

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ  
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ПРОМЫШЛЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И ДИЗАЙНА»**

---

**ВЫСШАЯ ШКОЛА ТЕХНОЛОГИИ И ЭНЕРГЕТИКИ**

**Кафедра основ конструирования машин**

# **МЕХАНИКА**

**Методическое пособие  
для выполнения курсового проекта**

**Санкт-Петербург  
2018**

УДК 621.8 (07)

МЕХАНИКА: методическое пособие для выполнения курсового проекта / сост. М.В. Аввакумов, В.М. Гребенникова, Д.В. Кармилаев, И.С. Артамонов; ВШТЭ СПбГУПТД. – СПб., 2018. – 104 с.

В методическом пособии даны рекомендации по выбору редукторов общего назначения; приведены примеры кинематического расчета приводов и необходимые справочные материалы; показаны примеры оформления сборочных чертежей валов и монтажных чертежей приводов, спецификаций.

Методическое пособие предназначено студентам направления подготовки 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника» для выполнения курсового проекта по механике.

Рецензент: зав. кафедрой машин автоматизированных систем  
ВШТЭ СПбГУПТД, доктор техн. наук А.В. Александров.

Подготовлены и рекомендованы к печати кафедрой основ конструирования машин ВШТЭ СПбГУПТД (протокол № 11 от 10.05.2018 г.).

Утверждены к изданию методической комиссией института технологии ВШТЭ СПбГУПТД (протокол № 5 от 29.05.2018 г.).

© Аввакумов М.В., Гребенникова В.М.,  
Кармилаев Д.В., Артамонов И.С., 2018

© Высшая школа технологии  
и энергетики СПбГУПТД, 2018

## ПРЕДИСЛОВИЕ

В соответствии с учебным планом изучение дисциплины «Механика» заканчивается выполнением курсового проекта, который является первой самостоятельной расчетно – конструкторской работой студентов.

Курсовой проект представляет собой совокупность конструкторских документов: текстовых (пояснительная записка, спецификации) и графических (сборочный чертеж вала и монтажный чертеж привода). При выполнении проекта студенты приобретают навыки оформления рабочей конструкторской документации, знакомятся с действующими стандартами и нормативными материалами, с принципом узловой компоновки современных механизмов с использованием интернет – ресурсов.

Объектом курсового проекта является приводная станция технологической машины, в состав которой входят цилиндрические и червячные редукторы, промежуточные валы, открытые передачи и муфты.

В учебных пособиях выполнению монтажных чертежей приводов уделено мало внимания, что вызывает у студентов определенные трудности при оформлении графической части курсового проекта.

В настоящем методическом пособии показана последовательность выполнения проекта; приведены примеры кинематического расчета приводов; даны технические характеристики и основные размеры редукторов общего назначения; приведены примеры выполнения сборочных чертежей промежуточного вала и монтажных чертежей механических приводов, включающих типовые цилиндрические и червячные редукторы и открытые (зубчатые, цепные, ременные) передачи, примеры составления спецификаций и необходимые справочные материалы.

# 1. КИНЕМАТИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ПРИВОДНОЙ СТАНЦИИ

## 1.1. Кинематическая схема привода

Расчет приводной станции начинается с составления кинематической схемы, представляющей условные изображения основных элементов привода. Масштаб, как при изображении отдельных передач, так и всего привода, можно не выдерживать. Механизмы изображаются в упрощенном виде согласно ГОСТ 2.770-68.

Ременные передачи относятся к быстроходным передачам и в проектируемых приводах располагаются между электродвигателем и редуктором, а открытые зубчатые и цепные передачи устанавливаются, как правило, в тихоходной части привода, т.е. между редуктором и рабочей машиной.

Валы передач соединяются друг с другом с помощью муфт. Их конструкция может быть указана в техническом задании. Если в задании нет никаких указаний, то выбор муфт предоставляется исполнителю проекта. Часто для соединения вала электродвигателя и входного вала редуктора, установленных на общей раме, применяются упругие втулочно-пальцевые муфты, обладающие малым моментом инерции для уменьшения пусковых нагрузок. Для соединения выходного вала редуктора и приводного вала рабочей машины используются зубчатые муфты и муфты с торообразной оболочкой, позволяющие компенсировать значительную несоосность валов.

Примеры кинематических схем приводных станций показаны на рис 1.

## 1.2. Определение расчетной мощности электродвигателя и выбор его по каталогу

Расчетная мощность электродвигателя

$$P_{др} = P_{рм} / \eta_0, \text{ кВт},$$

где  $P_{рм}$  – требуемая мощность, кВт;  $\eta_0$  – общий коэффициент полезного действия (КПД) привода  $\eta_0 = \eta_p \cdot \eta_{оп} \cdot \eta_{п}$ ;

$\eta_p$  – КПД редуктора;  $\eta_{оп}$  – КПД открытой передачи;  $\eta_{п} = 0,99$  – КПД пары подшипников качения.

Значения КПД передач приведены в табл. 1.

По табл. 2, учитывая синхронную частоту вращения вала двигателя  $n_c$  (см. техническое задание на курсовой проект), необходимо выбрать электродвигатель ближайшей большей мощности  $P_{ном}$ .

Электродвигатель АИР..... ГОСТ 31606 – 2012 :

$$P_{ном} = \dots \text{ кВт}; n_{д} = \dots \text{ мин}^{-1} < n_c = \dots \text{ мин}^{-1}.$$

Из табл. 3 выписываем размеры выбранного электродвигателя.

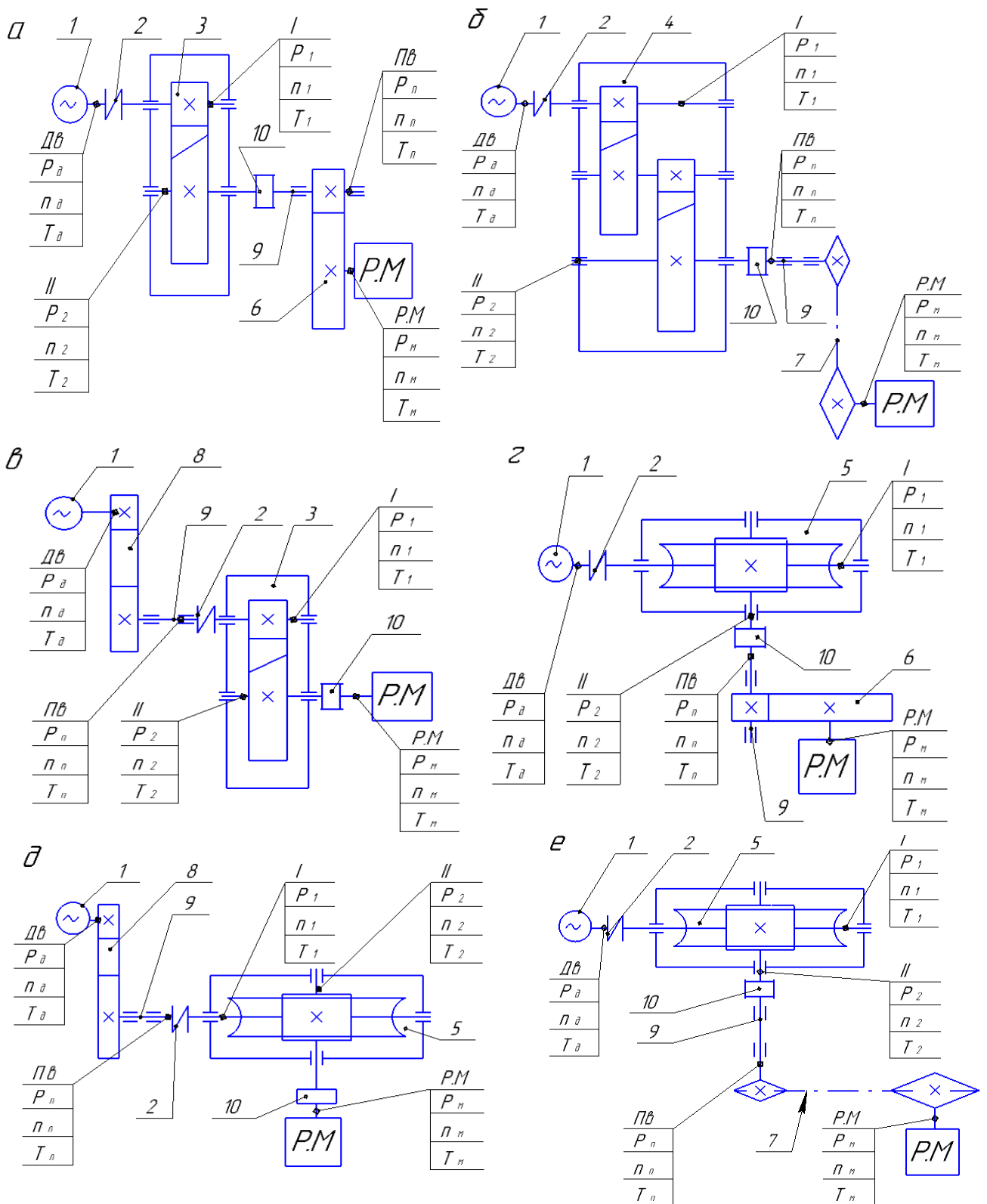


Рис. 1. Кинематические схемы приводов:

1 – электродвигатель; 2 – муфта упругая втулочно-пальцевая; 3 – редуктор цилиндрический одноступенчатый; 4 – редуктор цилиндрический двухступенчатый; 5 – редуктор червячный; 6 – открытая зубчатая цилиндрическая передача; 7 – цепная передача; 8 – ременная передача; 9 – промежуточный вал; 10 – муфта зубчатая

Таблица 1. Рекомендуемые значения коэффициентов полезного действия и передаточных чисел механических передач

Тип передачи (редуктора)	КПД, $\eta$	Передаточное число, $U$
Цилиндрический горизонтальный одноступенчатый редуктор типа ЦУ – 100 ÷ ЦУ – 250	0,95	2; 2,5; 3,15; 4; 5; 6,3
Цилиндрический горизонтальный двухступенчатый редуктор типа 1Ц2У и 1Ц2У – М	0,91	8; 10; 12,5; 16; 20; 25; 31,5; 40
Червячный редуктор типа 2Ч – 80М ÷ Ч – 500М	$\approx 0,80$	8; 10; 12,5; 16; 20; 25; 31,5; 40; 50; 63; 80
<b>Открытые передачи</b>		
Зубчатая цилиндрическая прямозубая	0,93 ÷ 0,95	2 ÷ 5
Цепная	0,92 ÷ 0,94	1,5 ÷ 3
Ременная:		
- плоским и клиновым ремнем	0,94 ÷ 0,96	1,5 ÷ 3
- поликлиновым ремнем	0,94 ÷ 0,96	2 ÷ 4
- зубчатым ремнем	0,96 ÷ 0,98	3 ÷ 5

Примечание. После выбора типоразмера червячного размера следует уточнить значение КПД

### 1.3. Определение общего передаточного числа привода и выбор типоразмера редуктора

$$U_0 = n_{\partial} / n_{рм},$$

где  $n_{\partial}$  – частота вращения вала выбранного электродвигателя, мин<sup>-1</sup>;

$n_{рм}$  – частота вращения вала рабочей машины, мин<sup>-1</sup>.

$$U_0 = U_{оп} \cdot U_p,$$

где  $U_{оп}$  – передаточное число открытой передачи (ременной, цепной, зубчатой). Принимаем  $U_{оп} = \dots$  (см. табл.1).

Расчетное передаточное число редуктора

$$U_{рр} = U_0 / U_{оп}.$$

Выбираем ближайшее значение передаточного числа редуктора  $U_p$  по табл.1.

Уточнение передаточного числа открытой передачи

$$U_{опф} = U_0 / U_p.$$

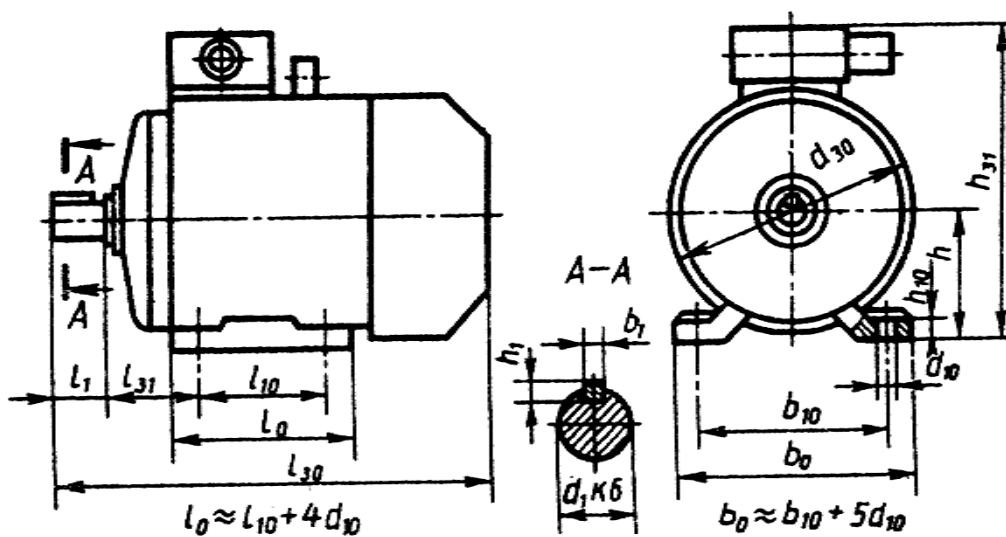
Полученное значение  $U_{опф}$  должно попасть в область рекомендуемых величин (см. табл.1).

Таблица 2. Технические данные асинхронных трехфазных двигателей серии АИР ГОСТ 31606-2012

Номинальная мощность, $P_{\text{ном}}$ , кВт	Синхронная частота вращения, мин <sup>-1</sup>			
	3000		1500	
	тип двигателя	асинхронная частота вращения, $n_{\partial}$ , мин <sup>-1</sup>	тип двигателя	асинхронная частота вращения, $n_{\partial}$ , мин <sup>-1</sup>
1,5	АИР80А2	2850	АИР80В4	1395
2,2	АИР80В2	2850	АИР90L4	1395
3	АИР90L2	2850	АИР100S4	1410
4	АИР100S2	2850	АИР100L4	1410
5,5	АИР100L2	2850	АИР112М4	1432
7,5	АИР112М2	2895	АИР132S4	1440
11	АИР132М2	2910	АИР132М4	1447
15	АИР160S2	2910	АИР160S4	1455
18,5	АИР160М2	2910	АИР160М4	1455
22	АИР180S2	2919	АИР180S4	1462
30	АИР180М2	2925	АИР180М4	1470
	Синхронная частота вращения, мин <sup>-1</sup>			
	1000		750	
	тип двигателя	асинхронная частота вращения, $n_{\partial}$ , мин <sup>-1</sup>	тип двигателя	асинхронная частота вращения, $n_{\partial}$ , мин <sup>-1</sup>
1,5	АИР90L6	925	АИР100L8	702
2,2	АИР100L6	945	АИР112МА8	709
3	АИР112МА6	950	АИР112МВ8	709
4	АИР112МВ6	950	АИР132S8	716
5,5	АИР132S6	960	АИР132М8	712
7,5	АИР132М6	960	АИР160S8	727
11	АИР160S6	970	АИР160М8	727
15	АИР160М6	970	АИР180М8	731
18,5	АИР180М6	980	-	-

Примечание. Пример обозначения: двигатель АИР100L2У3 ГОСТ 31606 – 2012

Таблица 3. Основные размеры электродвигателей серии АИР исполнения ИМ 1081



Тип двигателя	Число полюсов	Размеры, мм												
		d <sub>1</sub>	l <sub>1</sub>	l <sub>30</sub>	b <sub>1</sub>	h <sub>1</sub>	d <sub>30</sub>	l <sub>10</sub>	l <sub>31</sub>	d <sub>10</sub>	b <sub>10</sub>	h	h <sub>10</sub>	h <sub>31</sub>
80A	2,4,6	22	50	297	6	6	190	100	50	10	125	80	10	205
80B				321										
90L		24	337	8	7	210	125	56	140	90	11	225		
100S	28	60	360			240	112	63					160	100
100L			391											
112M	8	32	80	435	10	8	246	140	70	12	190	112	285	
132S	4,6,8	38		460			288	89	216		132	13		325
132M	2,4,6,8		498											
160S	2	42	110	630	12	9	334	178	108	254	160	18	385	
	4,6,8	48												
160M	2	42	660	12	8	9	210	375	121	279	180	20	448	
	4,6,8	48												
180S	2	48	630	14	9	10	203	375	121	279	180	20	448	
	4	55												
180M	2	48	680	14	9	10	241	375	121	279	180	20	448	
	4,6,8	55												

Примечание. Концы валов двигателей могут быть: цилиндрические со шпонкой; конические со шпонкой с резьбовым концом или внутренней резьбой



Необходимый вращающий момент на тихоходном валу редуктора

$$T_{тр} = (9550 \cdot P_{\partial.p}/n_{\partial}) \cdot U_p \cdot \eta_p, \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

При включении в состав привода ременной передачи вращающий момент на тихоходном валу редуктора равен моменту на валу рабочей машины

$$T_{тр} = T_{рм} = 9550 \cdot P_{рм}/n_{рм}, \text{ Н} \cdot \text{м},$$

а частота вращения входного вала  $n_1 = n_{\partial}/U_{оп}$ ,  $\text{мин}^{-1}$ .

Принимаем типоразмер редуктора с ближайшим большим вращающим моментом на тихоходном валу:  $T_{т} \geq T_{тр}$  (Приложения 1, 2, 3).

Выбираем редуктор с передаточным числом  $U_p = \dots$  и  $T_{т} = \dots$  Н · м.

Допускаемая радиальная нагрузка на входном валу  $F_1 = \dots$  Н, на выходном валу  $F_2 = \dots$  Н.

Для червячного редуктора фактическое значение КПД  $\rightarrow \eta_{рф} = \dots$ .

Редуктор (условное обозначение).

Для червячного редуктора определяем значение фактической расчетной мощности электродвигателя

$$P_{\partialф} = P_{рм}/\eta_{оф}, \text{ кВт}, \quad \text{где } \eta_{оф} = \eta_{рф} \cdot \eta_{оп} \cdot \eta_{п}.$$

Из таблиц (см. Приложение 1, 2, 3) выписываем габаритные и присоединительные размеры выбранного редуктора, размеры концов валов.

#### 1.4. Определение мощностей, частот вращения и вращающих моментов на валах привода

Расчет мощности на валах привода целесообразно производить от рабочей машины (см. табл.4).

Таблица 1. Определение мощности на валах привода, кВт

Вал	Открытая передача		
	зубчатая	цепная	ременная
Вал рабочей машины	$P_{рм}$	$P_{рм}$	$P_{рм}$
Промежуточный вал	$P_{п} = P_{рм}/\eta_{оп}$	$P_{п} = P_{рм}/\eta_{цп}$	–
Выходной вал редуктора	$P_2 = P_{п}/\eta_{п}$	$P_2 = P_{п}/\eta_{п}$	$P_2 = P_{рм}$
Входной вал редуктора	$P_1 = P_2/\eta_p$	$P_1 = P_2/\eta_p$	$P_1 = P_2/\eta_{рп}$
Промежуточный вал	–	–	$P_{п} = P_1/\eta_{п}$
Вал электродвигателя	$P_{\partial} = P_1$	$P_{\partial} = P_1$	$P_{\partial} = P_{п}/\eta_{рп}$

Примечание.  $\eta_{оп}$  – КПД открытой зубчатой передачи;  $\eta_{цп}$  – КПД цепной передачи;  $\eta_{рп}$  – КПД ременной передачи;  $\eta_{п}$  – КПД пары подшипников качения. Для червячного редуктора  $\eta_p = \eta_{рф}$

Расчет частоты вращения следует выполнять от вала электродвигателя к валу рабочей машины (табл.5).

Таблица 5. Определение частоты вращения валов привода, мин<sup>-1</sup>

Вал	Открытая передача		
	ременная	зубчатая	цепная
Вал электродвигателя	$n_{\partial}$	$n_{\partial}$	$n_{\partial}$
Промежуточный вал	$n_{\Pi} = n_{\partial}/U_{\text{рпф}}$	–	–
Входной вал редуктора	$n_1 = n_{\Pi}$	$n_1 = n_{\partial}$	$n_1 = n_{\partial}$
Выходной вал редуктора	$n_2 = n_1/U_p$	$n_2 = n_1/U_p$	$n_2 = n_1/U_p$
Промежуточный вал	–	$n_{\Pi} = n_2$	$n_{\Pi} = n_2$
Вал рабочей машины	$n_{\text{мф}} = n_2$	$n_{\text{мф}} = n_{\Pi}/U_{\text{опф}}$	$n_{\text{мф}} = n_{\Pi}/U_{\text{цпф}}$

Примечание.  $U_{\text{опф}}$  – фактическое передаточное число открытой зубчатой передачи;  $U_{\text{цпф}}$  – фактическое передаточное число цепной передачи;  $U_{\text{рпф}}$  – фактическое передаточное число ременной передачи

Отклонение от заданной частоты вращения вала рабочей машины

$$\Delta n_{\text{рм}} = 100 \cdot |n_{\text{мф}} - n_{\text{рм}}| / n_{\text{рм}} \leq [\Delta n], \%$$

где  $[\Delta n]$  – допускаемое отклонение частоты вращения (см. техническое задание на курсовой проект).

Вращающие моменты на валах можно определить по формуле

$$T_i = 9550 \cdot P_i / n_i, \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Подставив в формулу вместо  $i$  индекс соответствующего вала, получим уравнение для расчета вращающего момента  $T$  данного вала.

Если момент на выходном валу червячного редуктора  $T_2 > T_T$ , то необходимо выбрать редуктор большего типоразмера и повторить расчеты силовых ( $P, T$ ) и кинематических ( $n$ ) параметров привода.

## 2. РАСЧЕТ ОТКРЫТОЙ ПЕРЕДАЧИ ПРИВОДА

Расчеты открытой зубчатой цилиндрической передачи следует выполнять по методическим указаниям [1], цепной – [2], расчет ременной передачи – по учебному пособию [3], а также по материалам, расположенным на сайте <http://nizrp.narod.ru> (кафедра основ конструирования машин).

### 3. ПРИМЕРЫ КИНЕМАТИЧЕСКОГО РАСЧЕТА ПРИВОДНОЙ СТАНЦИИ

#### **Пример 1. Исходные данные для расчета:**

- синхронная частота вращения вала электродвигателя  $n_c = 750 \text{ мин}^{-1}$ ;
  - состав привода: типовой цилиндрический одноступенчатый редуктор, открытая зубчатая цилиндрическая передача с промежуточным валом;
  - мощность рабочей машины  $P_{рм} = 4,3 \text{ кВт}$ ;
  - частота вращения вала рабочей машины  $n_{рм} = 45 \text{ мин}^{-1}$ ;
  - допусаемое отклонение частоты вращения вала машины  $[\Delta n] = 5 \%$ .
- Кинематическая схема привода показана на рис.1 а.

#### **1.1. Определение расчетной мощности электродвигателя и выбор его по каталогу**

$$P_{\partial p} = P_{рм} / \eta_0 = 4,3 / 0,884 = 4,86 \text{ кВт},$$

где  $\eta_0$  – общий КПД привода,  $\eta_0 = \eta_p \cdot \eta_{оп} \cdot \eta_{п}$ ;

$\eta_p$  – КПД цилиндрического одноступенчатого редуктора,  $\eta_p = 0,95$  (табл.1);

$\eta_{оп}$  – КПД открытой зубчатой цилиндрической передачи,  $\eta_{оп} = 0,94$  (табл.1);

$\eta_{п}$  – КПД пары подшипников качения,  $\eta_{п} = 0,99$ .

$$\eta_0 = 0,95 \cdot 0,94 \cdot 0,99 = 0,884.$$

Электродвигатель АИР 132М8 УЗ ГОСТ 31606 – 2012:

$$P_{ном} = 5,5 \text{ кВт}; n_{\partial} = 712 \text{ мин}^{-1}; d_1 = 38 \text{ мм (табл. 2 и 3)}.$$

#### **1.2. Определение общего передаточного числа привода и выбор редуктора**

$$U_0 = n_{\partial} / n_{рм} = 712 / 45 = 15,82.$$

Расчетное передаточное число редуктора  $U_{рр} = U_0 / U_{оп}$ ,

где  $U_{оп}$  – передаточное число открытой зубчатой цилиндрической передачи.

Принимаем  $U_{оп} = 4,0$  (табл.1).

Тогда  $U_{рр} = U_0 / U_{оп} = 15,82 / 4,0 = 3,95$ .

Принимаем  $U_p = 4$  (см. табл.1).

Уточнение передаточного числа открытой зубчатой передачи

$$U_{опф} = U_0 / U_p = 15,82 / 4,0 = 3,95. \text{ Принимаем } U_{опф} = 3,9.$$

Передаточное число открытой зубчатой цилиндрической передачи оказалось в пределах рекомендуемых величин (см. табл.1).

Необходимый вращающий момент на тихоходном валу редуктора

$$T_{\text{тр}} = (9550 P_{\partial p} / n_{\partial}) U_p \eta_p = (9550 \cdot 4,86 / 712) \cdot 4,0 \cdot 0,95 \approx 248 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Выбираем цилиндрический горизонтальный одноступенчатый редуктор ЦУ–100 с передаточным числом  $U_p = 4,0$  и  $T_{\text{т}} = 250 \text{ Н} \cdot \text{м}$ .

Допускаемая радиальная нагрузка на входном валу  $F_1 = 500 \text{ Н}$ , на выходном валу  $F_2 = 1000 \text{ Н}$  (см. Приложение 1).

Редуктор ЦУ–100–4–12–К УЗ.

### 1.3. Определение мощностей, частот вращения и вращающих моментов на валах привода

Определение мощности на валах:

- валу рабочей машины  $P_{\text{рм}} = 4,3 \text{ кВт}$  ;
- промежуточном валу  $P_{\text{п}} = P_{\text{рм}} / \eta_{\text{оп}} = 4,3 / 0,94 = 4,57 \text{ кВт}$  ;
- выходном валу редуктора  $P_2 = P_{\text{п}} / \eta_{\text{п}} = 4,57 / 0,99 = 4,62 \text{ кВт}$  ;
- входном валу редуктора  $P_1 = P_2 / \eta_p = 4,62 / 0,95 = 4,86 \text{ кВт}$  ;
- валу электродвигателя  $P_{\partial} = P_1 = 4,86 \text{ кВт}$ .

Определение частоты вращения валов:

- вала электродвигателя  $n_{\partial} = 712 \text{ мин}^{-1}$  ;
- входного вала редуктора  $n_1 = n_{\partial} = 712 \text{ мин}^{-1}$  ;
- выходного вала редуктора  $n_2 = n_1 / U_p = 712 / 4,0 = 178 \text{ мин}^{-1}$  ;
- промежуточного вала  $n_{\text{п}} = n_2 = 178 \text{ мин}^{-1}$  ;
- вала рабочей машины  $n_{\text{мф}} = n_{\text{п}} / U_{\text{опф}} = 178 / 3,9 = 45,64 \text{ мин}^{-1}$ .

Отклонение от заданной частоты вращения вала рабочей машины

$$\Delta n_{\text{рм}} = \frac{n_{\text{мф}} - n_{\text{рм}}}{n_{\text{рм}}} 100 \% = \frac{(45,64 - 45,0)}{45,0} 100 \% = 1,42 \% < [\Delta n] = 5 \%.$$

Определение вращающих моментов на валах:

- валу двигателя  $T_{\partial} = 9550 P_{\partial} / n_{\partial} = 9550 \cdot 4,86 / 712 = 65,19 \text{ Н} \cdot \text{м}$  ;
- входном валу редуктора  $T_1 = 9550 P_1 / n_1 = 9550 \cdot 4,86 / 712 = 65,19 \text{ Н} \cdot \text{м}$  ;
- выходном валу редуктора  $T_2 = 9550 P_2 / n_2 = 9550 \cdot 4,62 / 178 \approx 248 \text{ Н} \cdot \text{м}$  ;
- промежуточном валу  $T_n = 9550 P_n / n_n = 9550 \cdot 4,57 / 178 = 245,19 \text{ Н} \cdot \text{м}$  ;
- валу машины  $T_{\text{рм}} = 9550 P_{\text{рм}} / n_{\text{мф}} = 9550 \cdot 4,3 / 45,64 = 899,76 \text{ Н} \cdot \text{м}$ .

Полученные значения мощностей, частот вращения и вращающих моментов записываем на полках выносок кинематической схемы привода.

## **Пример 2. Исходные данные для расчета:**

- синхронная частота вращения вала электродвигателя  $n_c = 1000 \text{ мин}^{-1}$ ;
  - состав привода: типовой двухступенчатый цилиндрический редуктор, открытая цепная передача с промежуточным валом;
  - мощность рабочей машины  $P_{рм} = 3,2 \text{ кВт}$ ;
  - частота вращения вала рабочей машины  $n_{рм} = 50 \text{ мин}^{-1}$ ;
  - допусаемое отклонение частоты вращения вала машины  $[\Delta n] = 5\%$ .
- Кинематическая схема привода показана на рис.1 *б*.

### **2.1. Определение расчетной мощности электродвигателя и выбор его по каталогу**

$$P_{\partial p} = P_{рм} / \eta_0 = 3,2 / 0,838 = 3,82 \text{ кВт},$$

где  $\eta_0$  – общий КПД привода,  $\eta_0 = \eta_p \cdot \eta_{цп} \cdot \eta_{п}$ ;

$\eta_p$  – КПД цилиндрического двухступенчатого редуктора,  $\eta_p = 0,91$  (табл. 1);

$\eta_{цп}$  – КПД открытой цепной передачи,  $\eta_{цп} = 0,93$  (табл. 1);

$\eta_{п}$  – КПД пары подшипников качения,  $\eta_{п} = 0,99$ .

$$\eta_0 = 0,91 \cdot 0,93 \cdot 0,99 = 0,838.$$

Электродвигатель АИР 112МВ6 У3 ГОСТ 31606 – 2012:

$$P_{ном} = 4,0 \text{ кВт}; n_{\partial} = 950 \text{ мин}^{-1}; d_1 = 32 \text{ мм (табл. 2 и 3)}.$$

### **2.2. Определение общего передаточного числа привода и выбор редуктора**

$$U_0 = n_{\partial} / n_{рм} = 950 / 50 = 19,0.$$

Расчетное передаточное число редуктора  $U_{рр} = U_0 / U_{цп}$ ,

где  $U_{цп}$  – передаточное число цепной передачи.

Принимаем  $U_{цп} = 2,0$  (табл. 1).

Тогда  $U_{рр} = U_0 / U_{цп} = 19,0 / 2,0 = 9,5$ . Принимаем  $U_p = 10$  (см. табл.1).

Уточнение передаточного числа открытой цепной передачи

$$U_{цпф} = U_0 / U_p = 19 / 10 = 1,9.$$

Передаточное число открытой цепной передачи оказалось в пределах рекомендуемых величин (см. табл. 1).

Необходимый вращающий момент на тихоходном валу редуктора

$$T_{тр} = (9550 P_{\partial p} / n_{\partial}) U_p \eta_p = (9550 \cdot 3,82 / 950) \cdot 10 \cdot 0,91 = 349,3 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Выбираем цилиндрический горизонтальный двухступенчатый редуктор 1Ц2У–125М с передаточным числом  $U_p = 10$  и  $T_T = 630 \text{ Н} \cdot \text{м}$ .

Допускаемая радиальная нагрузка на входном валу  $F_1 = 500$  Н, на выходном валу  $F_2 = 5600$  Н (см. Приложение 2).

Редуктор 1Ц2У–125М–10–12–К–У3.

### 2.3. Определение мощностей, частот вращения и вращающих моментов на валах привода

Определение мощности на валах:

- валу рабочей машины  $P_{рм} = 3,2$  кВт ;
- промежуточном валу  $P_{п} = P_{рм}/\eta_{ц} = 3,2/0,93 = 3,44$  кВт ;
- выходном валу редуктора  $P_2 = P_{п}/\eta_{п} = 3,44/0,99 = 3,47$  кВт ;
- входном валу редуктора  $P_1 = P_2/\eta_p = 3,47/0,91 = 3,82$  кВт ;
- валу электродвигателя  $P_{\partial} = P_1 = 3,82$  кВт.

