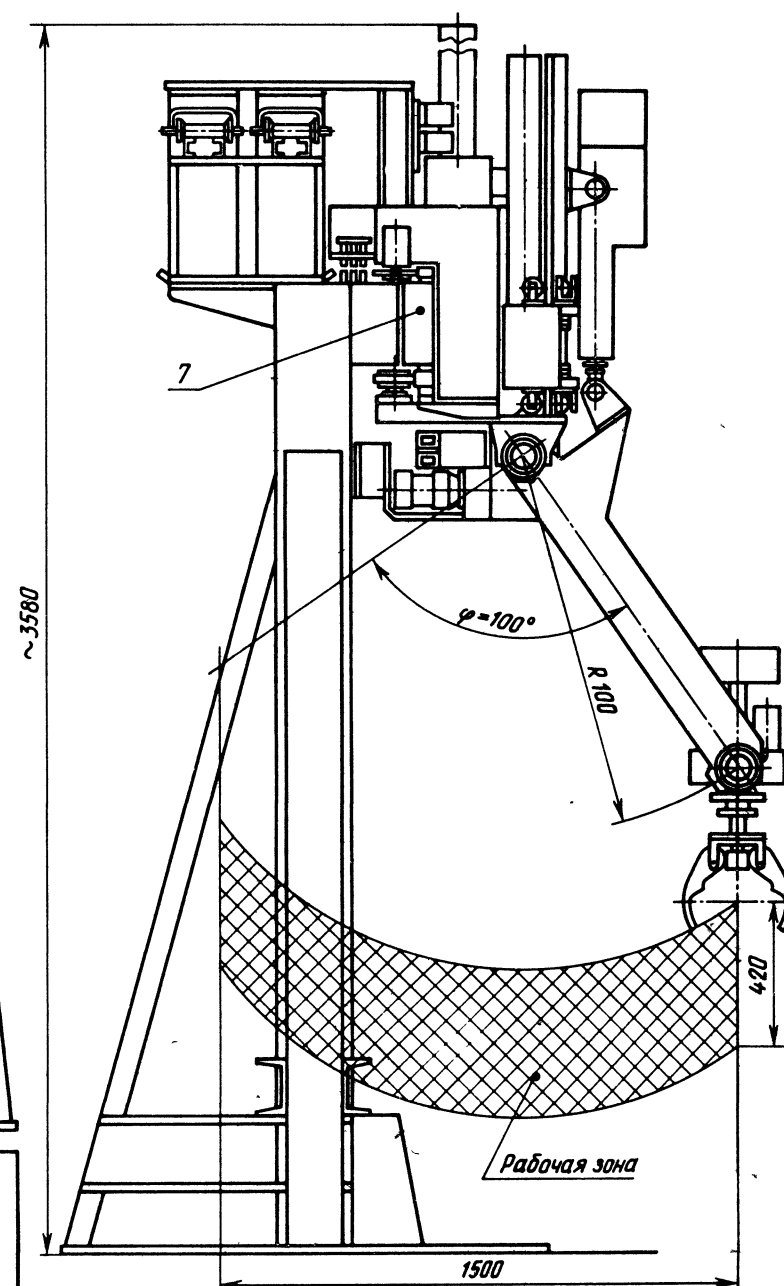
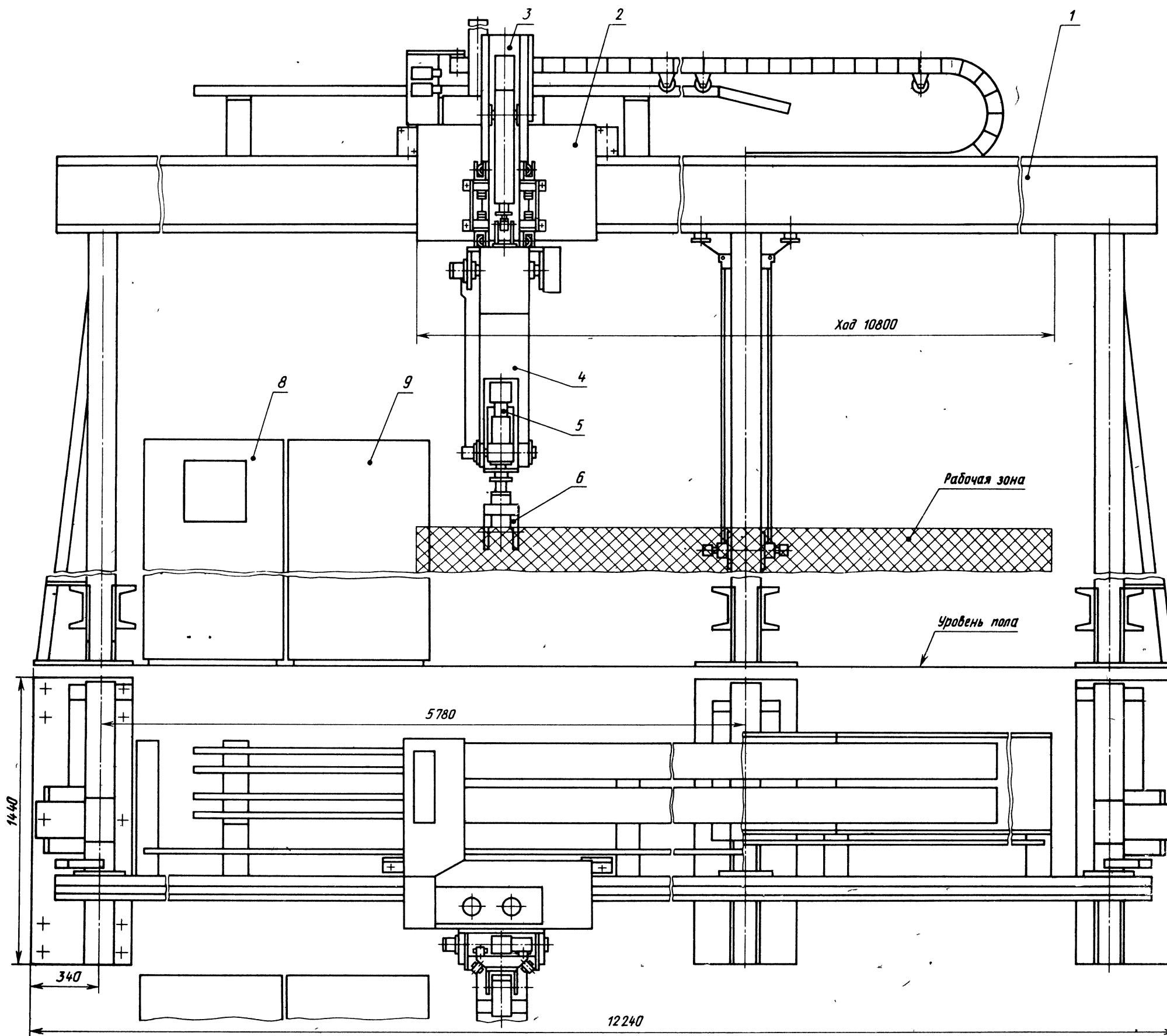
Место установки привода



Механизмы каретки и привода каретки
манипулятора ПР М20Ц. 48. 01

Лист 88



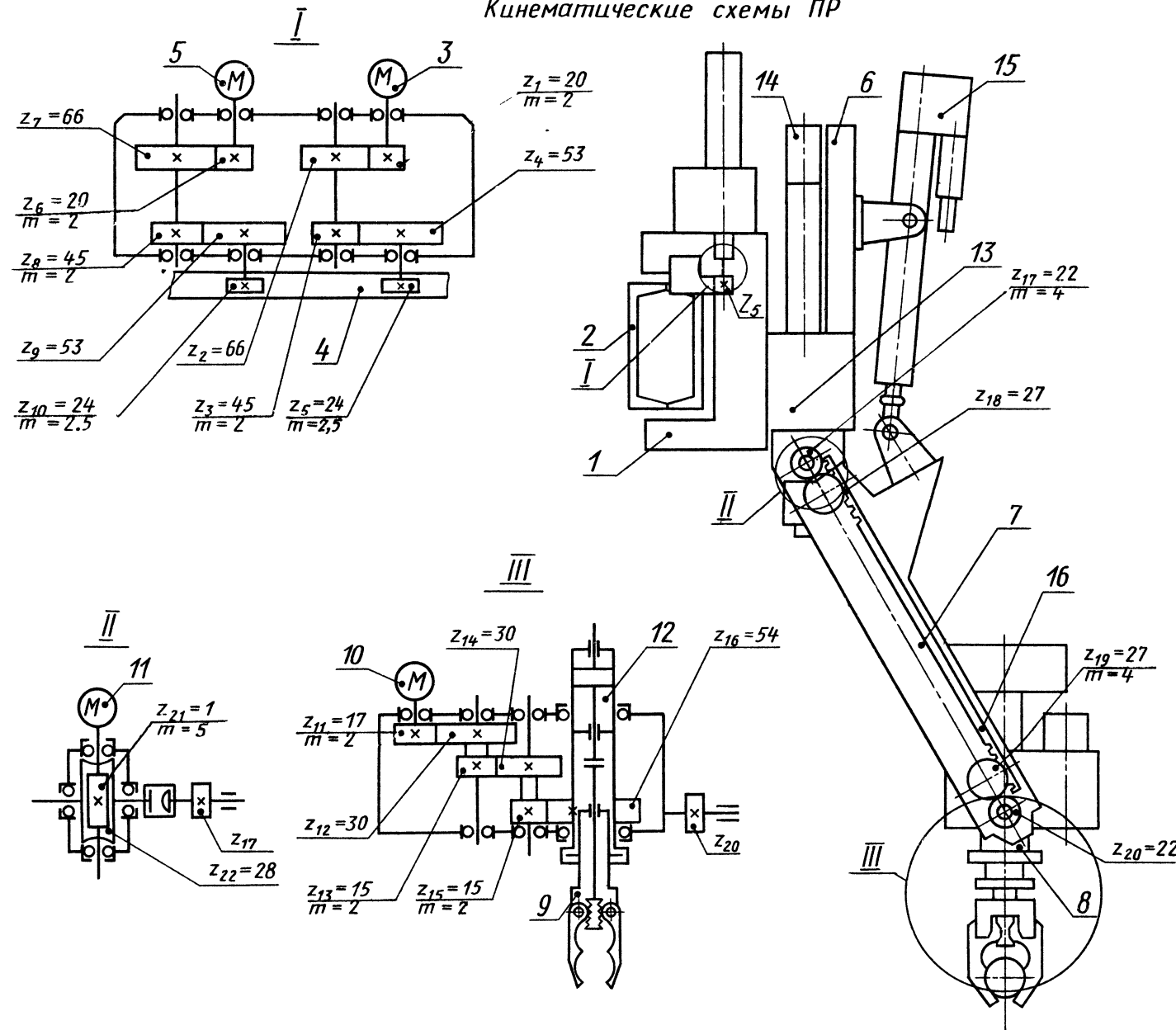


Техническая характеристика

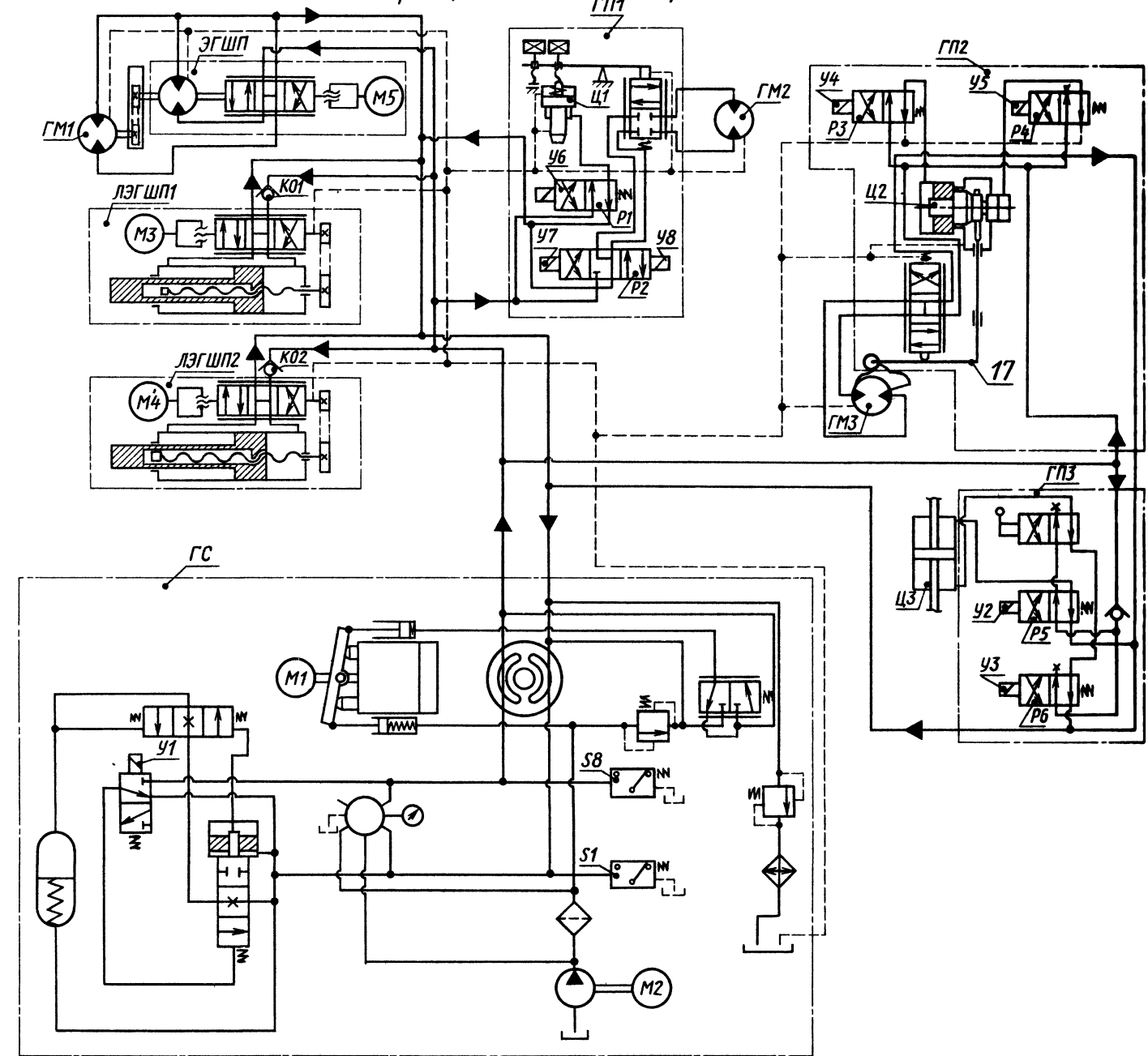
1 Грузоподъемность, кг	40
2 Число степеней подвижности	5
3 Наибольшие перемещения:	
каретки по монорельсу, мм	10800
руки в вертикальном направлении, мм	420
поворота (качания) руки, град	100
поворота (качания) кисти руки, град	90
поворота кисти относительно продольной оси, град	90 и 180
4 Наибольшие скорости перемещений:	
каретки, м/с	0,8
руки в вертикальном направлении, м/с	0,8
поворота руки и кисти, град/с	90
5 Точность позиционирования, мм	±1
6 Масса (без устройства ЧПУ), кг	3000

Промышленный робот М40П.05.01 Лист 90

Кинематические схемы ПР



Принципиальная гидравлическая схема ПР



Состояние электромагнитов

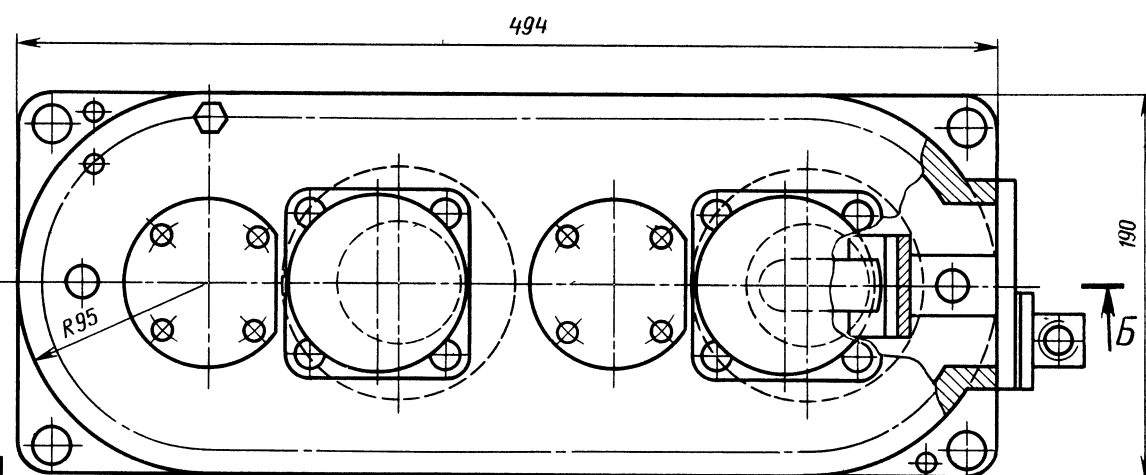
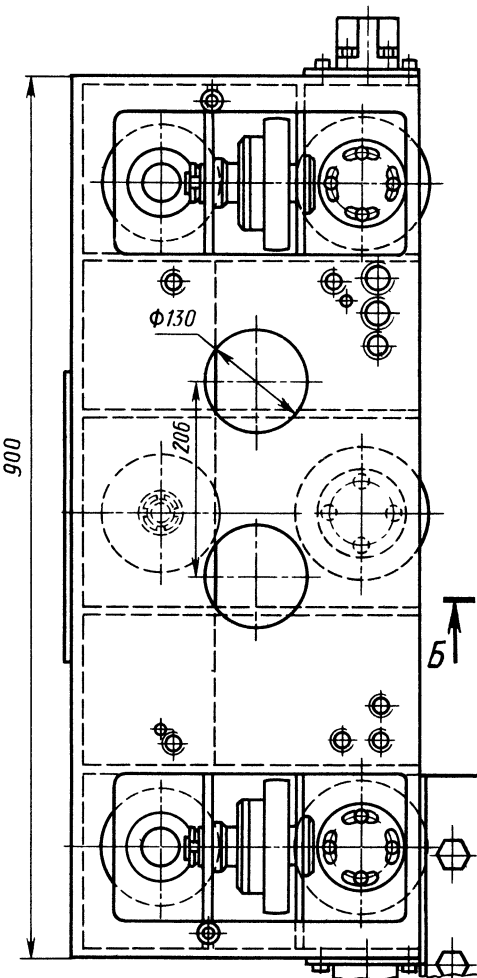
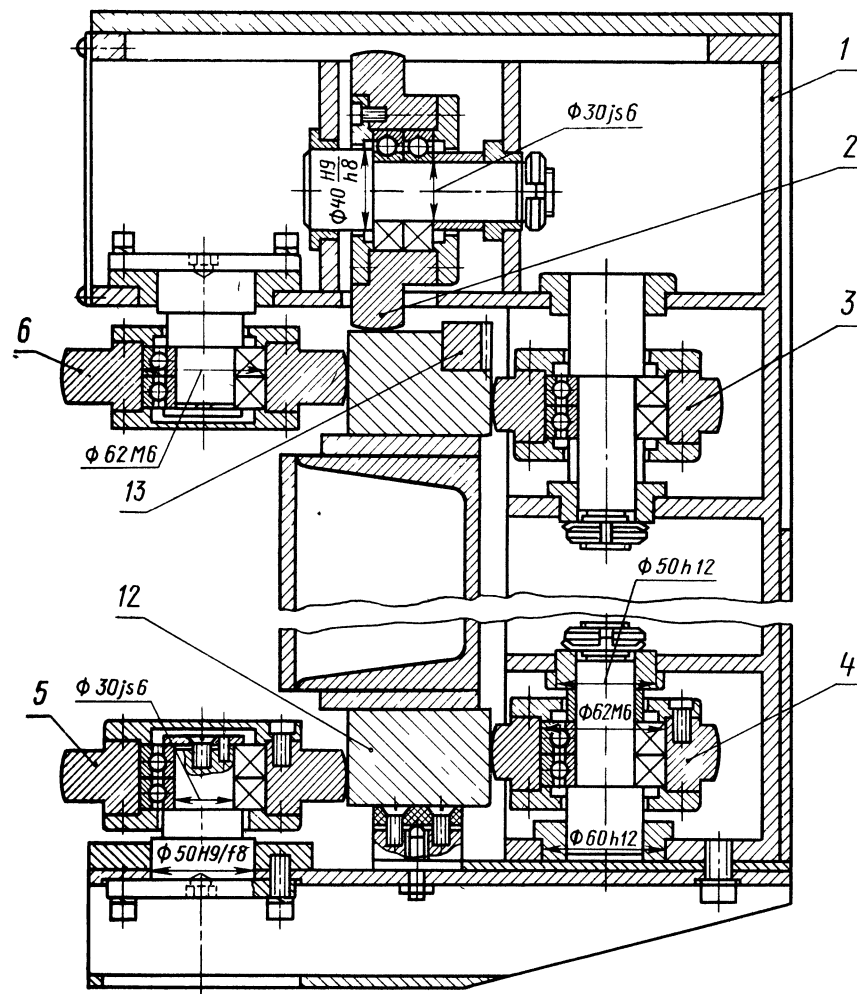
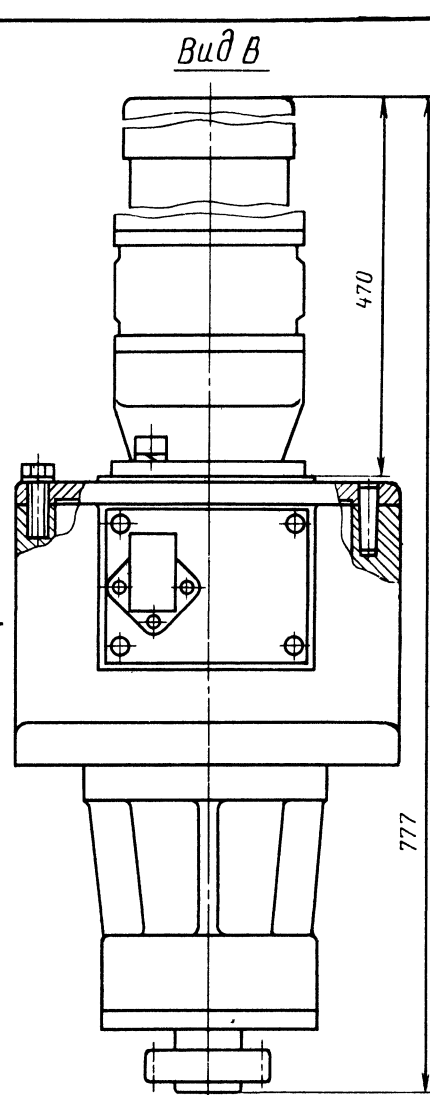
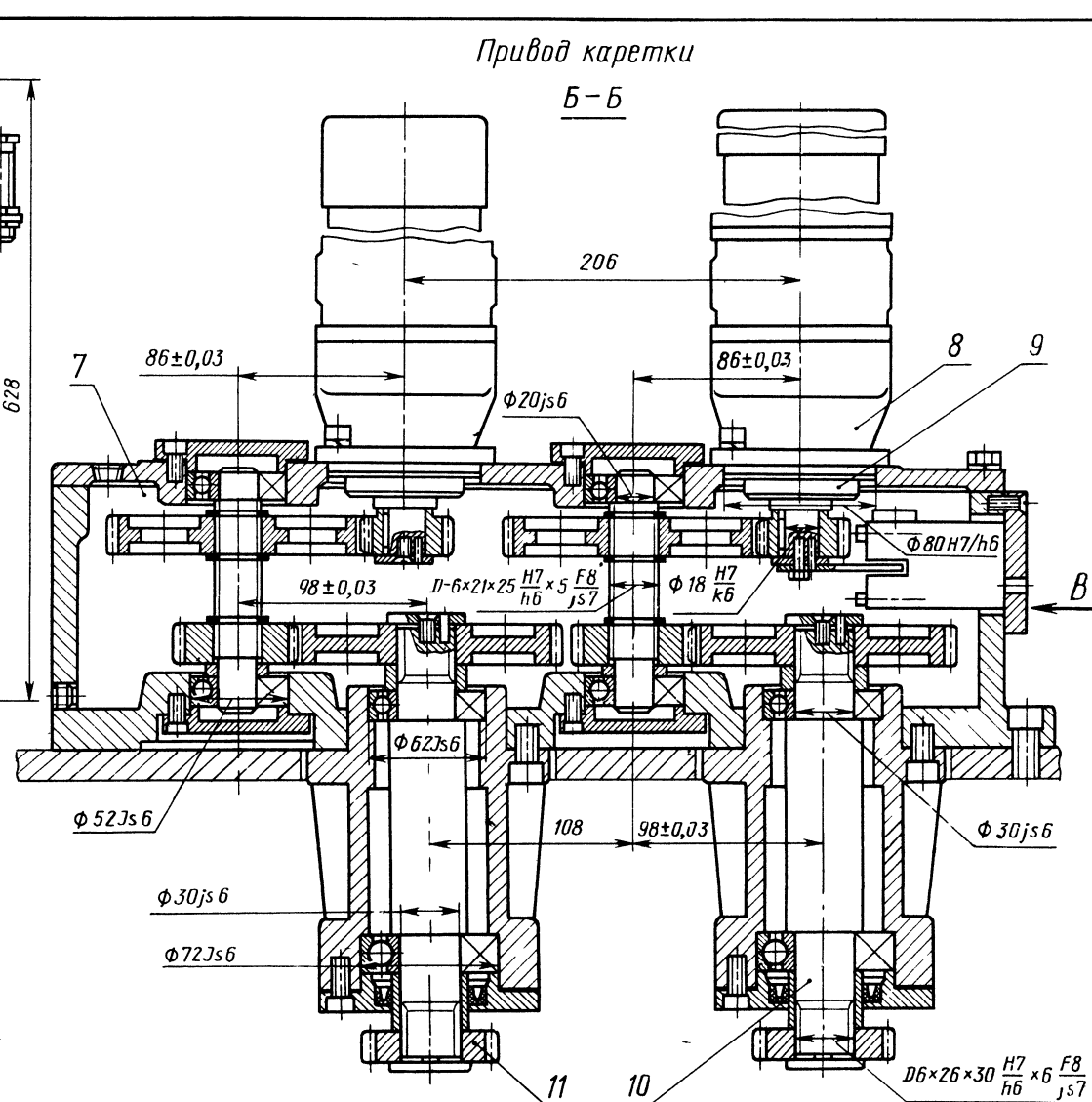
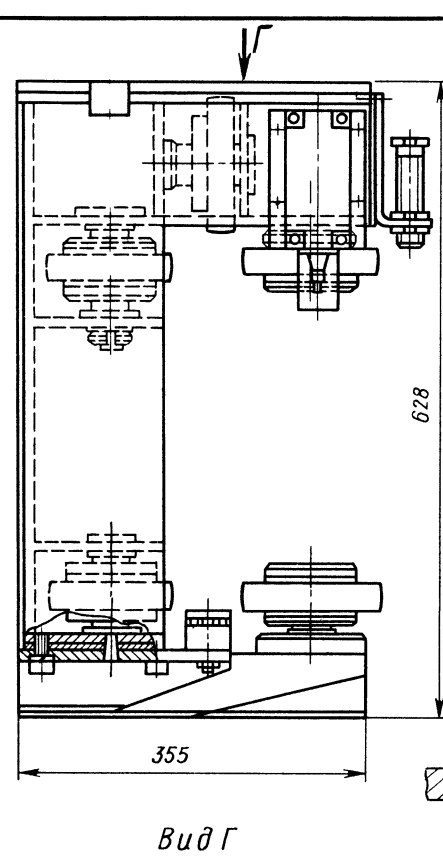
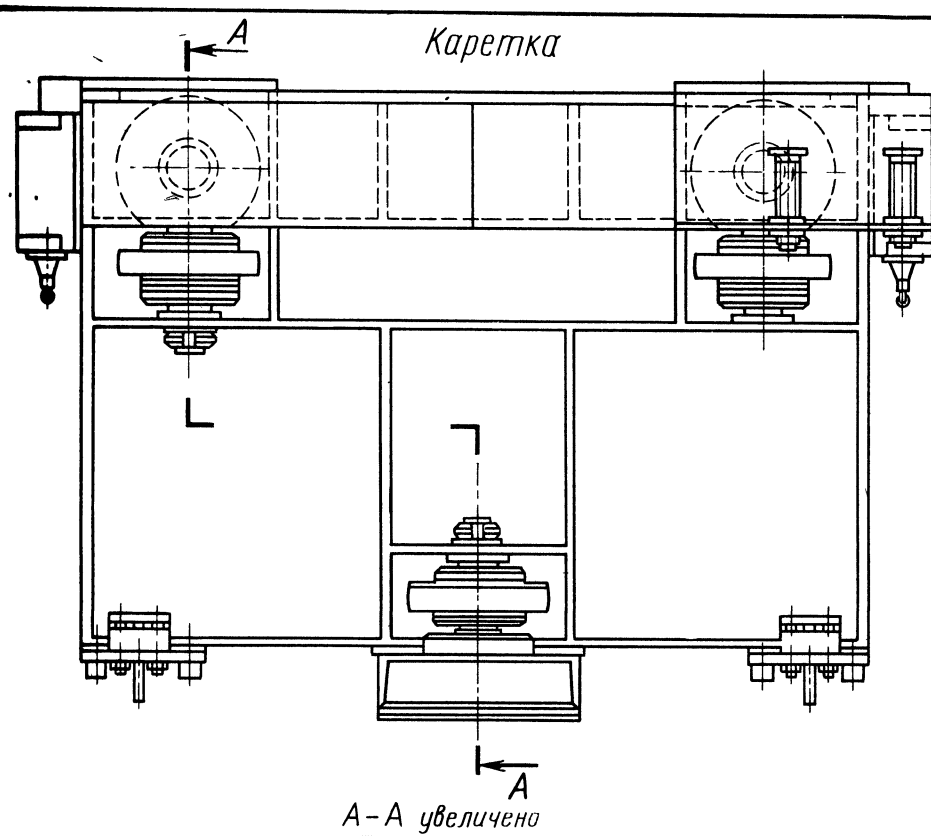
Поз. обозначения	Наименование	Кол.	Примечание	Поз. обозначения	Наименование	Кол.	Примечание
ГМ1	Гидромотор Г15-22Н	1	p=6,3МПа; T=11Нм	ЛЭГШП2	Линейный электрогидравлический	1	D=63мм;
ГМ2	Гидромотор Г15-23Н	1	p=6,3МПа; T=34Нм		шаговый привод руки 65Г28-23	1	d=32мм; L=500мм
ГМ3	Гидромотор Г15-21Н	1	p=6,3МПа; T=36Нм	P1	Распределитель ВЕ6.574А.31/Г24Н	1	Dy=6мм
ГП1	Гидропанель	1		P2	Распределитель ВЕ6.3431/Г24Н	1	Dy=6мм
ГП2	Гидропанель	1		P3, P4	Распределитель ВЕ6.574А.31/Г24Н	2	Dy=6мм
ГП3	Гидропанель	1		P5, P6	Распределитель ВЕ6.574А.31/Г24Н	2	Dy=6мм
ГС	Гидростанция Г48-44	1	p=6,3МПа; Q=100 л/мин	Ц	Гидроцилиндр зажима	1	D=48мм; d=20мм
K01, K02	Гидроклапан обратный Г5Г-24	2	Dy=20мм	ЭГШП	Электрогидравлический шаговый	1	q=20 см³; T=11Нм
ЛЭГШП1	Линейный электрогидравлический	1	D=63мм;	14...40	Линии связи		
	шаговый привод ползуна 55АГ28-22	1	d=25мм; L=500мм				

Объект управления	Режим работы	Электромагниты							
		У1	У2	У3	У4	У5	У6	У7	У8
Гидростанция	запуск	—	—	—	—	—	—	—	—
	работа	+	—	—	—	—	—	—	—
Привод схватов	зажим	+	—	—	—	—	—	—	—
	разжим	+	+	—	—	—	—	—	—
Привод поворота головки	вправо	+	—	—	—	—	—	—	—
	влево	+	—	—	—	—	—	—	—
Привод качения головки	вправо	+	—	—	—	—	—	—	—
	влево	+	—	—	—	—	—	—	—
	стоп	+	—	—	—	—	—	—	—

Примечание. „+“ - включено, „—“ - выключено

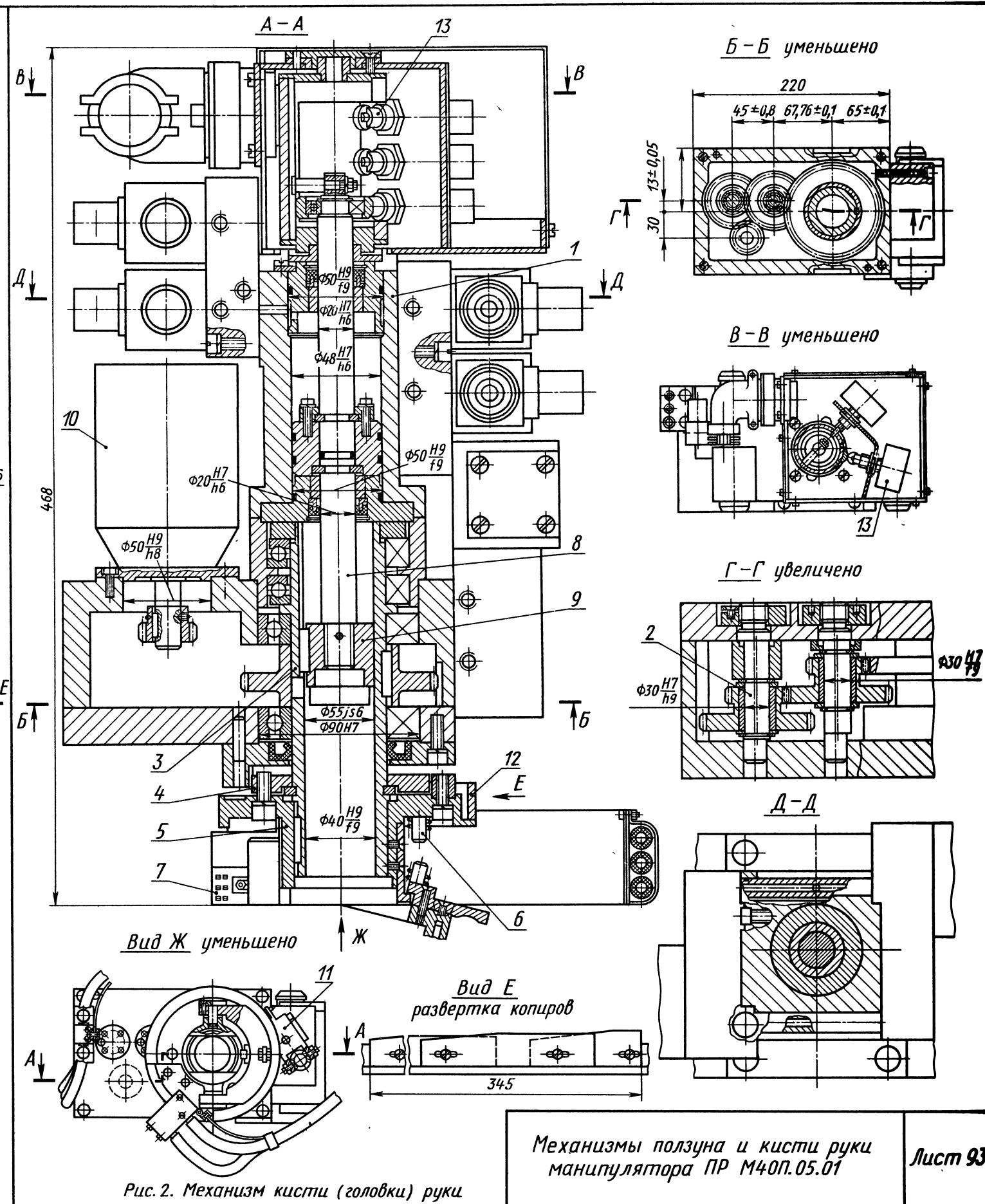
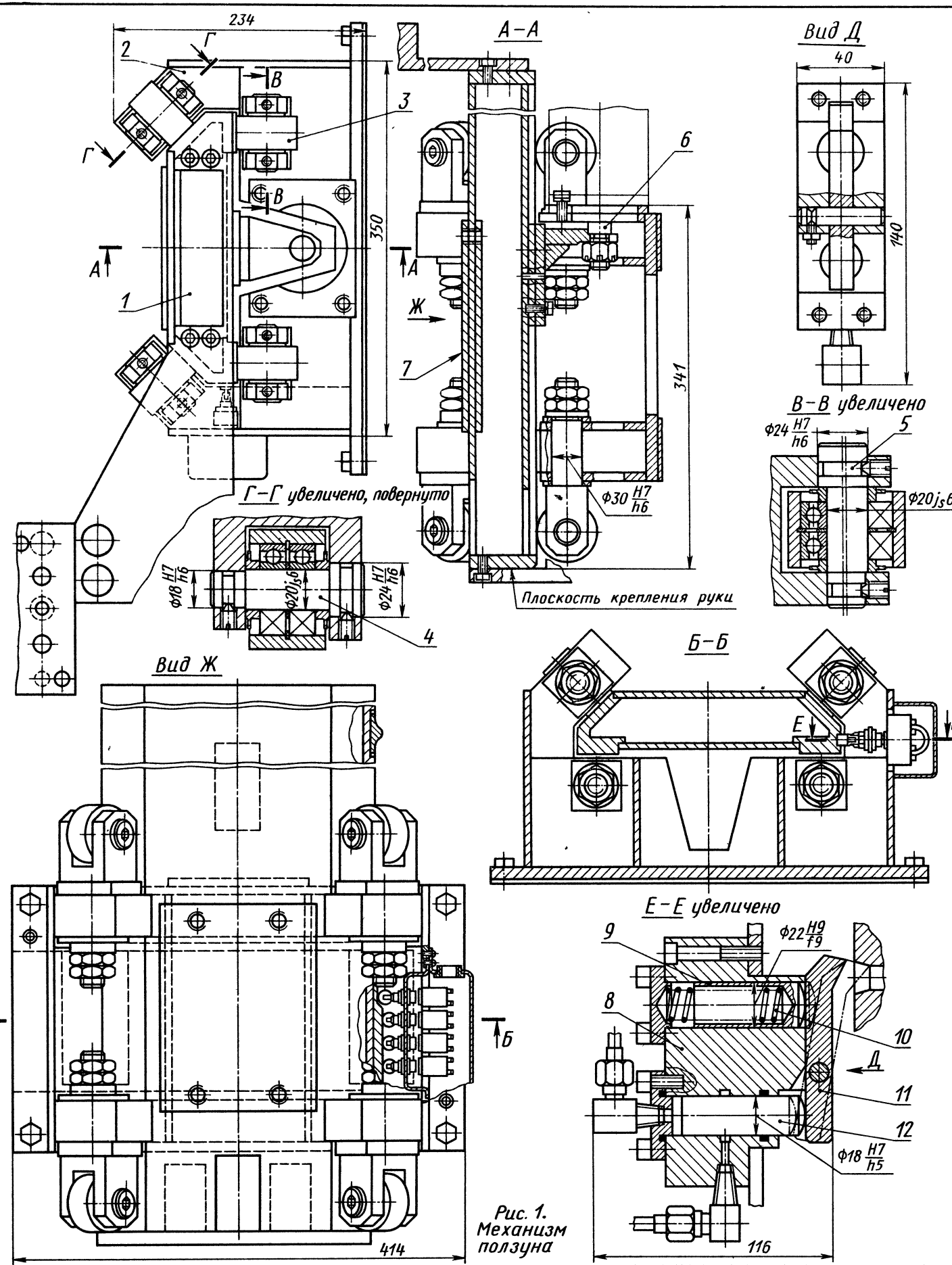
Принципиальные схемы ПР
М40П. 05. 01