Определение частоты вращения валов:

- вала электродвигателя  $n_{\partial} = 950$  мин<sup>-1</sup>;
- входного вала редуктора  $n_1 = n_{\partial} = 950$  мин<sup>-1</sup>;
- выходного вала редуктора  $n_2 = n_1/U_p = 950/10 = 95$  мин<sup>-1</sup>;
- промежуточного вала  $n_{п} = n_2 = 95$  мин<sup>-1</sup>;
- вала рабочей машины  $n_{мф} = n_{п}/U_{цпф} = 95/1,9 = 50$  мин<sup>-1</sup>.

Отклонение от заданной частоты вращения вала рабочей машины  $\Delta n_{рм} = 0$ .

Определение вращающих моментов на валах:

- валу двигателя  $T_{\partial} = 9550 P_{\partial}/n_{\partial} = 9550 \cdot 3,82/950 = 38,4$  Н · м ;
- входном валу редуктора  $T_1 = T_{\partial} = 38,4$  Н · м ;
- выходном валу редуктора  $T_2 = 9550 P_2/n_2 = 9550 \cdot 3,47/95 = 349,3$  Н · м ;
- промежуточном валу  $T_n = 9550 P_n/n_n = 9550 \cdot 3,44/95 = 345,8$  Н · м ;
- валу рабочей машины  $T_{рм} = 9550 P_{рм}/n_{мф} = 9550 \cdot 3,2/50 = 611,2$  Н · м.

#### **Пример 3. Исходные данные для расчета:**

- синхронная частота вращения вала электродвигателя  $n_c = 750$  мин<sup>-1</sup>;
  - состав привода: клиноременная передача с промежуточным валом, типовой цилиндрический одноступенчатый редуктор;
  - мощность рабочей машины  $P_{рм} = 4,7$  кВт;
  - частота вращения вала рабочей машины  $n_{рм} = 72$  мин<sup>-1</sup>;
  - допускаемое отклонение частоты вращения вала машины  $[\Delta n] = 5$  % .
- Кинематическая схема привода показана на рис.1*б*.

### 3.1. Определение расчетной мощности электродвигателя и выбор его по каталогу

$$P_{\partial p} = P_{pм}/\eta_0 = 4,7/0,893 = 5,26 \text{ кВт},$$

где  $\eta_0$  – общий КПД привода,  $\eta_0 = \eta_p \cdot \eta_{рп} \cdot \eta_{п}$ ;

$\eta_p$  – КПД цилиндрического одноступенчатого редуктора,  $\eta_p = 0,95$  (табл. 1);

$\eta_{рп}$  – КПД клиноременной передачи,  $\eta_{рп} = 0,95$  (табл. 1);

$\eta_{п}$  – КПД пары подшипников качения,  $\eta_{п} = 0,99$ .

$$\eta_0 = 0,95 \cdot 0,95 \cdot 0,99 = 0,893.$$

Электродвигатель АИР 132М8 У3 ГОСТ 31606 – 2012:

$$P_{н\text{ом}} = 5,5 \text{ кВт}; n_{\partial} = 712 \text{ мин}^{-1}; d_1 = 38 \text{ мм (табл. 2 и 3)}.$$

### 3.2. Определение общего передаточного числа привода и выбор редуктора

$$U_0 = n_{\partial}/n_{pм} = 712/72 = 9,9.$$

Расчетное передаточное число редуктора  $U_{pp} = U_0/U_{рп}$ ,

где  $U_{рп}$  – передаточное число клиноременной передачи.

Принимаем  $U_{рп} = 2,0$  (табл. 1).

Тогда  $U_{pp} = U_0/U_{рп} = 9,9/2,0 = 4,95$ .

Принимаем  $U_p = 5,0$  (см. табл.1).

Уточнение передаточного числа клиноременной передачи

$$U_{рпф} = U_0/U_p = 9,9/5,0 = 1,98.$$

Передаточное число клиноременной передачи оказалось в пределах рекомендуемых величин (см. табл.1).

Необходимый вращающий момент на тихоходном валу редуктора

$$T_{тp} = T_{pм} = 9550 P_{pм}/n_{pм} = 9550 \cdot 4,7/72 = 623,4 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Выбираем цилиндрический горизонтальный одноступенчатый редуктор

ЦУ–160 с передаточным числом  $U_p = 5,0$  и  $T_t = 1000 \text{ Н} \cdot \text{м}$ .

Допускаемая радиальная нагрузка на входном валу  $F_1 = 1000 \text{ Н}$ , на выходном валу  $F_2 = 4000 \text{ Н}$  (см. Приложение 1).

Редуктор ЦУ–160–5–12–КУ3.

Из таблицы Приложения 1 выписываем габаритные и присоединительные размеры выбранного редуктора.

### 3.3. Определение мощностей, частот вращения и вращающих моментов на валах привода

Определение мощности на валах:

- валу рабочей машины  $P_{рм} = 4,7$  кВт ;
- выходном валу редуктора  $P_2 = P_{рм} = 4,7$  кВт ;
- входном валу редуктора  $P_1 = P_2/\eta_p = 4,7/0,95 = 4,95$  кВт ;
- промежуточном валу  $P_{п} = P_1/\eta_{п} = 4,95/0,99 = 5,0$  кВт ;
- валу электродвигателя  $P_{\partial} = P_1/\eta_{pп} = 5,0/0,95 = 5,26$  кВт.

Определение частоты вращения валов:

- вала электродвигателя  $n_{\partial} = 712$  мин<sup>-1</sup>;
- промежуточного вала  $n_{п} = n_{\partial}/U_{рпф} = 712/1,98 = 359,6$  мин<sup>-1</sup>;
- входного вала редуктора  $n_1 = n_{п} = 359,6$  мин<sup>-1</sup>;
- выходного вала редуктора  $n_2 = n_1/U_p = 359,6/5,0 = 71,92$  мин<sup>-1</sup>;
- вала рабочей машины  $n_{мф} = n_2 = 71,92$  мин<sup>-1</sup>.

Отклонение от заданной частоты вращения вала рабочей машины

$$\Delta n_{рм} = \frac{n_{мф} - n_{рм}}{n_{рм}} 100 \% = \frac{|71,92 - 72|}{72} 100 \% = 0,1 \% < [\Delta n] = 5 \%$$

Определение вращающих моментов на валах:

- валу двигателя  $T_{\partial} = 9550 P_{\partial}/n_{\partial} = 9550 \cdot 5,26/712 = 70,55$  Н · м ;
- промежуточном валу  $T_{п} = 9550 P_{п}/n_{п} = 9550 \cdot 5,0/359,6 = 132,8$  Н · м ;
- входном валу редуктора  $T_1 = 9550 P_1/n_1 = 9550 \cdot 4,95/359,6 \approx 131$  Н · м ;
- выходном валу редуктора  $T_2 = 9550 P_2/n_2 = 9550 \cdot 4,7/71,92 = 624$  Н · м ;
- валу рабочей машины  $T_{рм} = 9550 P_{рм}/n_{мф} = 9550 \cdot 4,7/71,92 = 624$  Н · м .

#### **Пример 4. Исходные данные для расчета:**

- синхронная частота вращения вала электродвигателя  $n_c = 1000$  мин<sup>-1</sup>;
  - состав привода: типовой одноступенчатый червячный редуктор с нижним червяком, открытая зубчатая цилиндрическая передача с промежуточным валом;
  - мощность рабочей машины  $P_{рм} = 5,2$  кВт;
  - частота вращения вала рабочей машины  $n_{рм} = 10$  мин<sup>-1</sup>;
  - допустимое отклонение частоты вращения вала машины  $[\Delta n] = 5 \%$  .
- Кинематическая схема привода показана на рис.1 з.



#### 4.1. Определение расчетной мощности электродвигателя и выбор его по каталогу

$$P_{\partial p} = P_{pм} / \eta_0 = 5,2 / 0,744 = 6,99 \text{ кВт},$$

где  $\eta_0$  – общий КПД привода  $\eta_0 = \eta_p \cdot \eta_{оп} \cdot \eta_{п}$ ;

$\eta_p$  – КПД червячного редуктора,  $\eta_p = 0,80$  (табл. 1);

$\eta_{оп}$  – КПД открытой зубчатой передачи,  $\eta_{оп} = 0,94$  (табл. 1);

$\eta_{п}$  – КПД пары подшипников качения,  $\eta_{п} = 0,99$ .

$$\eta_0 = 0,80 \cdot 0,94 \cdot 0,99 = 0,744.$$

Электродвигатель АИР 132М6 УЗ ГОСТ 31606 – 2012:

$$P_{ном} = 7,5 \text{ кВт}; n_{\partial} = 960 \text{ мин}^{-1}; d_1 = 38 \text{ мм (табл. 2 и 3)}.$$

#### 4.2. Определение общего передаточного числа привода и выбор редуктора

$$U_0 = n_{\partial} / n_{pм} = 960 / 10 = 96.$$

Расчетное передаточное число редуктора  $U_{pp} = U_0 / U_{оп}$ ,

где  $U_{оп}$  – передаточное число открытой зубчатой цилиндрической передачи.

Принимаем  $U_{оп} = 4,0$  (табл. 1).

Тогда  $U_{pp} = U_0 / U_{оп} = 96 / 4,0 = 24$ .

Принимаем  $U_p = 25$  (см. табл.1).

Уточнение передаточного числа открытой зубчатой передачи

$$U_{опф} = U_0 / U_p = 96 / 25 = 3,84. \text{ Принимаем } U_{опф} = 3,8.$$

Передаточное число открытой зубчатой цилиндрической передачи оказалось в пределах рекомендуемых величин (см. табл.1).

Необходимый вращающий момент на тихоходном валу редуктора

$$T_{тр} = (9550 P_{\partial p} / n_{\partial}) U_p \eta_p = (9550 \cdot 6,99 / 960) \cdot 25 \cdot 0,80 = 1390,7 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Выбираем червячный редуктор Ч–200М с передаточным числом  $U_p = 25$ ,

$T_T = 2190 \text{ Н} \cdot \text{м}$  при частоте вращения червяка  $n_6 = 1000 \text{ мин}^{-1}$ ,  $\eta_{pф} = 0,88$ .

Допускаемая радиальная нагрузка на входном валу  $F_1 = 2300 \text{ Н}$ , на выходном валу  $F_2 = 13500 \text{ Н}$  (см. Приложение 3).

Редуктор Ч–160М–25–52–1–2–К2–Ц–У3.

Фактическая расчетная мощность электродвигателя

$$P_{\partial ф} = P_{pм} / (\eta_{pф} \cdot \eta_{оп} \cdot \eta_{п}) = 5,2 / (0,88 \cdot 0,94 \cdot 0,99) = 6,35 \text{ кВт}.$$

### 4.3. Определение мощностей, частот вращения и вращающих моментов на валах привода

Определение мощности на валах:

- вала рабочей машины  $P_{рм} = 5,2 \text{ кВт}$  ;
- промежуточном валу  $P_{п} = P_{рм}/\eta_{оп} = 5,2/0,94 = 5,53 \text{ кВт}$  ;
- выходном валу редуктора  $P_2 = P_{п}/\eta_{п} = 5,53/0,99 = 5,59 \text{ кВт}$  ;
- входном валу редуктора  $P_1 = P_2/\eta_{рф} = 5,59/0,88 = 6,35 \text{ кВт}$  ;
- вала электродвигателя  $P_{д} = P_1 = 6,35 \text{ кВт}$ .

Определение частоты вращения валов:

- вала электродвигателя  $n_{д} = 960 \text{ мин}^{-1}$ ;
- входного вала редуктора  $n_1 = n_{д} = 960 \text{ мин}^{-1}$ ;
- выходного вала редуктора  $n_2 = n_1/U_p = 960/25 = 38,4 \text{ мин}^{-1}$ ;
- промежуточного вала  $n_{п} = n_2 = 38,4 \text{ мин}^{-1}$ ;
- вала рабочей машины  $n_{мф} = n_{п}/U_{опф} = 38,4/3,8 = 10,1 \text{ мин}^{-1}$ .

Отклонение от заданной частоты вращения вала рабочей машины

$$\Delta n_{рм} = \frac{n_{мф} - n_{рм}}{n_{рм}} 100 \% = \frac{(10,1 - 10)}{10} 100 \% = 1 \% < [\Delta n] = 5 \%$$

Определение вращающих моментов на валах:

- вала двигателя  $T_{д} = 9550 P_{д}/n_{д} = 9550 \cdot 6,35/960 = 63,17 \text{ Н} \cdot \text{м}$  ;
- входном валу редуктора  $T_1 = T_{д} = 63,17 \text{ Н} \cdot \text{м}$  ;
- выходном валу редуктора  
 $T_2 = 9550 P_2/n_2 = 9550 \cdot 5,59/38,4 \approx 1390 \text{ Н} \cdot \text{м}$  ;
- промежуточном валу  $T_n = 9550 P_n/n_n = 9550 \cdot 5,53/38,4 = 1375 \text{ Н} \cdot \text{м}$  ;
- вала машины  $T_{рм} = 9550 P_{рм}/n_{мф} = 9550 \cdot 5,2/10,1 = 4916,83 \text{ Н} \cdot \text{м}$ .

#### **Пример 5. Исходные данные для расчета:**

- синхронная частота вращения вала электродвигателя  $n_c = 3000 \text{ мин}^{-1}$ ;
  - состав привода: клиноременная передача с промежуточным валом, типовой одноступенчатый червячный редуктор с верхним червяком;
  - мощность рабочей машины  $P_{рм} = 3,5 \text{ кВт}$ ;
  - частота вращения вала рабочей машины  $n_{рм} = 34 \text{ мин}^{-1}$ ;
  - допусаемое отклонение частоты вращения вала машины  $[\Delta n] = 5\%$  .
- Кинематическая схема привода показана на рис.17 .

### 5.1. Определение расчетной мощности электродвигателя и выбор его по каталогу

$$P_{\partial p} = P_{pм}/\eta_0 = 3,5/0,752 = 4,65 \text{ кВт},$$

где  $\eta_0$  – общий КПД привода  $\eta_0 = \eta_p \cdot \eta_{рп} \cdot \eta_{п}$ ;

$\eta_p$  – КПД червячного редуктора,  $\eta_p = 0,80$  (табл. 1);

$\eta_{рп}$  – КПД клиноременной передачи,  $\eta_{рп} = 0,95$  (табл. 1);

$\eta_{п}$  – КПД пары подшипников качения,  $\eta_{п} = 0,99$ .

$$\eta_0 = 0,80 \cdot 0,95 \cdot 0,99 = 0,752.$$

Электродвигатель АИР 100L2У3 ГОСТ 31606 – 2012:

$$P_{ном} = 5,5 \text{ кВт}; n_{\partial} = 2850 \text{ мин}^{-1}; d_1 = 28 \text{ мм (табл. 2 и 3)}.$$

### 5.2. Определение общего передаточного числа привода и выбор редуктора

$$U_0 = n_{\partial}/n_{pм} = 2850/34 = 83,8.$$

Расчетное передаточное число редуктора  $U_{pp} = U_0/U_{рп}$ ,

где  $U_{рп}$  – передаточное число клиноременной передачи.

Принимаем  $U_{рп} = 2,0$  (табл. 1).

Тогда  $U_{pp} = U_0/U_{рп} = 83,8/2,0 = 41,9$ . Принимаем  $U_p = 40$  (см. табл.1).

Уточнение передаточного числа клиноременной передачи

$$U_{рпф} = U_0/U_p = 83,8/40 = 2,1.$$

Передаточное число клиноременной передачи оказалось в рекомендуемых пределах (табл. 1).

Необходимый вращающий момент на тихоходном валу редуктора

$$T_{тр} = T_{pм} = 9550 P_{pм}/n_{pм} = 9550 \cdot 3,5/34 = 983,1 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Частота вращения входного вала  $n_1 = n_{\partial}/U_{рп} = 2850/2 = 1425 \text{ мин}^{-1}$ .

Выбираем червячный редуктор Ч–160М с передаточным числом  $U_p = 40$ ,  $T_T = 1250 \text{ Н} \cdot \text{м}$  при частоте вращения червяка  $n_6 = 1500 \text{ мин}^{-1}$ ,  $\eta_{pф} = 0,79$ .

Допускаемая радиальная нагрузка на входном валу  $F_1 = 1900 \text{ Н}$ , на выходном валу  $F_2 = 10000 \text{ Н}$  (см. Приложение 3).

Редуктор Ч–160М–40–52–2–3–К2–Ц–У3.

Фактическая расчетная мощность электродвигателя

$$P_{\partial ф} = P_{pм}/(\eta_{pф} \cdot \eta_{рп} \cdot \eta_{п}) = 3,5/(0,79 \cdot 0,95 \cdot 0,99) = 4,70 \text{ кВт}.$$

### 5.3. Определение мощностей, частот вращения и вращающих моментов на валах привода

Определение мощности на валах:

- валу рабочей машины  $P_{рм} = 3,5$  кВт ;
- выходном валу редуктора  $P_2 = P_{рм} = 3,5$  кВт ;
- входном валу редуктора  $P_1 = P_2/\eta_{рф} = 3,5/0,79 = 4,43$  кВт ;
- промежуточном валу  $P_{п} = P_1/\eta_{п} = 4,43/0,99 = 4,47$  кВт ;
- валу электродвигателя  $P_{д} = P_1/\eta_{рп} = 4,47/0,95 = 4,70$  кВт.

Определение частоты вращения валов:

- вала электродвигателя  $n_{д} = 2850$  мин<sup>-1</sup>;
- промежуточного вала  $n_{п} = n_{д}/U_{рпф} = 2850/2,1 = 1357,1$  мин<sup>-1</sup>;
- входного вала редуктора  $n_1 = n_{п} = 1357,1$  мин<sup>-1</sup>;
- выходного вала редуктора  $n_2 = n_1/U_{р} = 1357,1/40 = 33,9$  мин<sup>-1</sup>;
- вала рабочей машины  $n_{мф} = n_2 = 33,9$  мин<sup>-1</sup>.

Отклонение от заданной частоты вращения вала рабочей машины

$$\Delta n_{рм} = \frac{n_{мф} - n_{рм}}{n_{рм}} 100 \% = \frac{|33,9 - 34|}{34} 100 \% = 0,3 \% < [\Delta n] = 5 \%$$

Определение вращающих моментов на валах:

- валу двигателя  $T_{д} = 9550 P_{дф}/n_{д} = 9550 \cdot 4,70/2850 = 15,75$  Н · м ;
- промежуточном валу  $T_{п} = 9550 P_{п}/n_{п} = 9550 \cdot 4,47/1357,1 = 31,45$  Н · м ;
- входном валу редуктора  $T_1 = 9550 P_1/n_1 = 9550 \cdot 4,43/1357,1 \approx 31$  Н · м ;
- выходном валу редуктора  $T_2 = 9550 P_2/n_2 = 9550 \cdot 3,5/33,9 = 986$  Н · м ;
- валу рабочей машины  $T_{рм} = 9550 P_{рм}/n_{мф} = 9550 \cdot 3,5/33,9 = 986$  Н · м.

#### **Пример 6. Исходные данные для расчета:**

- синхронная частота вращения вала электродвигателя  $n_c = 1500$  мин<sup>-1</sup>;
  - состав привода: типовой одноступенчатый червячный редуктор с нижним червяком, цепная передача с промежуточным валом;
  - мощность рабочей машины  $P_{рм} = 5,1$  кВт;
  - частота вращения вала рабочей машины  $n_{рм} = 22$  мин<sup>-1</sup>;
  - допускаемое отклонение частоты вращения вала машины  $[\Delta n] = 4 \%$ .
- Кинематическая схема привода показана на рис.1е.

### 6.1. Определение расчетной мощности электродвигателя и выбор его по каталогу

$$P_{\partial p} = P_{pм} / \eta_0 = 5,1 / 0,736 = 6,92 \text{ кВт},$$

где  $\eta_0$  – общий КПД привода,  $\eta_0 = \eta_p \cdot \eta_{цп} \cdot \eta_{п}$ ;

$\eta_p$  – КПД червячного редуктора,  $\eta_p = 0,80$  (табл. 1);

$\eta_{цп}$  – КПД открытой цепной передачи,  $\eta_{цп} = 0,93$  (табл. 1);

$\eta_{п}$  – КПД пары подшипников качения,  $\eta_{п} = 0,99$ .

$$\eta_0 = 0,80 \cdot 0,93 \cdot 0,99 = 0,736.$$

Электродвигатель АИР 132S4 УЗ ГОСТ 31606 – 2012:

$$P_{ном} = 7,5 \text{ кВт}; n_{\partial} = 1440 \text{ мин}^{-1}; d_1 = 38 \text{ мм (табл. 2 и 3)}.$$

### 6.2. Определение общего передаточного числа привода и выбор редуктора

$$U_0 = n_{\partial} / n_{pм} = 1440 / 22 = 65,45.$$

Расчетное передаточное число редуктора  $U_{pp} = U_0 / U_{цп}$ ,

где  $U_{цп}$  – передаточное число цепной передачи.

Принимаем  $U_{цп} = 2,0$  (табл. 1).

Тогда  $U_{pp} = U_0 / U_{цп} = 65,45 / 2 = 32,7$ .

Принимаем  $U_p = 31,5$  (см. табл.1).

Уточнение передаточного числа цепной передачи

$$U_{цпф} = U_0 / U_p = 65,45 / 31,5 = 2,08.$$

Передаточное число цепной передачи оказалось в пределах рекомендуемых величин (см. табл.1).

Необходимый вращающий момент на тихоходном валу редуктора

$$T_{тр} = (9550 P_{\partial p} / n_{\partial}) U_p \eta_p = (9550 \cdot 6,92 / 1440) \cdot 31,5 \cdot 0,80 = 1156,5 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Выбираем червячный редуктор Ч–160М с передаточным числом  $U_p = 31,5$ ,

$T_T = 1600 \text{ Н} \cdot \text{м}$  при частоте вращения червяка  $n_{\phi} = 1500 \text{ мин}^{-1}$ ,  $\eta_{pф} = 0,83$ .

Допускаемая радиальная нагрузка на входном валу  $F_1 = 1900 \text{ Н}$ , на выходном валу  $F_2 = 10000 \text{ Н}$  (см. Приложение 3).

Редуктор Ч–160М–31,5–52–1–2–К2–Ц–У3.

Фактическая расчетная мощность электродвигателя

$$P_{\partial ф} = P_{pм} / (\eta_{pф} \cdot \eta_{цп} \cdot \eta_{п}) = 5,1 / (0,83 \cdot 0,93 \cdot 0,99) = 6,66 \text{ кВт}.$$

### 6.3. Определение мощностей, частот вращения и вращающих моментов на валах привода

Определение мощности на валах:

- вала рабочей машины  $P_{рм} = 5,1$  кВт ;
- промежуточном валу  $P_{п} = P_{рм}/\eta_{цп} = 5,14,3/0,93 = 5,48$  кВт ;
- выходном валу редуктора  $P_2 = P_{п}/\eta_{п} = 5,48/0,99 = 5,53$  кВт ;
- входном валу редуктора  $P_1 = P_2/\eta_{рф} = 5,53/0,83 = 6,66$  кВт ;
- валу электродвигателя  $P_{д} = P_1 = 6,66$  кВт.

Определение частоты вращения валов:

- вала электродвигателя  $n_{д} = 1440$  мин<sup>-1</sup>;
- входного вала редуктора  $n_1 = n_{д} = 1440$  мин<sup>-1</sup>;
- выходного вала редуктора  $n_2 = n_1/U_p = 1440/31,5 = 45,7$  мин<sup>-1</sup>;
- промежуточного вала  $n_{п} = n_2 = 45,7$  мин<sup>-1</sup>;
- вала рабочей машины  $n_{рмф} = n_{п}/U_{цпф} = 45,7/2,08 = 21,97$  мин<sup>-1</sup>.

Определение вращающих моментов на валах:

- валу двигателя  $T_{д} = 9550 P_{дф}/n_{д} = 9550 \cdot 6,66/1440 = 44,17$  Н · м ;
- входном валу редуктора  $T_1 = 9550 P_1/n_1 = 9550 \cdot 6,66/1440 = 44,2$  Н · м ;
- выходном валу  $T_2 = 9550 P_2/n_2 = 9550 \cdot 5,53/45,7 \approx 1156$  Н · м ;
- промежуточном валу  $T_n = 9550 P_n/n_n = 9550 \cdot 5,48/45,7 = 1144,9$  Н · м ;
- валу рабочей машины  $T_{рм} = 9550 P_{рм}/n_{рмф} = 9550 \cdot 5,1/21,97 = 2217$  Н · м.

## 4. ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЙ РАСЧЕТ И КОНСТРУИРОВАНИЕ ПРОМЕЖУТОЧНОГО ВАЛА ПРИВОДА

Промежуточные валы привода имеют концевые участки, участки под манжетные уплотнения и для установки подшипников.

Возможные конструкции промежуточных валов привода показаны на рис. 2.

Предварительное значение диаметра концевого участка стального вала определяют по формуле

$$d_{1п} \geq \sqrt[3]{\frac{T_{п} \cdot 10^3}{0,2 \cdot [\tau_{кр}]}} , \text{ мм},$$

где  $T_{п}$  – вращающий момент на промежуточном валу, Н · м;

$[\tau_{кр}]$  – допускаемое напряжение кручения,  $[\tau_{кр}] = (15 \div 25)$  МПа.

Для выбора стандартной муфты диаметр конца вала должен быть согласован с диаметром входного или выходного вала выбранного редуктора, т.е. желательно соблюдать условие  $d_{1п} = (0,8 \div 1,2)d_{в}$ ,

где  $d_{в}$  – диаметр конца входного или выходного вала выбранного редуктора.

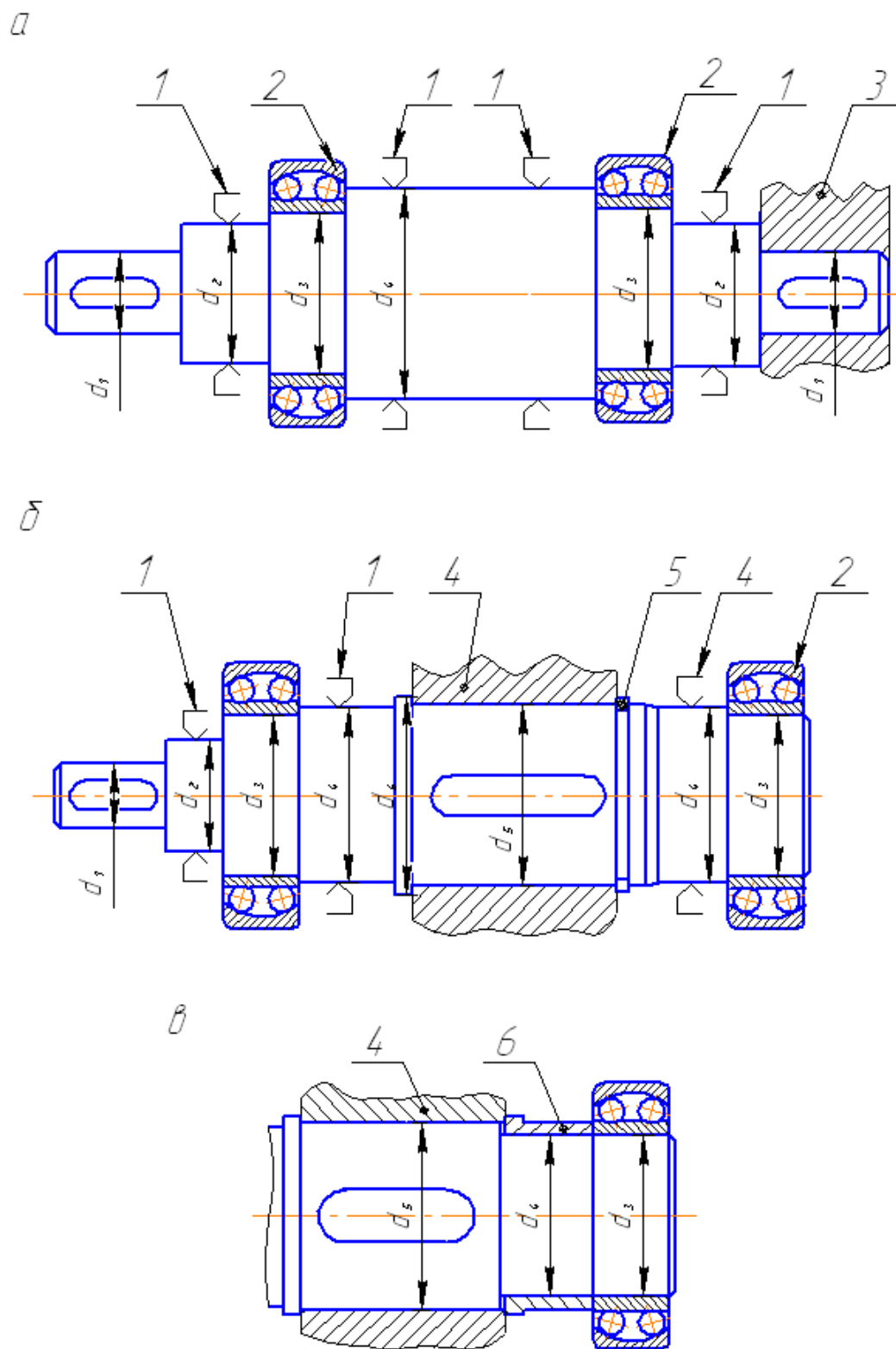


Рис. 2. Конструкции промежуточных валов приводных станций:  
 а – с цепной (ременной) передачей; б, в – с шестерней цилиндрической зубчатой передачей: 1 – манжета; 2 – подшипник; 3 – ведущая звездочка (шкив ременной передачи); 4 – шестерня; 5 – кольцо (ГОСТ 13942-86); 6 – распорная втулка

Полученное значение  $d_{1п}$  согласовать с ближайшей большей величиной из ГОСТ 6636-69 «Нормальные линейные размеры».

Диаметр участка вала под манжетное уплотнение

$$d_2 = d_{1п} + (5 \div 10) \text{ мм} - \text{необходимо согласовать с ГОСТ 8752-79.}$$

Диаметр участка вала под подшипник (кратное 5)  $d_3 = d_2 + (2 \div 5) \text{ мм}$ .

Диаметр участка вала под второе манжетное уплотнение

$$d_4 = d_3 + 5 \text{ мм (согласовать с ГОСТ 8752-79).}$$

Диаметр вала под шестерней открытой зубчатой передачи

$$d_5 = d_4 + 5 \text{ мм.}$$

Диаметр упорного буртика  $d_6 = d_5 + 10 \text{ мм}$ .

Пример обозначения манжеты типа 1 для вала диаметром  $d_2 = 40 \text{ мм}$  с наружным диаметром  $D_1 = 65 \text{ мм}$  из резины 3-й группы:

«Манжета 1 – 40 × 65 – 3 ГОСТ 8752-79».

Подшипники устанавливают на вал до упора в заплечики. В средней части вала между подшипниковыми опорами обычно размещают шестерню 4 (см. рис. 2) открытой зубчатой передачи, которая упирается в буртик. Иногда между подшипником и шестерней располагают распорную втулку 6. Длину посадочного конца вала предварительно принимают  $l = (1,2 \div 1,5) d_{1п}$ , а окончательно получают после выбора муфты, размеров ступицы шкива или звездочки. Длину остальных участков вала определяют конструктивно при выполнении сборочного чертежа промежуточного вала.

Вал электродвигателя, входной и выходной валы редуктора, промежуточный вал имеют цилиндрические или конические концевые участки для установки полумуфт, шкивов или звездочек. Для осевого фиксирования детали применяют концевые шайбы (см. рис. 3 и табл. 6).

Для передачи вращающего момента обычно используют соединение призматической шпонкой по ГОСТ 23360-78. Длина шпонки обычно на  $(5 \div 10) \text{ мм}$  короче ступицы насаженной детали.

## 5. ВЫБОР ПОДШИПНИКОВ ПРОМЕЖУТОЧНОГО ВАЛА

По диаметру вала  $d_3$  выбираем шариковые радиальные сферические двухрядные подшипники средней серии по ГОСТ 28428-90.

Пример обозначения подшипника для диаметра  $d_3 = 50 \text{ мм}$ :

«Подшипник 1310 ГОСТ 28428-90».