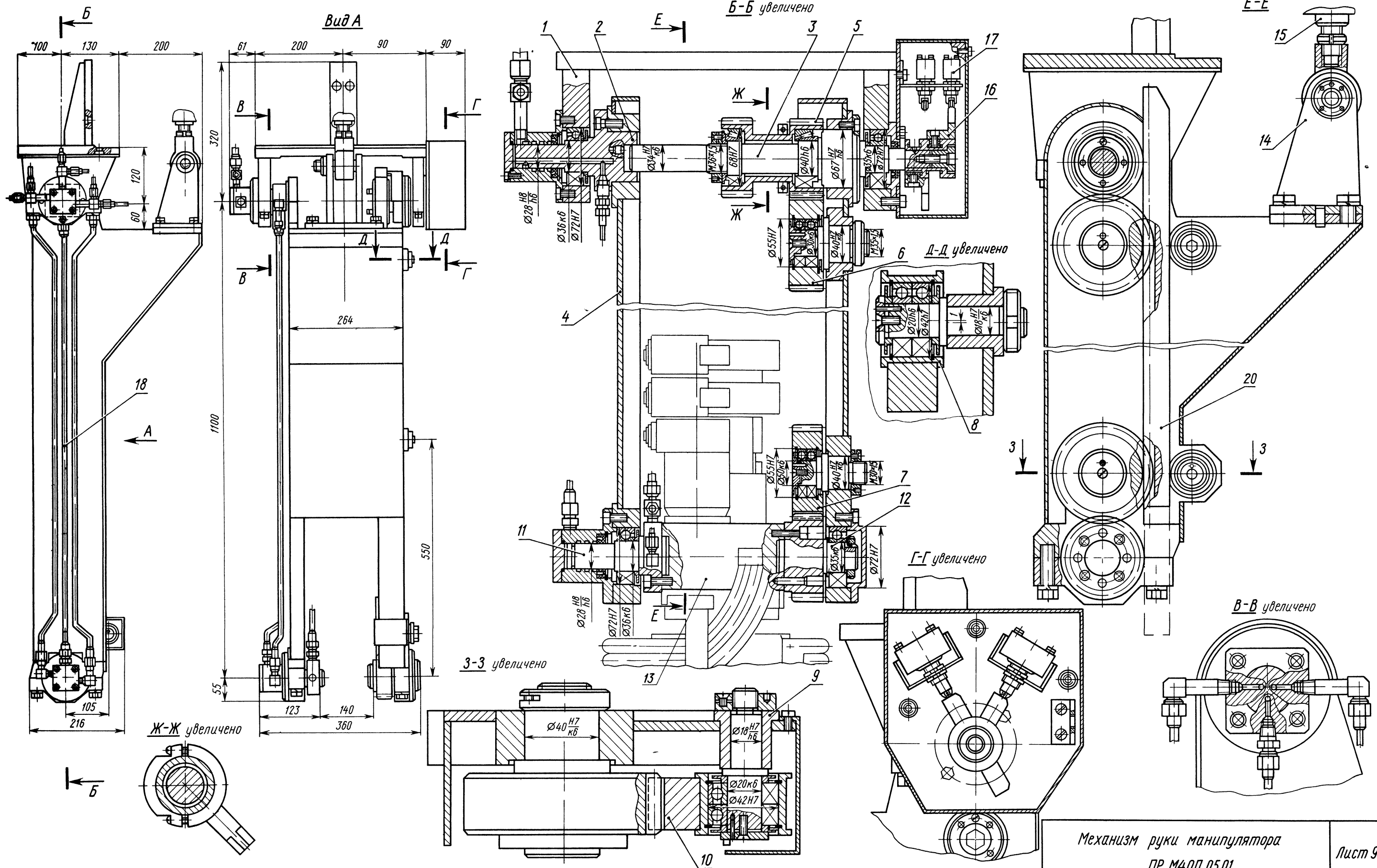
Лист 91

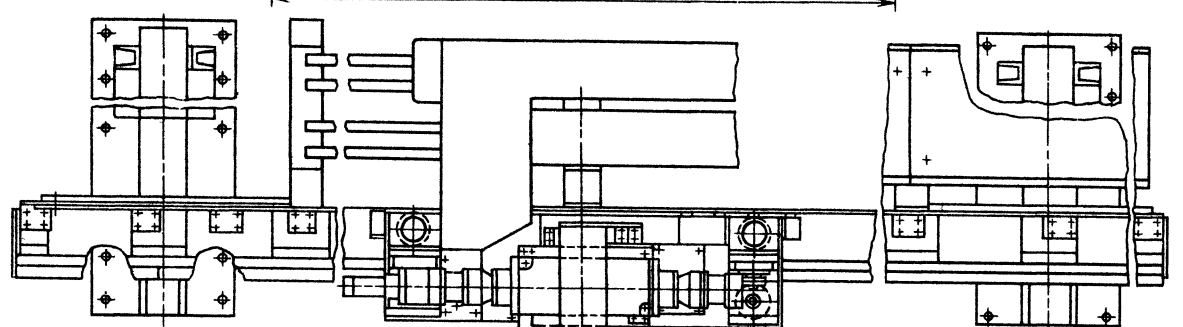
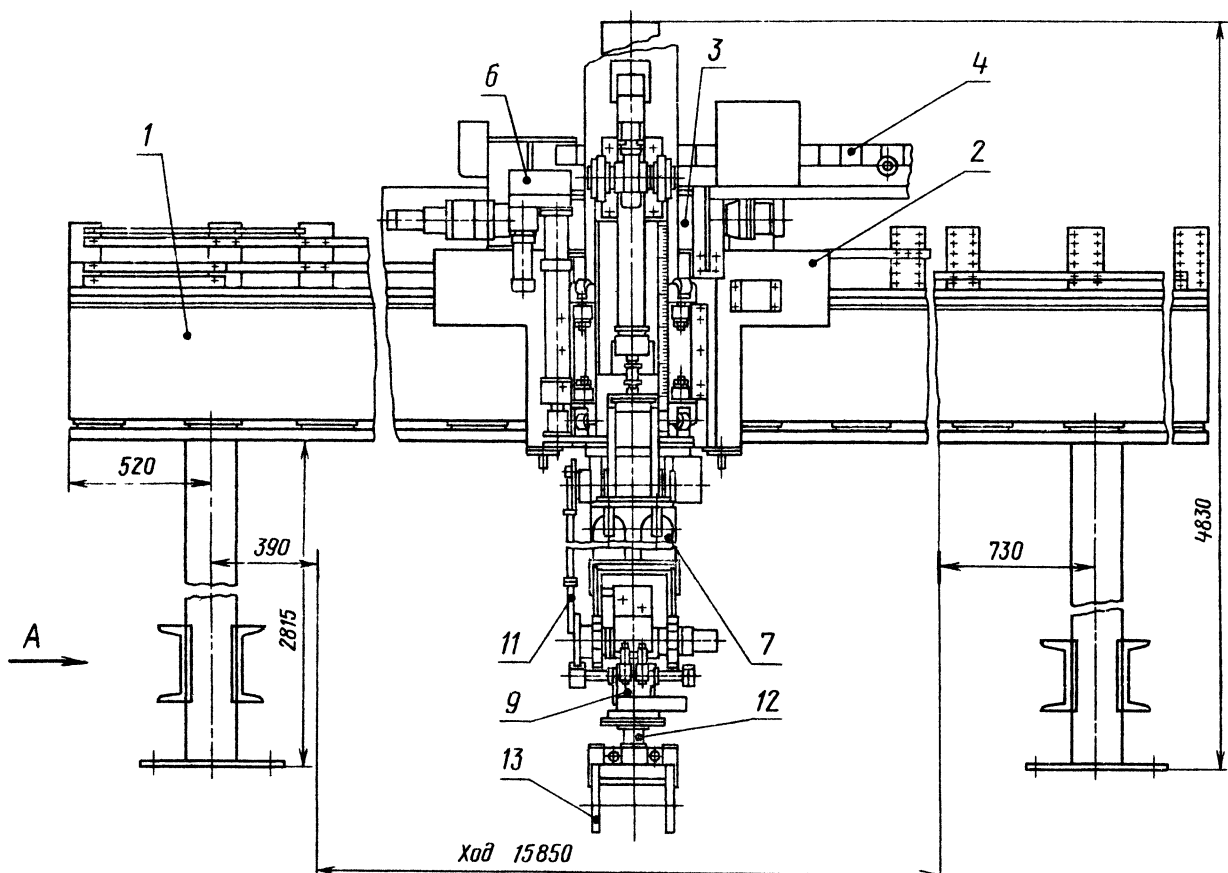


Механизмы каретки манипулятора
и привода каретки ПР
М40П. 05. 01

Лист 92

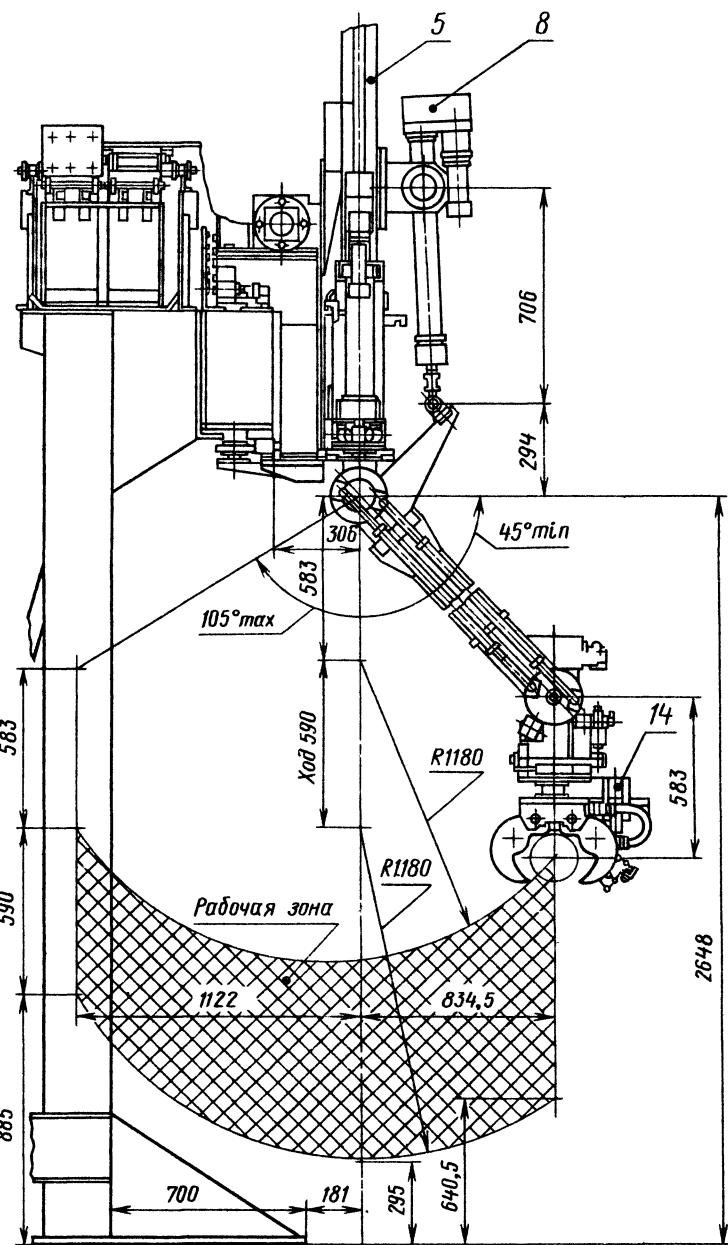






Техническая характеристика

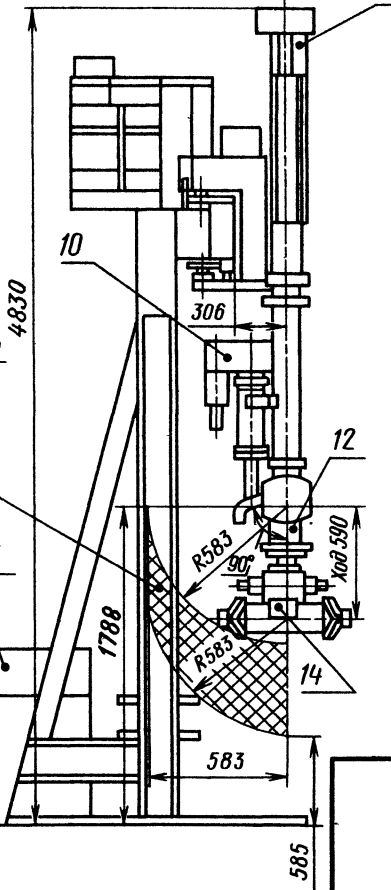
1. Грузоподъемность, кг	160
2. Число степеней подвижности	4
3. Наибольшие перемещения:	
каретки по горизонтальной оси, мм	15850
поворота головки со схватом относительно	
продольной оси, град	90; 180
ползуна по вертикальной оси, мм	590
поворота руки в вертикальной плоскости, град	105
4. Наибольшие скорости перемещения, м/с:	
каретки	1,2
ползуна	0,6
качания руки	0,8
поворота кисти со схватом	0,6
5. Точность позиционирования, мм	± 1,5
6. Число схватов	1; 2
7. Время смены схватов, с	60
8. Наибольшие размеры транспортируемых	
заготовок (типа валов) (диаметр × длина), мм	400 × 1700
9. Масса (без устройства управления), кг	8800



Рабочая зона

16

15

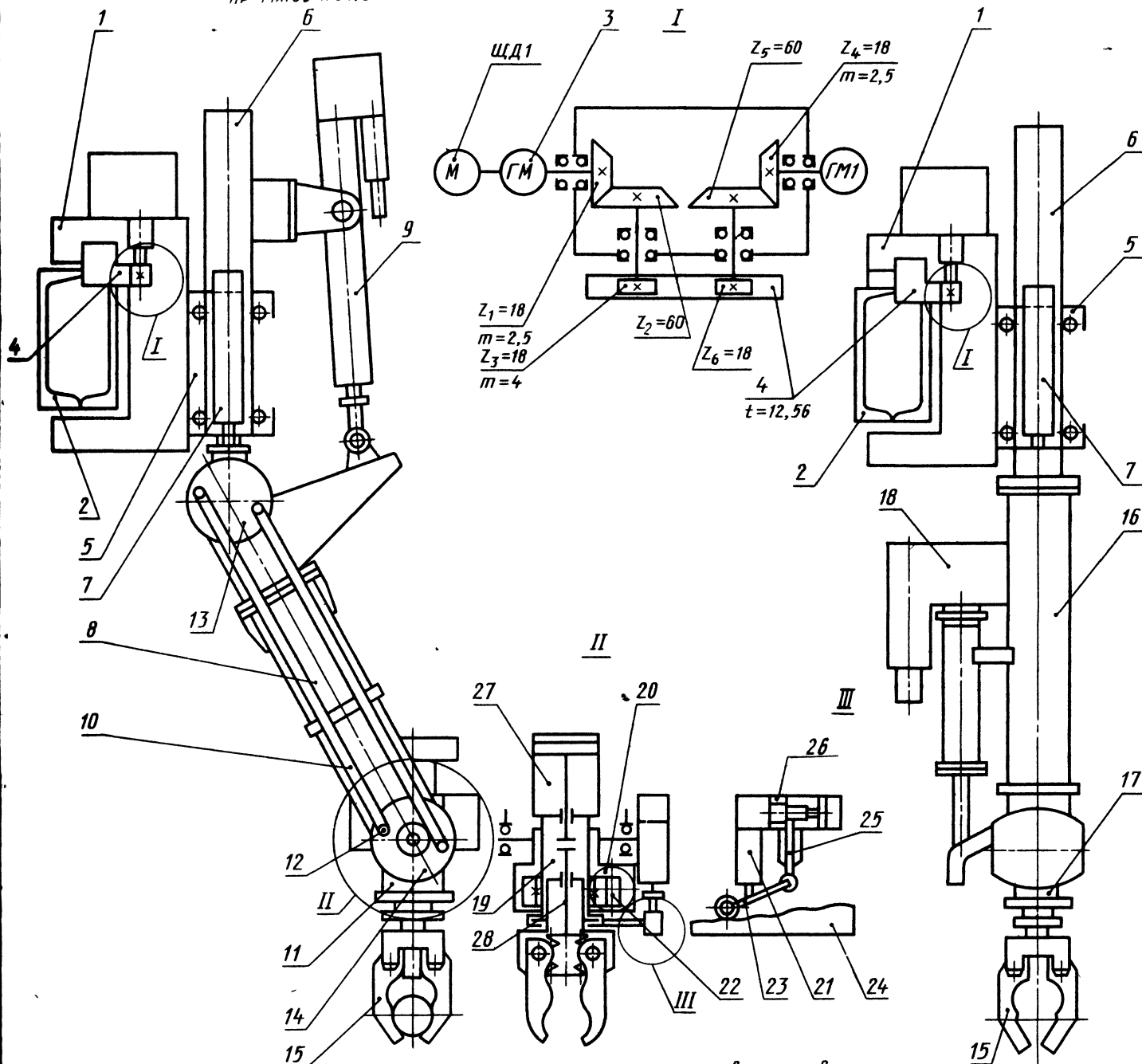


Вид Б

Техническая характеристика

1. Грузоподъемность, кг	160
2. Число степеней подвижности	4
3. Наибольшие перемещения:	
каретки по горизонтальной оси, мм	15850
ползуна по вертикальной оси, мм	590
качания кисти (головки) относительно	
горизонтальной оси, град	90
поворота головки со схватом относи-	
тельно продольной оси, град	90; 180
4. Наибольшие скорости перемещения, м/с:	
каретки	1,2
ползуна	0,6
качания кисти (головки)	0,8
поворота головки со схватом	0,6
5. Точность позиционирования, мм	± 1,5
6. Число схватов	1; 2
7. Время смены схватов, с	60
8. Наибольшие размеры транспортируемых	
заготовок (фланцев), мм:	
диаметр	400
длина	100
9. Масса (без устройства управления), кг	8790

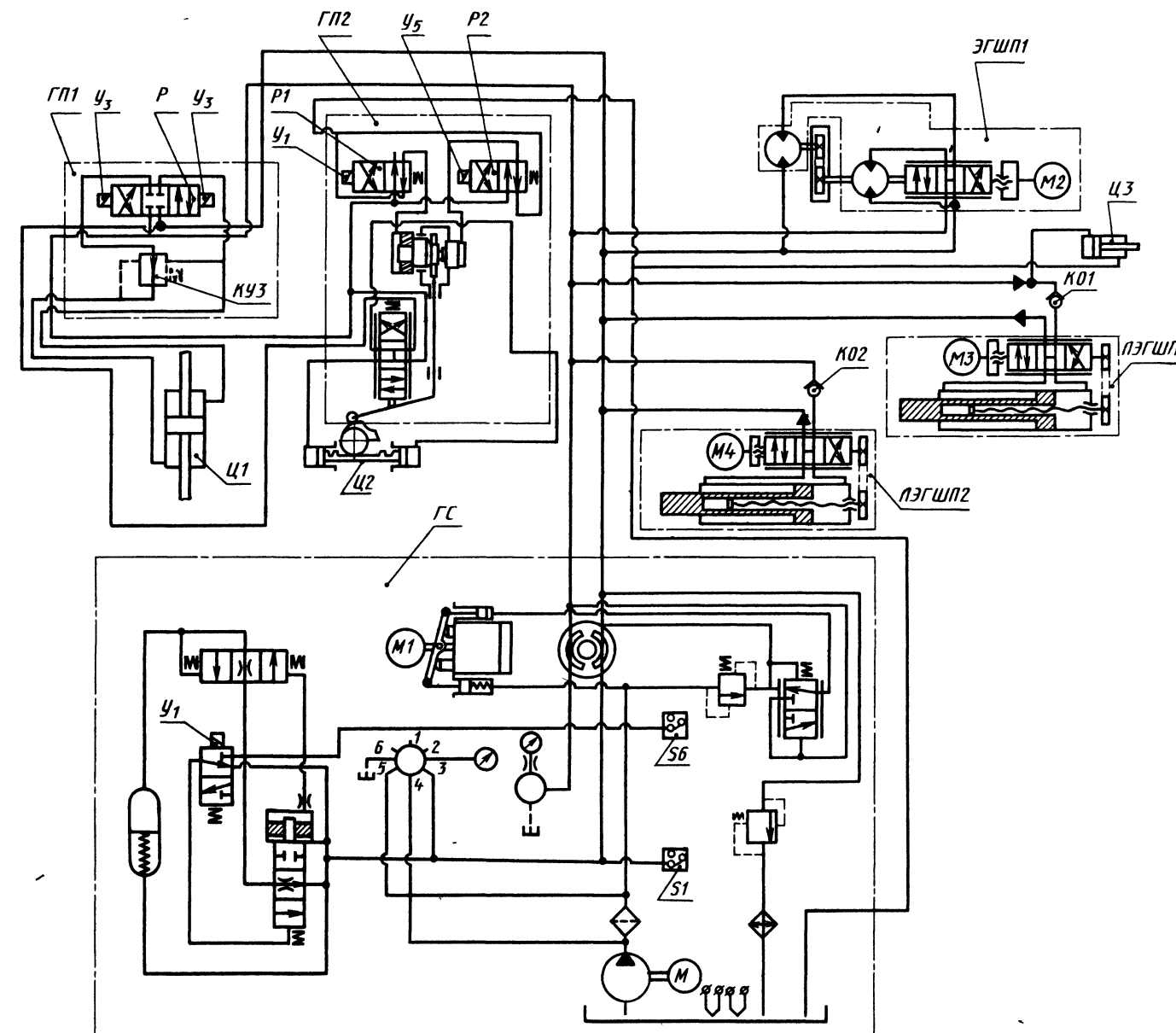
ПР МА160 П.51.01



Состояние электромагнитов и путевых переключателей в гидросхеме

Исполнительное устройство	Элементы цикла	Состояние							
		электромагнитов				путевых переключателей			
		У1	У2	У3	У4	У5	У6	У7	У8
Гидростанция	Пуск	-	-	-	-	-	-	-	-
	Работа	+	+	+	+	+	+	+	+
Привод схватов	Зажим	+	+	+	+	+	+	+	+
	Разжим	+	+	+	+	+	+	+	+
	Стоп	+	+	+	+	+	+	+	+
Привод кантователя	Вправо	+	+	+	+	+	+	+	+
	Влево	+	+	+	+	+	+	+	+
	Стоп в крайнем положении	+	+	+	+	+	+	+	+
	Стоп в заданном положении	+	+	+	+	+	+	+	+

Примечание. Включение —, +, выключение —, -



Обозначения	Наименование	Кол	Примечание
ГП1	Гидропанель	1	
ГП2	Гидропанель	1	
ГС	Гидростанция Г48-44	1	p=6,3МПа; Q=100л/мин
К01, К02	Гидроклапан обратный Г51-24	1	p=20МПа; Q=80л/мин
КУЗ	Клапан усилия зажима с электроконтролем ЭПГ57-72	1	p=6,3МПа; Q=20л/мин
ЛЭГШП1	Линейный электрогидравлический шаговый привод ползуна 4-6АГ28-24	1	D=70мм; L=630мм
ЛЭГШП2	Линейный электрогидравлический шаговый привод руки 6БАГ28-24	1	D=70мм; L=630мм
P	Распределитель ВЕ64431/Г24-1	1	p=32МПа; Q=20л/мин
P1, P2	Распределитель ВЕ65731/Г24-1	2	p=32МПа; Q=20л/мин
Ц1	Гидроцилиндр зажима	1	
Ц2	Гидроцилиндр кантователя	1	D=40мм; L=142мм
Ц3	Гидроцилиндр расфиксации	1	D=20мм
ЭГШП1	Электрогидравлический шаговый привод перемещения каретки 332 Г18-24Н	1	p=6,3МПа

Принципиальные схемы ПР МА160П

Лист 96

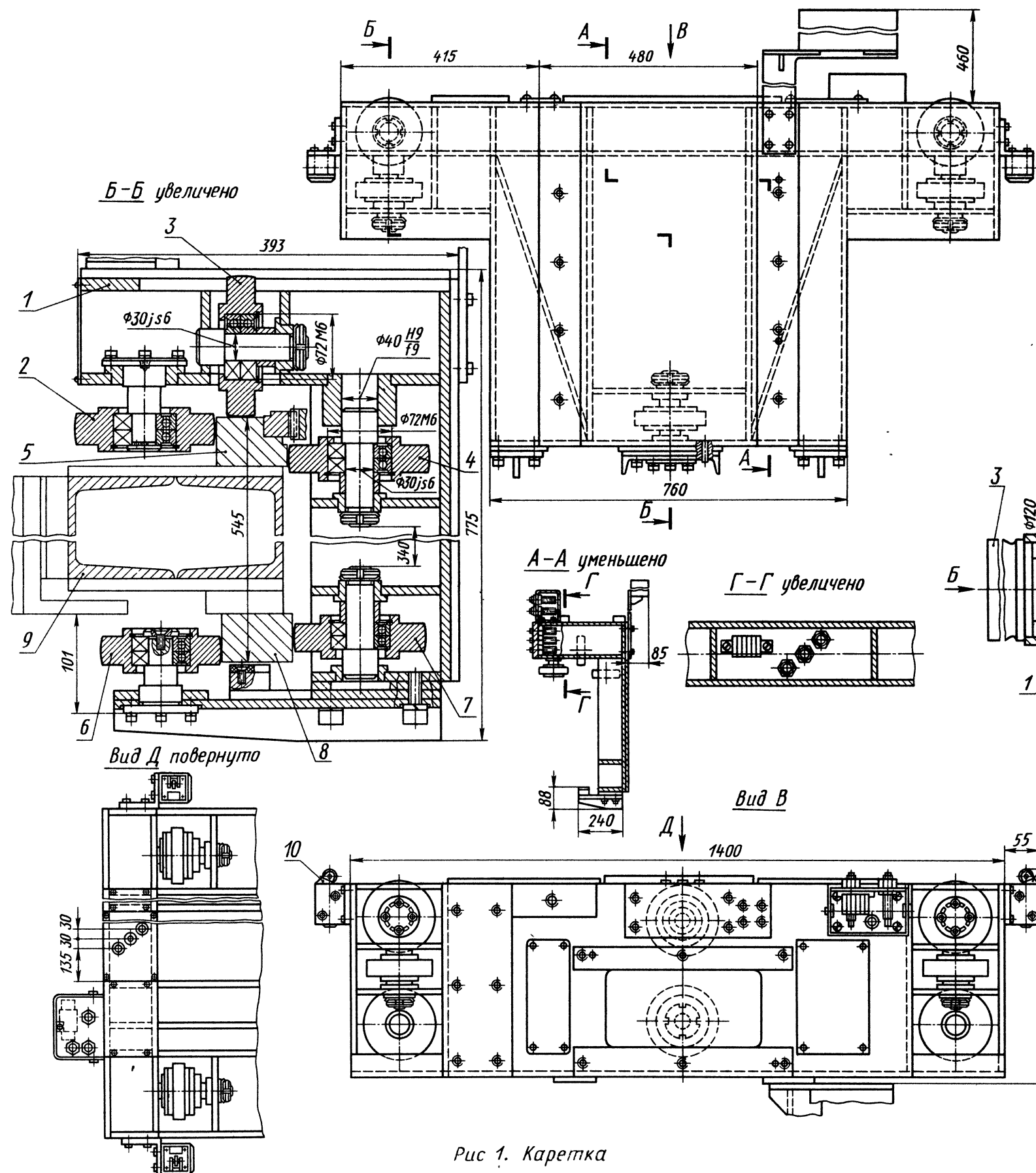


Рис 1. Каретка

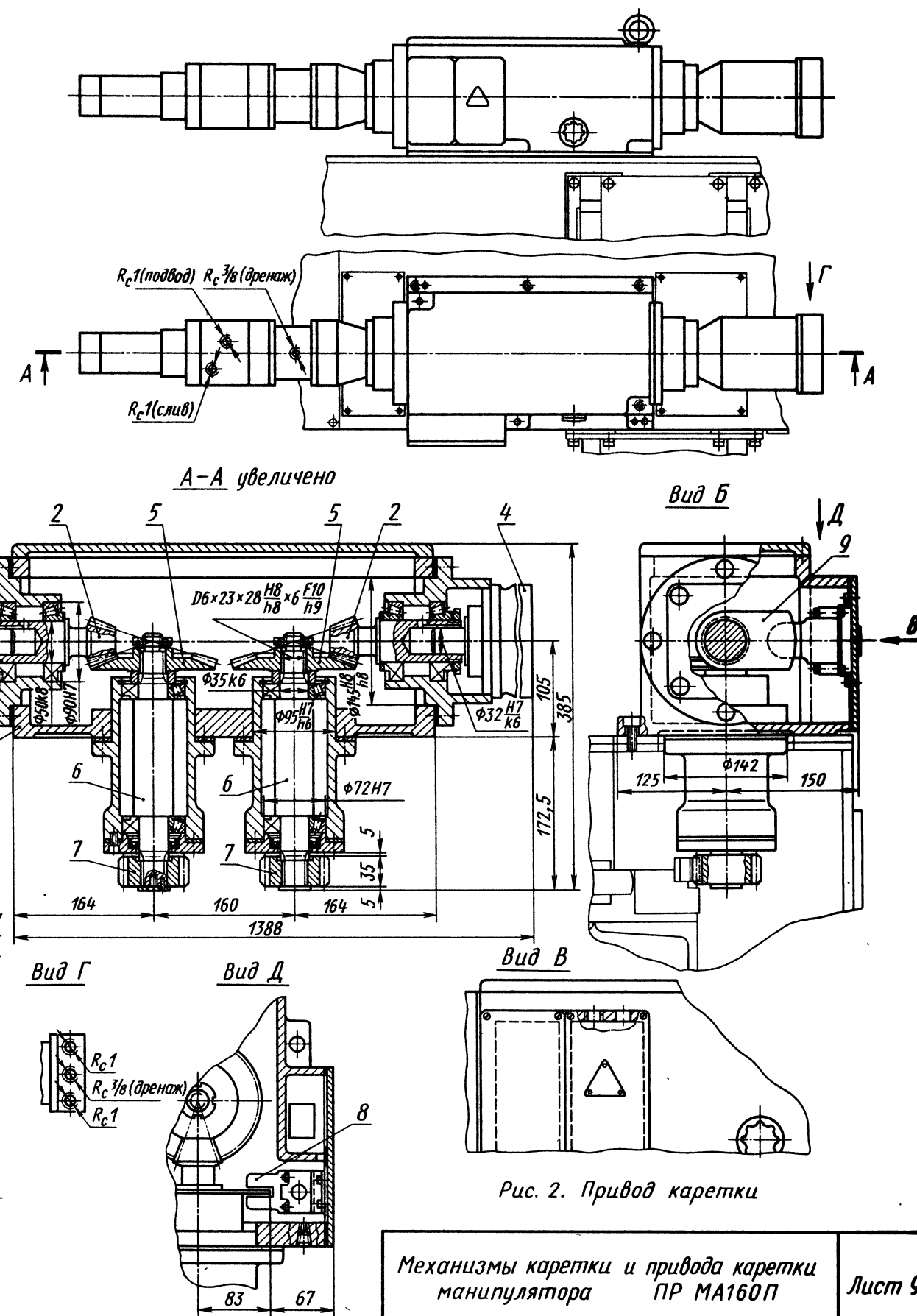
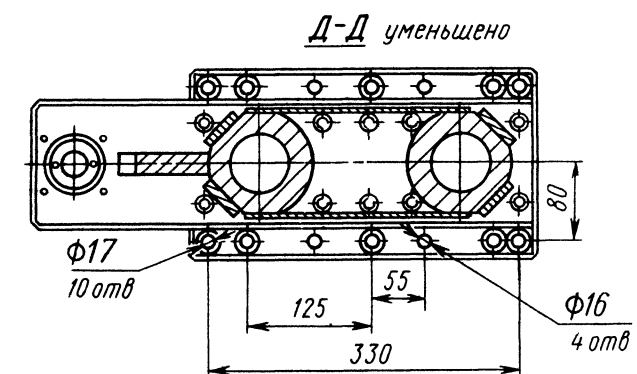
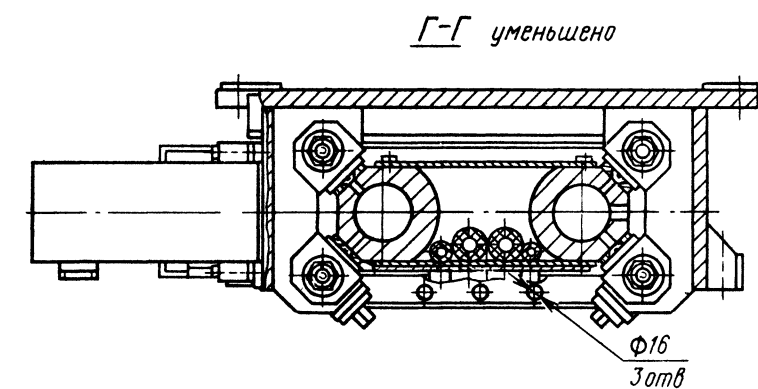
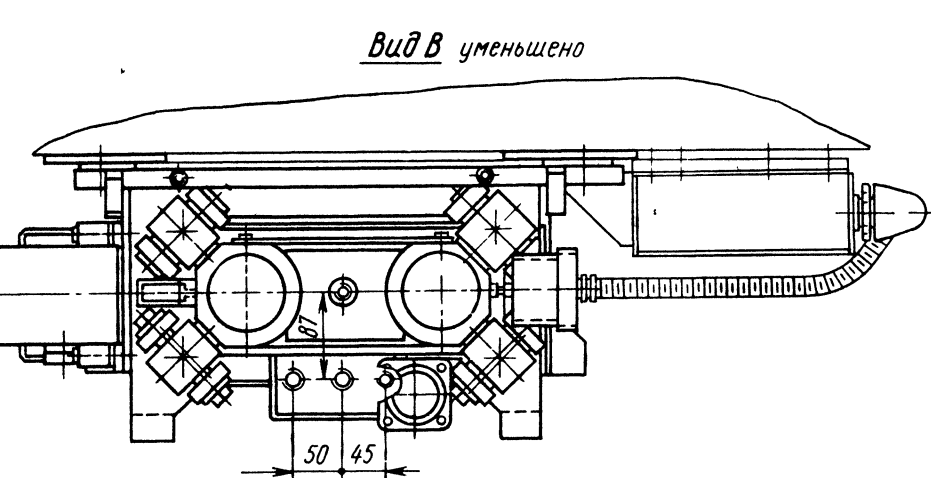
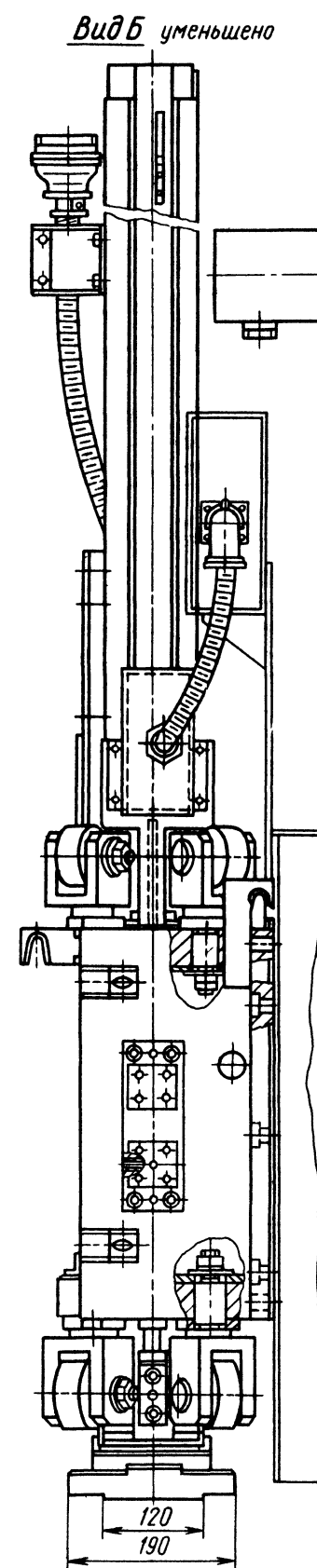
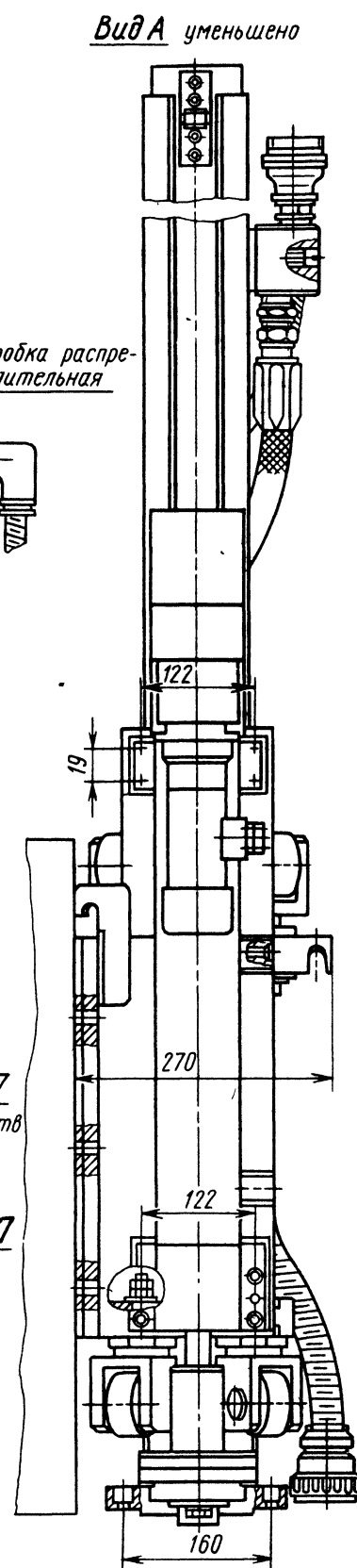
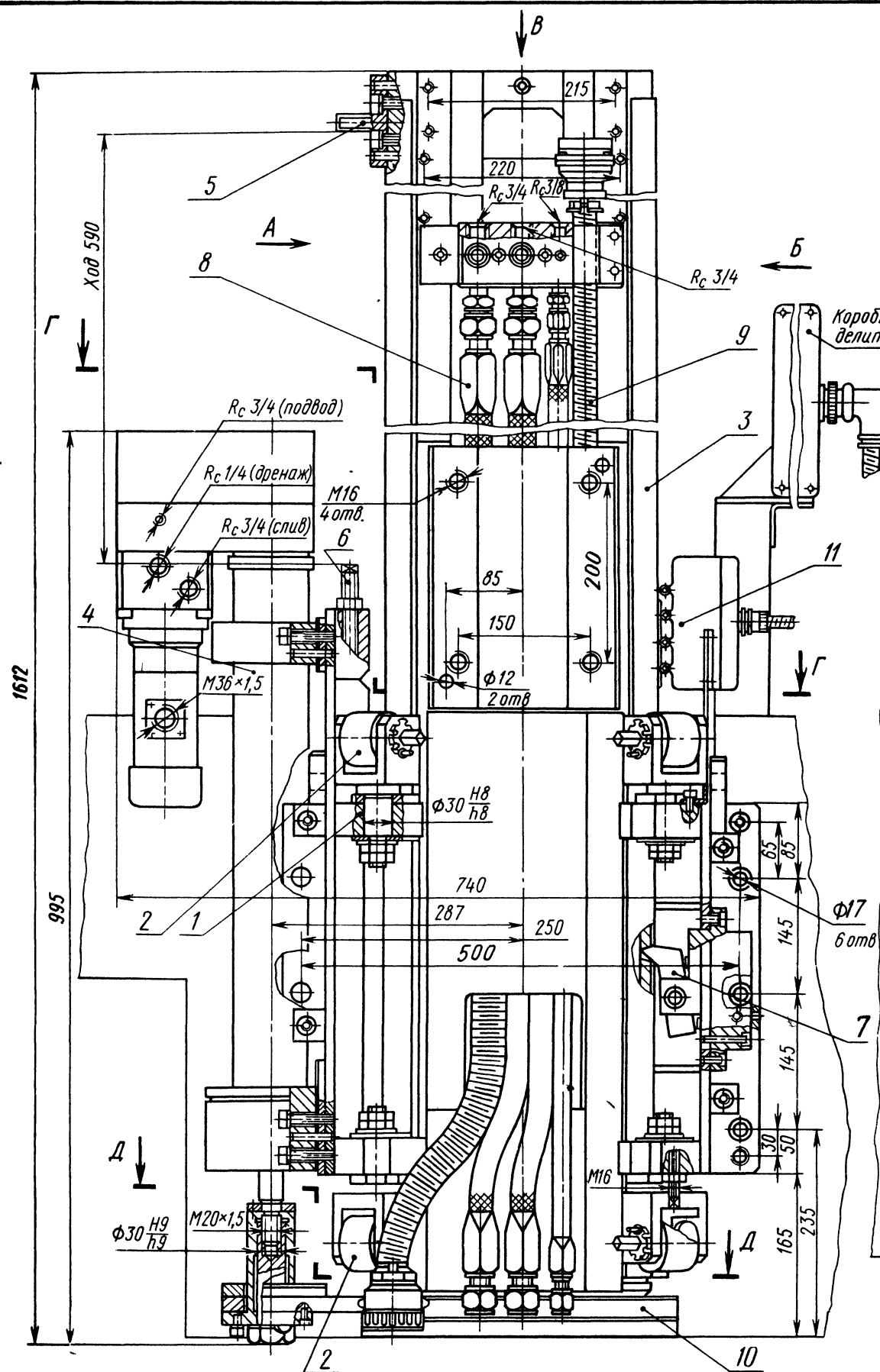