Из таблицы ГОСТ 28428-90 выписываем основные размеры и силовые параметры выбранного подшипника:

$$d = \dots \text{ мм}; \quad D = \dots \text{ мм}; \quad B = \dots \text{ мм}; \quad Cr = \dots \text{ кН}; \quad Cor = \dots \text{ кН}.$$



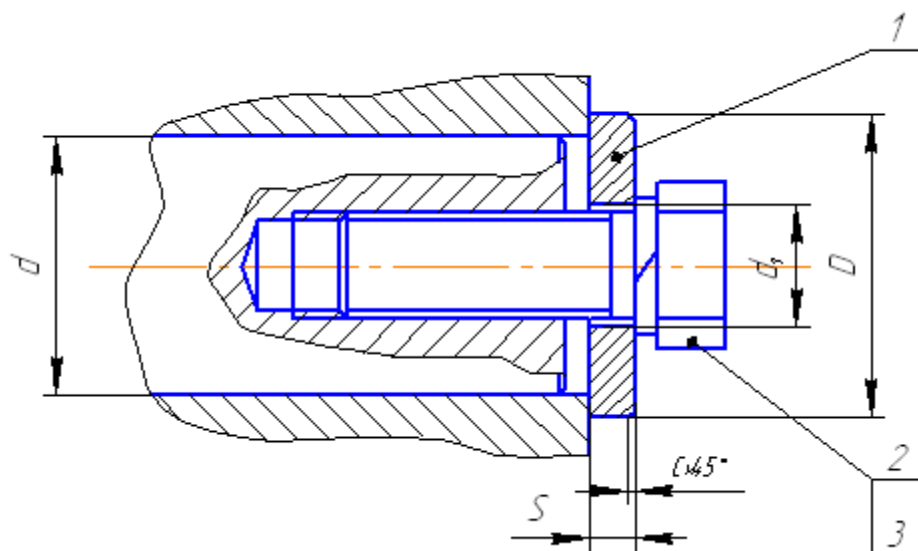


Рис. 3. Торцовое крепление детали на валах:

1 - шайба концевая; 2 - болт по ГОСТ 7796 - 70; 3 - шайба по ГОСТ 6402 - 70

Таблица 6. Размеры шайбы концевой, мм

Диаметр вала, d	D	S	d <sub>1</sub>	c	Размеры болта, d x l
25 - 30	40	5	9	1,0	M8 x 20
32 - 35	45	5	9	1,0	M8 x 20
36 - 40	50	5	11	1,0	M10 x 25
40 - 45	50	5	11	1,0	M10 x 25
46 - 50	56	5	11	1,6	M10 x 30
50 - 55	60	5	13	1,6	M12 x 35
55 - 60	65	6	13	1,6	M12 x 35
60 - 65	70	6	13	1,6	M12 x 35
66 - 70	80	6	13	2,0	M12 x 35
70 - 75	85	8	17	2,0	M16 x 40
75 - 80	90	8	17	2,0	M16 x 40
80 - 85	95	8	17	2,0	M16 x 40
85 - 90	100	8	17	2,0	M16 x 40

## 6. ВЫБОР КОРПУСА И КРЫШЕК ПОДШИПНИКОВ

По наружному диаметру подшипников ( $D$ ) выбираем узкие корпуса типа УМ по ГОСТ 13218.3...4 – 80 (см. рис. 4 и 5, табл. 7 и 8) и низкие крышки подшипников: глухие ГН по ГОСТ 13219.1...2 - 81(рис. 6. и 7, табл. 9 и 10); сквозные МН по ГОСТ 13219.5...6 - 81(рис. 8 и 9, табл. 11 и 12).

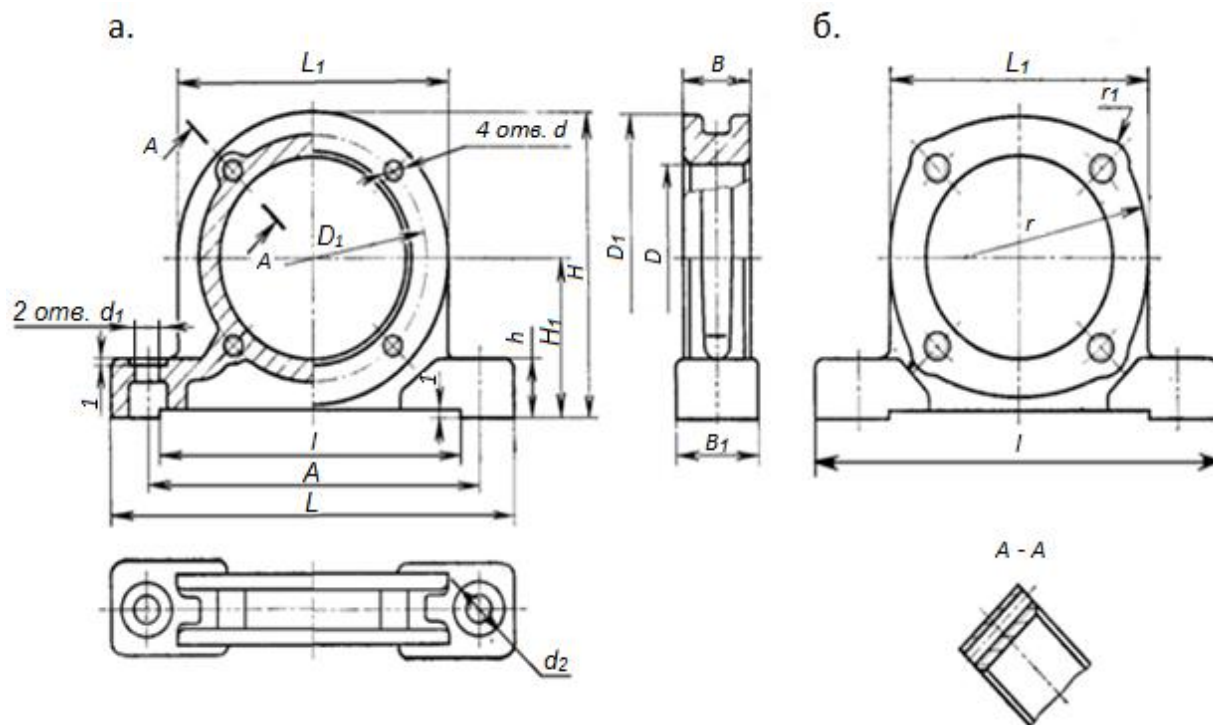


Рис. 4. Корпуса типа УМ подшипников качения по ГОСТ 13218.3 – 80:  
 а – для диаметра  $D = 110 \div 150$  мм; б – для диаметра  $D = 80 \div 100$  мм

Таблица 7. Размеры корпуса типа УМ по ГОСТ 13218.3 – 80, мм

Обозначение корпуса	$D(H7)$	$D_1$	$d$	$d_1$	$d_2$	$A$	$B$	$B_1$	$L$	$L_1=D_2$	$l$	$H$	$H_1$	$h$	$r$
УМ 80	80	100	M8	13	26	135	35	42	180	110	110	113	58	19	75
УМ 85	85	105	M8	13	26	140	35	42	185	115	116	120,5	63	19	75
УМ 90	90	110	M10	15	26	155	38	42	195	125	128	130,5	68	22	80
УМ 100	100	120	M10	17	32	165	40	48	215	135	142	139,5	72	24	85
УМ 110	110	130	M10	17	32	185	45	48	235	155	164	157,5	80	26	-
УМ 120	120	145	M12	17	32	210	48	48	260	175	194	179,5	92	32	-
УМ 125	125	150	M12	17	32	220	48	48	270	180	204	188	98	34	-
УМ 130	130	155	M12	17	32	225	50	54	280	185	204	190,5	98	35	-
УМ 140	140	165	M12	22	40	235	52	58	295	195	206	199,5	102	35	-
УМ 150	150	180	M12	22	40	255	55	58	315	210	230	215,5	110	40	-

Примечание. Пример условного обозначения корпуса УМ  $D = 90$  мм:

Корпус УМ 90 ГОСТ 13218.3 – 80

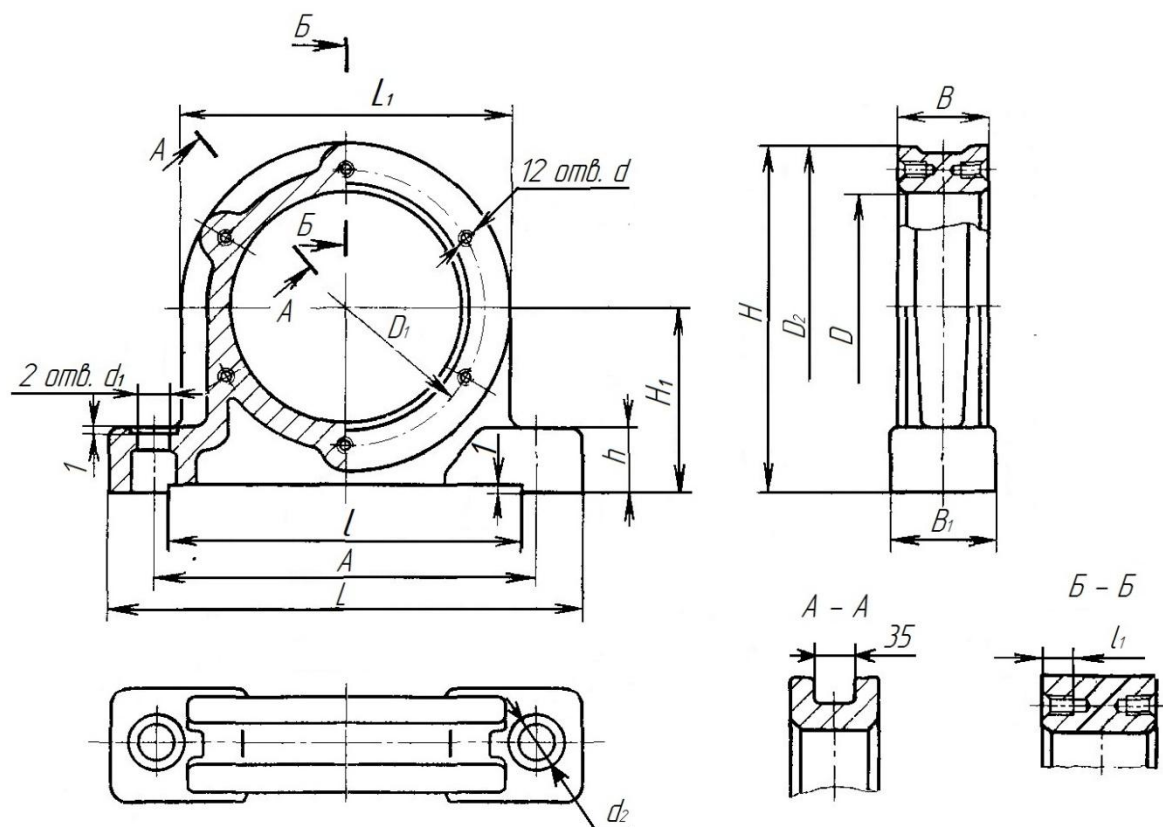


Рис. 5. Корпуса типа УМ подшипников качения по ГОСТ 13218.4 – 80 для диаметра  $D = 160 \div 250$  мм

Таблица 8. Размеры корпуса типа УМ подшипников качения по ГОСТ 13218.4 – 80, мм

Обозначение корпуса	D	$D_1$	$D_2$	d	$d_1$	$d_2$	A	B	$B_1$	L	$L_1$	l	H	$H_1$	h
УМ 160	160	190	220	M12	22	40	260	60	64	315	220	240	230	120	40
УМ 170	170	200	230	M12	22	40	280	63	66	335	230	260	240	125	40
УМ 180	180	210	240	M12	22	40	290	68	76	355	240	265	250	130	40
УМ 190	190	220	250	M14	22	40	295	70	82	350	250	280	260	135	40
УМ 200	200	230	260	M14	22	40	300	75	82	355	260	280	270	140	40
УМ 215	215	250	285	M14	22	40	325	85	85	385	285	300	292,5	150	45
УМ 225	225	260	295	M16	26	45	340	80	80	410	295	310	307,5	160	48
УМ 230	230	270	305	M16	26	45	350	90	78	420	305	325	317,5	165	50
УМ 240	240	280	315	M16	26	45	360	82	80	430	315	335	327,5	170	50
УМ 250	250	290	352	M16	26	45	370	95	78	440	325	350	337,5	175	50

Примечания: 1. Материал корпусов – чугун Сч 21 ГОСТ 1412 – 85; 2. Размер  $l_1 = 2d$ ;

3. Пример условного обозначения корпуса типа УМ  $D = 200$  мм:

Корпус УМ 200 ГОСТ 13218.4 – 80

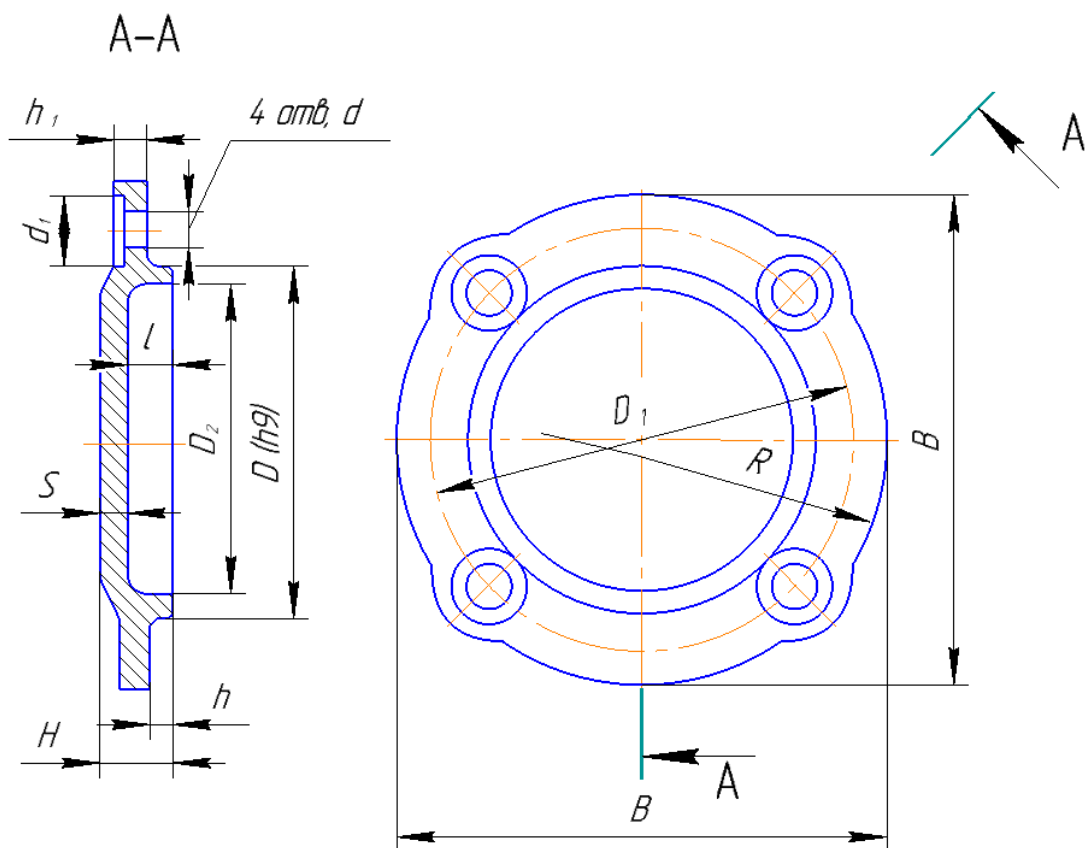


Рис. 6. Крышка низкая глухая диаметром  $D = 52 \div 100$  мм

Таблица 9. Размеры крышек низких глухих по ГОСТ 13219.1– 81, мм

Обозначение крышки	D	D <sub>1</sub>	D <sub>2</sub>	B	d	d <sub>1</sub>	H	h	h <sub>1</sub>	l	S	R
ГН 52	52	70	45	72	9	18	13	4	6	8	5	-
ГН 62	62	80	55	85								70
ГН 72	72	90	65	98								75
ГН 80	80	100	72	110								75
ГН 85	85	105	78	115								75
ГН 90	90	110	80	125	11	20	16	5	7	10	6	80
ГН 100	100	120	90	135								85

Примечание. Пример условного обозначения низкой глухой крышки диаметром  $D=80$  мм:

Крышка ГН 80 ГОСТ 13219.1–81

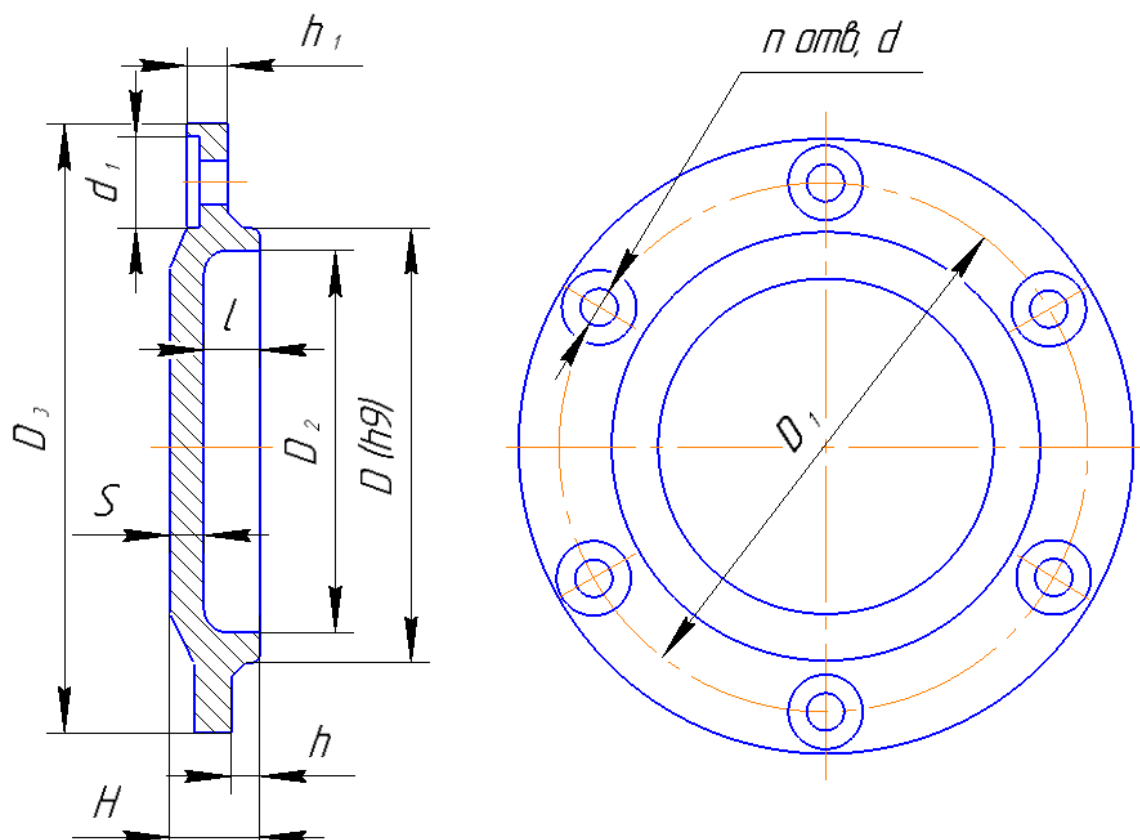


Рис. 7. Крышка низкая глухая диаметром  $D = 110 \div 260$  мм

Таблица 10. Размеры крышек низких глухих по ГОСТ 13219.2– 81, мм

Обозначение крышки	D	D <sub>1</sub>	D <sub>2</sub>	D <sub>3</sub>	d	d <sub>1</sub>	n	H	h	h <sub>1</sub>	l	S
ГН 110	110	130	100	155	11	20	4	16	5	7	10	6
ГН 120	120	145	110	175	13	24		17				
ГН 125	125	150	116	180				21		6		
ГН 130	130	155	118	185								
ГН 140	140	165	128	195								
ГН 150	150	180	138	210								
ГН 160	160	190	148	220								
ГН 170	170	200	158	230								
ГН 180	180	210	165	240				25				
ГН 190	190	220	175	250			15	26	26	10	18	8
ГН 200	200	230	185	260								
ГН 215	215	250	200	285								
ГН 225	225	260	210	295								
ГН 230	230	270	216	305								
ГН 240	240	280	225	315	17	30	6	27	8	12	18	9
ГН 250	250	290	236	325								
ГН 260	260	300	245	335								

Примечание. Пример условного обозначения низкой глухой крышки  $D = 140$  мм:

ГН 140 ГОСТ 13219.2– 81

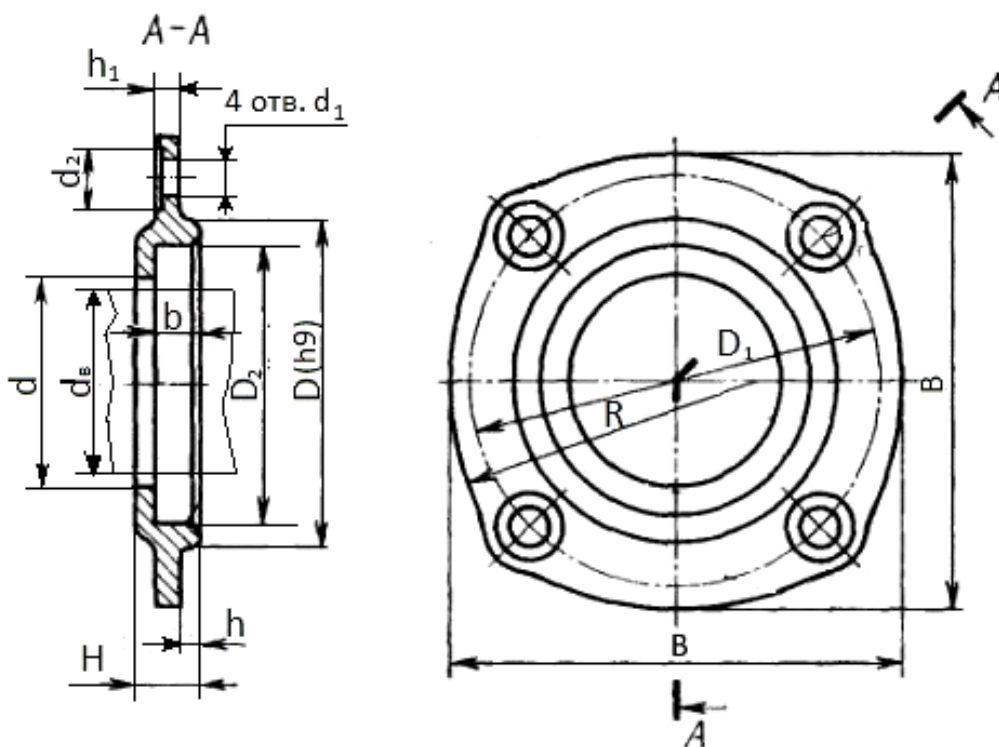


Рис.8. Крышка низкая сквозная диаметром  $D = 62 \div 100$  мм

Таблица 11. Размеры крышек сквозных низких по ГОСТ 13219.5– 81, мм

Обозначение крышки	D	$d_{в, макс}$	$d, макс$	$D_1$	$D_2, макс$	$d_1$	$d_2$	B	b	H	h	$h_1$	R
МН 62xd	62	32	33	80	52	9	18	85	11,0	17	4	6	75
МН 72xd	72	38	39	90	58			98					
МН 72xd		45	46		65			110					
МН 80xd	80	45	46	100	70			125					
МН 80xd		50	51		135	13,6	21						
МН 90xd	90	50	51	110	80	11	20	135	13,6	21	5	7	85
МН 100xd	100	55	56	120									
МН 100xd		65	66		90	90							

Примечания: 1.  $d_{в макс}$  – наибольший диаметр вала или втулки; 2. Пример условного обозначения низкой сквозной крышки диаметром  $D = 80$  мм,  $d_{в} = 45$  мм:

Крышка МН 80x45 ГОСТ 13219.5 – 81

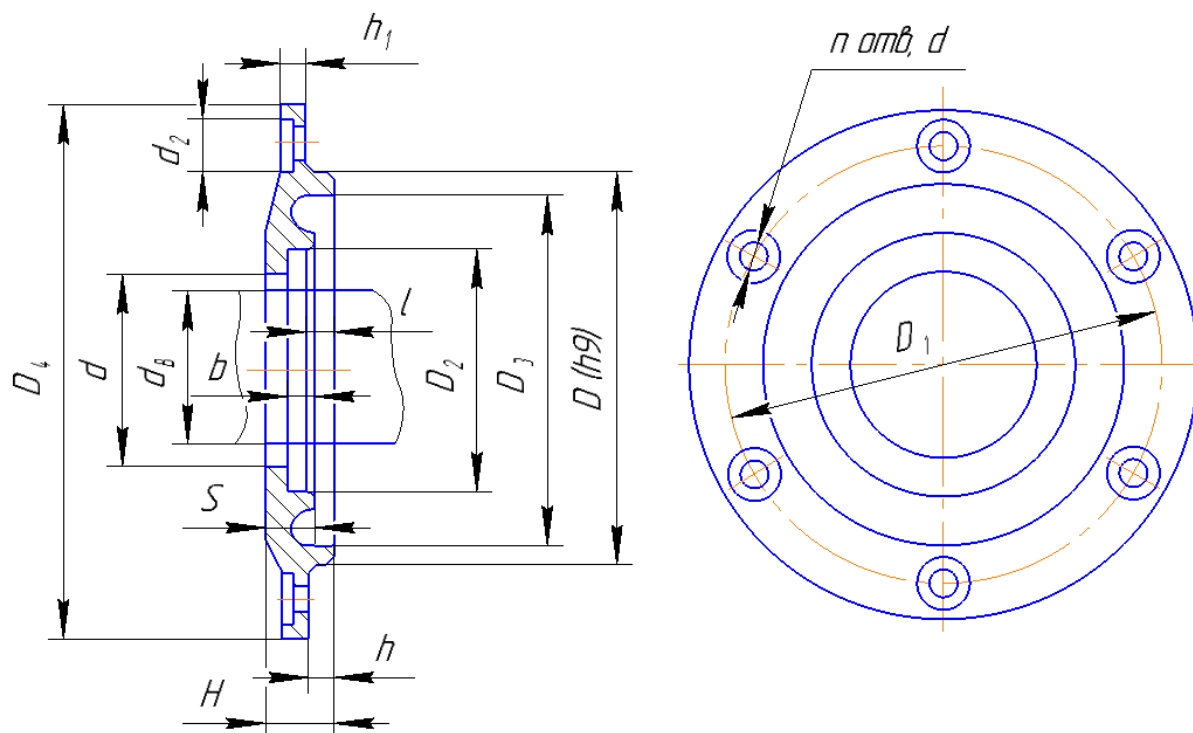


Рис. 9. Крышка низкая сквозная диаметром  $D = 110 \div 260$  мм

Таблица 12. Размеры низких сквозных крышек по ГОСТ 13219.6– 81

Обозначение крышки	D	d <sub>в, макс</sub>	d, макс	D <sub>1</sub>	D <sub>2, макс</sub>	D <sub>3</sub>	D <sub>4</sub>	d <sub>1</sub>	d <sub>2</sub>	n	b	H	h	h	l	s
МН 110xd	110	60	62	130	85	100	155	11	20	4	16	21	5	7	3	18
МН 110xd	110	75	77	130	100	100	155	11	20	4	16	21	5	7	3	18
МН 120xd	120	65	67	145	90	110	175	13	24	4	16	22	5	9	3	19
МН 120xd	120	80	82	145	105	110	175	13	24	4	16	22	5	9	3	19
МН 130xd	130	75	77	155	100	118	185	13	24	4	16	22	6	9	3	19
МН 140xd	140	80	82	165	105	128	195	13	24	4	16	22	6	9	3	19
МН 140xd	140	95	97	165	120	128	195	13	24	4	16	22	6	9	3	19
МН 150xd	150	85	87	180	110	138	210	13	24	4	16	22	6	9	3	19
МН 150xd	150	100	102	180	125	138	210	13	24	4	16	22	6	9	3	19

Обозначение крышки	D	d <sub>в</sub> , макс	d, макс	D <sub>1</sub>	D <sub>2</sub> , макс	D <sub>3</sub>	D <sub>4</sub>	d <sub>1</sub>	d <sub>2</sub>	n	b	H	h	h <sub>1</sub>	l	s
МН 160xd	160	90	92	190	120	148	220	13	24	6	17	22	6	9	3	19
МН 160xd	160	105	107	190	130	148	220	13	24	6	17	22	6	9	3	19
МН 170xd	170	95	97	200	120	158	230	13	24	6	17	22	6	9	3	19
МН 170xd	170	110	112	200	135	158	230	13	24	6	17	22	6	9	3	19
МН 180xd	180	100	102	210	125	165	240	13	24	6	17	22	6	9	3	19
МН 180xd	180	115	117	210	145	165	240	13	24	6	17	22	6	9	3	19
МН 190xd	190	105	107	220	130	175	250	15	26	6	17	23	6	10	3	20
МН 190xd	190	120	122	220	150	175	250	15	26	6	17	23	6	10	3	20
МН 200xd	200	110	112	230	135	185	260	15	26	6	17	23	6	10	3	20
МН 200xd	200	125	127	230	155	185	260	15	26	6	17	23	6	10	3	20
МН 215xd	215	115	118	250	145	200	235	15	26	6	17	23	8	10	3	24
МН 215xd	215	140	143	250	170	200	235	15	26	6	20	27	8	10	3	24
МН 225xd	225	115	118	260	145	210	295	17	30	6	17	24	8	12	3	21
МН 230xd	230	150	153	270	180	216	305	17	30	6	20	28	8	12	3	25
МН 240xd	240	125	128	280	155	225	315	17	30	6	17	24	8	12	3	21
МН 250xd	250	160	163	290	190	236	325	17	30	6	22	29	8	12	4	25
МН 260xd	260	140	143	300	170	245	335	17	30	6	22	29	8	12	4	25

Примечания: 1. d<sub>в</sub> – диаметр вала или втулки; 2. Пример условного обозначения низкой сквозной крышки диаметром D = 140мм, d<sub>в</sub> = 80мм:

Крышка МН 140x80 ГОСТ 13219.6–81



## 7. ВЫБОР СТАНДАРТНОЙ МУФТЫ. ПРОВЕРКА ЭЛЕМЕНТОВ МУФТЫ

Муфта предназначена для соединения концов валов и передачи вращающего момента.

Основной характеристикой нагруженности муфты является номинальный вращающий момент ( $T_H$ ), установленный стандартом. Муфты выбирают по большему диаметру концов валов и по расчетному вращающему моменту.

Расчетный вращающий момент, действующий на муфту

$$T_p = K \cdot T_i \leq T_H, \text{ Н} \cdot \text{м},$$

где  $K$  – коэффициент динамичности нагрузки (табл. 13);

$T_i$  – наибольший вращающий момент на соединяемом валу привода, Н·м;

$T_H$  – номинальный вращающий момент – момент, передаваемый муфтой при длительном режиме работы с постоянной нагрузкой и постоянным направлением вращения, Н·м.

Таблица 13. Рекомендуемые значения коэффициента динамичности нагрузки

Вид рабочей машины	$K$
Конвейеры ленточные	1,20 ÷ 1,5
Дозаторы, питатели, воздуходувки	1,25 ÷ 2,0
Конвейеры цепные, пластинчатые, скребковые, винтовые	1,5 ÷ 2,0
Насосы центробежные	2,0 ÷ 3,0
Оборудование ЦБП	2,0 ÷ 2,5

Стандартные муфты изготавливаются с цилиндрическим и коническим посадочными отверстиями, а каждый тип – двух исполнений: для длинных и коротких концов валов. Исполнение полумуфты зависит от длины соединяемых концов валов. Допускается сочетание полумуфт разных типов и исполнений с различными диаметрами посадочных отверстий в пределах одного номинального вращающего момента. В отдельных случаях по заказу потребителя допускается посадочное отверстие в одной из полумуфт выполнять меньшего диаметра из установленных стандартом для других номинальных вращающих моментов.

Основные параметры и размеры наиболее часто применяемых в приводах типов механических муфт приведены в учебном пособии [4].

После выбора муфты выполняют проверочные расчеты ее элементов [4].

## Установка полумуфт на валах

Способы установки и крепления полумуфт на цилиндрических и конических концах валов показаны на рис. 10. При постоянном направлении вращения и умеренно нагруженных валах ( $\tau_{кр} \leq 15 \text{ Н/мм}^2$ ) полумуфты на цилиндрические концы валов сажают по переходным посадкам типа Н7/к6; Н7/м6. При реверсивной работе, а также тяжело нагруженных валах ( $\tau_{кр} > 15 \text{ Н/мм}^2$ ) применяют посадку Н7/п6. При больших нагрузках, работе с толчками, ударами и реверсивной работе предпочтительно полумуфты устанавливать на конические концы валов.