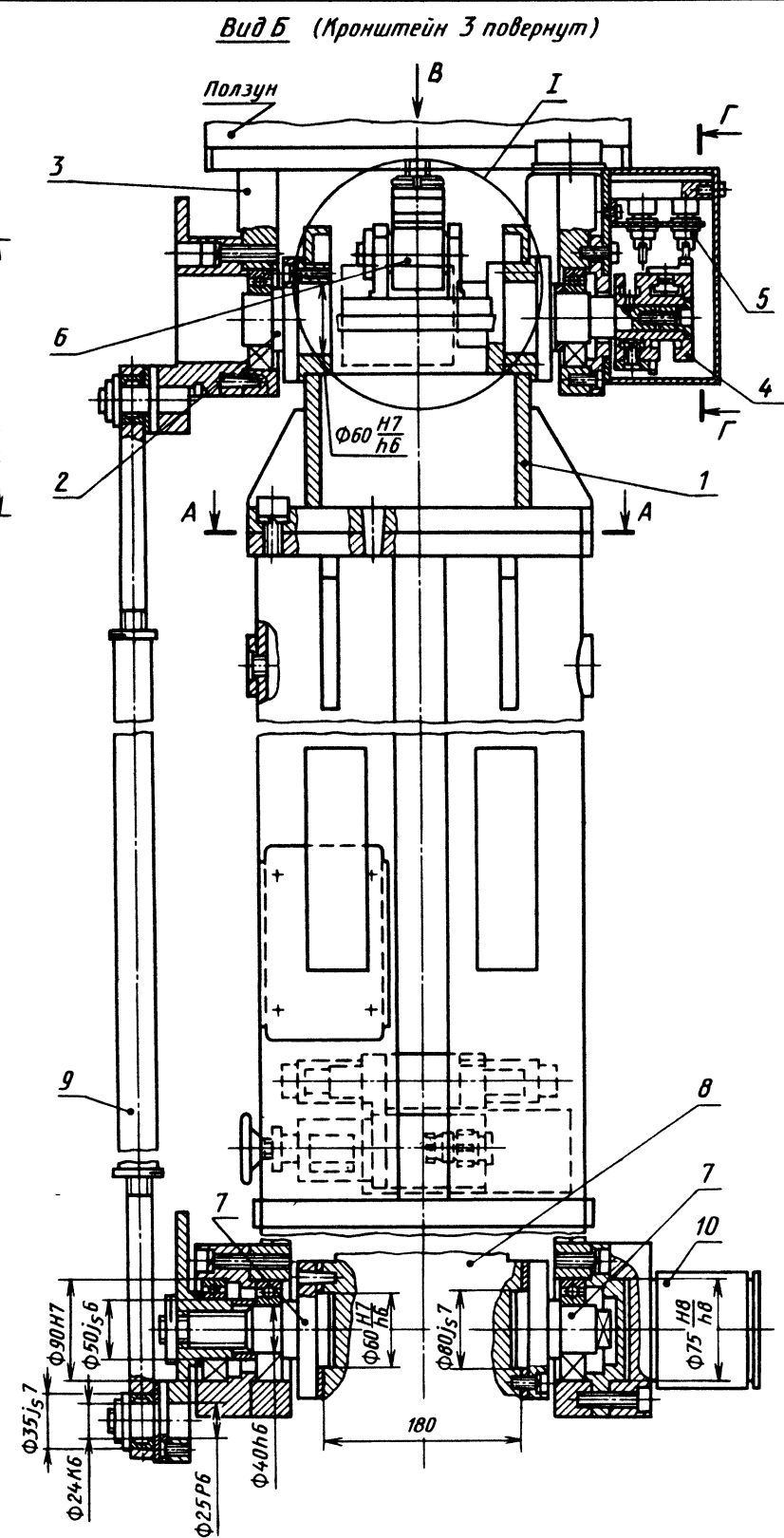
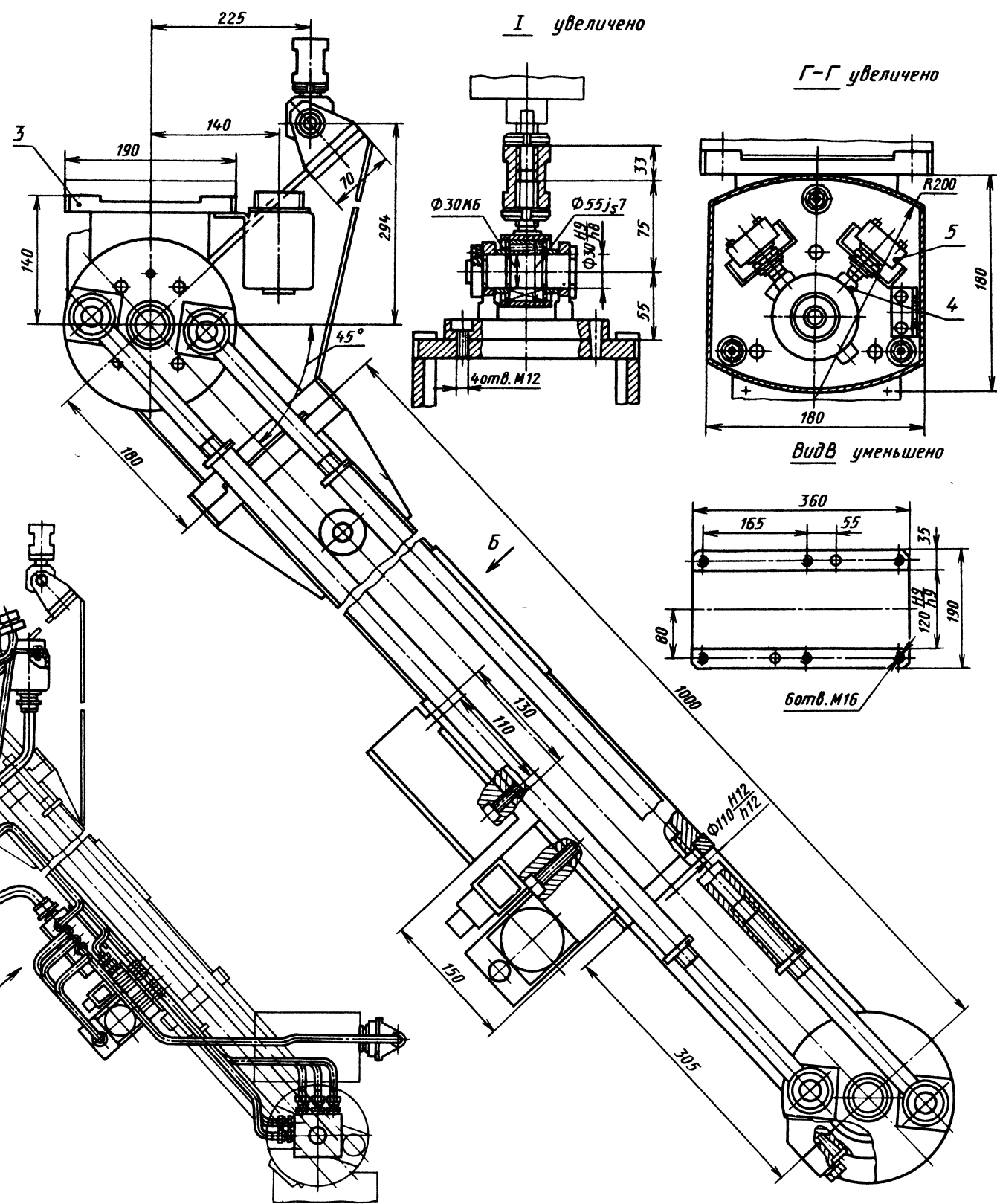
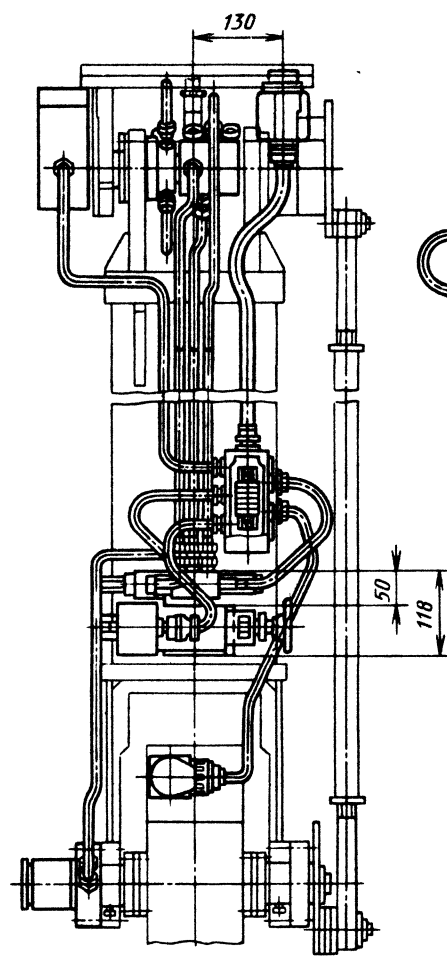
Рис. 2. Привод каретки

Механизмы каретки и привода каретки
манипулятора ПР МА160П



Механизм ползуна манипулятора
ПР МА160 П

Лист 98



7. ПРОМЫШЛЕННЫЕ РОБОТЫ И АВТОМАТИЧЕСКИЕ МАНИПУЛЯТОРЫ СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ В МАШИНОСТРОЕНИИ

7.1. АВТОМАТИЧЕСКИЙ МАНИПУЛЯТОР ДЛЯ ОБСЛУЖИВАНИЯ ГАЛЬВАНИЧЕСКИХ УЧАСТКОВ

На автоматизированных участках гальванопокрытий различных деталей используют специальные автоматические манипуляторы для загрузки и разгрузки ванн, выдержки детали в электролите, а также встряхивания грузозахвата с деталью после завершения цикла металлопокрытия.

На листе 101 показан общий вид, кинематическая схема и приведена техническая характеристика специального автоматического манипулятора РКВ-39, предназначенного для работы в автоматических линиях гальванопокрытий деталей с длиной ванны до 1600 мм и глубиной до 1250 мм.

Автоматический манипулятор осуществляет перенос, опускание и подъем по определенной программе технологических спутников (подвесок, корзин, барабанов) с деталями общей массой до 200 кг.

Встряхивание грузозахватов позволяет освобождать поднимаемые из ванн детали от излишков раствора и электролита.

Пространственная кинематическая схема автоматического манипулятора показана на листе 101.

На платформе 31 расположены приводы механизмов горизонтального передвижения, подъема и опускания манипулятора.

Привод горизонтального передвижения манипулятора состоит из электродвигателя 22, соединенного жесткой муфтой-шквом 17 с червячным редуктором 16. Муфта-шкв 17 охвачена колодками электрогидравлического тормоза 19. Редуктор 16 передает крутящий момент с помощью муфт 15 и промежуточного вала II на валы I и III, которые смонтированы на подшипниках качения. На концах валов I и III жестко закреплены ведущие колеса 13 и 18 манипулятора.

Колеса 30 и 33 свободно вращаются в подшипниках качения, установленных на осях IV и V, жестко закрепленных на платформе 31.

Крутящий момент от электродвигателя 27 привода подъема груза через жесткую муфту-шкв 26 передается на червячный редуктор 24. Муфта-шкв 26 охвачена колодками электрогидравлического тормоза 19, которые при обесточенной катушке электромагнитов плотно охватывают муфту-шкв.

На двух выходных валах редуктора 24 расположены: спереди — звездочка 23, которая через цепь 21 вращает звездочку 20 с рычагом 12; сзади — встряхиватель 25. Через ведущую звездочку встряхивателя перекинута грузовая цепь 34, связанная с П-образным корпусом 3. С последним через траверсу 2 и пружины 36 соединены схваты 1 и 35. Движение цепи 34 вверх и вниз обеспечивает подъем и опускание груза. Во избежание раскачивания введена система пространственных рычажных звеньев 5 и 6, оканчивающихся зубчатыми секторами 7 и зубчатыми колесами 4. Оси колес жестко связаны с концами звеньев 5 и 6 и вращаются в П-образном корпусе 3. Секторы 7 жестко соединены с верхними концами звеньев 5 и 6 и вращаются на осях, закрепленных на платформе 31.

В зависимости от направления движения цепи 34 звенья 5 и 6 складываются или раскладываются. Две пары таких звеньев обеспечивают достаточную жесткость, уравновешенность системы и исключают раскачивание груза.

За полный ход схватов 1 и 35 от крайнего нижнего до верхнего положения (ход равен 1400 мм) рычаг 12 механизма остановки делает примерно 4—5 оборота. Рычаг 12 входит в прорези соответствующих путевых переключателей и останавливает схваты в верхнем (переключатель 11) и нижнем (переключатель 9) положениях или на промежуточной позиции (переключатель 9). Конечные выключатели 10 являются аварийными. Путевой переключатель 28 и подвижная пластина 29 служат для подачи сигнала точной остановки манипулятора, переключатели 14 и 32 срабатывают в его крайних положениях, ограниченных подпружиненными упорами на основании 31.

На листе 101 представлен общий вид автоматического манипулятора РКВ-39. Основной базовой деталью, на которой крепятся все сборочные единицы манипулятора, является платформа 1, отлитая из алюминиевого сплава. Автоматический манипулятор перемещается по направляющим траверсы (на чертеже не показана) на четырех колесах: ведущих 5 и ведомых 23. Ведущие колеса приводятся в движение с помощью червячного редуктора 3 и двухскоростного электродвигателя 2, соединенных муфтой-шквом 32, которая охвачена колодками тормоза 31. Выходной вал червячного редуктора 3 с помощью муфт соединен с ведущими колесами 5. Электродвигатель 2 обеспечивает манипулятору две скорости передвижения — большую (рабочую) и меньшую (установочную). Переход с большей скорости на меньшую и останов движения осуществляется автоматически с помощью программного командного устройства, упоров 24 и путевых переключателей, устанавливаемых на траверсе по центру каждой позиции (на чертеже не показана также), кронштейна с датчиками 22 точной остановки и пластины 4, установленной на платформе манипулятора. При подходе к позиции (примерно за 250 мм до остановки) под действием упора 24 срабатывает путевой переключатель, а пластина 4 подходит к бесконтактному путевому датчику БВК 231-24У4, расположенному на траверсе. Переключатель срабатывает и подает команду к переходу на установочную скорость. При дальнейшем движении манипулятора с малой скоростью к заданной позиции алюминиевая пластина 4 входит в щель бесконтактного путевого переключателя — датчика 22 точной остановки. Переключатель срабатывает и подает команду на отключение электродвигателя 2 и включение тормоза 31: манипулятор останавливается.

При столкновении манипулятора с препятствием срабатывают устройства 28 аварийной остановки с датчиками 27, которые отключают электродвигатель 2 и включают тормоз 31.

В привод подъема груза входит электродвигатель 30 и червячный редуктор 29, соединенные муфтой-шквом 32, которую охватывают колодки тормоза 31 ТКГ-160.

В корпусе встряхивателя 26 расположены звездочка 33 и планшайба 34, жестко связанные с выходным валом редуктора 29 привода подъема груза. В планшайбе 34 находятся два свободно вращающихся на своих осях кулачка 35. Через звездочку 33 перекинута грузовая цепь 15, соединенная шарнирно с П-образным корпусом 8. Другой ко-

нец цепи 15 находится в сборнике 25, в который складывается свободная цепь при подъеме груза. В пазу корпуса 8 находится траверса 7, подвешенная на пружинах 20, усилие сжатия которых можно регулировать. Схваты 21 предназначены для удержания груза.

На корпусе 26, кроме того, установлен рычаг 36, качающийся на своей оси. На верхнем конце рычага 36 закреплен ролик 37, а в нижнем — звездочка 38, которая постоянно находится в зацеплении с цепью 15. При вращении звездочки 33 против часовой стрелки происходит подъем груза. Кулачки 35 дважды за один оборот звездочки 33 нарушают равномерное движение цепи 15, так как, упираясь в ролик 37 рычага 36, отводят в сторону звездочку 38 и цепь 15, после чего, уходя в соответствующие полости планшайбы, быстро возвращают звездочку 38 в исходное положение. Вследствие этого груз некоторое время свободно падает навстречу движению цепи 15, а затем резко останавливается: происходит встряхивание груза.

При опускании груза (т.е. при вращении звездочки 33 по часовой стрелке) нерабочие поверхности кулачков 35, встречая ролик 37, устанавливаются им в полости планшайбы: цепь 15 в сторону не отводится и встряхивание груза не происходит.

Механизм подъема груза состоит из звездочки 33 с перекинутой грузовой цепью 15 и системы рычагов 11, которые соединены между собой шарнирно. В верхней части рычаги 11 заканчиваются зубчатыми секторами 9, а в нижней — зубчатыми колесами 19, находящимися друг с другом в зацеплении. Оси зубчатых секторов 9 закреплены в основании 18, которое жестко связано с платформой 1.

Зубчатые колеса 19 и нижние концы рычагов 11 жестко закреплены на осях, вращающихся на подшипниках, которые установлены в корпусе 8. Система рычагов, заканчивающаяся зубчатыми колесами и секторами, заставляет траверсу 7 и схваты 21 двигаться поступательно вверх и вниз даже при консольной нагрузке на схваты.

Для остановки траверсы 7 со схватами 21 в верхнем, нижнем и промежуточном положениях предназначен механизм остановки. На валу этого механизма установлен рычаг 13 с закрепленными на нем пластинами. Входя в паз бесконтактного путевого переключателя 16, пластина обеспечивает остановку траверсы 7 со схватами 21 в крайних (верхнем и нижнем) положениях, а также в среднем положении.

В случае отказа переключателей 16 имеются еще два аварийных выключателя 17, срабатывающие от упора на рычаге 13.

Движение рычаг 13 получает от цепной передачи, включающей в себя звездочку 12, цепь 14 и звездочку 39, находящиеся на другом конце выходного вала редуктора 29.

Подвесной пульт 6 предназначен для ручного управления манипулятором.

Для поддержки троса, по которому передвигается гибкий кабель питания электроприводов манипулятора, снизу платформы 1 на кронштейне 10 установлен ролик 40.

Программное командное устройство (ПКУ) предназначено для управления манипулятором РКВ-39 различных модификаций, отличающихся грузоподъемностью. Конструктивно ПКУ состоит из двух частей: электрошкафа и пульта управления. ПКУ обеспечивает выполнение следующих операций управления манипулятором: 1) адресование

по позициям; 2) движение вперед или назад; 3) включение низкой скорости при разгоне и перед остановкой; 4) подъем и опускание схватов с возможностью остановки в промежуточных позициях; 5) разжим и зажим схватов; 6) полоскание (частичный подъем-опускание грузозахватов) в течение заданного времени; 7) запрет опускания на заданную позицию; 8) необходимые технологические задержки (выдержки времени); 9) контроль технологического времени; 10) контроль выполнения программы; 11) общий пуск двух совместно работающих манипуляторов.

7.2. МАНИПУЛЯТОР-ШТАБЕЛЕР ДЛЯ ОБСЛУЖИВАНИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СКЛАДОВ И ТРАНСПОРТНЫХ УСТРОЙСТВ

Манипулятор-штабелер С4225, общий вид, техническая характеристика и кинематическая схема которого показаны на листе 102, предназначен для выполнения в автоматическом режиме транспортных и погрузочно-разгрузочных операций. Манипулятор-штабелер используют в автоматизированных транспортно-складских подсистемах, обслуживающих определенные группы станков или другого технологического оборудования в составе гибких производственных систем в машиностроении.

Конструкция манипулятора-штабелера представлена его общим видом (лист 102, рис. 1), на котором: 1 — тележка рельсовая; 2 — грузозахватный механизм; 3 — платформа подъемная; 4 — упоры управления; 5 — колонна с приводом подъема платформы; 6 — опора роликовая; 7 — блок управления; 8 — привод тележки; 9 — ограждение.

Принцип работы манипулятора-штабелера понятен из описания его кинематической схемы (лист 102, рис. 2).

Механизм привода перемещения тележки по рельсовому пути включает в себя электродвигатель 1 постоянного тока ПБСТ-38 (исполнение М101), который через упругую муфту 7 соединен с многоступенчатым редуктором с цилиндрическими колесами 5, 6, 8, 9, 15, 14, 13 и 12, обеспечивающим передаточное отношение $i = 1/23,3$.

Сцепление приводного колеса тележки с приводом перемещения производится через зубчатую муфту 11. Торможение манипулятора-штабелера осуществляется ленточным 25 и колодочным 28 тормозами, растормаживание которых выполняется с помощью электромагнитов 26 и 22.

Механизм привода подъема платформы включает в себя многоскоростной асинхронный электродвигатель 2 4АС904У3, который через упругую муфту 21, косозубые колеса 18, 20 и пару конических колес 17, 16 с винтовым зубом передает движение на шариковую винтовую передачу 3. Опорные ролики 4 обеспечивают возможность перемещения платформы относительно колонны. Контроль перемещения платформы осуществляется командоаппаратом 19. Торможение платформы при остановке производится ленточным тормозом 23, а растормаживание — электромагнитом 24.

Центрирование манипулятора-штабелера в вертикальной плоскости осуществляется роликами 27, а в горизонтальной — роликами 10.

На подъемной платформе манипулятора-штабелера монтируется грузозахватный механизм (лист 102, рис. 3), предназначенный для захвата стандартной производственной тары для заготовок или деталей с размерами в плане 800×600 мм и массой до 500 кг. Стандартная тара выполнена с полозом вдоль ее короткой стороны, имеющим высоту 110 мм и ширину 60 мм. С помощью выдвижных грузовых столов грузозахватного механизма тара устанавливается и снимается с подъ-

емной платформы штабелера (см. рис. 1). На листе 102, рис. 3 показаны: 1 — привод выдвижных столов; 2 — верхний (грузовой) выдвижной стол; 3 — нижний выдвижной стол; 4 — основание столов; 5 — механизм датчика наличия тары; 6 — электрический разъем; 7 — опорные ролики; 8 — упоры; 9 — зубчатая рейка; 10 — цепь. Техническая характеристика грузозахватного механизма приведена на листе 102, рис. 3.

Кинематическая схема грузозахватного механизма показана на рис. 4. Выдвижение столов осуществляется от асинхронного электродвигателя 1 4АА63А6У3 через упругую муфту 2, предохранительную муфту 3, цилиндрический четырехступенчатый редуктор 4 и звездочку 5, связанную посредством бесконечной цепи 6 с зубчатыми рейками, которые закреплены на нижнем столе 7. Нижний стол 7 при своем поступательном движении при помощи бесконечной цепи 9, зацепляющейся с зубчатой рейкой в основании столов 10, перемещает верхний (грузовой) стол 8 с рейкой. Скорость перемещения грузового стола в 2 раза выше скорости нижнего стола.

Торможение стола осуществляется колодочным тормозом 11, растормаживание которого производится электромагнитом.

Грузовой стол 2 (см. лист 102, рис. 3) выполнен сборным и представляет собой стальную плиту, к которой привернуты две плоские, две Г-образные стальные каленые направляющие и зубчатая рейка. На этих направляющих стол перемещается по роликам нижнего стола 3. На концах стола 2 смонтированы две направляющие для подпружиненных штырей, связанных тросиком с флажками основания 4. При встрече с препятствием одного из штырей последний перемещается и освобождает тросик, вследствие чего флажок основания под действием пружины нажимает на микропереключатель: срабатывает блокировка движения стола 2.

Нижний стол 3 выполнен в виде стального корпуса, на котором закреплены: опорные ролики и ролики, центрирующие грузовой стол 2 от бокового смещения; две пары стальных каленых направляющих; зубчатая рейка; два кронштейна с роликами для цепи и два блока для тросиков блокировки движения стола 2 при встрече с препятствием.

Своими направляющими нижний стол 3 перекачивается по роликам основания 4.

Для ограничения выдвижения стола 2 на его нижней плоскости имеются два упора, которые исключают выход зубчатой рейки из зацепления с приводной цепью.