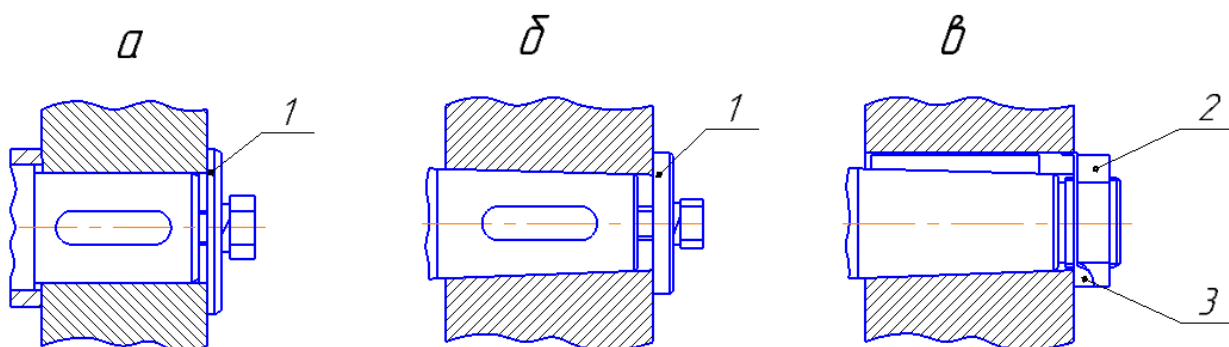


Рис.10. Способы крепления полумуфт на концах валов:

а – на цилиндрический конец концевой шайбой 1; б – на конический конец концевой шайбой 1 (рис. 3 и табл. 6); в – на конический конец гайкой 2 (ГОСТ 5916-70) и стопорной шайбой 3 (ГОСТ 13465-77)

## 8. ПРОВЕРОЧНЫЙ РАСЧЕТ ПОДШИПНИКОВ ПРОМЕЖУТОЧНОГО ВАЛА

### 8.1. Исходные данные для расчета:

– Усилие от муфты  $F_m$ : зубчатой при цепной и открытой зубчатой передачах, а при ременной передаче от упругой втулочно-пальцевой муфты.

– Усилия от передач:

а. Усилие от ремня на вал  $F_p = \dots$ , Н;

б. Усилие от цепи на вал  $F_b = 1,15 \cdot F_t = \dots$ , Н.

Цепная передача располагается под углом  $45^\circ$  к горизонтальной плоскости  $F_{BX} = F_{BY} = F_b \cdot \cos 45^\circ = \dots$ , Н;

в. Зубчатой: окружное усилие  $F_t = \dots$ , Н;

– радиальное усилие в зацеплении  $F_r = F_t \cdot \operatorname{tg} \alpha = F_t \cdot \operatorname{tg} 20^\circ = \dots$ , Н.

## 8.2. Составление расчетной схемы вала. Определение реакций опор

В горизонтальной плоскости (ГП) действуют:

- усилие от муфты  $F_M$ ;
- усилие от ременной передачи  $F_p$ ;
- составляющая усилия от цепной передачи  $F_{BX}$ ;
- радиальное усилие в открытой зубчатой передаче  $F_r$ .

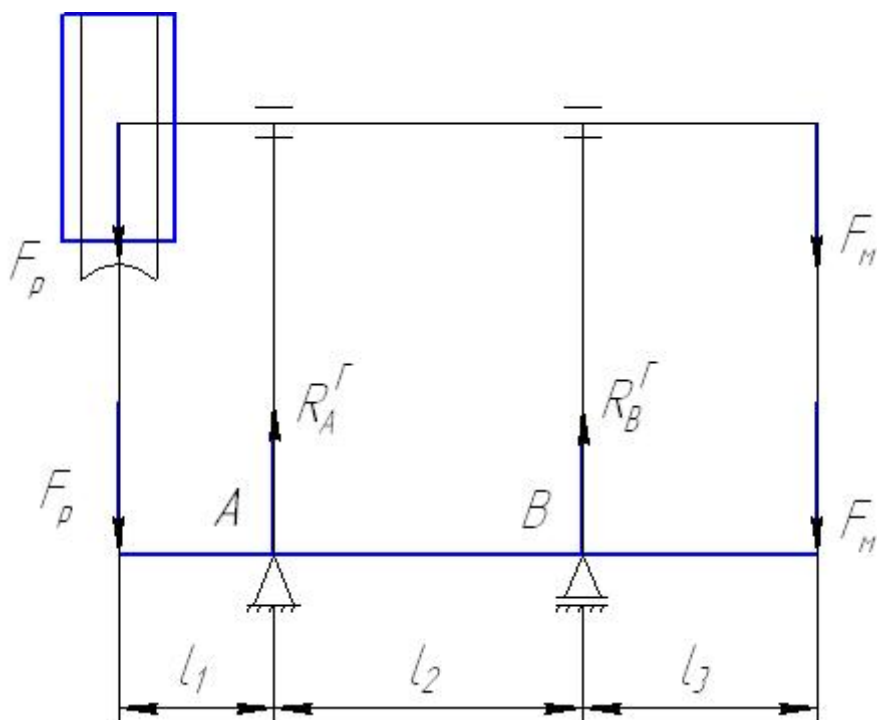
В вертикальной плоскости (ВП) действуют:

- составляющая усилия от цепной передачи  $F_{BY}$ ;
- окружное усилие в открытой зубчатой передаче  $F_t$ .

Длины участков вала определяются из сборочного чертежа вала.

Реакции опор (нагрузка на выбранные подшипники) в вертикальной и горизонтальной плоскостях определяются из уравнений равновесия плоской системы сил.

### 8.2.1. Промежуточный вал с ременной передачей



$$l_1 = \dots;$$

$$l_2 = \dots;$$

$$l_3 = \dots$$

( $l_3$  – расстояние от центра подшипника до середины участка под полумуфту).

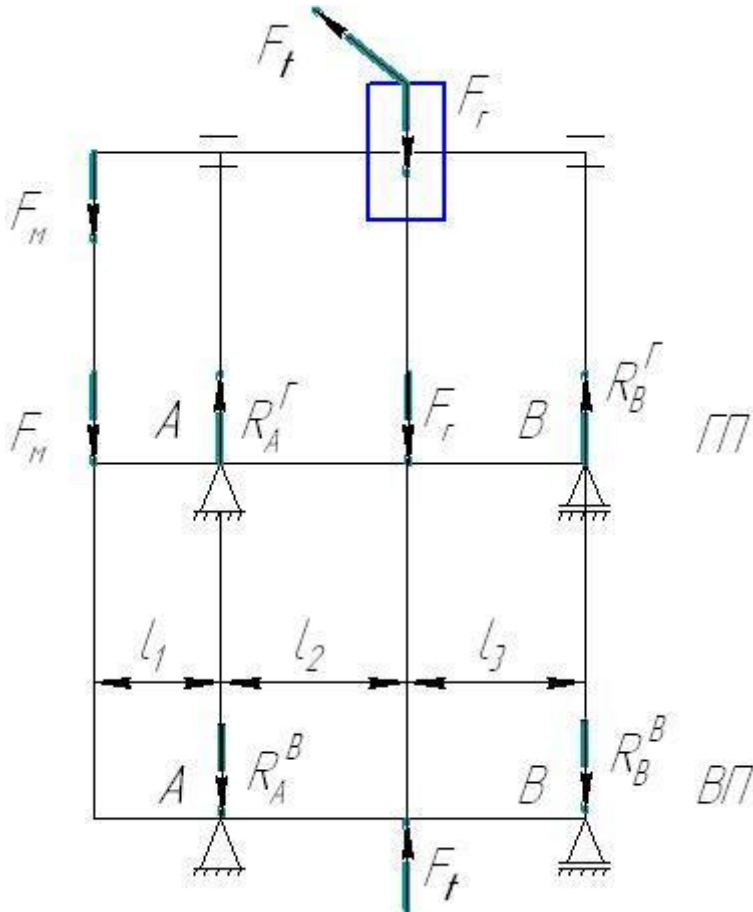
Определение реакций опор в горизонтальной плоскости

$$\sum M_A = 0; \quad -F_M(l_2 + l_3) + R_B^\Gamma \cdot l_2 + F_p \cdot l_1 = 0, \quad R_B^\Gamma = \dots, \text{ Н.}$$

$$\sum M_B = 0; \quad -F_M \cdot l_3 - R_A^\Gamma \cdot l_2 + F_p(l_1 + l_3) = 0, \quad R_A^\Gamma = \dots, \text{ Н.}$$

Проверка:  $\sum X = 0$ ;  $-F_p + R_A^\Gamma + R_B^\Gamma - F_M = 0$ .  
 $F_{rB} = R_B^\Gamma = \dots$ ;  $F_{rA} = R_A^\Gamma = \dots$

### 8.2.2. Промежуточный вал с зубчатой передачей



$$l_1 = \dots; l_2 = \dots; l_3 = \dots$$

( $l_1$  – расстояние от центра подшипника до середины участка под полушфту).

Определение реакций опор от сил в горизонтальной плоскости (ГП)

$$\sum M_A = 0; \quad F_M \cdot l_1 - F_r \cdot l_2 + R_B^\Gamma \cdot (l_2 + l_3) = 0, \quad R_B^\Gamma = \dots, \text{ Н.}$$

$$\sum M_B = 0; \quad F_M \cdot (l_1 + l_2 + l_3) - R_A^\Gamma \cdot (l_2 + l_3) + F_r \cdot l_3 = 0, \quad R_A^\Gamma = \dots, \text{ Н.}$$

Проверка:  $\sum X = 0$ ;  $-F_M + R_A^\Gamma - F_r + R_B^\Gamma = 0$ .

Определение реакций опор от сил в вертикальной плоскости (ВП)

$$\sum M_A = 0; \quad F_t \cdot l_2 - R_B^B \cdot (l_2 + l_3) = 0, \quad R_B^B = \dots, \text{ Н.}$$

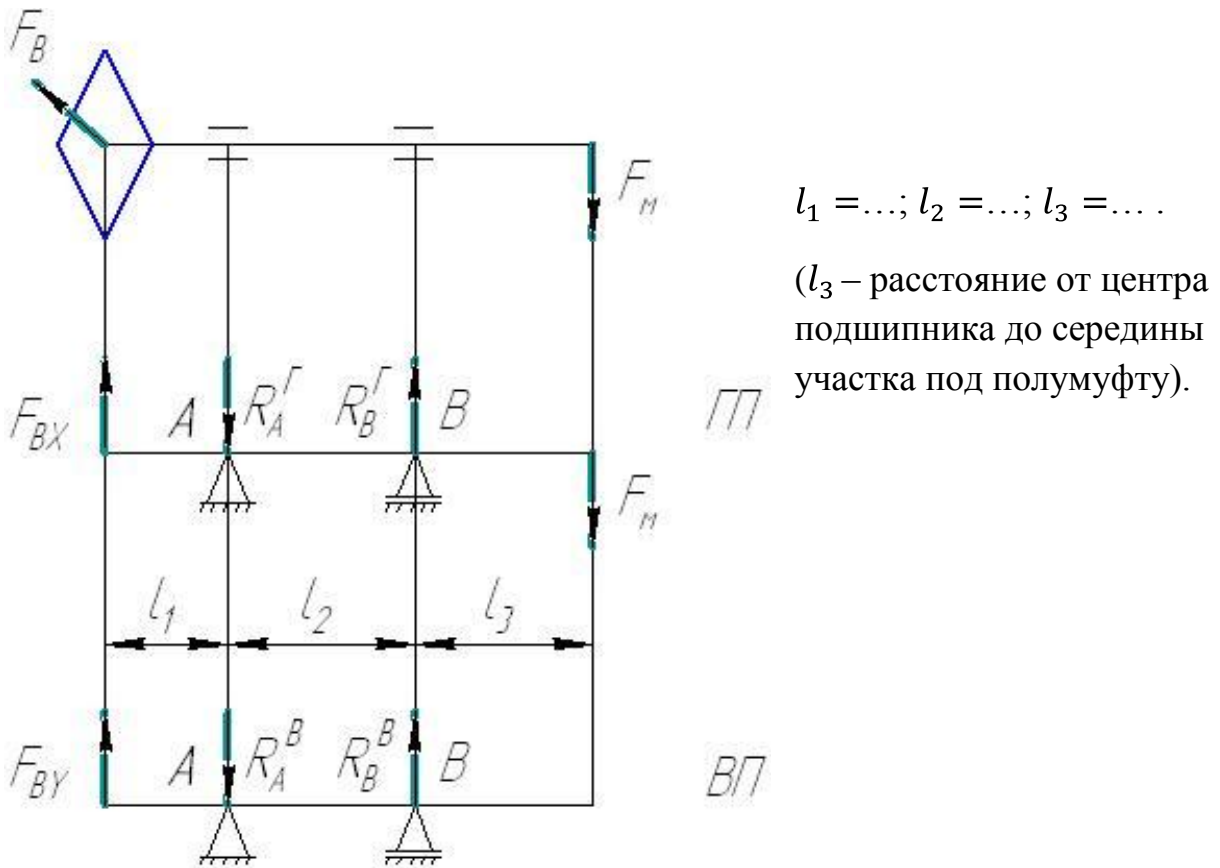
$$\sum M_B = 0; \quad R_A^B \cdot (l_2 + l_3) - F_t \cdot l_3 = 0. \quad R_A^B = \dots, \text{ Н.}$$

Проверка:  $\sum Y = 0$ ;  $-R_A^B + F_t - R_B^B = 0$ .

Суммарные реакции опор:

$$F_{rA} = R_A = \sqrt{(R_A^\Gamma)^2 + (R_A^B)^2}; \quad F_{rB} = R_B = \sqrt{(R_B^\Gamma)^2 + (R_B^B)^2}.$$

### 8.2.3. Промежуточный вал с цепной передачей



Определение реакций опор в горизонтальной плоскости (ГП)

$$\begin{aligned} \sum M_A = 0; & \quad -F_M \cdot (l_2 + l_3) + R_B^\Gamma \cdot l_2 - F_{BX} \cdot l_1 = 0, & R_B^\Gamma = \dots, \text{ Н}, \\ \sum M_B = 0; & \quad -F_M \cdot l_3 + R_A^\Gamma \cdot l_2 - F_{BX} \cdot (l_2 + l_1) = 0, & R_A^\Gamma = \dots, \text{ Н}. \end{aligned}$$

Проверка:  $\sum X = 0; \quad F_{BX} - R_A^\Gamma + R_B^\Gamma - F_M = 0.$

Определение реакций опор в вертикальной плоскости (ВП)

$$\begin{aligned} \sum M_A = 0; & \quad R_B^B \cdot l_2 - F_{BY} \cdot l_1 = 0, & R_B^B = \dots, \text{ Н}, \\ \sum M_B = 0; & \quad -F_{BY} \cdot (l_1 + l_2) + R_A^B \cdot l_2 = 0, & R_A^B = \dots, \text{ Н}. \end{aligned}$$

Проверка:  $\sum Y = 0$ ;  $F_{BY} - R_A^B + R_B^B = 0$ .

Суммарные реакции опор:

$$F_{rA} = R_A = \sqrt{(R_A^G)^2 + (R_A^B)^2}; \quad F_{rB} = R_B = \sqrt{(R_B^G)^2 + (R_B^B)^2}.$$

### 8.3. Проверочный расчет подшипников промежуточного вала

Силовые параметры выбранного подшипника (см. с.24):  $C_r$  – базовая динамическая грузоподъемность, Н.

Расчет выполняется для наиболее нагруженной опоры.

Пригодность подшипников определяется условием

$$L_{10h} \geq L_h,$$

где  $L_h = 12000$ ч – требуемая долговечность подшипника, ч;

$L_{10h}$  – базовая долговечность подшипника, ч.

$$L_{10h} = \frac{10^6 \cdot a_1 \cdot a_{23}}{60 \cdot n} \cdot \left(\frac{C_r}{P_r}\right)^k, \text{ ч},$$

где  $a_1$  – коэффициент, корректирующий ресурс в зависимости от надежности. При вероятности безотказной работы  $S_t = 0,9$  или 90% –  $a_1 = 1,0$ ;

$a_{23} = (0,5 \div 0,6)$  – для сферических шарикоподшипников при обычных условиях работы;

$k = 3$  – для шариковых подшипников;  $k = 10/3$  – для роликовых подшипников;

$n$  – частота вращения промежуточного вала,  $\text{мин}^{-1}$ .

$P_r$  – эквивалентная динамическая нагрузка на подшипник

$$P_r = V \cdot F_r \cdot K_B \cdot K_T, \text{ Н},$$

где  $V$  – коэффициент вращения кольца. При вращении внутреннего кольца подшипника  $V = 1,0$ ;

$K_B = (1,3 \div 1,5)$  – коэффициент динамичности нагрузки (умеренные толчки нагрузки до 150%);

$K_T = 1$  – температурный коэффициент (при  $t_{\text{раб}} < 100^\circ$ );

$F_r$  – радиальная нагрузка на подшипник, равная большей из определенных реакций опор, Н.

## 9. СБОРОЧНЫЕ ЧЕРТЕЖИ ПРОМЕЖУТОЧНЫХ ВАЛОВ ПРИВОДА. СПЕЦИФИКАЦИИ К СБОРОЧНЫМ ЧЕРТЕЖАМ

При установке зубчатых колес, шкивов и звездочек на концевых участках вала изгибающие моменты от усилий в зубчатой передаче, от натяжения ремней или от давления цепи приводят к нежелательным деформациям вала редуктора. Промежуточный вал привода позволяет существенно уменьшить нагрузку на входной или выходной концы валов редуктора, а также обеспечить удобную компоновку приводной станции. При этом на вал редуктора будет действовать только радиальное усилие от муфты.

Промежуточные валы обычно выполняют ступенчатой формы. В опорах применяют самоустанавливающиеся подшипники качения (двухрядные сферические шариковые или роликовые) из-за невозможности точной взаимной осевой установки корпусов подшипников и прогиба вала. Корпуса подшипников опираются на лапы. Валы фиксируются в осевом направлении в одной опоре, а другая выполняется плавающей. В качестве уплотнительных устройств используют манжеты.

Для удобства надевания и замены ремней (цепи) шкивы и звездочки размещают на промежуточном валу консольно на цилиндрические или конические концы валов. Шестерни открытых зубчатых цилиндрических передач выполняют насадными.

Особенности конструкций промежуточных валов с шестерней открытой зубчатой цилиндрической передачи показаны в Приложениях 4 и 5. Для передачи вращающего момента с вала на шестерню можно использовать соединение с натягом по посадке H7/u8, H8/x8 (см. Приложение 4). Осевая фиксация шестерни на валу обеспечивается силами трения.

При соединении без натяга (переходные посадки H7/m6, H7/k6) шестерня закреплена в осевом направлении с помощью буртика с одной стороны и распорной втулки с другой стороны (см. Приложение 5). Вращающий момент передается призматической шпонкой.

В Приложениях 6 и 7 представлены сборочные чертежи промежуточных валов с ведущей звездочкой цепной передачи. Для передачи вращающего момента использованы соединения призматической шпонкой. Звездочки зафиксированы в осевом направлении концевой шайбой.

Пример сборочного чертежа промежуточного вала с ведомым шкивом клиноременной передачи показан в Приложении 8. От осевого смещения шкива использована концевая шайба.

Спецификации к чертежам представлены на с. 40 ÷ 48.

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
				<u>Документация</u>		
A3			ОКМ 001.001.100 СБ	Сборочный чертеж		
				<u>Детали</u>		
		1	ОКМ 001.001.101	Вал	1	
		2	ОКМ 001.001.102	Шестерня	1	
		3	ОКМ 001.001.103	Шайба концевая	1	
		4	ОКМ 001.001.104	Кольцо упорное	2	
				<u>Стандартные изделия</u>		
		5		Корпус УМ 120 ГОСТ 13218.3-80	2	
		6		Крышка МН 120 x50 ГОСТ 13219.6-81	1	
		7		Крышка МН 120 x60 ГОСТ 13219.6-81	2	
		8		Крышка ГН 120 ГОСТ 13219.2-81	1	
				Манжета ГОСТ 8752-79		
		9		1.1-50x70-3	2	
		10		1.1-60x85-3	2	
		11		Подшипник 1311 ГОСТ 28428-90	2	
				Крепежные изделия:		
				Болт ГОСТ 7796-70		
		12		M12-6d x 30.58.016	16	
		13		M12-6d x 35.58.016	1	
		14		Шайба 12.65Г ГОСТ 6402-70	16	
		15		Шпонка 14x9x50 ГОСТ 23360-78	1	
			<b>ОКМ 001.001.100</b>			
			Изм.	Лист	№ докум.	Подп.
			Разраб.	Кармилаев		
			Пров.	Аввакумов		
			Н.контр.			
			Утв.			
			<b>Вал промежуточный</b>			Лит.
						У
						Лист
						1
						Листов
						1
						СПБГУПТД
						ВШТЭ
						Группа 241
						40



Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
				<u>Документация</u>		
A3			ОКМ 004.001.100 СБ	Сборочный чертеж		
				<u>Детали</u>		
		1	ОКМ 004.001.101	Вал	1	
		2	ОКМ 004.001.102	Шестерня	1	
		3	ОКМ 004.001.103	Втулка	1	
		4	ОКМ 004.001.104	Шайба концевая	1	
		5	ОКМ 004.001.105	Кольцо упорное	2	
				<u>Стандартные изделия</u>		
		6		Корпус УМ 170 ГОСТ 13218.4-80	2	
		7		Крышка ГН 170 ГОСТ 13219.2-81	1	
		8		Крышка МН 170 ×75 ГОСТ 13219.6-81	1	
		9		Крышка МН 170 ×85 ГОСТ 13219.6-81	2	
				Манжета ГОСТ 8752-79		
		10		1.1-75×100-3	1	
		11		1.1-85×110-3	2	
		12		Подшипник 1316 ГОСТ 28428-90	2	
				Крепежные изделия:		
				Болт ГОСТ 7796-70		
		13		M12-6d×30.5.8.016	24	
		14		M16-6d×40.5.8.016	1	
			<b>ОКМ 004.001.100</b>			
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		
Разраб.	Кармилаев				Лит.	Лист
Пров.	Аввакумов				У	1
Н.контр.					СПБГУПТД	
Утв.					ВШТЭ	
					Группа 231	
Вал промежуточный						
41						



Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание	
				<u>Документация</u>			
A3			ОКМ 002.001.100 СБ	Сборочный чертеж			
				<u>Детали</u>			
		1	ОКМ 002.001.101	Вал	1		
		2	ОКМ 002.001.102	Звездочка ведущая	1		
		3	ОКМ 002.001.103	Шайба концевая	1		
		4	ОКМ 002.001.104	Кольцо упорное	2		
				<u>Стандартные изделия</u>			
		5		Корпус УМ 90 ГОСТ 13218.3-80	2		
		6		Крышка МН 90×45 ГОСТ 13219.6-81	2		
		7		Крышка МН 90×55 ГОСТ 13219.6-81	2		
				Манжета ГОСТ 8752-79			
		8		1.1-45×65-3	2		
		9		1.1-55×80-3	2		
		10		Подшипник 1310 ГОСТ 28428-90	2		
				Крепежные изделия:			
				Болт ГОСТ 7796-70			
		11		M10-6d×25.58.016	16		
		12		M10-6d×30.58.016	1		
		13		Шайба 10.65Г ГОСТ 6402-70	17		
			<b>ОКМ 002.001.100</b>				
			<b>Вал промежуточный</b>				
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Лит.	Лист	Листов
Разраб.		Кармилаев			У	1	2
Пров.		Аввакумов			СПБГУПТД ВШТЭ Группа 241		
Н.контр.							
Утв.							

Инд. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инд. № дкл.	Подп. и дата

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
				Шпонка ГОСТ 23360-78		
		14		12x8x45	1	
		15		12x8x50	1	

Формат		Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
					<u>Документация</u>		
А3				ОКМ 005.001.100 СБ	Сборочный чертеж		
					<u>Детали</u>		
		1		ОКМ 005.001.101	Вал	1	
		2		ОКМ 005.001.102	Звездочка ведущая	1	
		3		ОКМ 005.001.103	Шайба концевая	1	
		4		ОКМ 005.001.104	Кольцо упорное	2	
					<u>Стандартные изделия</u>		
		5			Корпус УМ 140 ГОСТ 13218.3-80	2	
		6			Крышка МН 140 x60 ГОСТ 13219.6-81	2	
		7			Крышка МН 140 x70 ГОСТ 13219.6-81	2	
					Манжета ГОСТ 8752-79		
		8			1.1-60x85-3	2	
		9			1.1-70x95-3	2	
		10			Подшипник 1313 ГОСТ 28428-90	2	
					<u>Крепежные изделия :</u>		
					Болт ГОСТ 7796-70		
		11			M12-6g x 30.5.8.016	16	
		12			M12-6g x 35.5.8.016	1	
		13			Шайба 12.65Г ГОСТ 6402-70	17	
				<b>ОКМ 005.001.100</b>			
Изм.	Лист	№ докум.		Подп.	Дата		
Разраб.		Кармилаев				Лит.	Лист
Пров.		Аввакумов				У	1
Н.контр.						Листов	
Утв.						2	
<b>Вал промежуточный</b>						СПБГУПТД ВШТЭ Группа 241	
45							



Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
				<u>Документация</u>		
A3			ОКМ 003.001.100 СБ	Сборочный чертеж		
				<u>Детали</u>		
		1	ОКМ 003.001.101	Вал	1	
		2	ОКМ 003.001.102	Шкив ведомый	1	
		3	ОКМ 003.001.103	Шайба концевая	1	
		4	ОКМ 003.001.104	Кольцо упорное	2	
				<u>Стандартные изделия</u>		
		5		Корпус УМ 100 ГОСТ 13218.3-80	2	
		6		Крышка МН 100x40 ГОСТ 13219.6-81	2	
		7		Крышка МН 100x50 ГОСТ 13219.6-81	2	
				Манжета ГОСТ 8752-79		
		8		1.1-40x60-3	2	
		9		1.1-50x70-3	2	
		10		Подшипник 1310 ГОСТ 28428-90	2	
				<u>Крепежные изделия :</u>		
				Болт ГОСТ 7796-70		
		11		M8-6gx20.58.016	1	
		12		M10-6gx25.58.016	16	
		13		Шайба 8.65Г ГОСТ 6402-70	1	
		14		Шайба 10.65Г ГОСТ 6402-70	16	
<b>ОКМ 003.001.100</b>						
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		
Разраб.	Артемонов				Лит.	Лист
Пров.	Аввакумов				9	1
Н.контр.					Листов 2	
Утв.					СПбГУПТД ВШТЭ Группа 231	
Вал промежуточный						
47						





## **10. МОНТАЖНЫЕ ЧЕРТЕЖИ ПРИВОДНЫХ СТАНЦИЙ. СПЕЦИФИКАЦИИ К МОНТАЖНЫМ ЧЕРТЕЖАМ**

Привод – это устройство для передачи энергии и преобразования параметров движения от двигателя к рабочей технологической машине. С помощью приводной станции уменьшается частота вращения и увеличивается вращающий момент.

### **Приводная станция №1. Приложение 9**

Привод установлен на сварной раме 2 и включает:

- асинхронный трехфазный электродвигатель 19 серии АИР132М6У3 ГОСТ 31606-2012;
- цилиндрический одноступенчатый редуктор 18 типа ЦУ-100;
- промежуточный вал 1 с шестерней открытой зубчатой цилиндрической передачи;
- упругую втулочно-пальцевую муфту 3 по ГОСТ 21424-93;
- зубчатую муфту 4 по ГОСТ Р.50895-96.

Сварная рама крепится к фундаменту анкерными болтами 8 (тип 6 исполнение 3) по ГОСТ 24379.1-2012 .

### **Приводная станция №2. Приложение 10**

Привод установлен на сварной раме 2 и состоит из:

- асинхронного электродвигателя 19 серии АИР112М8У3 ГОСТ 31606-2012;
- цилиндрического одноступенчатого редуктора 18 типа ЦУ-100;
- промежуточного вала 1 с ведущей звездочкой цепной передачи;
- муфты упругой втулочно-пальцевой 3 по ГОСТ 21424-93 и зубчатой муфты 4 по ГОСТ Р.50895-96.

Сварная рама крепится к фундаменту анкерными болтами 8 типа 6 исполнение 1 по ГОСТ 24379.1-2012 .

### **Приводная станция №3. Приложение 11**

Привод установлен на общей сварной раме 2 и включает:

- электродвигатель 24 серии АИР132М6У3 ГОСТ 31606-2012;
- цилиндрический одноступенчатый редуктор 23 типа ЦУ-160;
- клиноременную передачу с промежуточным валом 1, которая состоит из ведущего 4, ведомого шкивов и ремней 25;
- муфты упругие втулочно-пальцевые 5 и 6 по ГОСТ 21424-93.

Для натяжения клиновых ремней электродвигатель установлен на салазках 3( см. табл. 14). Сварная рама крепится к полу фундаментными болтами 12 с конической втулкой (тип 6 исполнение 2) по ГОСТ 24379.1-2012.

#### **Приводная станция №4. Приложение 12**

Привод установлен на сварной раме 2 и включает:

- электродвигатель 16 серии АИР132М6У3 ГОСТ 31606-2012;
- червячный одноступенчатый редуктор 15 типа Ч-160М с нижним червяком;
- промежуточный вал 1 с шестерней открытой зубчатой цилиндрической передачи;
- муфту упругую втулочно-пальцевую 3 по ГОСТ 21424-93;
- муфту зубчатую 4 по ГОСТ Р.50895-96.

Сварная рама крепится к основанию фундаментными болтами 8 типа 1 исполнения 1 по ГОСТ 24379.1-2012.

#### **Приводная станция №5. Приложение 13**

Привод установлен на сварной раме 2 и состоит из:

- электродвигателя 18 серии АИР100L4У3 ГОСТ 31606-2012;
- редуктора червячного одноступенчатого 17 типа Ч-125М;
- промежуточного вала 1 с ведущей звездочкой цепной передачи;
- муфты упругой втулочно-пальцевой 4 по ГОСТ 21424-93;
- муфты зубчатой 5 по ГОСТ Р.50895-96.

Сварная рама крепится к фундаменту анкерными болтами 9 типа 6 исполнение 1 по ГОСТ 24379.1-2012 .

#### **Приводные станции №6 и №7. Приложение 14 и 15**

Привод установлен на сварной раме 2, которая крепится к железобетонному фундаменту болтами 12 по ГОСТ 24379.1-2012. Приводная станция, показанная в Приложении 14, состоит из:

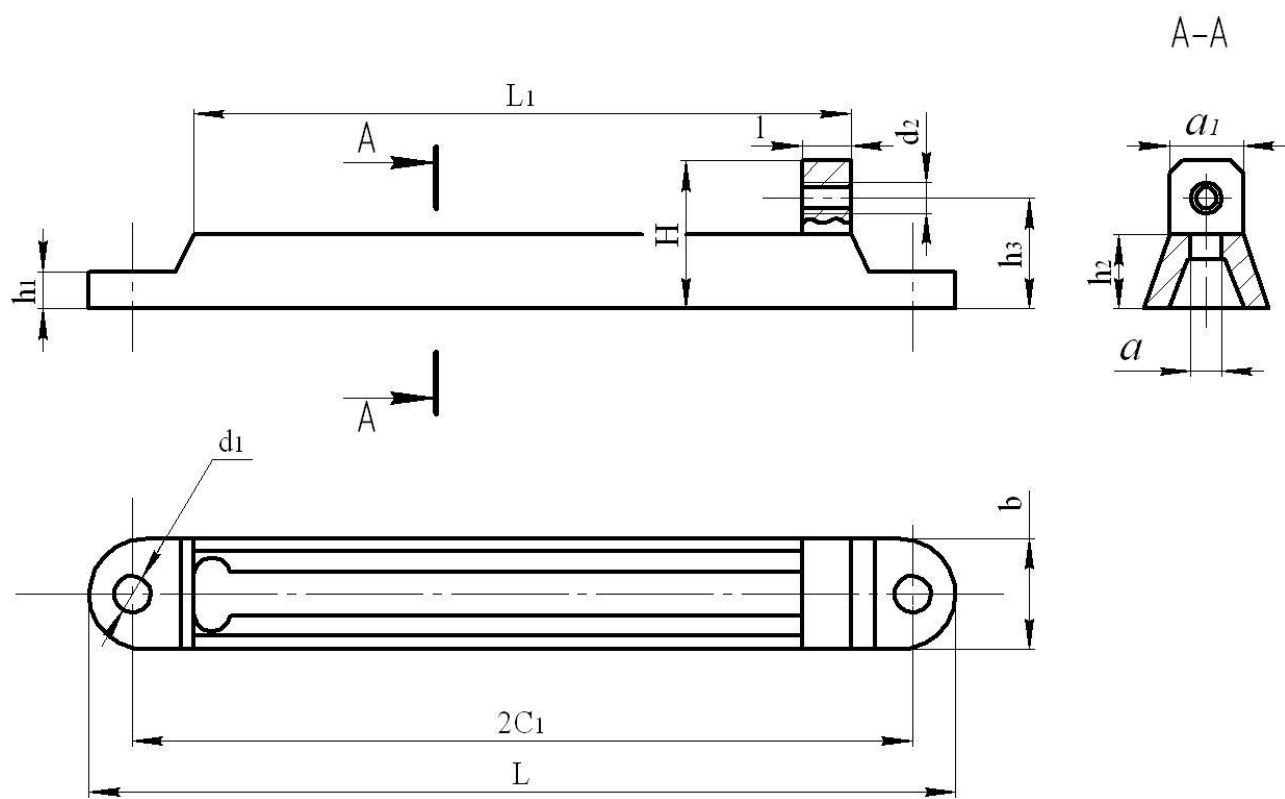
- электродвигателя 23 серии АИР100S4У3 ГОСТ 31606-2012;
- червячного редуктора 22 типа Ч-160М с нижним червяком;
- клиноременной передачи с промежуточным валом 1 (ведущий, ведомый шкивы и ремни 24);
- муфты упругой втулочно-пальцевой 6 по ГОСТ 21424-93;
- муфты зубчатой 7 по ГОСТ Р.50895-96.

В приводе, представленном в Приложении 15, использован червячный одноступенчатый редуктор типа Ч-160 М с верхним расположением червяка.

Электродвигатель установлен на салазках 3 для натяжения ремней клиноременной передачи.

Спецификации к чертежам представлены на с. 52 ÷ 63.

Таблица 14. Салазки для электродвигателей



Размеры, мм

Тип салазок	$a_1$	L	$L_1$	$2C_1$	$d_1$	$d_2$	$h_1$	$h_2$	$h_3$	H	b
C2-1	40	360	290	330	10	M10	11	32	40	54	43
C2-2	52	385	315	350	12	M10	13	35	43	56	55
C2-3		425	355	390		M12		36	46	62	
C2-4		490	410	455		18	46	56	72	57	
C2-5	60	570	480	530	14	M16	22	55	66	76	65
C2-6	65	650	500	600			18	50	62	82	75
C2-7	75	750	580	690			18	20	55	70	90

Примечания: 1. Ширина паза «а» равна диаметру отверстия  $d_{10}$  крепления электродвигателя по ГОСТ 31606-2012; 2. Толщина проушины  $l \approx 2d_2$

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание		
<u>Документация</u>								
A1			ОКМ 001.001.000 МЧ	Монтажный чертеж				
			ОКМ 001.001.000 ПЗ	Пояснительная записка				
<u>Сборочные единицы</u>								
A3	1		ОКМ 001.001.100	Вал промежуточный	1			
	2		ОКМ 001.001.200	Рама сварная	1			
<u>Стандартные изделия</u>								
	3			Муфта МУВП 250-38-1-25-4 ГОСТ 21424-93	1			
	4			Муфта 1-1000-45-1-35-243 ГОСТР 50895-96	1			
<u>Крепежные изделия :</u>								
	5			Болт ГОСТ 7796-70 М10-6d×45.5.8.016	4			
	6			М14-6d×70.5.8.016	4			
	7			М16-6d×70.5.8.016	4			
	8			Болт 6.3 М12×250 В Ст3пс 2 ГОСТ24379.1-2012	11			
				Гайка ГОСТ15521-70				
	9			М10-6Н.5.016	4			
	10			М14-6Н.5.016	4			
	11			М16-6Н.5.016	4			
<b>ОКМ 001.001.000</b>								
<b>Приводная станция №1</b>								
Изм. Лист				№ докум.	Подп.	Дата		
Разраб. Кармилаев								
Пров. Аввакумов								
Н.контр.								
Утв.								
			Лит.			Лист		
			У			1		
						Листов		
						2		
						СПБГУПТД		
						ВШТЭ		
						Группа 241		
52								

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
		12		Гайка М12-6Н.5.016		
				ГОСТ ISO 4032-2014	22	
				Шайба ГОСТ 6402-86		
		13		10.65Г	4	
		14		14.65Г	4	
		15		16.65Г	4	
		16		Шайба А12.016 ГОСТ 6958-78	11	
		17		Шайба А16.016 ГОСТ 11371-78	4	
				Прочие изделия		
		18		Редуктор ЦУ-100-5-21 КУЗ	1	
		19		Электродвигатель АИР132М6У3		
				ГОСТ 31606-2012	1	

Инд. № подл.	Подп. и дата	Взам. инв. №	Инд. № дубл.	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание		
<i>Документация</i>								
А1			<i>ОКМ 002.001.000 МЧ</i>	<i>Монтажный чертеж</i>				
			<i>ОКМ 002.001.000 ПЗ</i>	<i>Пояснительная записка</i>				
<i>Сборочные единицы</i>								
А3	1		<i>ОКМ 005.006.100</i>	<i>Вал промежуточный</i>	1			
	2		<i>ОКМ 002.001.200</i>	<i>Рама сварная</i>	1			
<i>Стандартные изделия</i>								
		3		<i>Муфта МУВП 250-38-1-25-4 УЗ ГОСТ 21424-93</i>	1			
		4		<i>Муфта 1-1000-40-1-35-2 УЗ ГОСТ Р. 50895-96</i>	1			
<i>Крепежные изделия:</i>								
				<i>Болт ГОСТ 7796-70</i>				
		5		<i>М10-6д×40.5.8.016</i>	4			
		6		<i>М12-6д×55.5.8.016</i>	4			
		7		<i>М14-6д×50.5.8.016</i>	4			
		8		<i>Болт 6.1 М12×250 ВСтЗпс 2</i>				
				<i>ГОСТ 24379.1-2012</i>	10			
				<i>Гайка ГОСТ 15521-70</i>				
		9		<i>М10-6Н.5.016</i>	4			
		10		<i>М12-6Н.5.016</i>	4			
		11		<i>М14-6Н.5.016</i>	4			
<i>ОКМ 002.001.000</i>								
Изм.		Лист	№ докум.	Подп.	Дата			
Разраб.		Кармилаев						
Пров.		Аввакумов						
Н.контр.								
Утв.								
Инд. № подл.			Приводная станция №2			Лит.	Лист	Листов
						У	1	2
54						СПБГУПТД ВШТЭ Группа 241		

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
		12		Гайка М12-6Н.5.016 ГОСТ ISO 4032-2014	20	
				Шайба ГОСТ 6402-86		
		13		10.65Г.016	4	
		14		12.65Г.016	4	
		15		14.65Г.016	4	
		16		Шайба А12.016 ГОСТ 6958-78	10	
		17		Шайба А12.016 ГОСТ 11371-78	4	
				Прочие изделия		
		18		Редуктор ЦУ-100-5-12 К ЧЗ	1	
		19		Электродвигатель АИР112М8ЧЗ		
				ГОСТ 31606-2012	1	

Инд. № подл.	Подп. и дата
Взам. инв. №	Инд. № дубл.
Подп. и дата	

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
				<u>Документация</u>		
A1			ОКМ 003.001.000 МЧ	Монтажный чертеж		
			ОКМ 003.001.000 ПЗ	Пояснительная записка		
				<u>Сборочные единицы</u>		
A3	1		ОКМ 003.001.100	Вал промежуточный	1	
	2		ОКМ 003.001.200	Рама сварная	1	
	3		ОКМ 003.001.300	Салазки С2-3 в сборе	2	
				<u>Детали</u>		
	4		ОКМ 003.001.001	Шкив ведущий	1	
				<u>Стандартные изделия</u>		
	5			Муфта МУВП 250-35-2-45-3 УЗ		
				ГОСТ 21424-93	1	
	6			Муфта МУВП 710-55-3-55-1 УЗ		
				ГОСТ 21424-93	1	
				<u>Крепежные изделия:</u>		
				Болт ГОСТ 7796-70		
	7			M10-6gx35.5.8.016	4	
	8			M10-6gx40.5.8.016	4	
	9			M12-6gx30.5.8.016	1	

Инд. № подл.	Подп. и дата
	Инд. № дубл.
	Взаим. инв. №
Инд. № подл.	Подп. и дата

<i>ОКМ 003.001.000</i>				
Изм.	Лист.	№ докум.	Подп.	Дата.
Разраб.		Артамонов И.С.		
Пров.		Аввакумов М.В.		
Н.контр.				
Утв.				
<i>Приводная станция №3</i>			Лит.	Лист
			у	1
			<i>СПбГУПТД ВШТЭ</i>	
			<i>Группа 241</i>	





Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание		
<i>Документация</i>								
A1			ОКМ 004.001.000 МЧ	Монтажный чертёж				
			ОКМ 004.001.000 ПЗ	Пояснительная записка				
<i>Сборочные единицы</i>								
A3		1	ОКМ 004.001.100	Вал промежуточный	1			
		2	ОКМ 004.001.200	Рама сварная	1			
<i>Стандартные изделия</i>								
		3		Муфта МУВП 250-40-1-38-2 ЧЗ ГОСТ 21424-93	1			
		4		Муфта 1-6300-70-1 ЧЗ ГОСТ Р. 50895-96	1			
<i>Крепежные изделия:</i>								
				Болт ГОСТ 7796-70				
		5		M10-6d×50.5.8.016	4			
		6		M20-6d×70.5.8.016	4			
		7		M20-6d×80.5.8.016	4			
		8		Болт 1.1 M20×300 ВСтЗпс 2				
				ГОСТ 24379.1-2012	9			
				Гайка ГОСТ 15521-70				
		9		M10-6H.5.016	4			
		10		M20-6H.5.016	26			
<b>ОКМ 004.001.000</b>								
Изм.		Лист	№ докум.	Подп.	Дата			
Разраб.		Кармилаев						
Пров.		Аввакумов						
Н.контр.								
Утв.								
<b>Приводная станция №4</b>						Лит.	Лист	Листов
58						У	1	2
СПБГУПТД						ВШТЭ		
Группа 241								



Формат		Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
					<u>Документация</u>		
A1				ОКМ 005.001.000 МЧ	Монтажный чертеж		
				ОКМ 005.001.000 ПЗ	Пояснительная записка		
					<u>Сборочные единицы</u>		
A3	1			ОКМ 005.001.100	Вал промежуточный	1	
	2			ОКМ 005.001.200	Рама сварная	1	
					<u>Детали:</u>		
	3			ОКМ 005.001.001	Кольцо упорное	1	
					<u>Стандартные изделия</u>		
		4			Муфта МУВП 28-2-32-1УЗ ГОСТ 21424-93	1	
		5			Муфта 1-1600-55-1УЗ ГОСТ Р. 50895-96	1	
					<u>Крепежные изделия :</u>		
					Болт ГОСТ 7796-70		
		6			M10-6d×50.5.8.016	4	
		7			M16-6d×55.5.8.016	4	
		8			M20-6d×75.5.8.016	4	
		9			Болт 6.1 M20×250 ВСтЗпс 2		
					ГОСТ 24379.1-2012	8	
				<b>ОКМ 005.001.000</b>			
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Приводная станция №5 СПБГУПТД ВШТЭ Группа 241		
Разраб.	Кармилаев						
Пров.	Аввакумов						
Н.контр.							
И.н.в. № подл.					Лит.	Лист	Листов
					У	1	2
Утв.					60		

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
				Гайка ГОСТ 15521-70		
		10		M10-6H.5.016	4	
		11		M16-6H.5.016	4	
		12		M20-6H.5.016	20	
				Шайба ГОСТ 6402-70		
		13		10.65Г016	4	
		14		16.65Г016	4	
		15		20.65Г016	4	
		16		Шайба А20.016 ГОСТ 6958-78	8	
				Прочие изделия:		
		17		Редуктор Ч-125М-315-52-1-2-Ц-Ц-У3	1	
		18		Электродвигатель АИР100L4У3		
				ГОСТ 31606 -2012	1	

Инв. № подл.	Подп. и дата
Взам. инв. №	Подп. и дата
Инв. № дубл.	Подп. и дата

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата
------	------	----------	-------	------

Формат	Зона	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание	
				<u>Документация</u>			
A1			ОКМ 006.001.000 МЧ	Монтажный чертеж			
			ОКМ 006.001.000 ПЗ	Пояснительная записка			
				<u>Сборочные единицы</u>			
A3	1		ОКМ 003.001.100	Вал промежуточный	1		
	2		ОКМ 006.001.200	Рама сварная	1		
	3		ОКМ 003.001.300	Салазки С2-3 в сборе	2		
				<u>Детали</u>			
	4		ОКМ 003.001.001	Шкив ведущий	1		
	5		ОКМ 006.001.002	Шайба концевая	1		
				<u>Стандартные изделия</u>			
	6			Муфта МУВП 250-35-2-40-1 УЗ			
				ГОСТ 21424-93	1		
	7			Муфта 1-6300-70-1 УЗ			
				ГОСТ Р.50895-96	1		
				<u>Крепежные изделия:</u>			
				Болт ГОСТ 7796-70			
	8			M10-6gx35.5.8.016	8		
	9			M12-6gx35.5.8.016	1		
			ОКМ 006.001.000				
			Изм.	Лист.	№ докум.	Подп.	
						Дата.	
			Разраб.	Артамонов И.С.			
			Пров.	Аббакумов М.В.			
			Н.контр.				
			Утв.				
			Приводная станция №6				
				Лит.	Лист	Листов	
				у	1	2	
			СПбГУПТД ВШТЭ Группа 241				



## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Расчет цилиндрических зубчатых передач: методические указания / сост. М.В. Аввакумов, В.М. Гребенникова, А.Б. Коновалов; ВШТЭ СПбГУПТД. – СПб., 2017. – 45 с.
2. Расчет цепных передач: методические указания / сост. М.В. Аввакумов, А.Б. Коновалов; СПб ГТУРП. – СПб., 2013. – 31 с.
3. Коновалов А.Б., Гребенникова В.М. Ременные передачи: учеб. пособие / СПб ГТУРП. – СПб., 2011. – 106с.
4. Прикладная механика: методические указания для выполнения курсовой работы / сост. М.В. Аввакумов, В.О. Варганов, В.А. Романов; СПб ГТУРП. – СПб., 2014. – 47 с.
5. Прикладная механика: атлас конструкций деталей и примеры монтажных чертежей / сост. М.В.Аввакумов, В.М.Гребенникова, Д.В.Дмитриев; ВШТЭ СПбГУПТД. – СПб., 2017. – 48 с.
6. Дунаев П.Ф., Леликов О.П. Конструирование узлов и деталей машин: учеб. пособие для машиностроит. спец. – 13-е издание. – М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2017. – 568 с.
7. Атлас конструкций узлов и деталей машин: учеб. пособие/ Б.А. Байков и др.; под ред. Д.Н. Решетова – М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2009. – 400 с.



## СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие.....	3
1. Кинематический расчет приводной станции.....	4
1.1. Кинематическая схема привода.....	4
1.2. Определение расчетной мощности электродвигателя и выбор его по каталогу.....	4
1.3. Определение общего передаточного числа привода и выбор типоразмера редуктора.....	6
1.4. Определение мощностей, частот вращения и вращающих моментов на валах привода.....	9
2. Расчет открытой передачи привода.....	10
3. Примеры кинематического расчета приводной станции.....	11
4. Предварительный расчет и конструирование промежуточного вала привода.....	22
5. Выбор подшипников промежуточного вала.....	24
6. Выбор корпуса и крышек подшипников.....	26
7. Выбор стандартной муфты. Проверка элементов муфты.....	33
8. Проверочный расчет подшипников промежуточного вала.....	34
9. Сборочные чертежи промежуточных валов привода. Спецификации к сборочным чертежам.....	39
10. Монтажные чертежи приводных станций. Спецификации к монтажным чертежам.....	49
Библиографический список.....	64
Приложения.....	66

# **ПРИЛОЖЕНИЯ**

РЕДУКТОРЫ ЦИЛИНДРИЧЕСКИЕ ГОРИЗОНТАЛЬНЫЕ  
ОДНОСТУПЕНЧАТЫЕ ТИПА ЦУ-100 – ЦУ-250

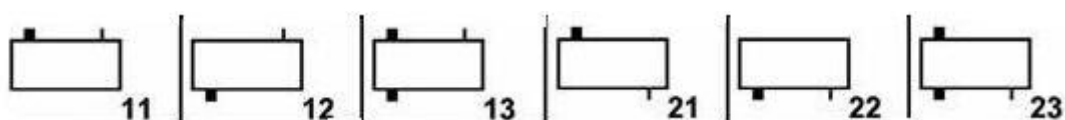


ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ РЕДУКТОРОВ ТИПА ЦУ-100–ЦУ-250

Типоразмер редуктора	Номинальное передаточное число	Частота вращения входного вала, мин <sup>-1</sup>	Номинальный вращающий момент на выходном валу T <sub>T</sub> , Н·м	Допускаемая радиальная нагрузка, Н		Масса, кг
				на входном валу	на выходном валу	
ЦУ -100	2; 2,5; 3,15; 4; 5; 6,3	< 1800	250	500	2000	27
ЦУ -160		< 1800	1000	1000	4000	75
ЦУ -200		< 1800	2000	2000	5600	135
ЦУ -250		< 1800	4000 (4500*)	3000	8000	210

\* – Для передаточных чисел 5 и 6,3.

ВАРИАНТЫ СБОРКИ РЕДУКТОРОВ ТИПА ЦУ

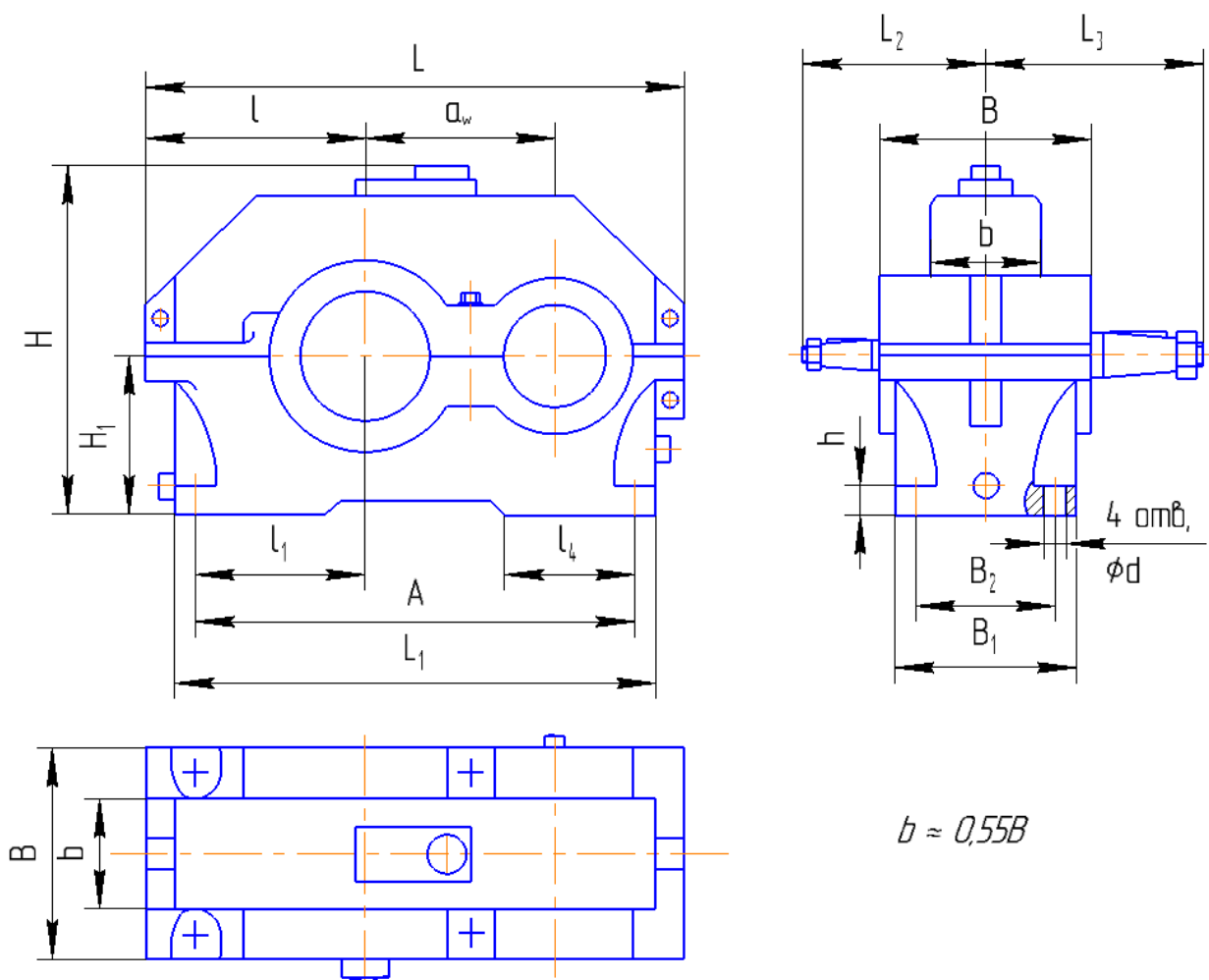


## ПРИМЕР УСЛОВНОГО ОБОЗНАЧЕНИЯ РЕДУКТОРА

### Редуктор ЦУ-100-5-12-КУЗ

Цилиндрический одноступенчатый редуктор с межосевым расстоянием **100мм**, номинальным передаточным числом **5**, вариантом сборки **12**, коническим концом выходного вала **К**, климатическим исполнением **У** и категорией размещения **3** по ГОСТ 15150–69.

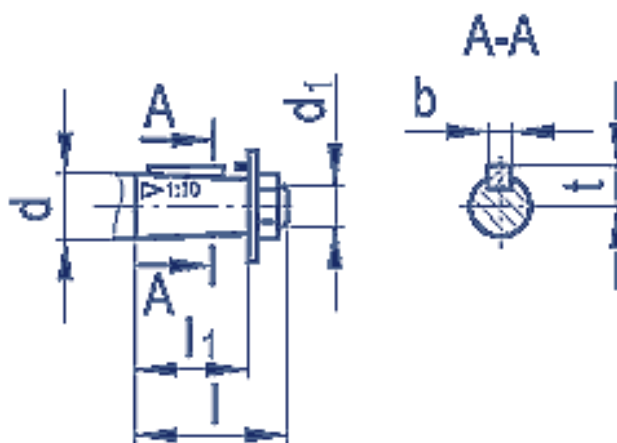
### ГАБАРИТНЫЕ И ПРИСОЕДИНИТЕЛЬНЫЕ РАЗМЕРЫ



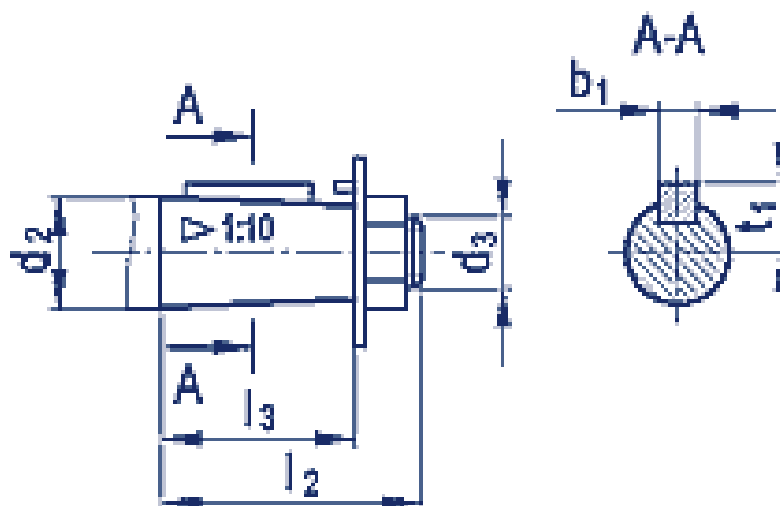
Типоразмер редуктора	Размеры, мм															
	$a_w$	A	B	$B_1$	$B_2$	$H_1$	H	h	$L_1$	$L_2$	$L_3$	L	l	$l_1$	$l_4$	d
ЦУ-100	100	224	140	132	95	112	224	22	265	136	155	315	132	85	90	15
ЦУ-160	160	355	185	175	125	170	335	28	412	218	218	475	195	136	125	24
ЦУ-200	200	437	212	200	136	212	425	36	500	230	265	580	236	165	160	24
ЦУ-250	250	545	265	250	185	265	530	40	615	280	315	710	290	212	190	28

## РАЗМЕРЫ КОНЦОВ ВАЛОВ

Входной. Исполнение К (конический)



Выходной. Исполнение К (конический)



Типо-размер редуктора	Размеры, мм											
	d	d <sub>1</sub>	I	I <sub>1</sub>	b	t	d <sub>2</sub>	d <sub>3</sub>	I <sub>2</sub>	I <sub>3</sub>	b <sub>1</sub>	t <sub>1</sub>
ЦУ-100	25	M16x1,5	60	42	5	13,4	35	M20x1,5	80	58	6	18,6
ЦУ-160	45	M30x2,0	110	82	12	23,4	55	M36x3,0	110	82	14	28,9
ЦУ-200	55	M36x3,0	110	82	14	28,9	70	M48x3,0	140	105	18	36,4
ЦУ-250	70	M48x3,0	140	105	18	36,4	90	M64x4,0	170	130	22	46,8

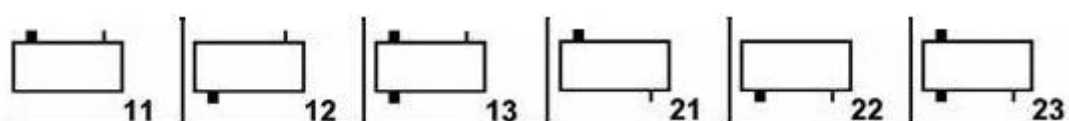
РЕДУКТОРЫ ЦИЛИНДРИЧЕСКИЕ ГОРИЗОНТАЛЬНЫЕ  
ДВУХСТУПЕНЧАТЫЕ ТИПА 1Ц2У, 1Ц2У-М



ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ РЕДУКТОРОВ ТИПА 1Ц2У, 1Ц2У-М

Типоразмер редуктора	Номинальное передаточное число	Частота вращения входного вала	Номинальный вращающий момент на выходном валу $T_T$ , Н·м	Допускаемая радиальная нагрузка, Н		Масса, не более, кг
				на входном валу	на выходном валу	
1Ц2У-100 1Ц2У-100М	8; 10; 12,5; 16; 20; 25; 31,5; 40	1500	315	250	4000	35
1Ц2У-125 1Ц2У-125М			630	500	5600	53
1Ц2У-160 1Ц2У-160М			1250	1000	8000	95
1Ц2У-200 1Ц2У-200 М			2500	2000	11200	170
1Ц2У-250 1Ц2У-250М			5000	3000	16000	320

ВАРИАНТЫ СБОРКИ РЕДУКТОРОВ ТИПА 1Ц2У-М



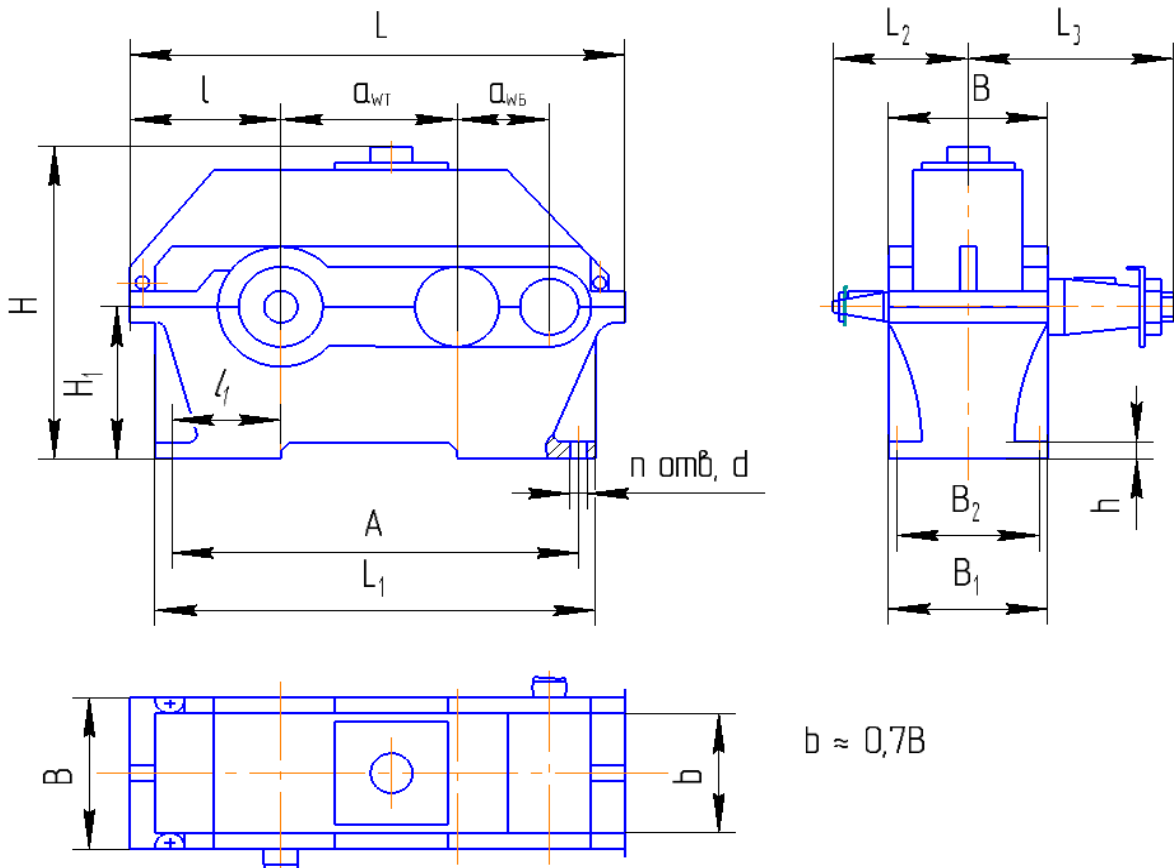
## ПРИМЕР УСЛОВНОГО ОБОЗНАЧЕНИЯ РЕДУКТОРОВ

Редуктор **1Ц2У - 250М - 25 - 11 - К - У3**



1- тип редуктора; 2- межосевое расстояние выходной ступени, мм; 3- модернизированный; 4- передаточное число; 5- вариант сборки; 6-исполнение конца выходного вала; 7- климатическое исполнение и категория размещения по ГОСТ 15150-69.