Корпус основания 4 выполнен стальным. На нем крепятся: привод 1 перемещения стола; коробка соединительная с электрическими разъемами 6; датчик 5 наличия тары; опорные ролики 7; ролики, центрирующие нижний стол 3 от бокового смещения; два упора 8, ограничивающие движение стола 3.

Кроме того, на основании 4 закреплена зубчатая рейка 9, которая находится в зацеплении с бесконечной цепью 10 привода стола 3.

Для монтажа грузозахватного механизма на платформе манипулятора в основании предусмотрены крепежные отверстия.

Механизм датчика 5 наличия тары состоит из кронштейна, на котором установлен постоянно подпружиненный ролик и бесконтактный путевого выключатель КВДЗ-24. Данный механизм крепится при помощи кронштейна к основанию 4 грузозахвата.

7.3. АВТОМАТИЧЕСКИЕ МАНИПУЛЯТОРЫ И ПРОМЫШЛЕННЫЕ РОБОТЫ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ СБОРОЧНЫХ ОПЕРАЦИЙ

Автоматические манипуляторы и промышленные роботы применяют для автоматизации различных видов сборочных работ: 1) сборки технологических комплектов при механообработке; 2) узловой сборки обработанных деталей; 3) сборки деталей для последующей сварки; 4) общей сборки изделия из комплектующих узлов. В процессе сборки автоматические манипуляторы и ПР выполняют следующие виды операций: транспортирование деталей, их ориентацию и соединение в один комплект; взаимное закрепление деталей запрессовкой или при помощи крепежных винтов и гаек; контроль размеров, а также качества соединения и закрепления деталей; транспортирование собранных узлов или изделий и их укладку в тару и т. д.

Для выполнения сборочных работ манипуляторы должны быть оснащены соответствующими захватными устройствами с инструментами и приспособлениями, обеспечивающими необходимую точность взаимного положения собираемых деталей, возможность осуществления элементарных монтажных и слесарных операций (типа установки-снятия, свинчивания-завинчивания, сжатия-разжатия, запрессовки, клепки, зачистки и др.).

На листе 103 показаны конструктивные схемы специализированных захватных устройств манипуляторов, предназначенных для сборочных операций.

Для установки легких деталей используют вакуумные захватные устройства (лист 103, рис. 1), которые различают по способу создания разрежения в рабочей полости и его управления.

Держатель 2 притягивает и удерживает деталь 1 за счет создания разрежения в ее рабочей полости.

Разрежение получается при помощи эжекционного насоса, представляющего собой трубку 3, по которой при захвате детали подается сжатый воздух (исполнение 1). Для освобождения детали сжатый воздух подается по трубке 5 в рабочую полость держателя 2. Корпус 4 захватного устройства крепится на кисти руки манипулятора.

В конструкции захватного устройства исполнения 2 захват детали 1 держателем 2 осуществляется при движении вверх штока поршня 6 под действием пружины. Разрежение в рабочей полости поддерживается эжектором 3. Освобождение детали осуществляется при движении поршня 6 вниз под действием сжатого воздуха, подаваемого по трубке 5. Корпус 4 крепится на кисти руки манипулятора.

Хрупкие детали 1 базируются и закрепляются в захватном устройстве, смонтированном в корпусе 4. В корпусе 4 шарнирно установлены рычаги 6, на которых крепятся сменные зажимные губки 2 (лист 103, рис. 2). Разжим губок осуществляется при подаче сжатого воздуха по трубке 5 во внутреннюю полость упругой оболочки 3, деформация которой вызывает поворот рычагов 6 вместе с губками 2.

При сборке обычно требуется точное взаимное положение соединяемых деталей, которое достигается при помощи специальных захватных устройств, снабженных автоматической системой компенсации погрешностей установки (лист 103, рис. 3). Принцип действия автоматического компенсатора погрешностей положения осей сопрягаемых поверхностей основан на обеспечении малых перемещений устанавливаемой детали в результате ее контактного взаимодействия с другой деталью при их сборке.

Такие устройства целесообразно использовать при обеспечении подвижных соединений с зазорами от 0,05 до 0,2 мм.

Устройство работает как шарнирная система, обеспечивающая компенсацию относительного линейного смещения и поворота соединяемых деталей за счет податливости наклонных стержней и центрального упругого элемента подвески 5 механизма схвата 1 относительно корпуса 4 кисти руки манипулятора. Упругие элементы расположены на определенном расстоянии от торца закрепленной в схвате детали. Это расстояние выбирается с таким расчетом, чтобы сила реакции в точках контакта соединяемых деталей вызывала только линейные смещения, а момент — только вращение схвата относительно центра податливости должен находиться на оси захватного устройства между плоскостью подвески и торцом схвата.

Для предохранения от смещения этого центра, например при транспортировании детали, применяют специальный замок, который при подаче сжатого воздуха через штуцер 7 фиксирует корпус 1 схвата колодками 9 при воздействии на них поршня 8 с внутренней конической поверхностью.

Расфиксация податливого элемента 5 производится перед операцией сборки и при смене захватного устройства, для чего сжатый воздух подают под поршень 8.

Для разжима устанавливаемой детали сжатый воздух подают через штуцер 6 в рабочую полость пневмоцилиндра 3: поршень 13 вместе с опорами рычагов 14 перемещается вниз, обеспечивая поворот рычагов 15 вместе с зажимными губками 2.

Для замены захватного устройства достаточно расклинить цапфу 12, перемещая вверх поршень 11 с пустотелым штоком, имеющим внутренний конус. Для этого штуцер 10 соединяют с атмосферой, а сжатый воздух подают в нижнюю полость корпуса 1.

Для автоматизации сборочных работ в машиностроении могут быть использованы многие из рассмотренных ранее ПР многоцелевого назначения: типа «Универсал-5», «Универсал-15», «Ритм-01» и др.

При выполнении типовых сборочных операций широко применяют универсальные и специализированные автоматические манипуляторы с несложными циклами движений.

Для сборки типовых узлов применяют специализированные захватные устройства, снабженные зажимными губками требуемой формы. На листе 103, рис. 4 показана конструктивная схема захватного устройства для манипулятора, предназначенного для автоматической сборки узла шестеренчатого насоса.

Привод захватного устройства — пневматический: шток 1 пневмоцилиндра 2 при рабочем ходе (движение вниз) воздействует на регулировочный винт 3 и нажимной конус 4, обеспечивающий разжим цанги 5. Зажим цанги 5 осуществляется наружным конусом 6, жестко связанным с помощью штифта 7 с конусом 4.

Сила зажима детали в захватном устройстве зависит от упругих свойств цанги 5, жесткости пружины 8 и положения регулировочного винта 3. Сборочная единица шестеренчатого насоса содержит: вал 9, шестерню 10, подшипники 11, корпус 12 и упорные пружинные кольца 13.

Захватное устройство выполнено со сменной зажимной цангой 5, имеющей выточки в соответствии с размерами упорных колец, внутреннюю поверхность для захвата вала, наружную поверхность для захвата подшипника и торец для установки шестерни на посадочную ступень вала.

Разнообразие устанавливаемых деталей требует применения автоматических сменных захватных устройств (лист 103, рис. 5). Для закрепления устанавливаемой детали сжатый воздух подается по каналу 11 в рабочую полость пневмоцилиндра 3 одностороннего действия. При движении штока 8 поршня 5 серьги 7 поворачиваются, вызывая смыкание губок 2 схвата. Для фиксации захватного устройства в поворотной головке 1 кисти руки манипулятора используется шариковый механизм 6: при подаче сжатого воздуха по каналу, выполненному в валу 12, осуществляется стопорение схвата с помощью плунжера 9 с внутренней расточкой сложной формы. Поворот захватного устройства вместе с головкой 1 кисти руки манипулятора относительно поперечной оси корпуса 4 осуществляется приводом (на рис. 5 не показан) на коническое колесо 13, которое жестко закреплено на валу 12 вместе с корпусом 14 головки 1. Вращение схвата вместе с головкой 1 вокруг его продольной оси выполняется при помощи зубчатого конического колеса 10, соединенного с приводом (на рис. 5 не показан).

Автоматический манипулятор, общий вид которого показан на листе 104, рис. 1, предназначен для сборочных операций, состоит из захватного устройства 2, механической руки 3, колонны 6 с фигурным пазом для подъема и поворота руки 3, пневмоцилиндра 1 и основания 9.

При работе манипулятора сжатый воздух через штуцер 8 подается в нижнюю полость пневмоцилиндра 1, перемещая вверх поршень 11 вместе со штоком 10, на котором закреплена механическая рука 3 с захватным устройством 2. При соединении трубопровода 4 с полостью разрежения вакуумного насоса 5 осуществляется захват детали из питателя, лотка или магазина (на рис. 1 не показаны).

При подаче сжатого воздуха через штуцер 7 в штоковую полость пневмоцилиндра 1 рука 3 опускается и одновременно поворачивается на угол 90°: производится установка детали в собираемое изделие.

В качестве рабочих органов в этом манипуляторе могут быть использованы не только вакуумные захватные устройства, в том числе с универсальным приспособлением для базирования и относительной ориентации различных деталей, но и схваты с постоянными магнитами или электромагнитами.

Универсальный промышленный робот типа SR, общий вид и техническая характеристика которого приведены на листе 104, рис. 2, предназначен преимущественно для перемещения рабочего органа в горизонтальной плоскости, например, при свинчивании резьбовых соединений и установке деталей с поверхностями вращения в собираемом изделии.

Показанное на рис. 2, лист 104 исполнение ПР типа SR оснащено стационарным винтовертом, соединенным со шпинделем 1 кисти руки. Возможны другие исполнения со сменным рабочим винтовертом, установленным в универсальном захватном устройстве.

На опорах звена 2 и звена 3 руки установлены электродвигатели 4 постоянного тока, имеющие соответственно мощность 100 и 50 Вт. Каждый из электродвигателей соединен с зубчатым волновым редуктором с передаточным отношением $i_p = 1/80$, рассчитанным на номинальный крутящий момент $T_n = 31$ Нм.

На рис. 3 показаны отдельные механизмы ПР.

Генератор волн 2 (рис. 3, б) зубчатой волновой передачи передает крутящий момент от электродвигателя 1 на гибкое колесо 4, обкатывающееся по неподвижному жесткому колесу 3, а затем с помощью штифтов 5 — на вал 6, на котором закреплено звено руки 8 манипулятора.

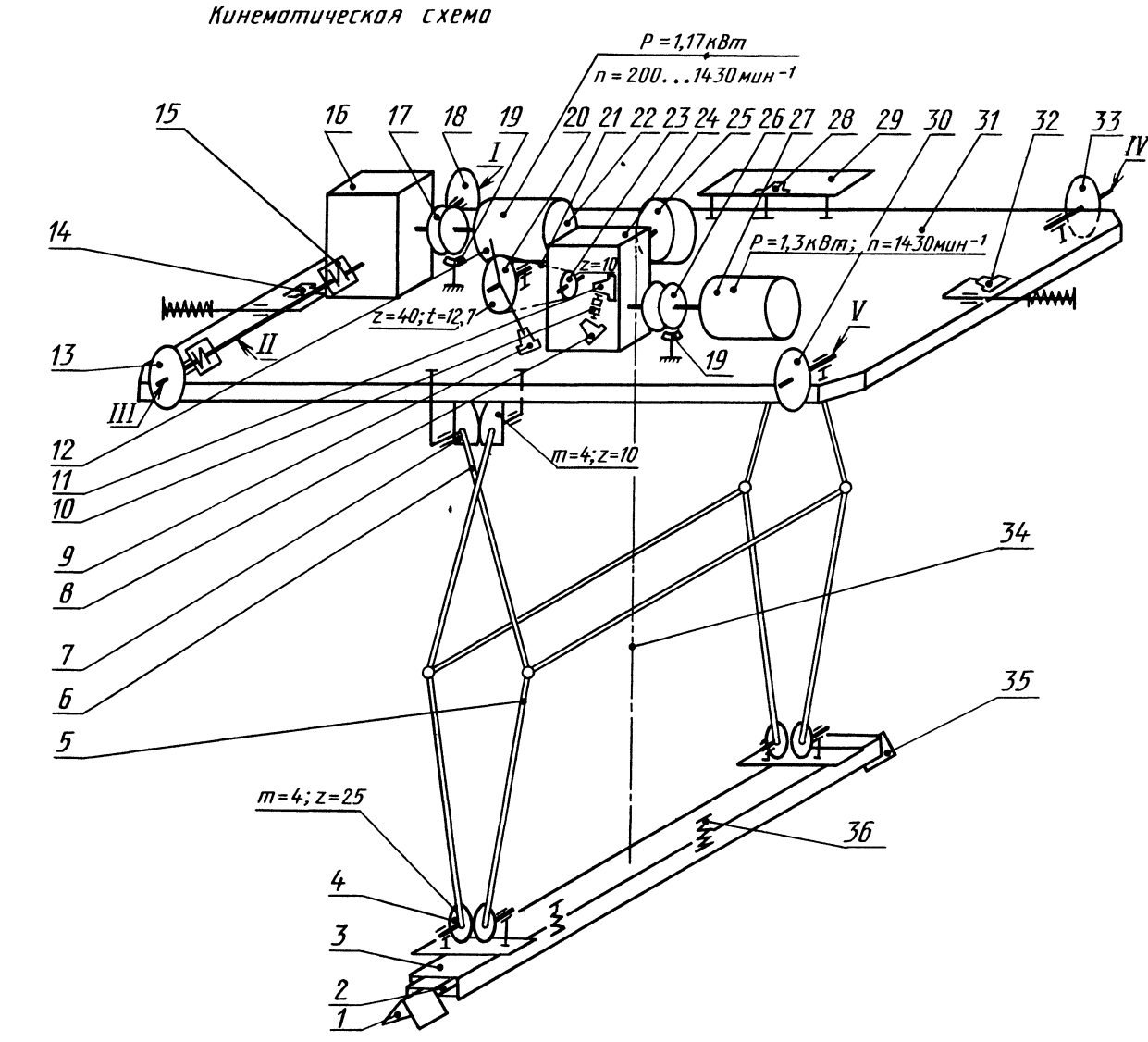
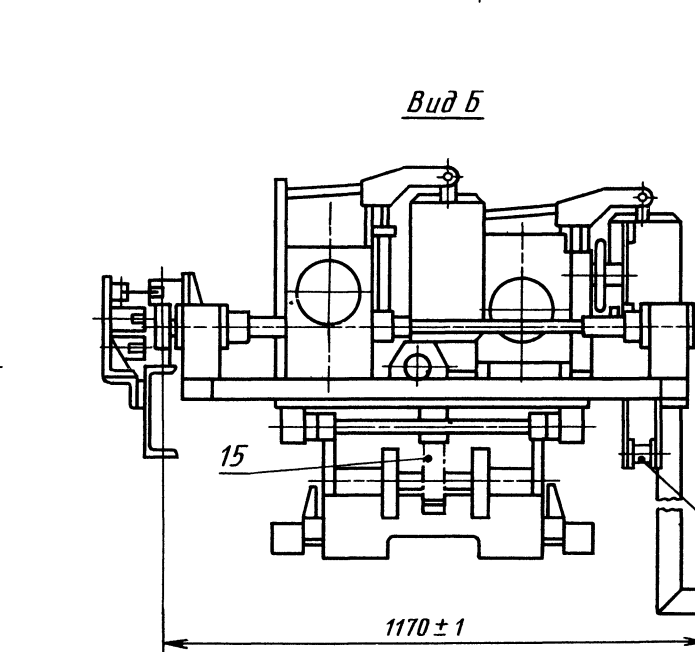
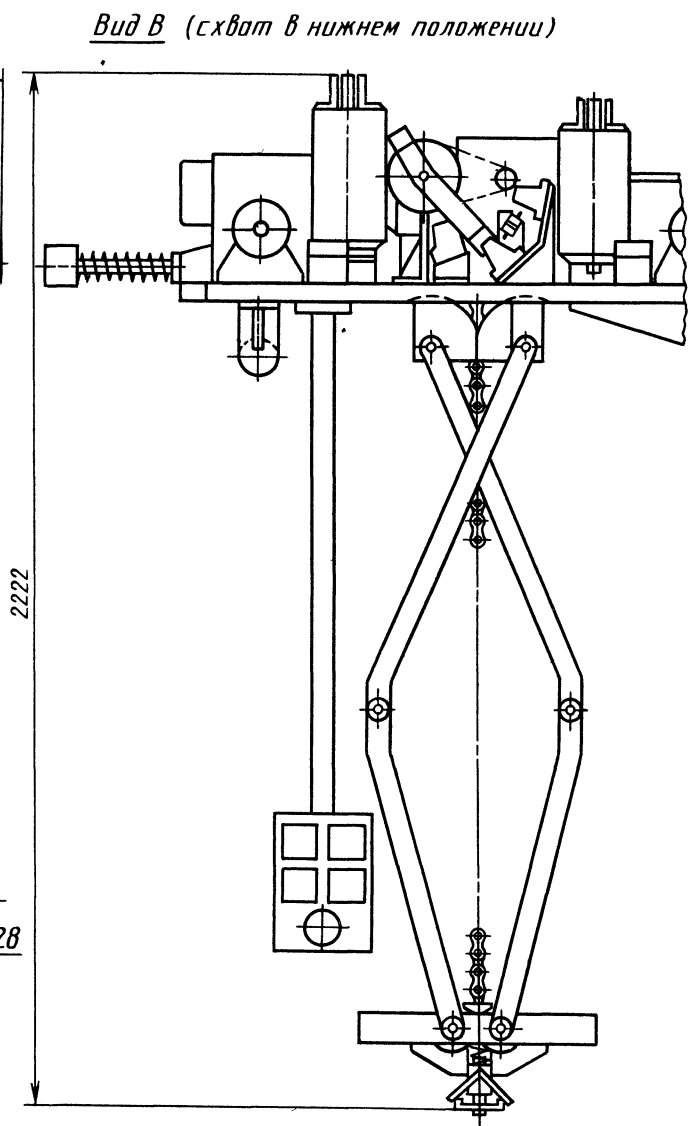
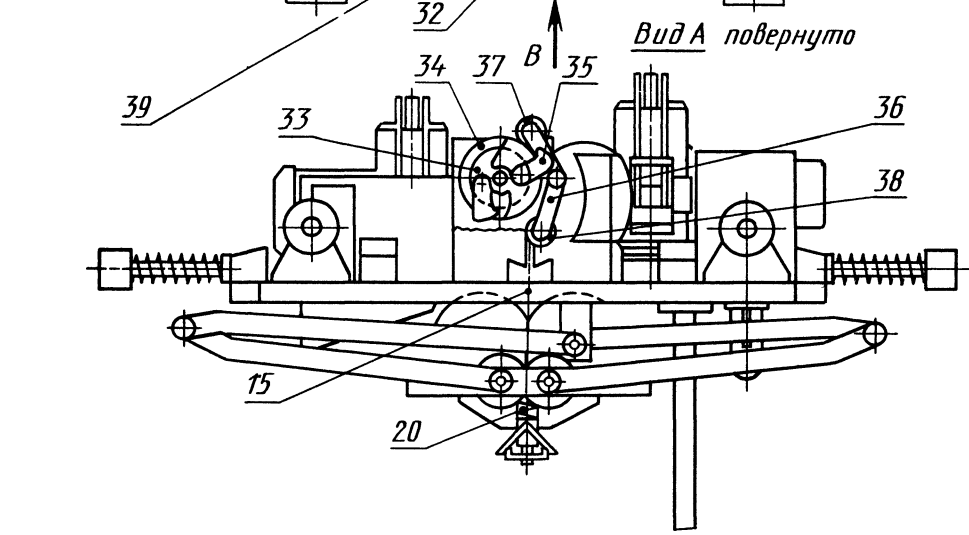
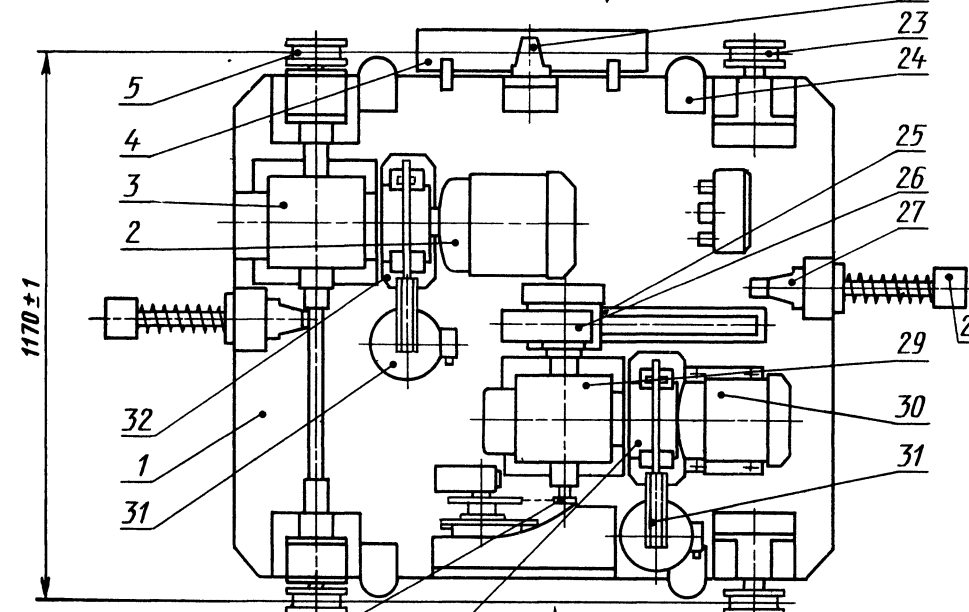
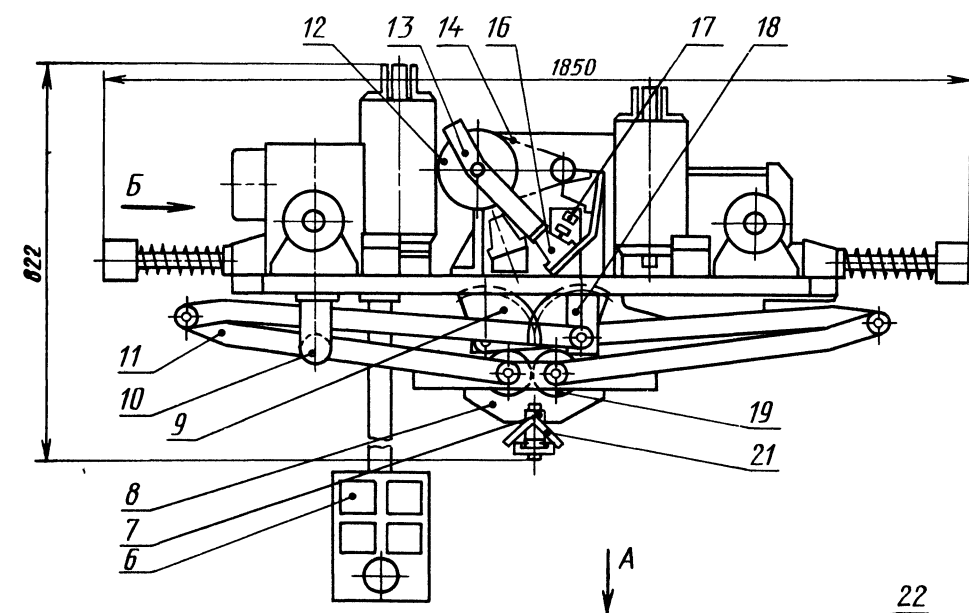
Для поворота кисти руки шаговый электродвигатель, установленный на неподвижной колонне (см. поз. 5 на рис. 2), соединен ремennыми передачами со шпинделем 1. При неподвижном роторе шагового двигателя 5 положение кисти руки 4 с захватным устройством остается неизменным независимо от положения звеньев 2 и 3 руки, на осях вращения которых на подшипниках установлены шкивы (лист 104, рис. 3, б) ременных передач 6 привода кисти.