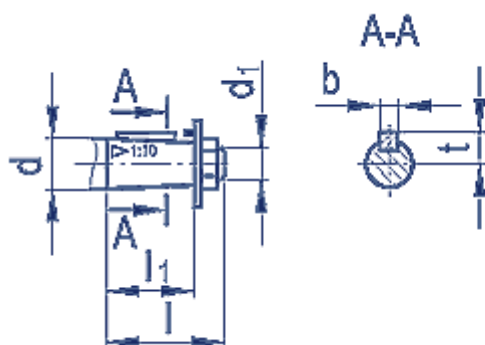
### ГАБАРИТНЫЕ И ПРИСОЕДИНИТЕЛЬНЫЕ РАЗМЕРЫ



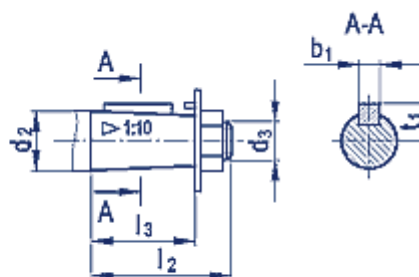
Типоразмер редуктора	$a_{WT}$	$a_{WB}$	L			$l_1$	$L_2$	$L_3$	H	$H_1$	A	B	$B_1$	$B_2$	h	d	n
			L	$L_1$	l												
	мм														шт		
1Ц2У-100 1Ц2У-100М	100	80	390	325	136	85	136	165	230	112	290	155	145	109	200	15	4
1Ц2У-125 1Ц2У-125М	125	80	446	375	160	106	145	206	272	132	335	175	165	125	22	19	4
1Ц2У-160 1Ц2У-160М	160	100	557	475	200	135	170	224	345	170	425	206	195	140	24	24	4
1Ц2У-200 1Ц2У-200 М	200	125	678	580	243	165	212	280	425	212	515	243	230	165	30	24	4
1Ц2У-250 1Ц2У-250М	250	160	829	730	290	212	265	335	530	265	670	290	280	218	32	28	4

## РАЗМЕРЫ КОНЦОВ ВАЛОВ

Входной вал  
Исполнение К (конический)

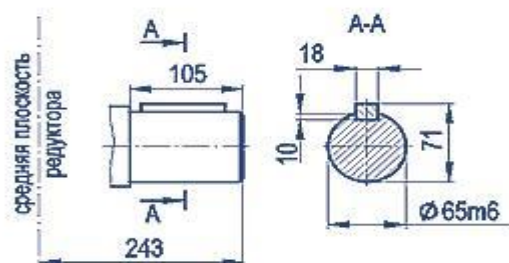


Выходной вал  
Исполнение К (конический)



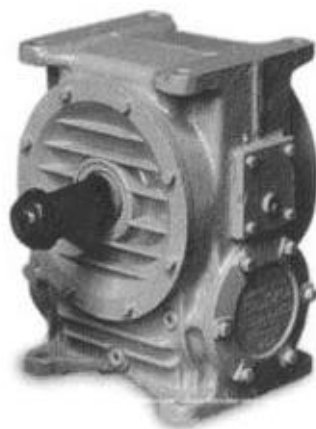
Типоразмер редуктора	Размер, мм											
	d	d <sub>1</sub>	I	I <sub>1</sub>	b	t	d <sub>2</sub>	d <sub>3</sub>	I <sub>2</sub>	I <sub>3</sub>	b <sub>1</sub>	t <sub>1</sub>
1Ц2У-100 1Ц2У-100М	20	M12x1,25	50	36	4	10,6	35	M20x1,5	80	58	6	18,55
1Ц2У-125 1Ц2У-125М	20	M12x1,25	50	36	4	10,6	45	M30x2,0	110	82	12	23,45
1Ц2У-160 1Ц2У-160М	25	M16x1,5	60	42	5	13,45	55	M36x3,0	110	82	14	28,95
1Ц2У-200 1Ц2У-200 М	30	M20x1,5	80	58	5	15,55	70	M48x3,0	140	105	18	36,38
1Ц2У-250 1Ц2У-250М	40	M24x2,0	110	82	10	20,95	90	M64x4,0	170	130	22	46,75

ВЫХОДНОЙ ВАЛ РЕДУКТОРА 1Ц2У-200  
Исполнение Ц (цилиндрический)





РЕДУКТОРЫ ЧЕРВЯЧНЫЕ ОДНОСТУПЕНЧАТЫЕ  
МОДЕРНИЗИРОВАННЫЕ ТИПА 2Ч-80М – Ч-500М



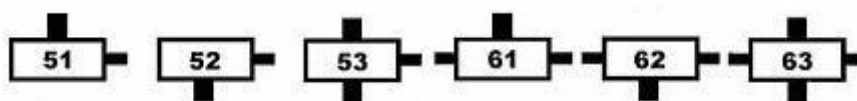
Общий вид редуктора типа Ч-100М – Ч-160М

ВАРИАНТЫ РАСПОЛОЖЕНИЯ ЧЕРВЯЧНОЙ ПАРЫ



Ч – червяк; К – червячное колесо. Редукторы рассматриваются в вертикальной плоскости. В вариантах 3 и 4 редуктор рассматривается в положении, при котором выходной конец червяка находится со стороны наблюдателя.

ВАРИАНТЫ СБОРКИ РЕДУКТОРОВ:



Варианты сборки рассматриваются при расположении – червяк под колесом. Способы крепления редуктора на лапах: 2 – со стороны червяка (с нижним червяком); 3 – со стороны колеса (с верхним червяком).

ПРИМЕР УСЛОВНОГО ОБОЗНАЧЕНИЯ РЕДУКТОРА

**Редуктор Ч-100М-40-52-1-2-К2-Ц-У3**

**Ч** – тип редуктора; **100** – межосевое расстояние, мм; **М** – модернизированный; **40** – номинальное передаточное число; **52** – вариант сборки; **1** – вариант расположения червячной пары; **2** – вариант крепления редуктора; **К2** – исполнение конца входного вала; **Ц** – исполнение конца выходного вала; **У3** – климатическое исполнение и категория размещения по ГОСТ 15150-69.

ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЧЕРВЯЧНЫХ РЕДУКТОРОВ  
ТИПА 2Ч-80М –Ч-125М

Типо-размер редуктора	$U_H$	Частота вращения червяка, $n_6$ , $\text{мин}^{-1}$								
		750			1000			1500		
		$P_{1,к}$ Вт	$T_T$ , Н·м	КПД	$P_{1,к}$ Вт	$T_T$ , Н·м	КПД	$P_{1,к}$ Вт	$T_T$ , Н·м	КПД
2Ч-80М	8	3,1	280	0,89	3,6	250	0,9	4,6	212	0,91
	10	2,2	250	0,88	2,6	224	0,89	3,4	190	0,9
	12,5	1,8	250	0,86	2,2	230	0,87	2,8	195	0,89
	16	1,7	280	0,83	1,9	250	0,85	2,5	218	0,86
	20	1,2	243	0,79	1,5	224	0,81	1,9	195	0,84
	25	1,0	243	0,78	1,2	224	0,79	1,5	195	0,83
	31,5	1,0	300	0,72	1,1	280	0,75	1,6	250	0,78
	40	0,7	230	0,67	0,9	218	0,71	1,1	195	0,73
	50	0,6	243	0,65	0,8	230	0,66	0,9	206	0,71
	63	0,5	224	0,6	0,6	212	0,62	0,8	190	0,64
80	0,3	200	0,55	0,4	190	0,58	0,6	175	0,61	
Ч-100М	8	5,5	515	0,9	6,5	462	0,91	8,0	387	0,92
	10	4,3	500	0,89	5,1	450	0,9	6,3	375	0,91
	12,5	3,6	515	0,88	4,2	462	0,9	5,3	387	0,9
	16	2,8	500	0,85	3,4	450	0,86	4,2	387	0,88
	20	2,3	487	0,81	2,7	437	0,84	3,4	375	0,86
	25	1,8	475	0,8	2,2	437	0,83	2,7	375	0,85
	31,5	1,7	515	0,74	2,0	475	0,75	2,6	412	0,79
	40	1,3	475	0,7	1,6	437	0,72	2,0	387	0,75
	50	1,1	475	0,69	1,3	437	0,71	1,6	387	0,74
	63	0,8	375	0,6	0,9	345	0,63	1,2	315	0,66
80	0,6	355	0,58	0,7	335	0,6	0,9	300	0,65	
Ч-125М	8	9,0	850	0,91	10,5	750	0,92	13,5	650	0,93
	10	7,1	825	0,9	8,2	725	0,91	10,5	630	0,92
	12,5	5,7	825	0,89	6,6	725	0,9	8,5	630	0,91
	16	4,8	850	0,86	5,6	750	0,86	7,3	670	0,88
	20	3,8	825	0,84	4,5	750	0,85	5,8	650	0,87
	25	2,9	775	0,82	3,5	700	0,83	4,5	615	0,85
	31,5	3,3	1000	0,75	3,8	900	0,77	4,9	800	0,8
	40	2,3	850	0,72	2,7	775	0,74	3,4	690	0,78
	50	1,8	800	0,7	2,1	725	0,72	2,7	650	0,75
	63	1,4	750	0,66	1,7	700	0,69	2,1	615	0,72
80	1,2	650	0,6	1,4	600	0,63	1,8	530	0,66	

ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЧЕРВЯЧНОГО РЕДУКТОРА  
ТИПА Ч-160М-Ч-250М

Типо- размер редук- тора	$U_H$	Частота вращения червяка, $n_6$ , $\text{мин}^{-1}$								
		750			1000			1500		
		$P_{1,к}$ Вт	$T_T$ , Н·м	КПД	$P_{1,к}$ Вт	$T_T$ , Н·м	КПД	$P_{1,к}$ Вт	$T_T$ , Н·м	КПД
Ч- 160М	8	16,9	1600	0,91	20,0	1450	0,93	25,6	1250	0,94
	10	12,7	1500	0,91	14,7	1320	0,92	19,0	1150	0,93
	12,5	10,3	1500	0,9	11,9	1320	0,91	15,4	1150	0,92
	16	10,0	1800	0,87	11,7	1600	0,88	15,0	1400	0,9
	20	7,0	1500	0,83	8,0	1320	0,85	10,2	1150	0,87
	25	5,3	1400	0,81	6,5	1320	0,84	8,0	1120	0,86
	31,5	6,2	2000	0,79	7,3	1800	0,8	9,4	1600	0,83
	40	4,2	1600	0,73	4,9	1450	0,76	6,1	1250	0,79
	50	3,1	1450	0,71	3,7	1320	0,73	4,8	1180	0,75
	63	2,3	1320	0,69	2,9	1250	0,71	3,6	1090	0,74
80	2,1	1320	0,64	2,5	1250	0,68	3,1	1090	0,71	
Ч- 200М	8	27,3	2560	0,92	35,5	2480	0,93	45,5	2180	0,94
	10	21,6	2500	0,91	27,7	2430	0,92	31,4	1860	0,93
	12,5	19,0	2730	0,90	22,1	2400	0,91	24,7	1810	0,92
	16	15,7	2850	0,89	19,6	2695	0,90	25,3	2345	0,91
	20	11,6	2630	0,89	14,2	2410	0,89	15,9	1845	0,91
	25	9,5	2600	0,86	10,4	2190	0,88	11,6	1660	0,90
	31,5	9,5	3145	0,83	11,8	3020	0,85	16,8	2930	0,87
	40	6,5	2680	0,81	8,0	2530	0,83	9,7	2100	0,85
	50	5,2	2620	0,80	6,0	2350	0,81	7,0	1850	0,83
	63	4,4	2600	0,73	4,8	2270	0,79	6,0	2000	0,82
80	3,9	2800	0,70	4,2	2300	0,72	5,6	2100	0,74	
Ч- 250М	8	50,9	4880	0,94	55,8	4010	0,94	60,1	2910	0,95
	10	36,0	4215	0,92	39,4	3500	0,93	45,4	2715	0,94
	12,5	33,0	4795	0,91	34,9	3835	0,92	38,4	2840	0,93
	16	28,6	5235	0,90	32,0	4450	0,91	35,4	3320	0,92
	20	22,6	5130	0,89	24,4	4190	0,90	27,0	3130	0,91
	25	16,2	4500	0,87	17,5	3755	0,89	19,7	2815	0,89
	31,5	16,8	5715	0,85	20,0	5300	0,87	22,0	4000	0,89
	40	12,0	5110	0,83	14,5	4700	0,85	16,3	3610	0,87
	50	9,3	4820	0,81	10,5	4120	0,82	11,5	3120	0,85
	63	7,2	4485	0,78	8,2	3930	0,80	9,0	3065	0,83
80	6,2	4600	0,73	7,2	4100	0,75	8,0	3250	0,79	

ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЧЕРВЯЧНЫХ РЕДУКТОРОВ  
ТИПА Ч-320М – Ч-500М

Типо- размер редук- тора	$U_H$	Частота вращения червяка, $n_6, \text{мин}^{-1}$								
		750			1000			1500		
		$P_1, \text{кВт}$	$T_T, \text{Н}\cdot\text{м}$	КПД	$P_1, \text{кВт}$	$T_T, \text{Н}\cdot\text{м}$	КПД	$P_1, \text{кВт}$	$T_T, \text{Н}\cdot\text{м}$	КПД
Ч- 320М	8	82,1	7865	0,94	91,0	6530	0,94	97,2	4720	0,95
	10	64,0	7500	0,92	69,2	6150	0,93	74,0	4430	0,94
	12,5	56,0	8115	0,91	59,1	6490	0,92	63,8	4720	0,93
	16	53,3	9765	0,90	59,0	8200	0,91	62,5	5860	0,92
	20	35,5	8130	0,90	39,6	6880	0,91	42,6	4940	0,91
	25	28,0	7820	0,88	29,4	6255	0,89	33,2	4815	0,91
	31,5	31,0	10610	0,86	38,5	10200	0,88	41,6	7510	0,90
	40	21,0	9025	0,84	24,0	7820	0,86	25,8	5770	0,88
	50	17,0	8830	0,82	18,6	7355	0,83	19,4	5300	0,86
	63	13,5	8660	0,80	14,9	7330	0,82	16,0	5465	0,85
Ч- 400М	8	123,0	11800	0,94	130	9450	0,95	135	6610	0,96
	10	99,6	11720	0,93	103,4	9285	0,94	108,5	6570	0,95
	12,5	90,7	13280	0,92	93,4	10700	0,93	98,6	7380	0,94
	16	82,2	15235	0,91	89,0	12500	0,92	94,8	8985	0,93
	20	54,5	12500	0,90	59,3	10315	0,91	64,0	7500	0,92
	25	45,3	12825	0,89	48,0	10320	0,90	54,0	7820	0,91
	31,5	55,0	19280	0,87	59,0	15920	0,90	65,5	12000	0,91
	40	36,0	15640	0,85	39,0	12930	0,87	41,0	9320	0,89
	50	28,0	14700	0,83	29,7	12050	0,85	32,0	8830	0,87
	63	24,0	15660	0,81	26,7	13325	0,83	28,0	9660	0,86
Ч- 500М	8	150,0	14600	0,95	153,0	11210	0,96	160,0	7790	0,96
	10	123,7	14645	0,93	131,0	11790	0,94	136,0	8215	0,95
	12,5	131,0	19180	0,92	136,0	15125	0,93	140,0	10700	0,95
	16	112,6	21100	0,92	118,0	16800	0,93	126,5	12110	0,94
	20	86,3	20000	0,91	92,5	16250	0,92	97,6	11560	0,93
	25	55,7	15960	0,90	59,0	12825	0,91	64,0	9385	0,92
	31,5	93,5	33060	0,88	99,0	26930	0,90	110,0	20320	0,91
	40	57,0	25565	0,88	61,0	20750	0,89	64,3	14740	0,90
	50	37,5	20300	0,85	40,0	16470	0,86	43,0	12050	0,88
	63	38,5	25320	0,82	40,9	20650	0,84	42,0	15000	0,87
80	32,9	27200	0,81	36,5	23100	0,83	40,0	17500	0,86	

## ДОПУСКАЕМЫЕ РАДИАЛЬНЫЕ КОНСОЛЬНЫЕ НАГРУЗКИ

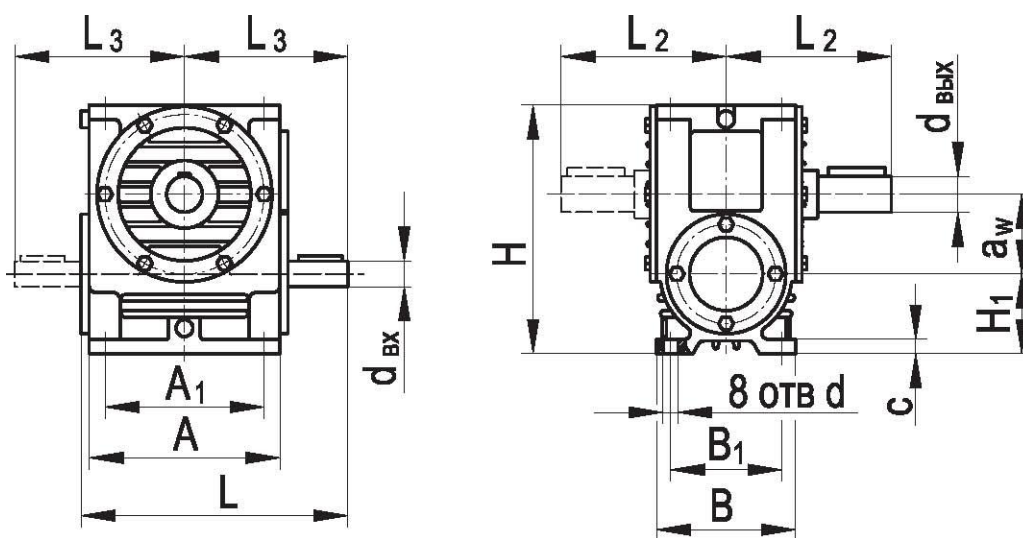
	2Ч-80М	Ч-100М	Ч-125М	Ч-160М	Ч-200М
$F_1, \text{ Н}$	800	1000	1400	1900	2300
$F_2, \text{ Н}$	4000	5000	7000	10000	13500

	Ч-250М	Ч-320М	Ч-400М	Ч-500М
$F_1, \text{ Н}$	3200	4000	5000	5500
$F_2, \text{ Н}$	16000	22000	27000	36000

Примечание.  $F_1$  – допускаемая радиальная нагрузка, приложенная в середине посадочной части входного вала;  $F_2$  – допускаемая радиальная нагрузка, приложенная в середине посадочной части выходного вала.

### РЕДУКТОРЫ ТИПА Ч-100М – Ч-160М С ОПОРНЫМИ ЛАПАМИ

#### ГАБАРИТНЫЕ И ПРИСОЕДИНИТЕЛЬНЫЕ РАЗМЕРЫ



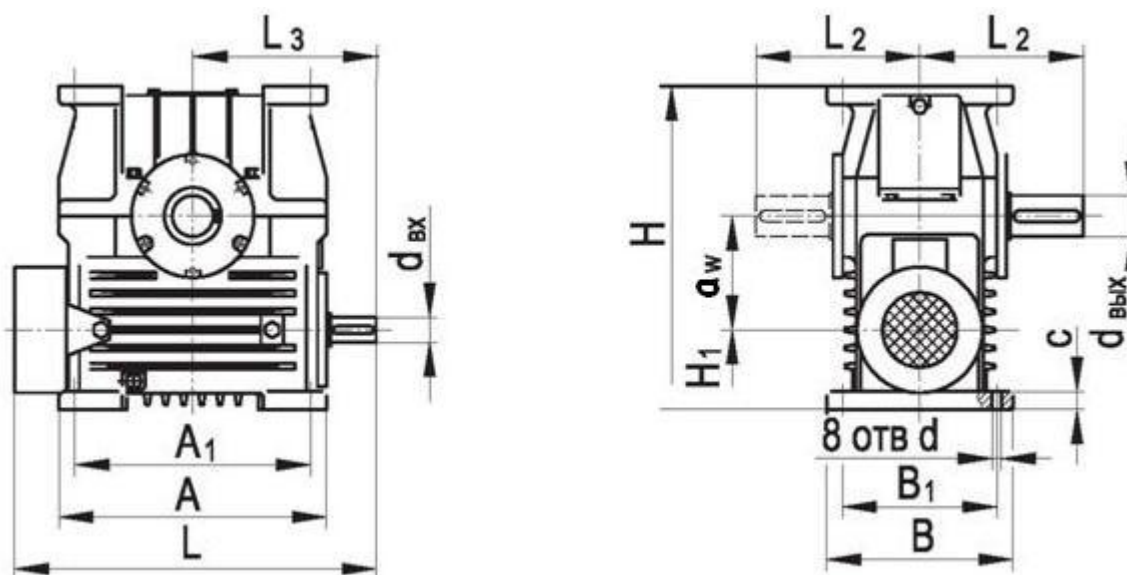
Типоразмер	Размеры, мм													
	$a_w$	A	$A_1$	B	$B_1$	L	$L_2$	$L_3$	H	$H_1$	c	d	$d_{\text{ВХ}}$	$d_{\text{ВЫХ}}$
Ч-100М	100	240	200	175	140	373	225	225	312	100	18	19	32	45
Ч-125М	125	275	230	230	190	437	230	261	396	111	22	19	32	55
Ч-160М	160	350	300	280	230	550	280	345	500	140	30	22	40	70

## РЕДУКТОРЫ ТИПА Ч-200М – Ч-500М С ОПОРНЫМИ ЛАПАМИ



Общий вид редуктора типа Ч-200М – Ч-500М

### ГАБАРИТНЫЕ И ПРИСОЕДИНИТЕЛЬНЫЕ РАЗМЕРЫ

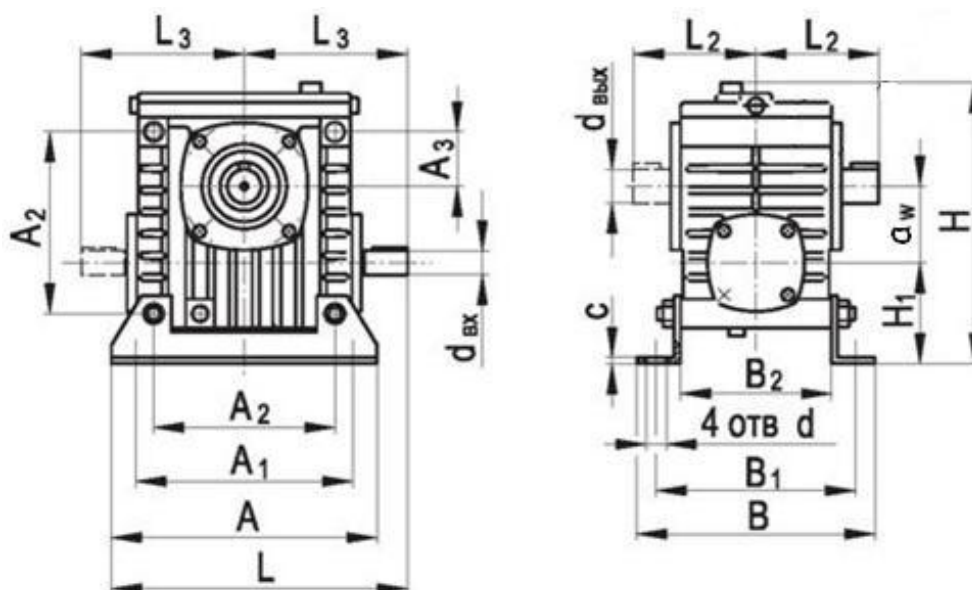


Типоразмер	Размеры, мм													
	$a_w$	A	A <sub>1</sub>	B	B <sub>1</sub>	L	L <sub>2</sub>	L <sub>3</sub>	H	H <sub>1</sub>	c	d	d <sub>вх</sub>	d <sub>вых</sub>
Ч-200М	200	475	420	330	275	662	340	355	575	160	32	24	45	80
Ч-250М	250	590	520	410	340	815	365	415	710	175	40	28	55	90
Ч-320М	320	690	560	416	245	890	468	515	835	170	70	30	70	120
Ч-400М	400	750	605	585	510	1100	540	575	1090	260	85	39	90	160
Ч-500М	500	1075	870	650	380	1380	665	795	1300	265	100	45	100	180

## РЕДУКТОР ТИПА 2Ч-80М С ОПОРНЫМИ ЛАПАМИ



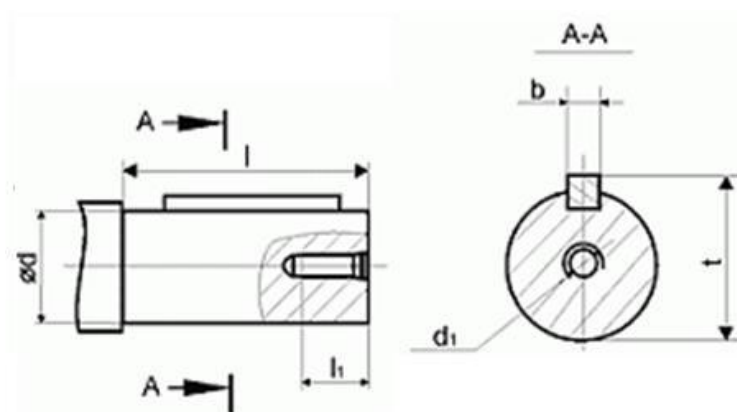
### ГАБАРИТНЫЕ И ПРИСОЕДИНИТЕЛЬНЫЕ РАЗМЕРЫ



Типоразмер	Размеры, мм																
	$a_w$	A	A <sub>1</sub>	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>	B	B <sub>1</sub>	B <sub>2</sub>	L	L <sub>2</sub>	L <sub>3</sub>	H	H <sub>1</sub>	c	d	d <sub>вх</sub>	d <sub>вых</sub>
2Ч-80М	80	260	225	180	50	212	185	140	290	125	160	265	92	5	15	25	35

Примечание. Размеры  $L_2$  и  $L_3$  приведены для цилиндрических концов валов

**ЦИЛИНДРИЧЕСКИЕ ВХОДНЫЕ И ВЫХОДНЫЕ ВАЛЫ ЧЕРВЯЧНЫХ  
ОДНОСТУПЕНЧАТЫХ РЕДУКТОРОВ**



**РАЗМЕРЫ КОНЦОВ ВАЛОВ**

Типоразмер редуктора	Размер входного вала, мм						Размер выходного вала, мм					
	d	d <sub>1</sub>	I	I <sub>1</sub>	t	b	d	d <sub>1</sub>	I	I <sub>1</sub>	t	b
2Ч-80М	25	M8	42	20	28	8	35	M8	58	20	38	10
Ч-100М	32	M10	80	25	35	10	45	M16	110	35	48,5	14
Ч-125М	32	M10	80	25	35	10	55	M20	110	45	59	16
Ч-160М	40	M12	110	30	43	12	70	M24	140	50	74,5	20
Ч-200М	45	M16	110	35	48,5	14	80	M24	170	60	85	22
Ч-250М	55	M20	110	45	59	16	90	M24	170	60	95	25
Ч-320М	70	M24	140	50	74,5	20	120	M30	210	75	127	32
Ч-400М	90	M24	170	60	95	25	160	M36	300	85	169	40
Ч-500М	100	M30	210	75	106	28	180	M36	300	85	190	45



Перв. примен.

Справ. №

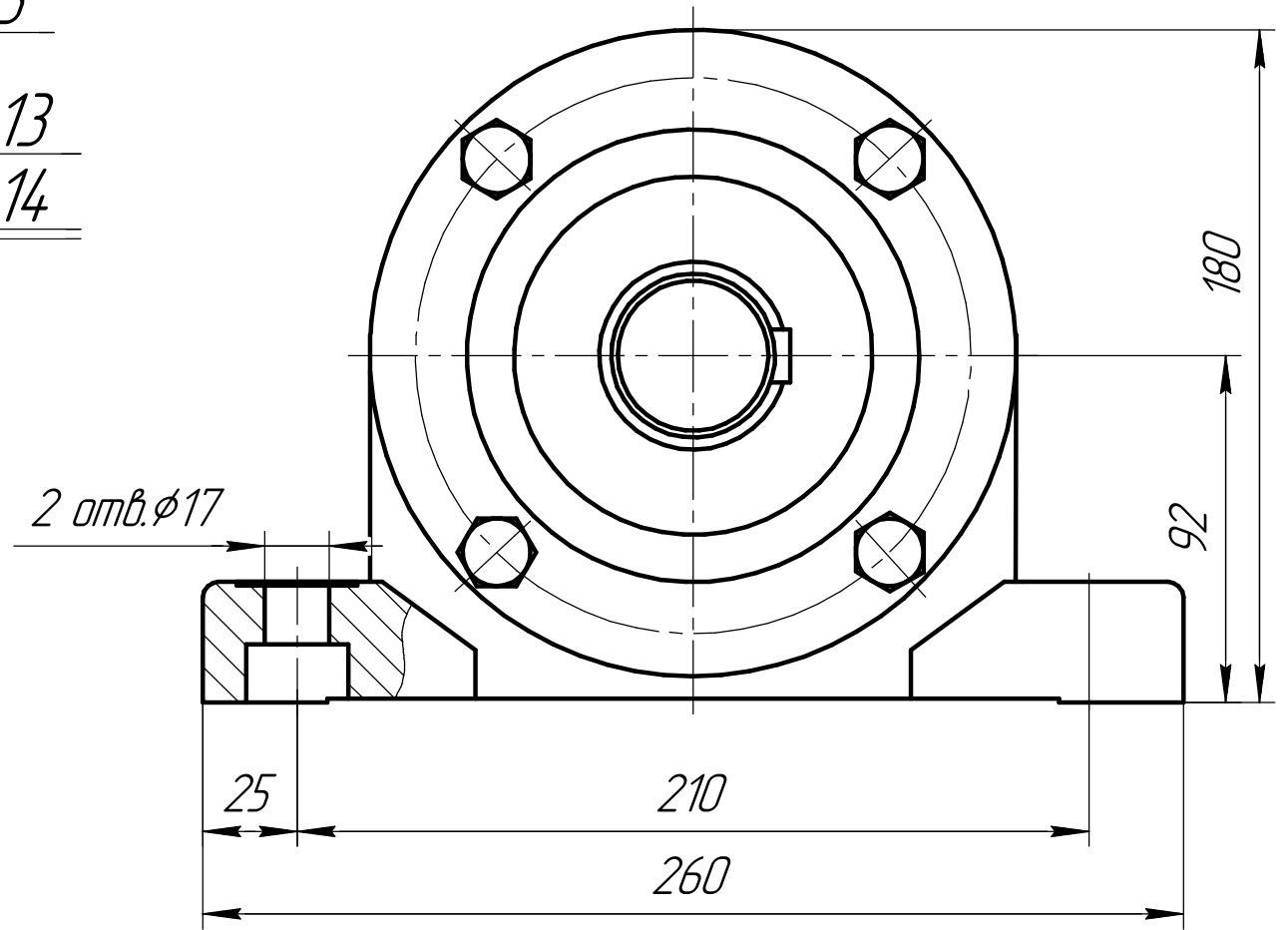
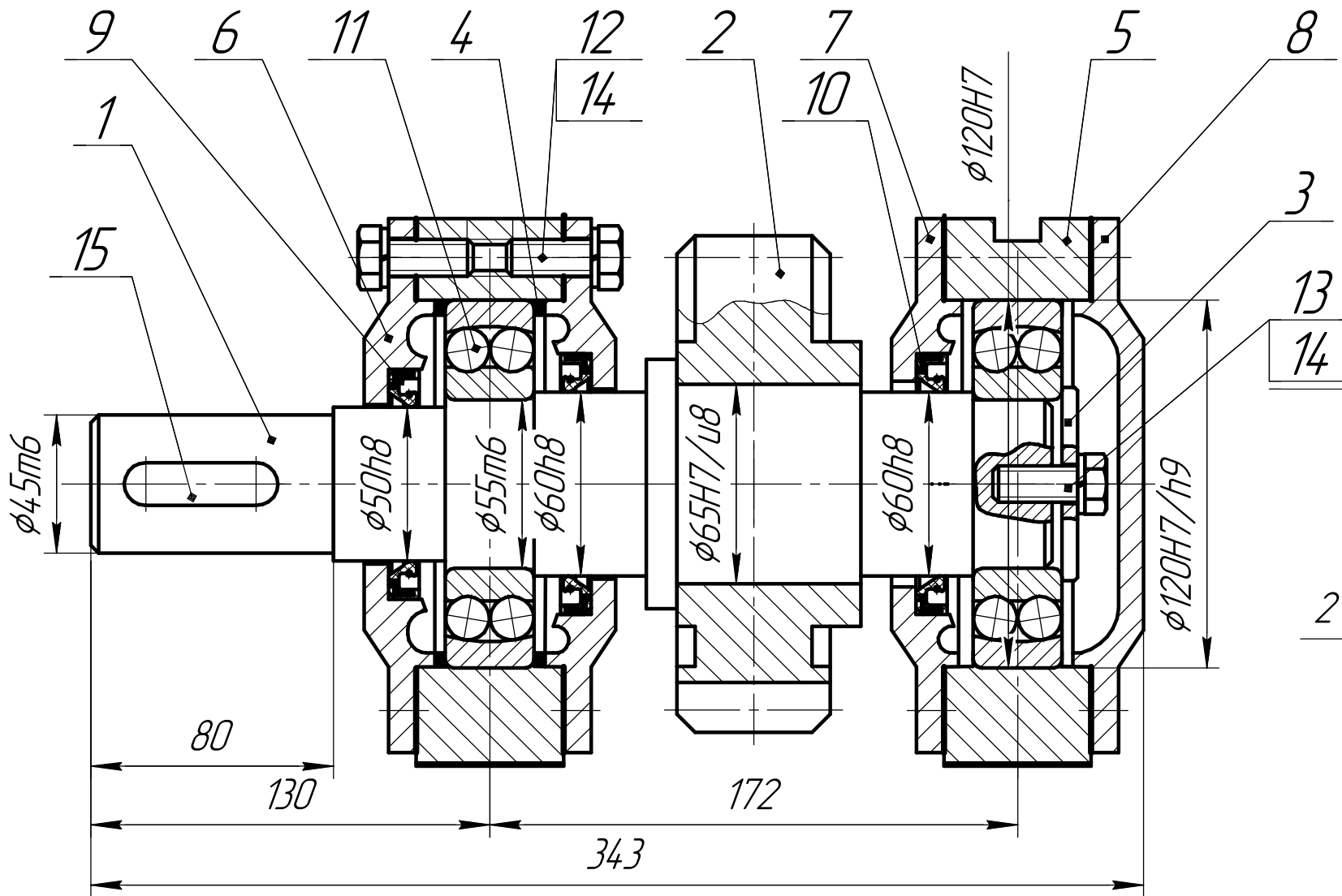
Подп. и дата

Инд. № дцкл.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инд. № подл.



					<b>OKM 001.001.100СБ</b>				
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	<b>Вал промежуточный Сборочный чертеж</b>	Лит.	Масса	Масштаб	
Разраб.	Кармилаев					У		1:2	
Проб.	Аввакумов					Лист	1	Листов	1
Т.контр.						СПбГУПТД ВШТЭ зр. 231			
Н.контр.									
Утв.									

Перв. примен.

Справ. №

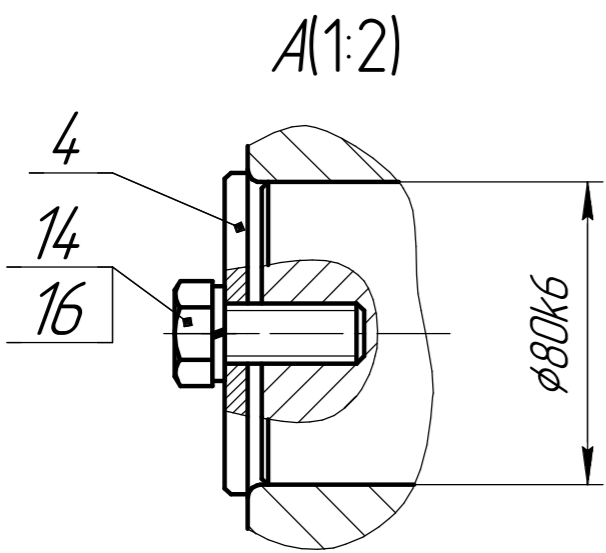
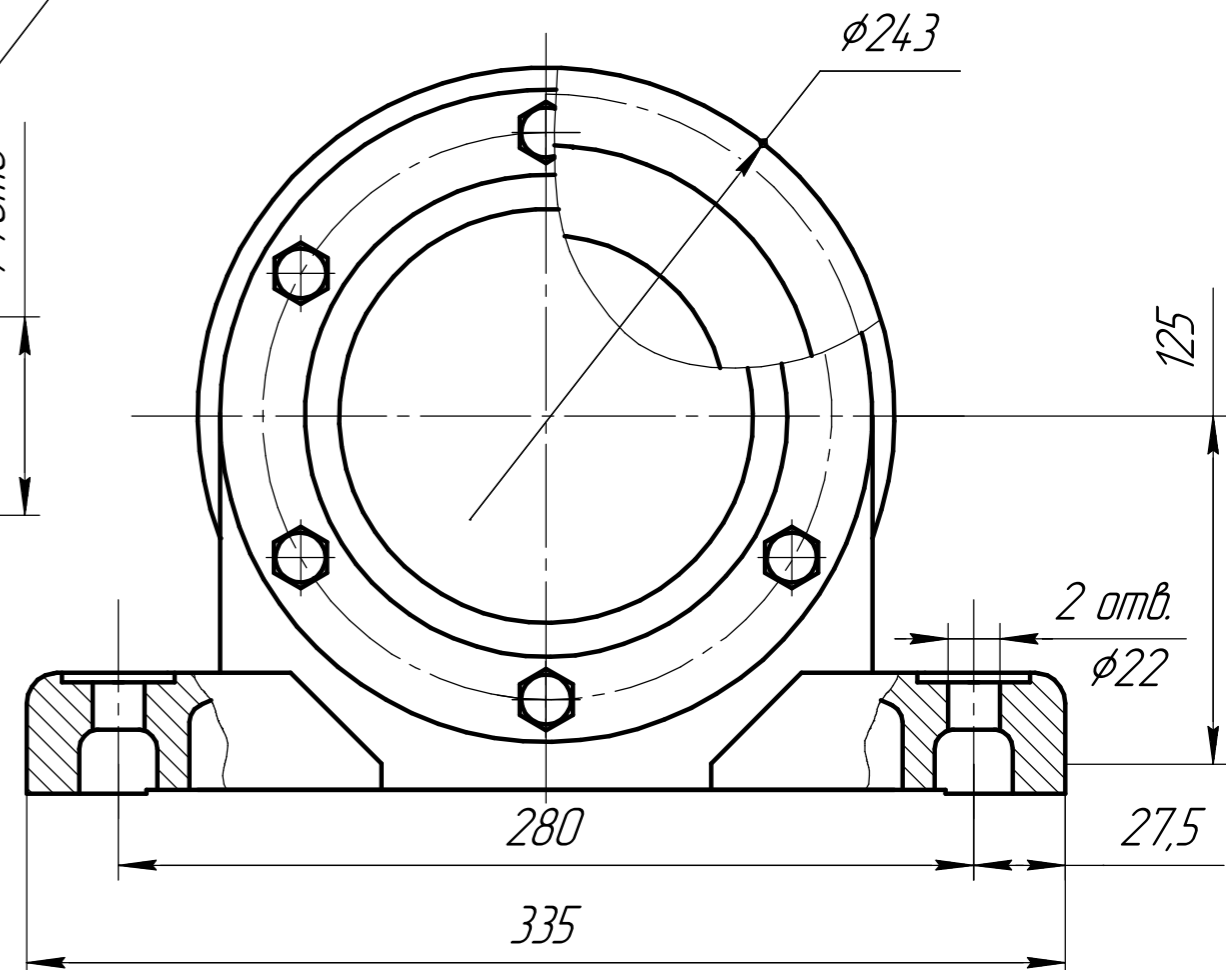
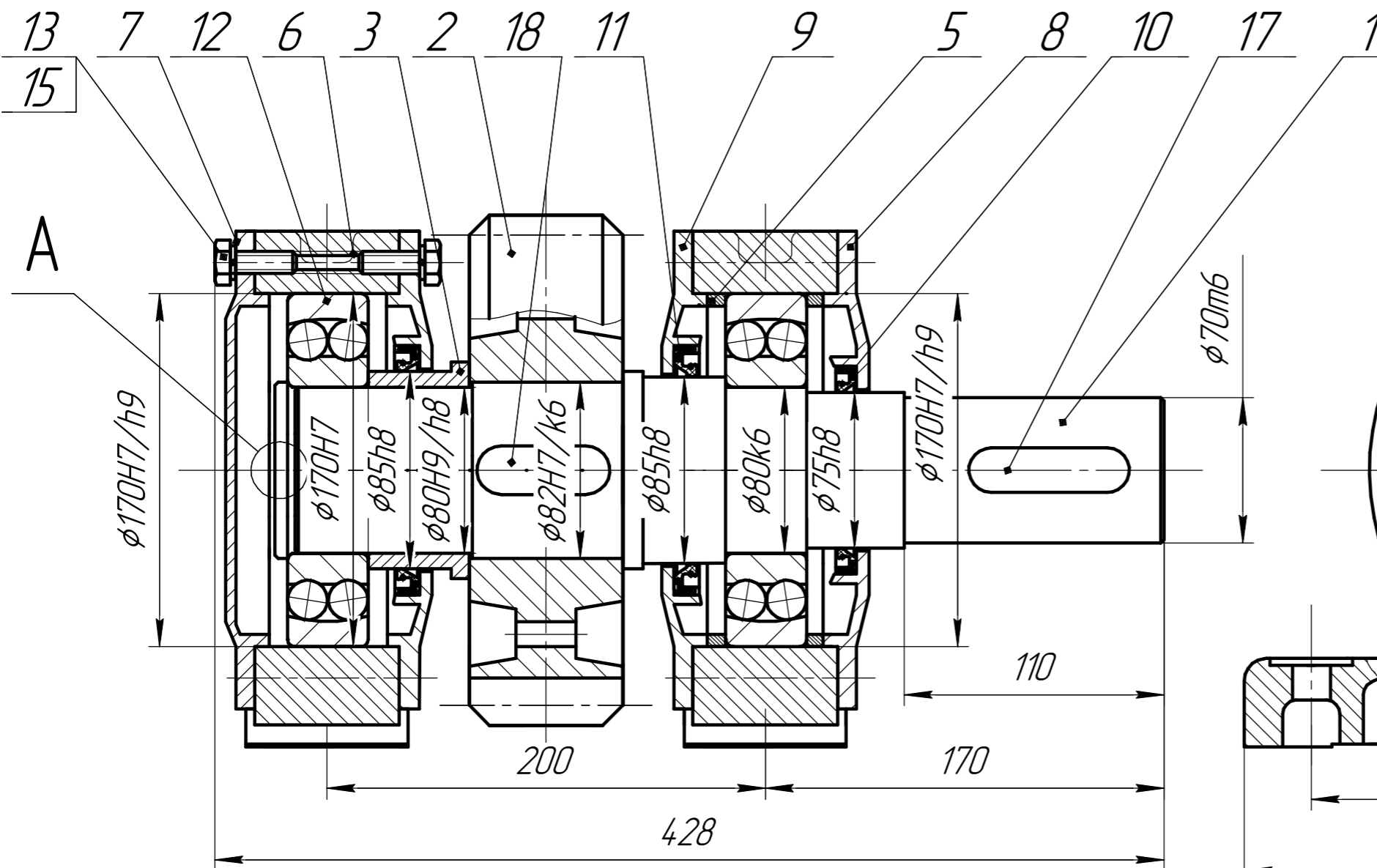
Подп. и дата

Изм. № д.ц.д.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Изм. № подл.



				OKM 004.001.100СБ				
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Вал промежуточный Сборочный чертеж	Лист	Масса	Масштаб
Разраб.		Кармилаев				у		1:2.5
Проб.		Аввакумов				Лист	1	Листов
Т.контр.						СПбГУПТД ВШТЭ группа 241		
Н.контр.						Формат А3		
Утв.						Копировал		

OKM 002.001.100СБ

Приложение 6

Перв. примен.

Справ. №

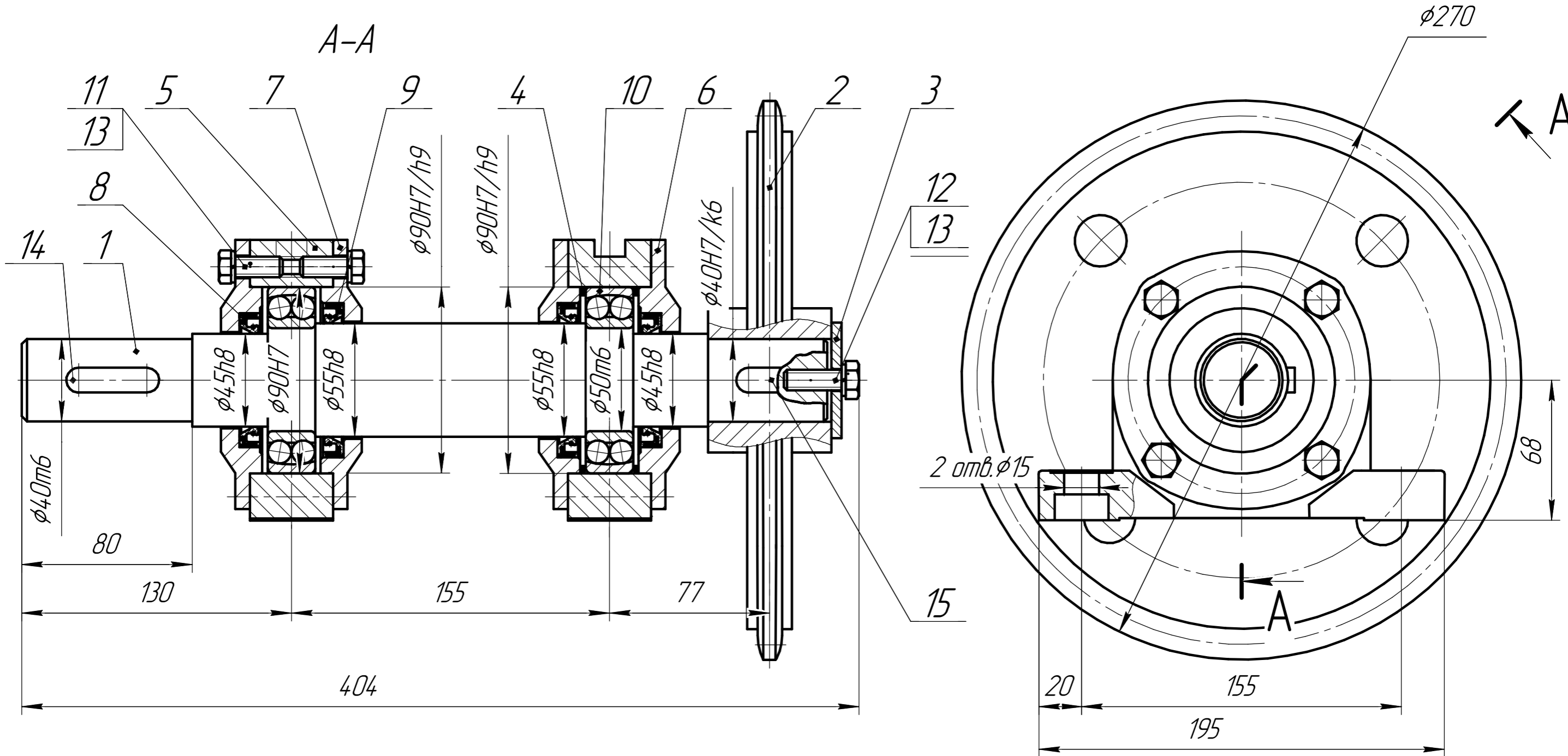
Подп. и дата

Изм. № дораб.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Изм. № подл.



				<b>OKM 002.001.100СБ</b>					
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	<b>Вал промежуточный Сборочный чертеж</b>	Лит.	Масса	Масштаб	
Разраб.	Кармилаев					У		1:2	
Пров.	Аввакумов					Лист	1	Листов	1
Т.контр.						СПбГУПТД ВШТЭ зр. 231			
Н.контр.					Копировал			Формат А3	
Утв.									

Перв. примен.

Справ. №

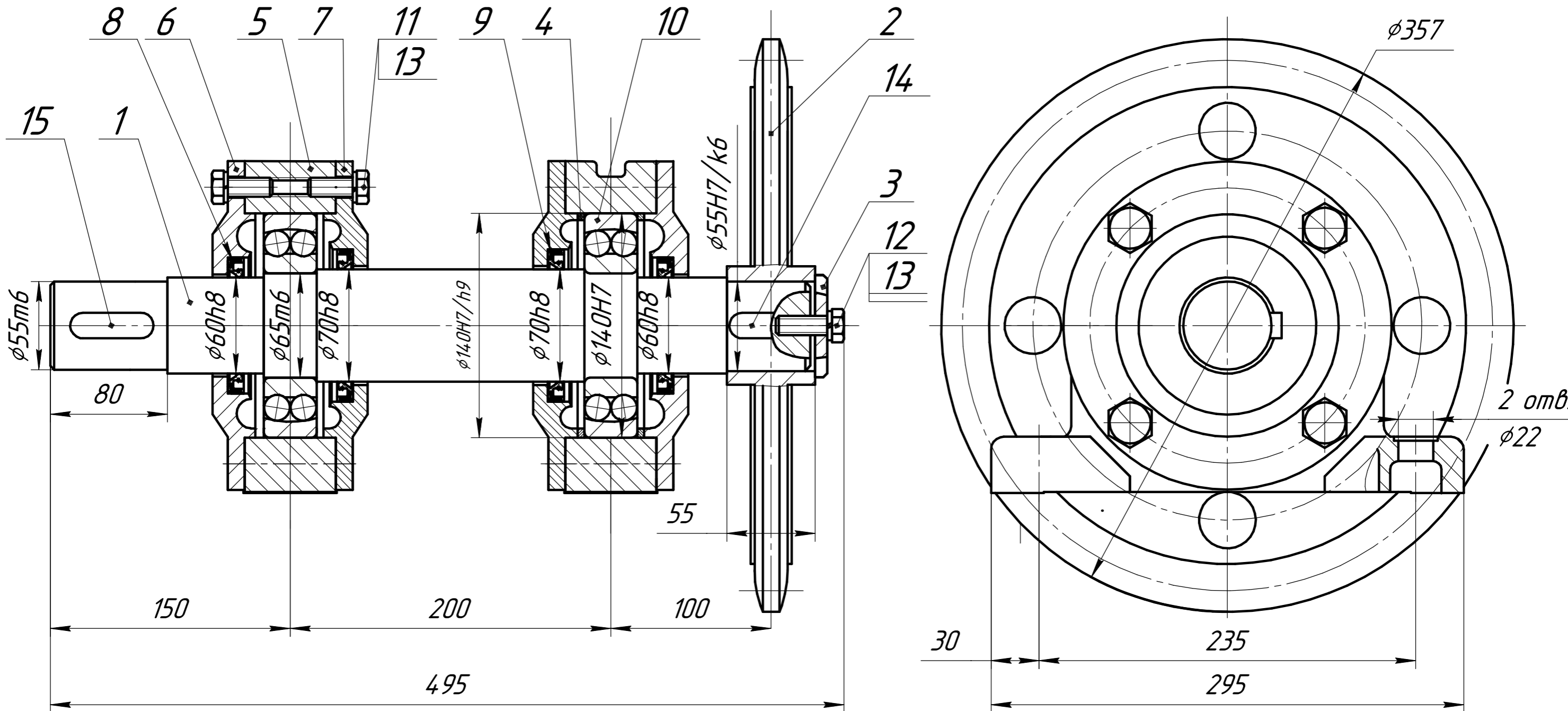
Подп. и дата

Инд. № дцкл.

Взам. инв. №

Подп. и дата

Инд. № подл.



				OKM 005.001.100СБ				
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Вал промежуточный Сборочный чертеж	Лист	Масса	Масштаб
Разраб.	Кармилаев					у		1:2,5
Пров.	Аввакумов					Лист 1	Листов 1	
Т.контр.						СПбГУПТД ВШТЭ группа 241		
И.контр.								
Утв.								

Перв. примен.

Справ. №

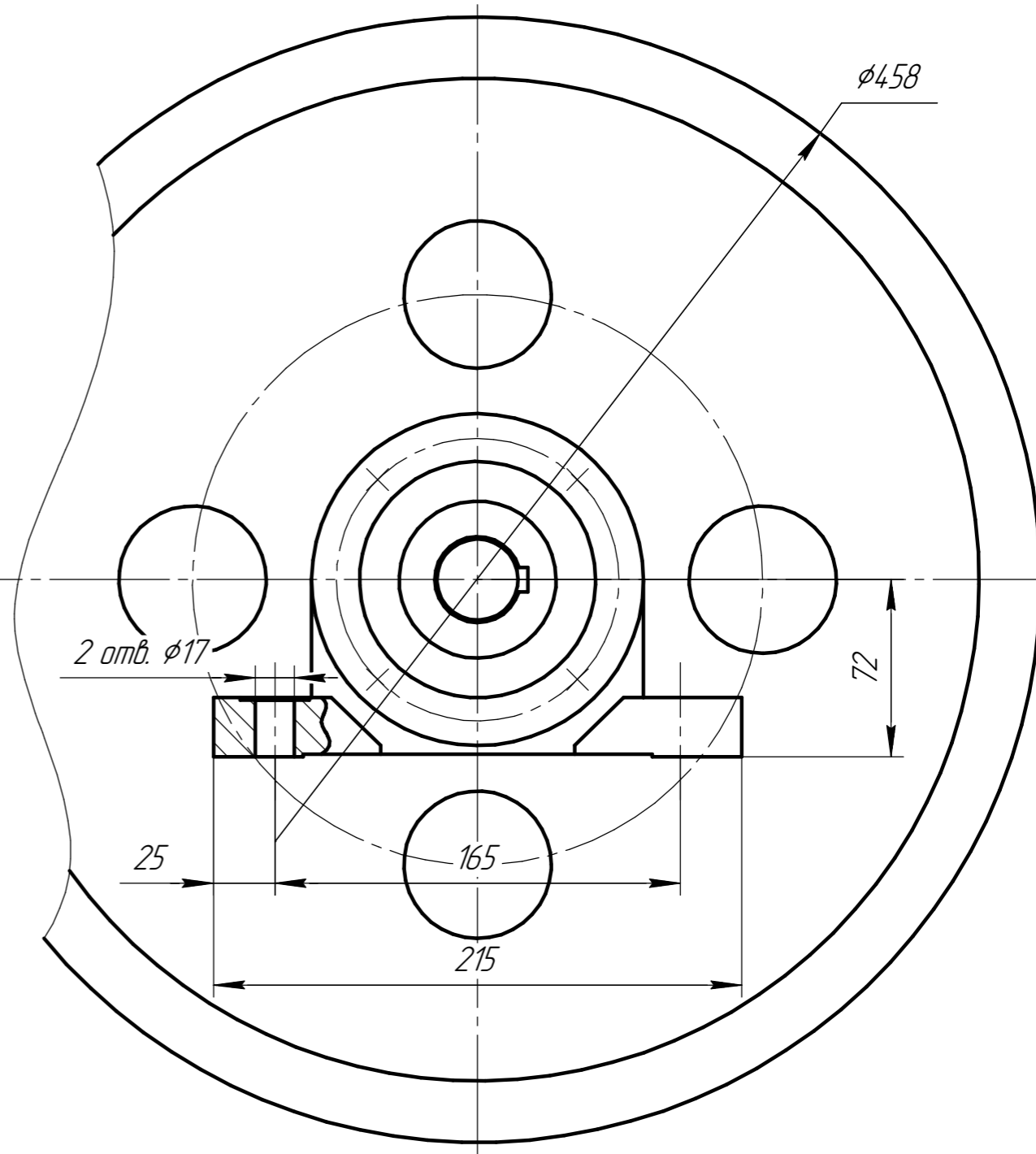
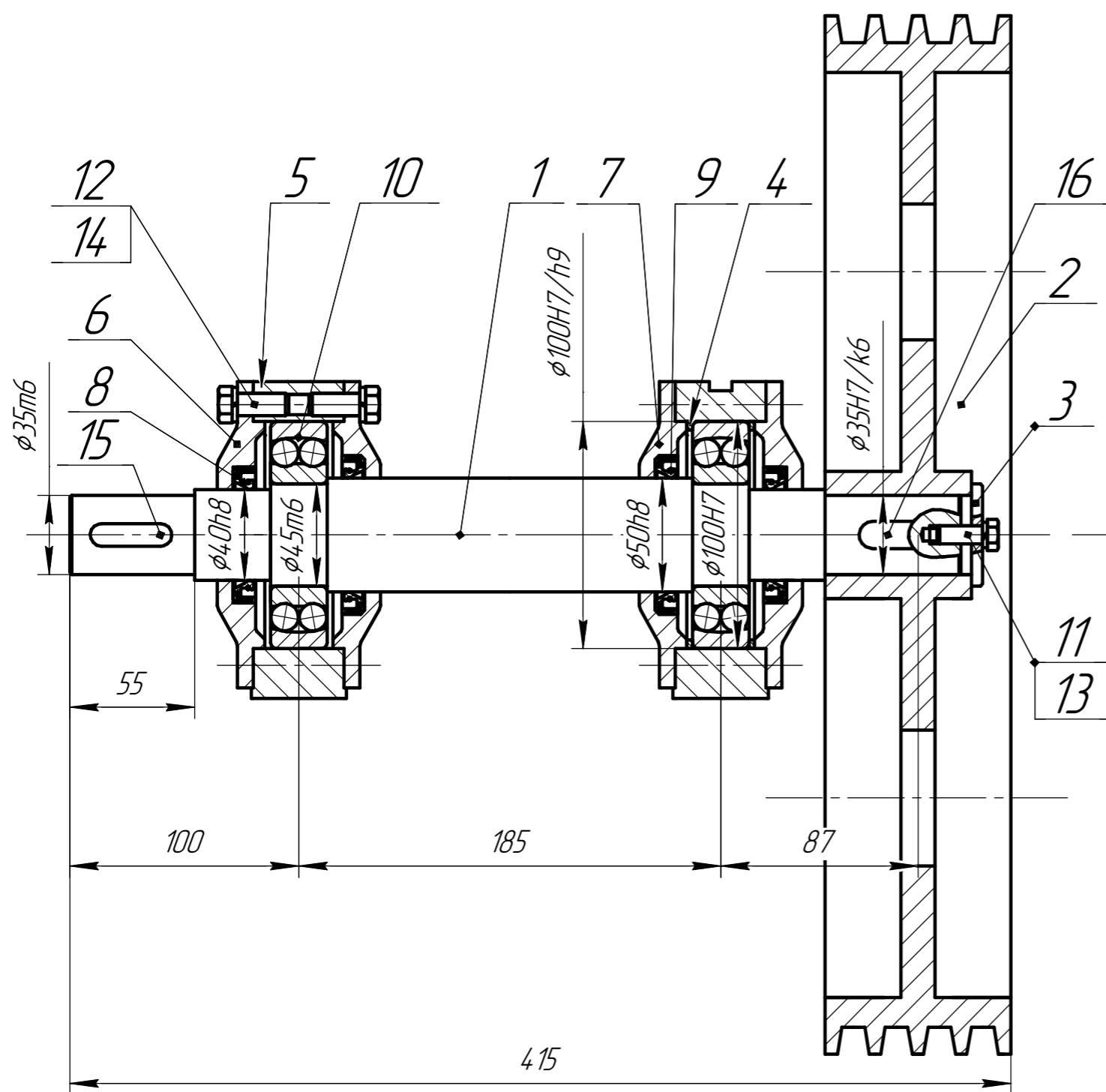
Подп. и дата

Инд. № дщл.

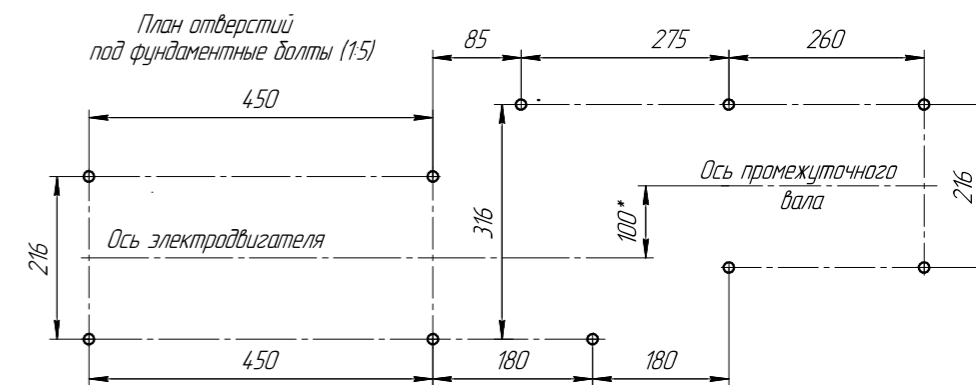
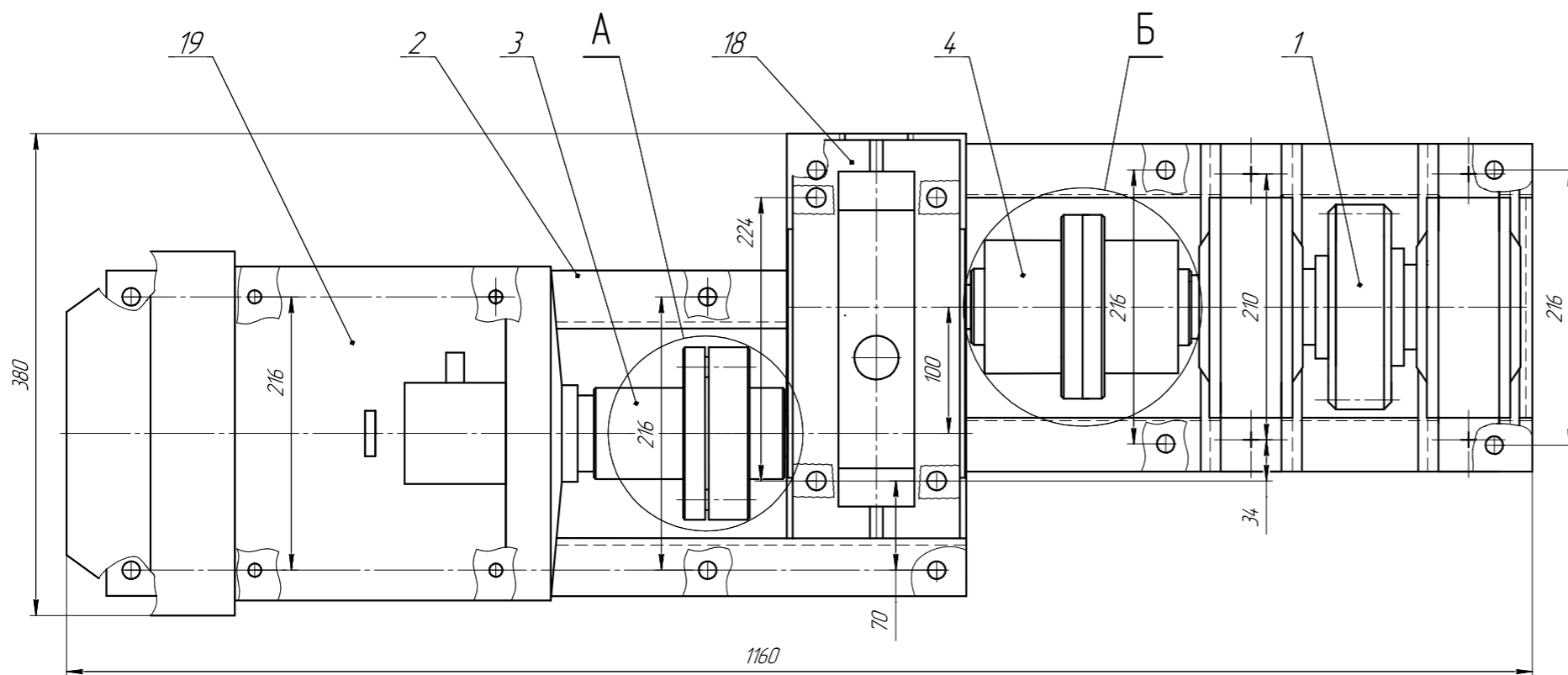
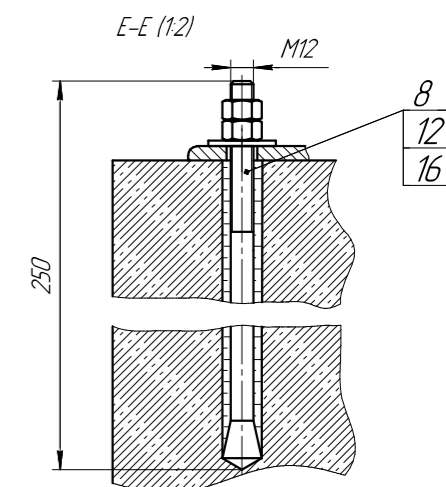
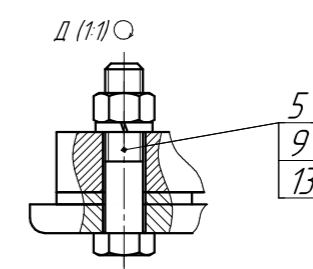
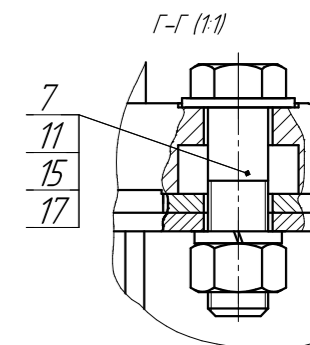
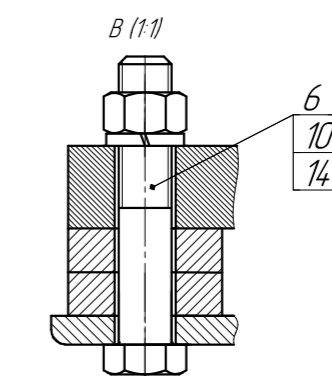
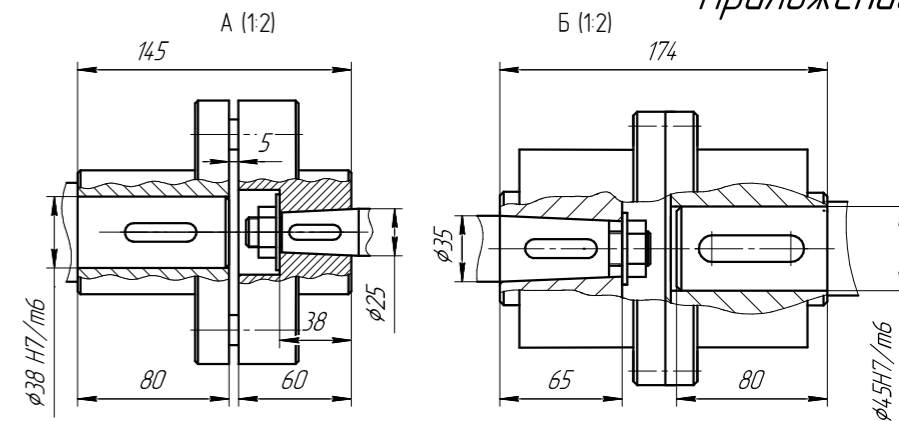
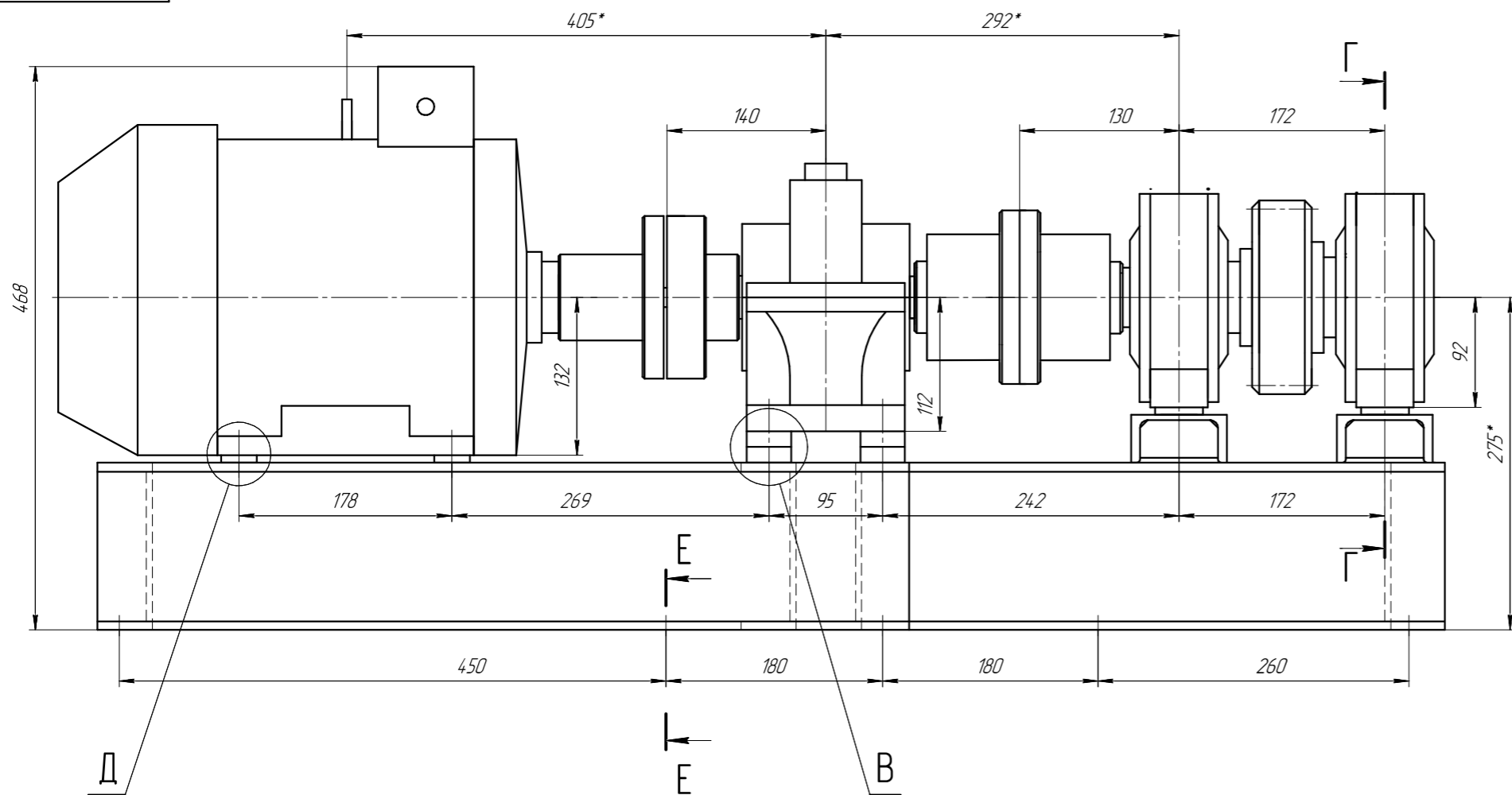
Взам. инв. №