Для вертикального перемещения захватного устройства используется пневмоцилиндр 9 (лист 104, рис. 3, б), величина хода штока 10 которого устанавливается упором.

При переменной величине хода возможно автоматическое переключение одного из трех упоров.

При сборке крепежные винты 13 подаются сжатым воздухом со скоростью 25 м/с по трубчатому питателю 11. Для центрирования винтов и компенсации относительного положения соединяемых деталей винтоверт 12 снабжен упругими губками 14.

Устройство ЧПУ выполнено в виде отдельного шкафа (на листе 104, рис. 2 не показан) с цифровой панелью ввода-вывода данных, пультами управления и программирования. Устройство обеспечивает автоматическое регулирование скорости движения звеньев руки по закону трапеции для уменьшения нагрузки на приводы при подходе к заданной точке позиционирования.



Техническая характеристика

1. Грузоподъемность, кг	200
2. Скорость движения автооператора, м/мин:	
рабочая	22,5
установочная	11
3. Скорость подъема и опускания груза, м/мин	7,6
4. Максимальный ход траверсы подъема груза, мм	1400
5. Наибольшая длина обслуживания ванн, мм	1600
6. Масса, кг	160

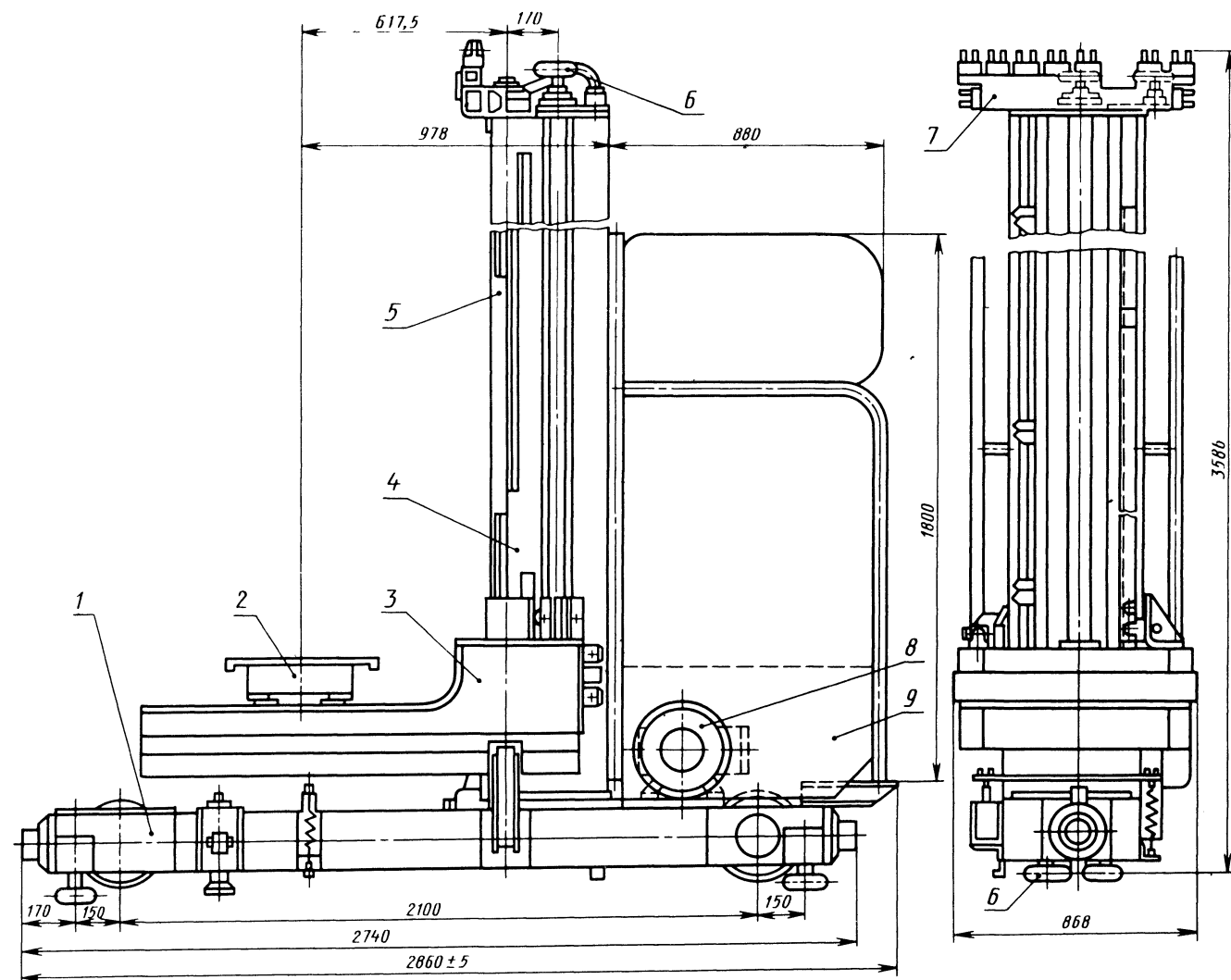


Рис.1 Общий вид манипулятора

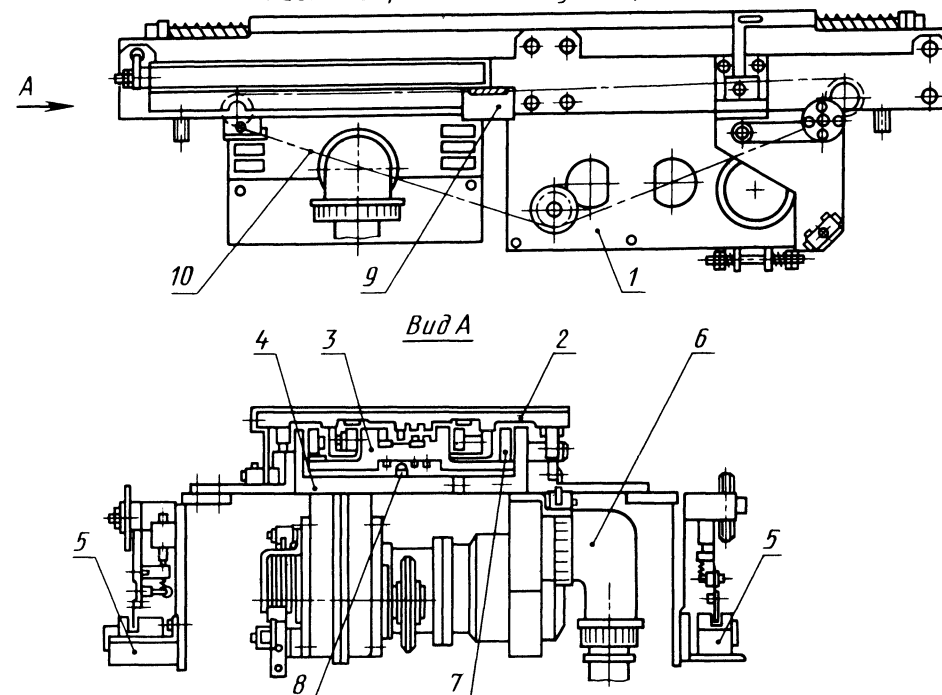


Рис.3 Общий вид грузозахватного механизма

Техническая характеристика манипулятора

1 Грузоподъемность, кг	500
2 Скорость перемещения, м/мин	0,90; 2
3 Скорость подъема, м/мин	4,5
4 Высота установки тары, мм	650; 1350; 2050, 2750
5 База (расстояние между катками), мм	2100
6 Диаметр катка, мм	300
7 Габаритные размеры, мм	
длина	2860
ширина с грузозахватом	860
высота	3586
8 Масса, кг	2500

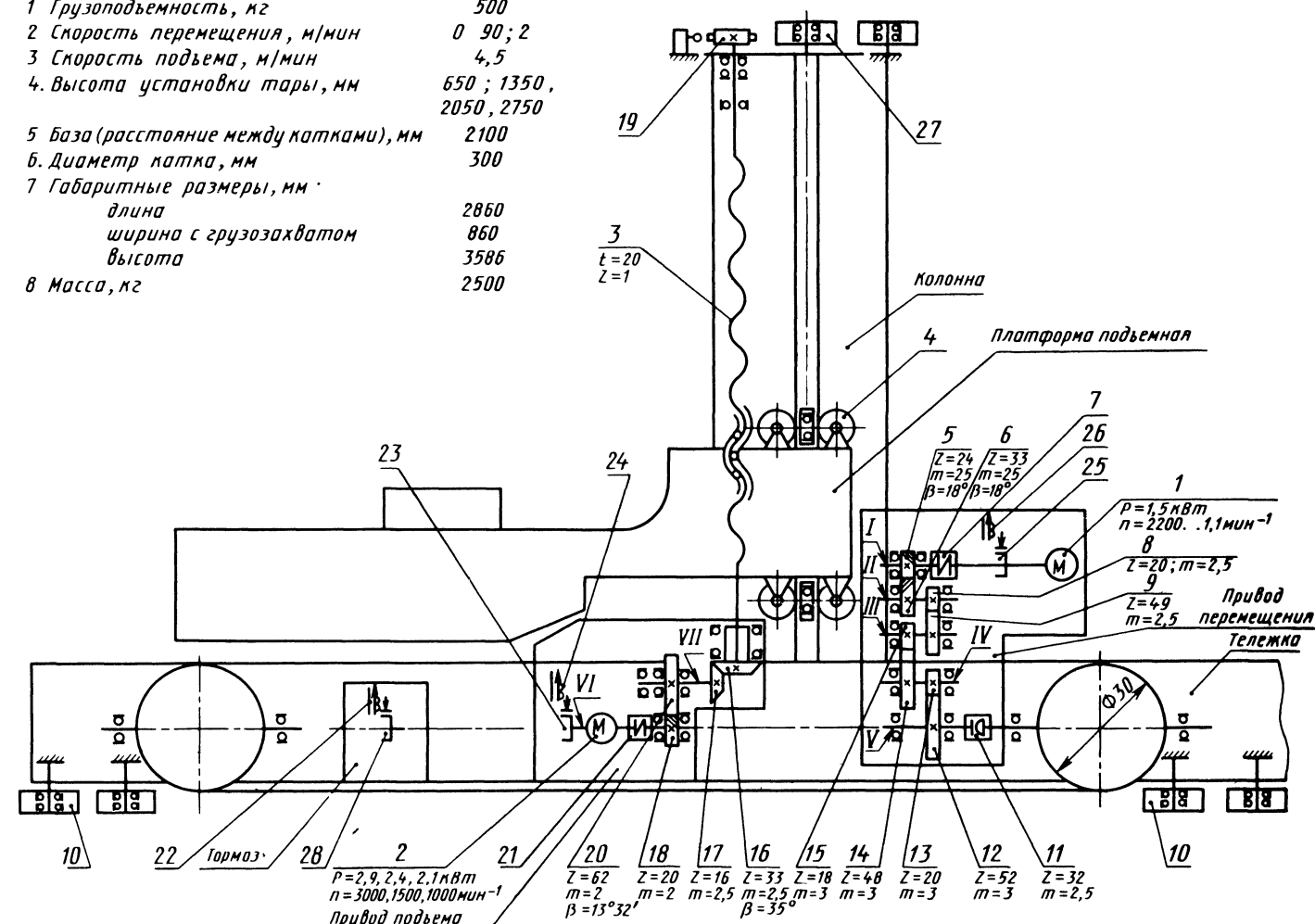


Рис.2 Кинематическая схема манипулятора

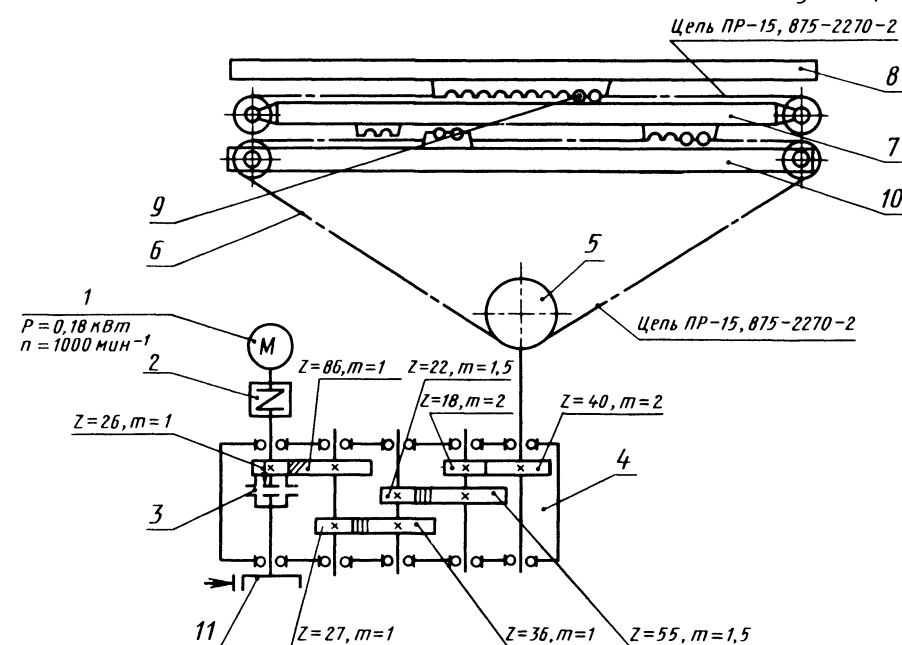


Рис.4. Кинематическая схема грузозахватного механизма

Техническая характеристика грузозахватного механизма

1 Размеры захватываемой тары в плане, мм	800 x 600
2 Максимальная масса груза в таре, кг	500
3 Максимально возможный ход верхнего стола, мм	840
4 Рабочий ход верхнего стола, мм	785 .. 835
5 Номинальная скорость выдвигания верхнего стола, м/мин	8,9
6 Габаритные размеры грузозахвата, мм	
длина	800
ширина	665
высота	305
7 Масса, кг	220

Автоматический манипулятор-штабелер
для обслуживания складов и транс-
портных устройств

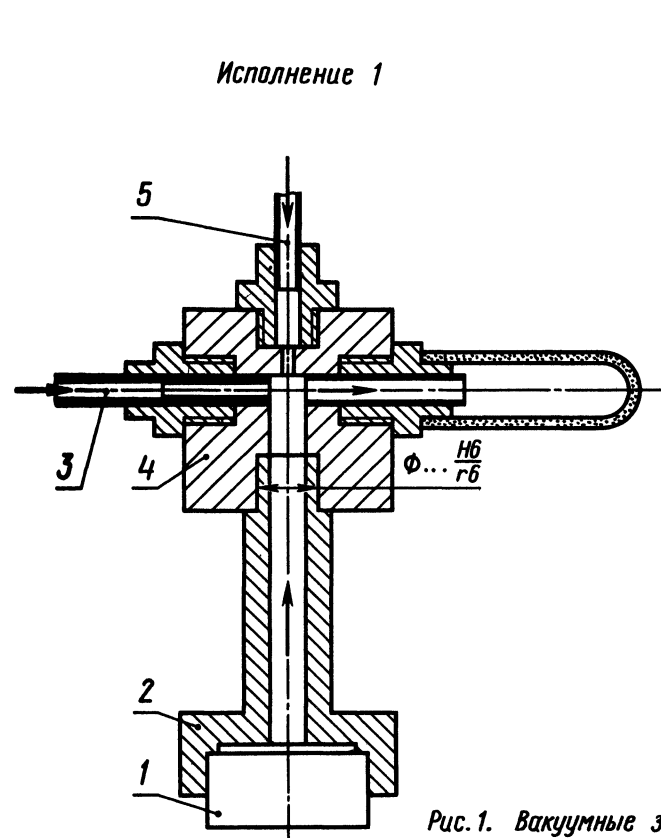
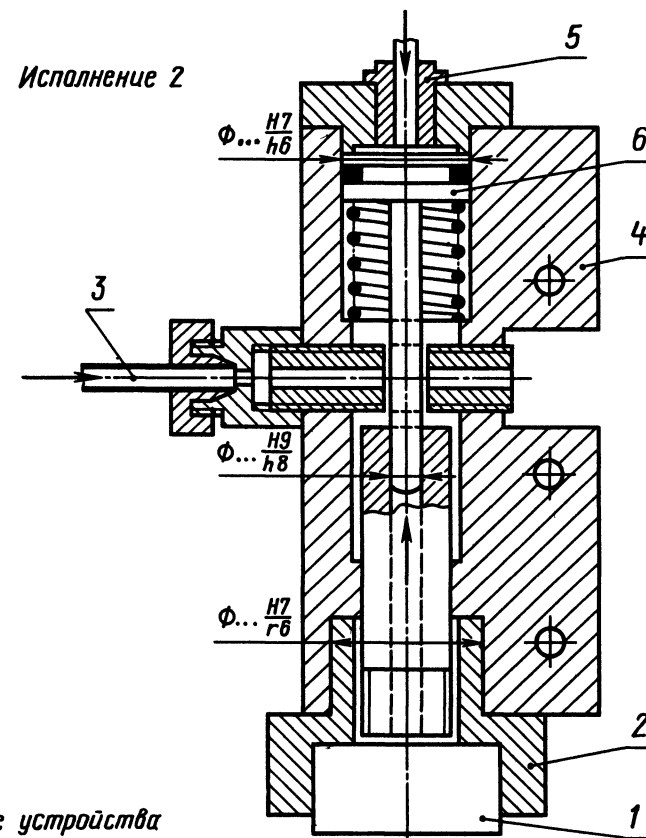
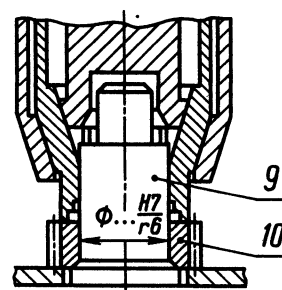


Рис. 1. Вакуумные захватные устройства

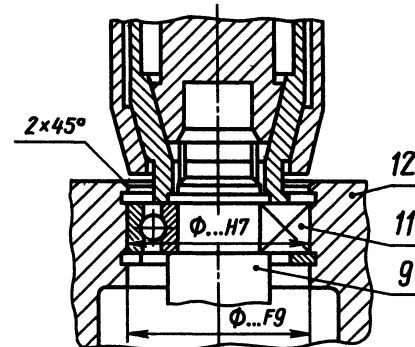


Схемы сборочных операций

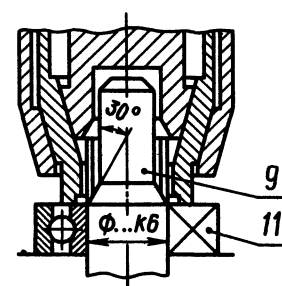
Напрессовка
шестерни на вал



Установка
подшипника на вал



Установка вала
с подшипником в корпус



Установка упорного
кольца на вал

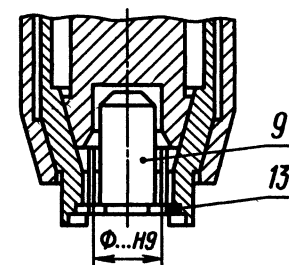


Рис. 4. Захватное устройство и схемы сборки шестеренчатых насосов

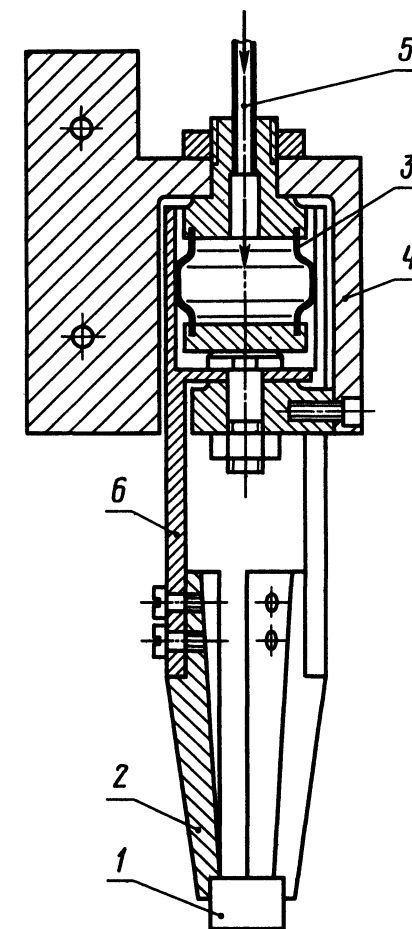


Рис. 2. Пневматическое захватное устройство с упругими элементами

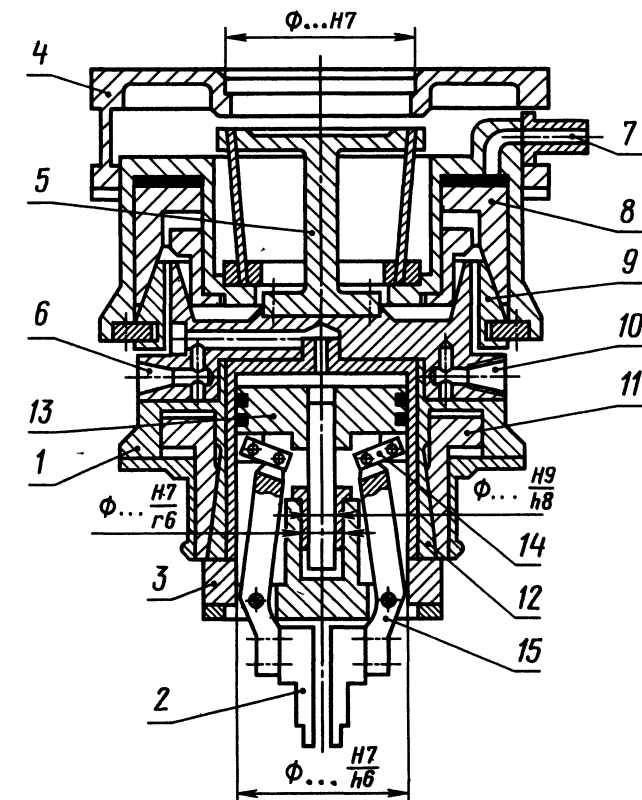


Рис. 3. Захватное устройство с автоматической компенсацией погрешности установки

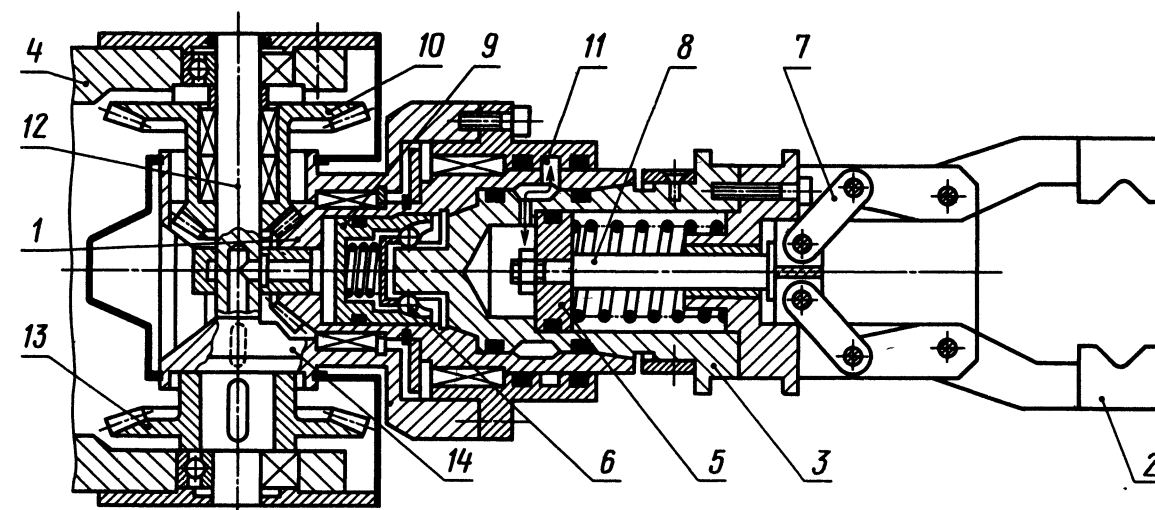


Рис. 5. Автоматическое сменное захватное устройство

Специализированные захватные
устройства манипуляторов
для сборочных операций

Лист 103

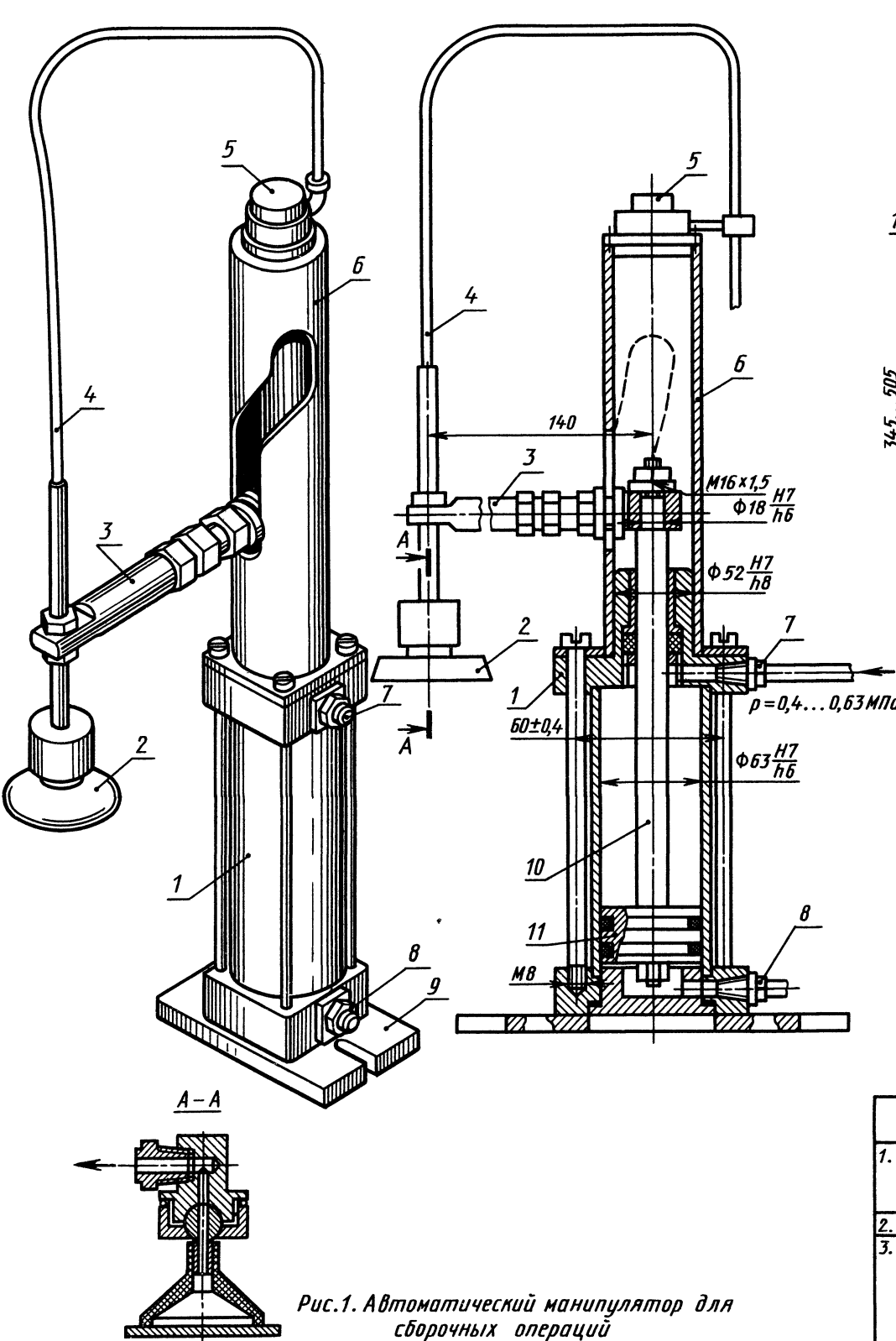
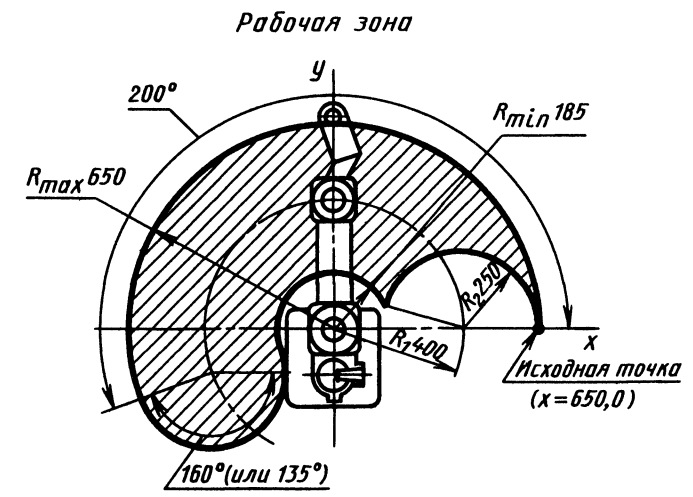
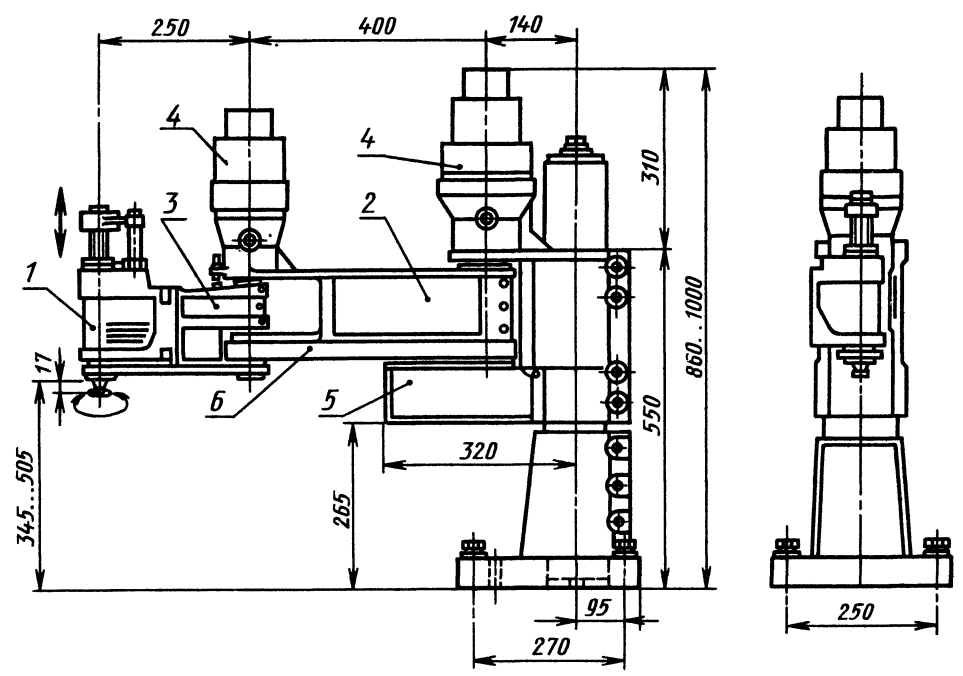


Рис.1. Автоматический манипулятор для сборочных операций



Техническая характеристика ПР типа SR

Параметр	Модель	
	SR-3	SR-4
1. Грузоподъемность, кг при наибольшей скорости при наименьшей скорости	1 10	0,5 5
2. Число степеней подвижности	4	4
3. Наибольшие перемещения: поворот первого звена руки, град. поворот второго звена руки, град. поворот кисти руки (шпинделя), град. осевое перемещение кисти (шпинделя), мм	200 160 +180 75	200 135 ±360×20 100
4. Скорость перемещения рабочего органа, м/с наибольшая наименьшая	1,45 0,7	1,4 0,4
5. Точность позиционирования, мм	±0,05	±0,03
6. Масса, кг	80	50

Рис.2. Универсальный ПР типа SR для сборочных операций

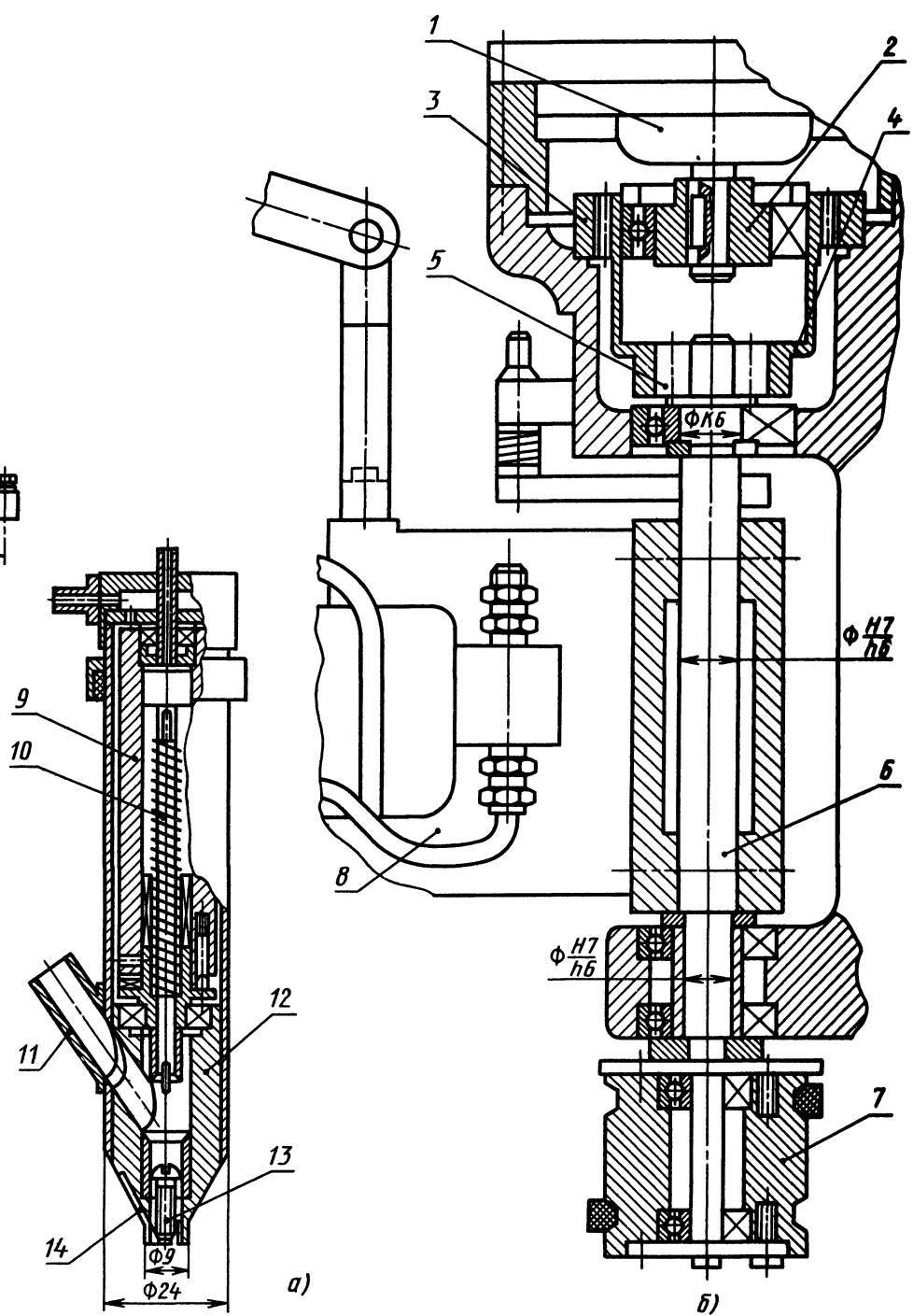
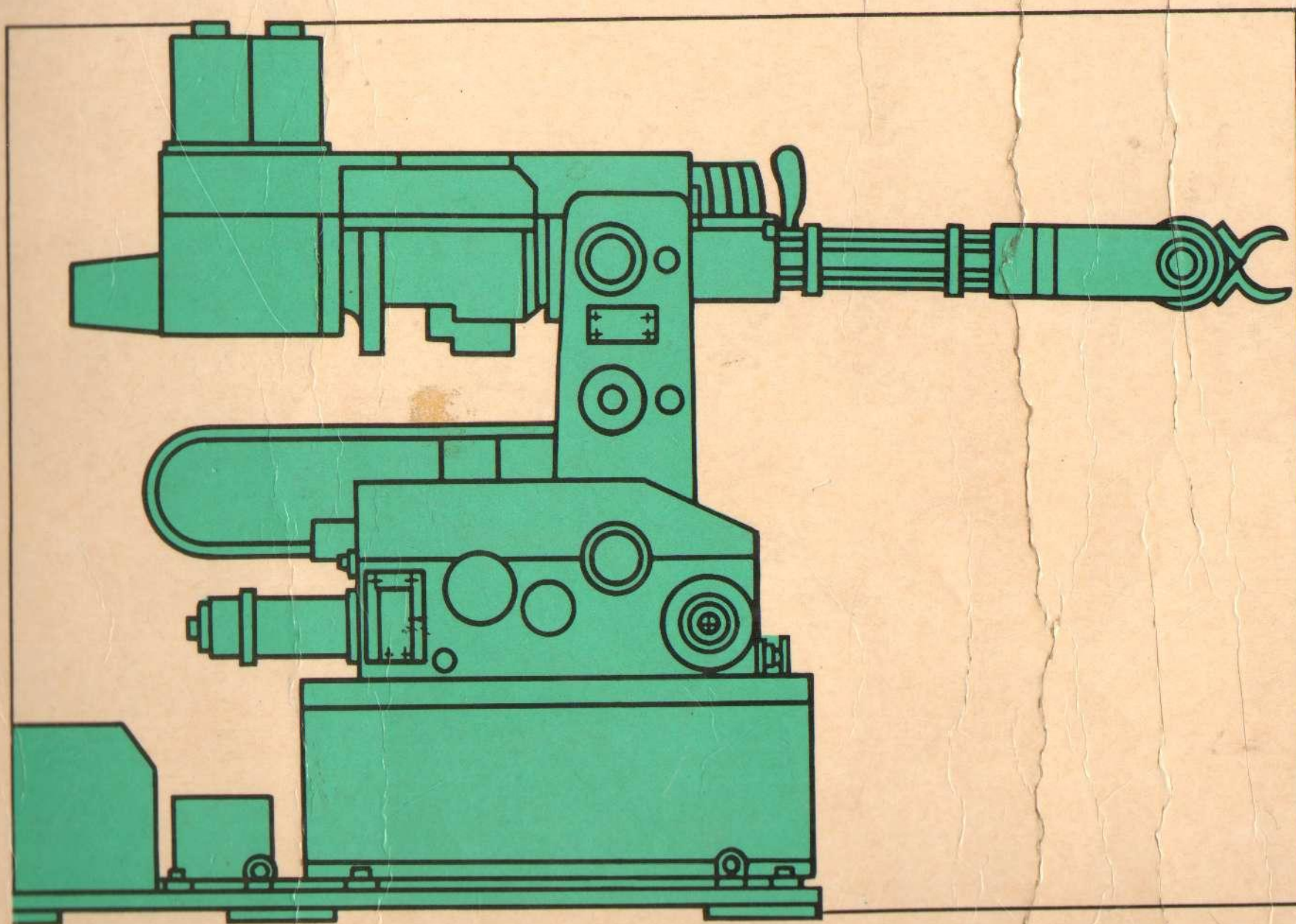


Рис.3. Механизмы универсального ПР типа SR:
а - шпиндель с устройством для завинчивания винтов;
б - привод первого звена руки

ПРОМЫШЛЕННЫЕ РОБОТЫ В машиностроении



**альбом
схем
и чертежей**

«МАШИНОСТРОЕНИЕ»