Подп. и дата

Инд. № подл.

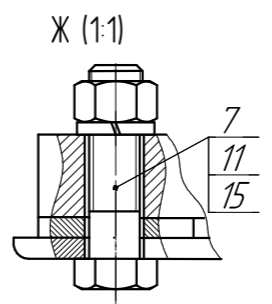
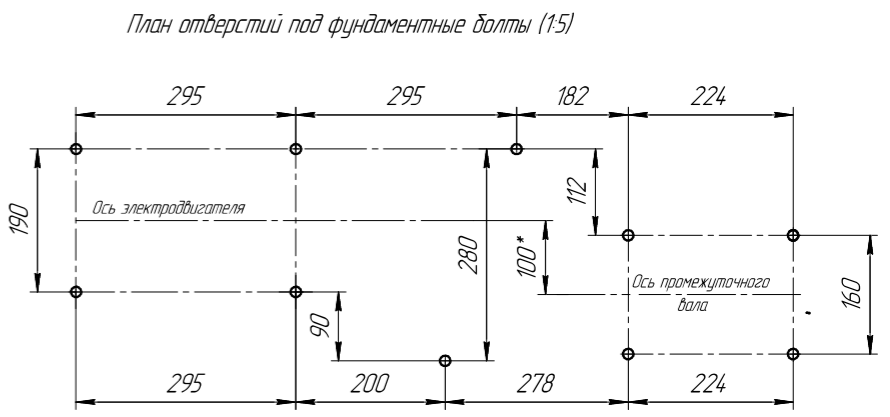
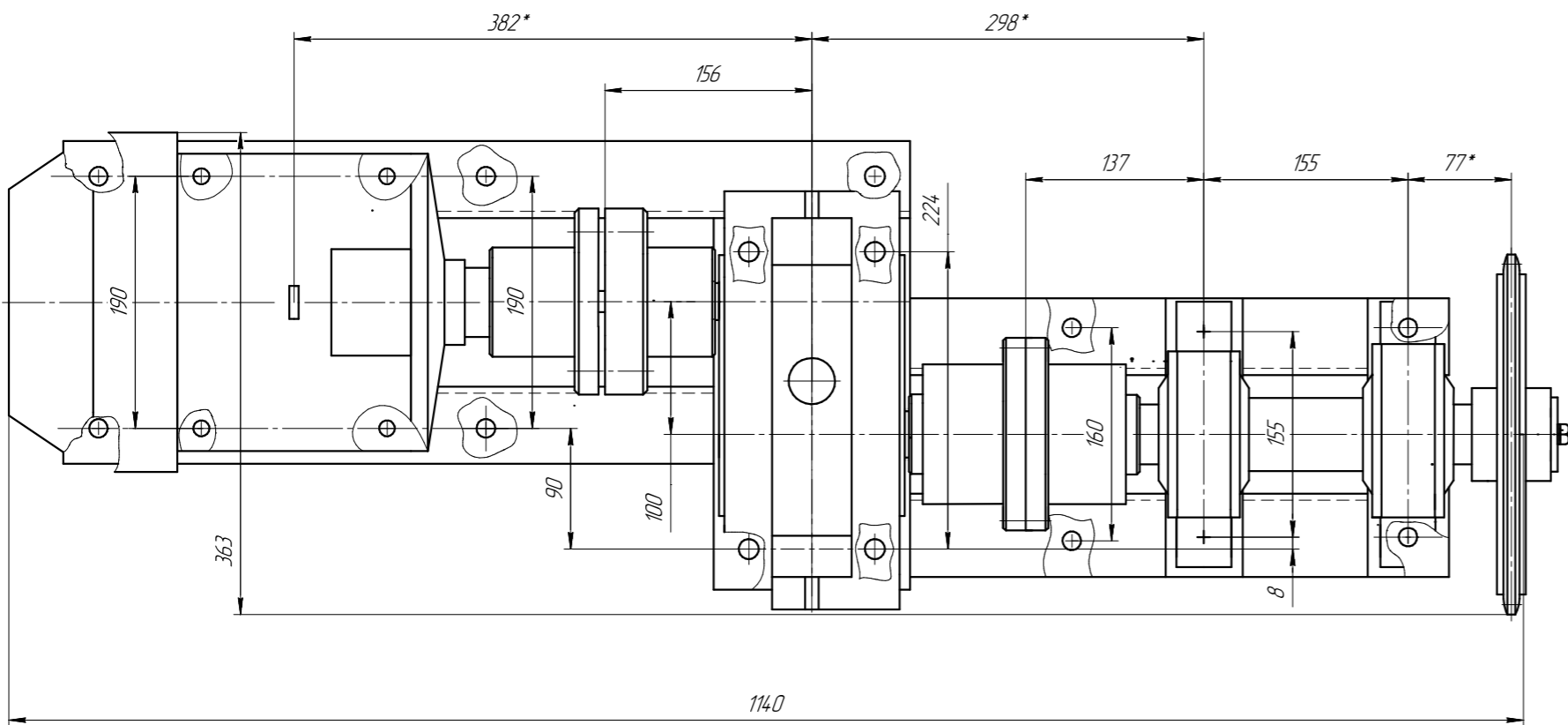
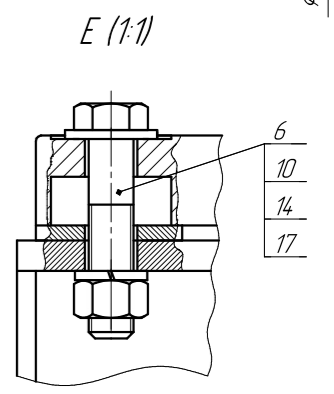
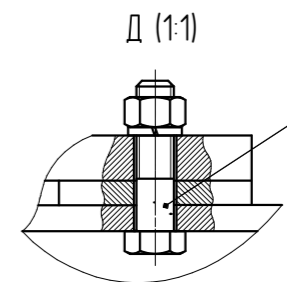
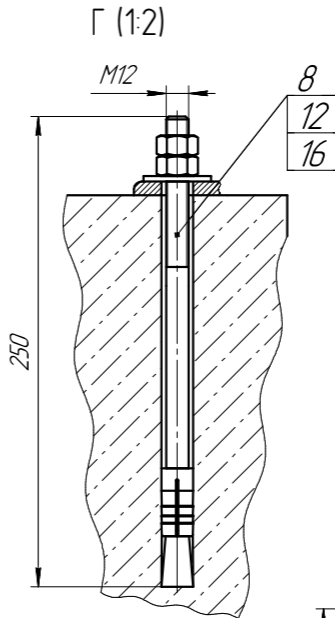
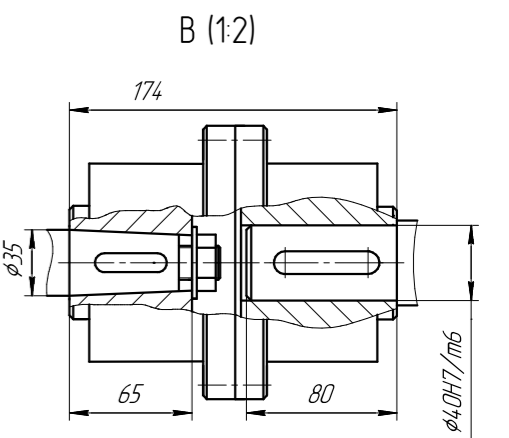
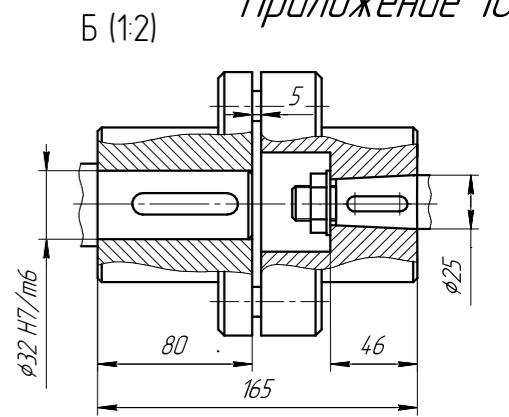
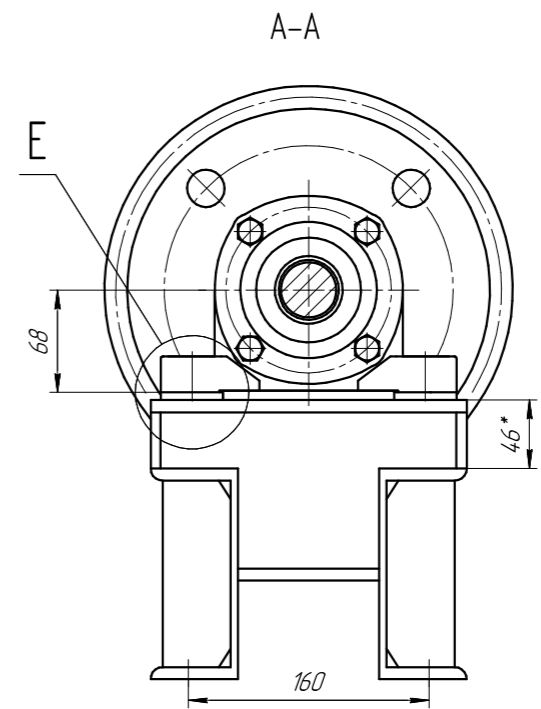
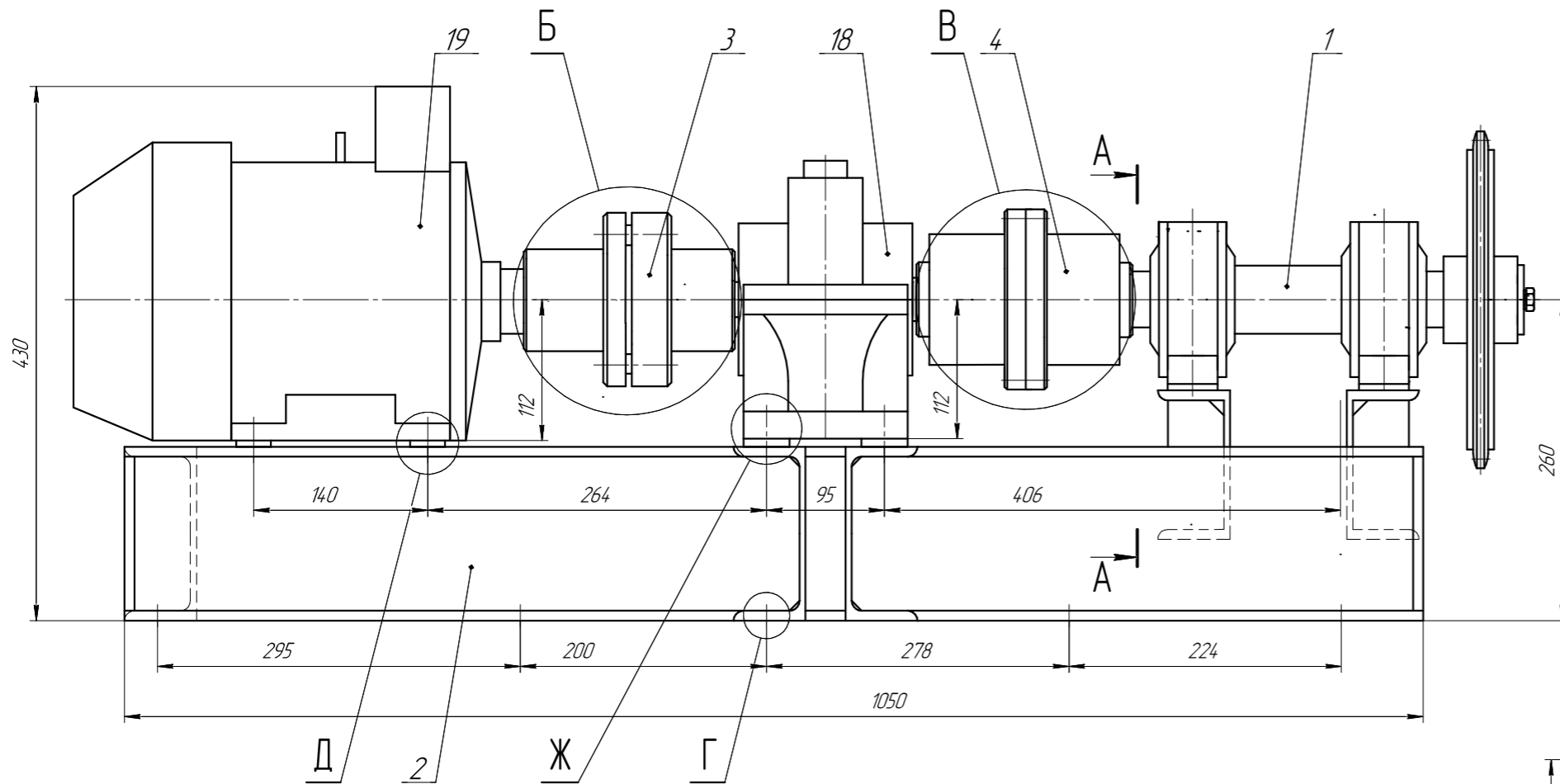


				ОКМ 003.001.100 СБ					
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Вал промежуточный сборочный чертеж	Лит.	Масса	Масштаб	
Разраб.	Артамонов И.С.					У		1:2.5	
Пров.	Аввакумов М.В.					Лист	1	Листов	1
Т.контр.						СПБГУПТД ВШТЭ группа 241			
Н.контр.								Формат А3	
Утв.								Копировал	



1. \*Размеры для справок  
2. Ограждение муфты и открытой зубчатой передачи спроектировать и установить по месту

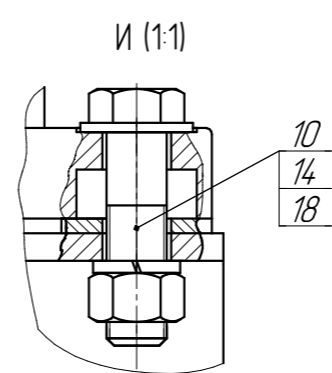
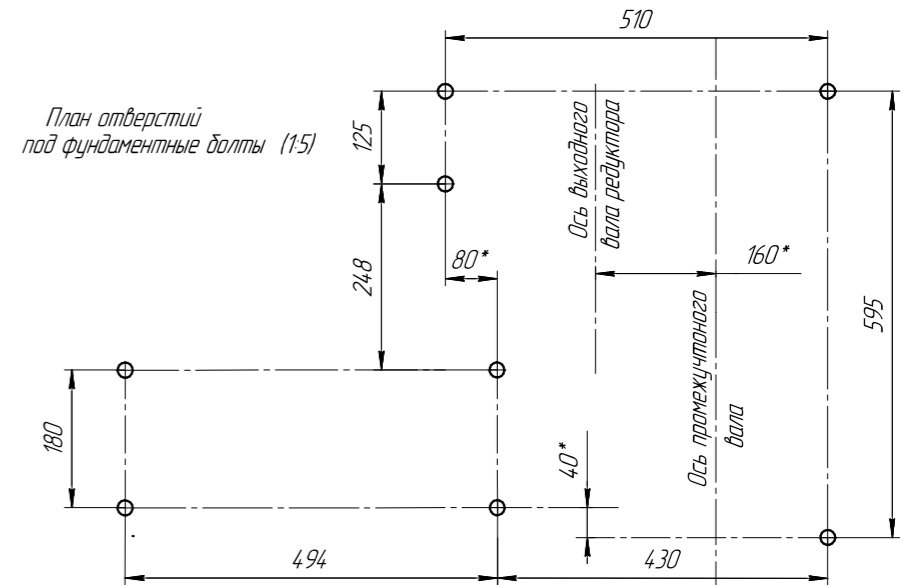
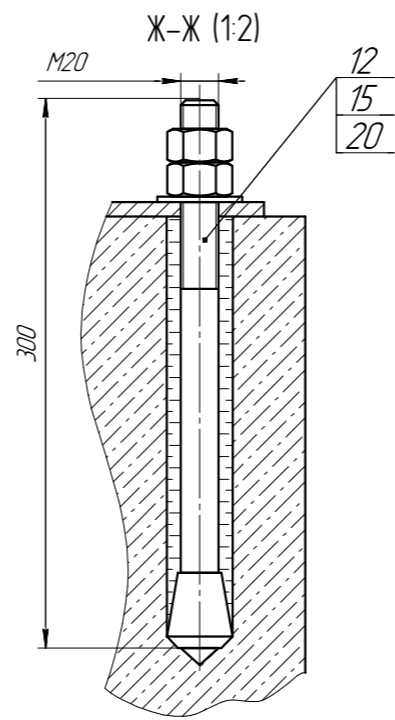
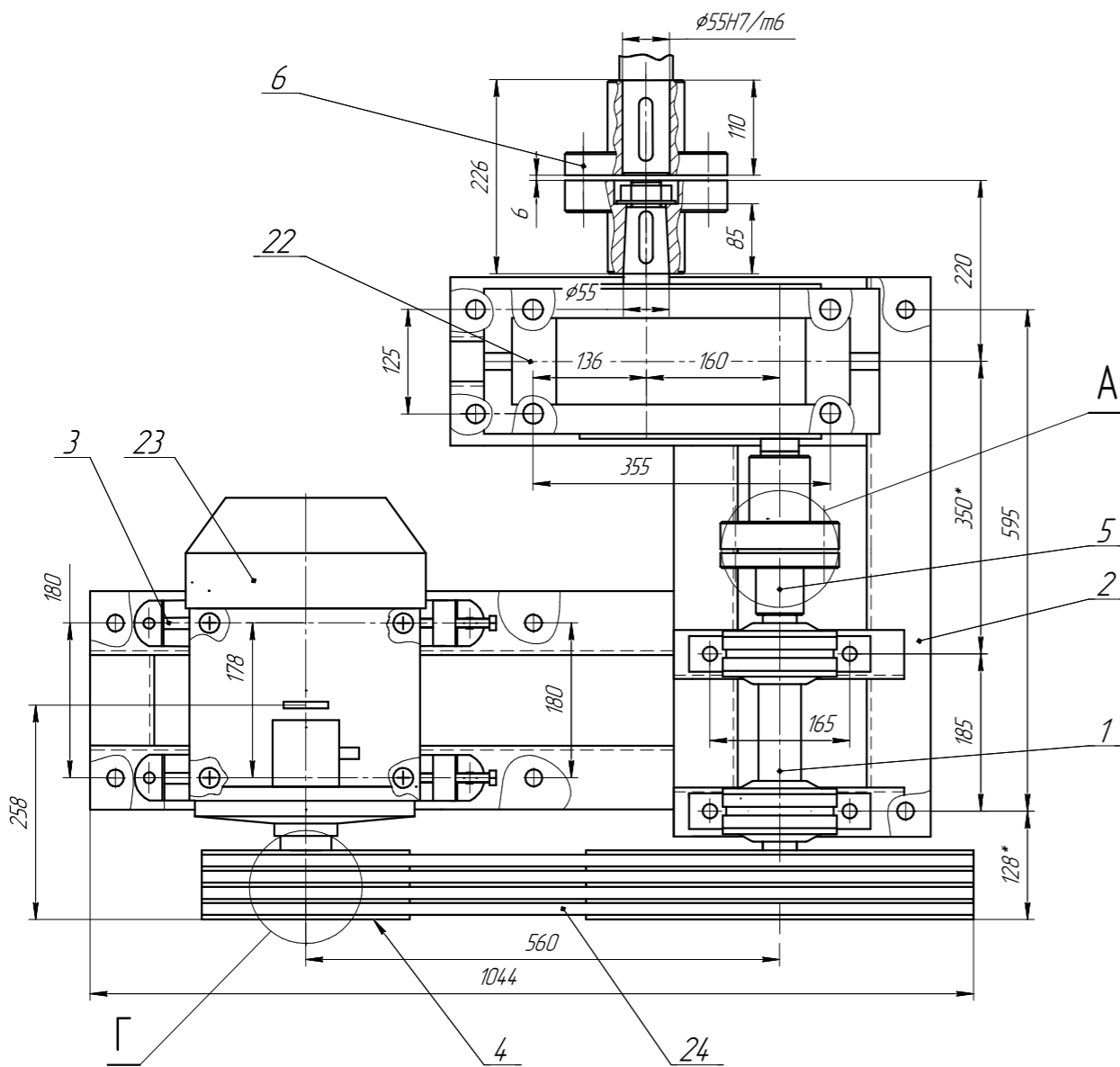
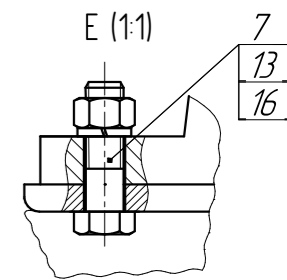
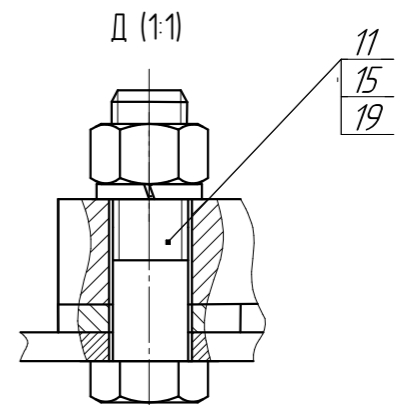
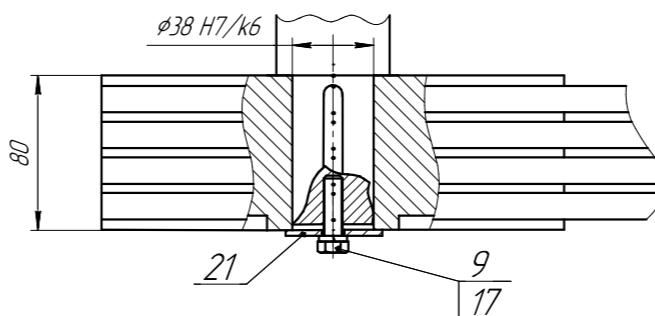
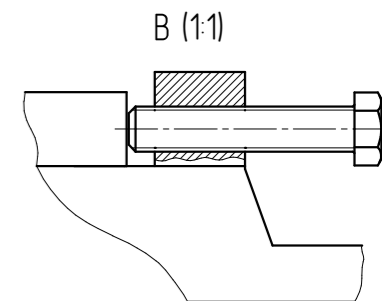
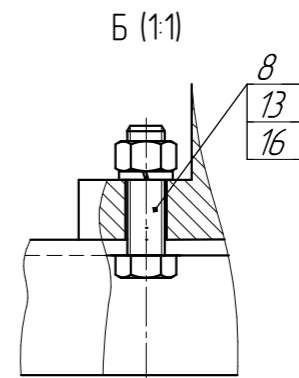
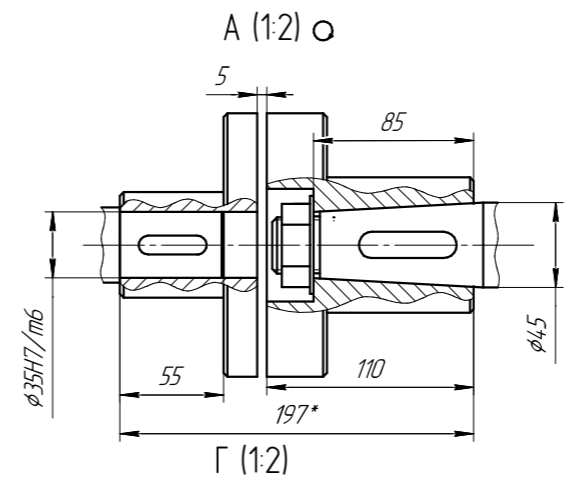
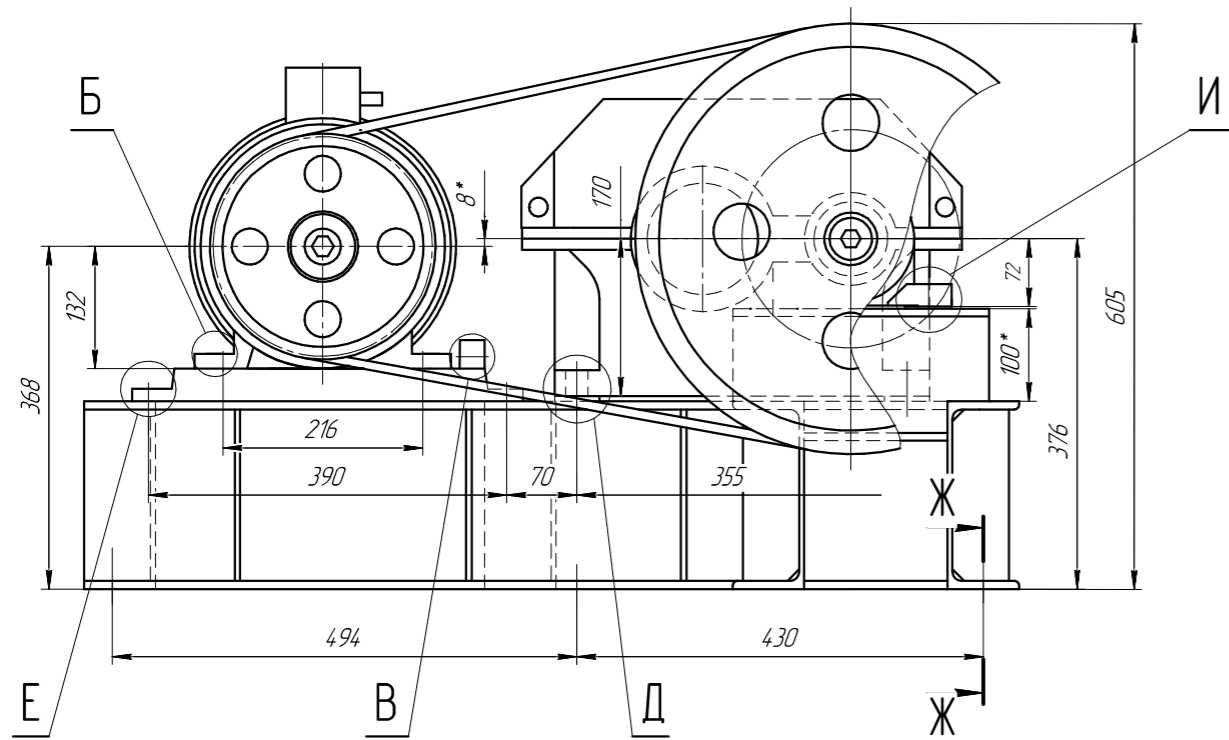
				ОКМ 001.001.000 МЧ		
Изм.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	Приводная станция №1	Масса
Разраб.	Кармилев				монтажный чертёж	125
Проб.	Аввакумов					
Т.контр.						
Н.контр.						
Утв.						
						Лист 1 Листов 1
						СПбГУПТД ВШТЭ
						группа 241
						Формат А1



1. \* Размеры для справок  
2. Ограждение муфты и цепной передачи спроектировать и установить по месту

				ОКМ 002.001.000 МЧ		
Изм.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	Приводная станция №2	Масса
Разраб.	Кармилов Д.В.				монтажный чертёж	1.25
Проб.	Аббакумов М.В.					
Т.контр.						
И.контр.						
Утв.						
					Лист 1	Листов 1
					СПбГУПТД ВШТЭ	
					группа 241	
					Формат А1	

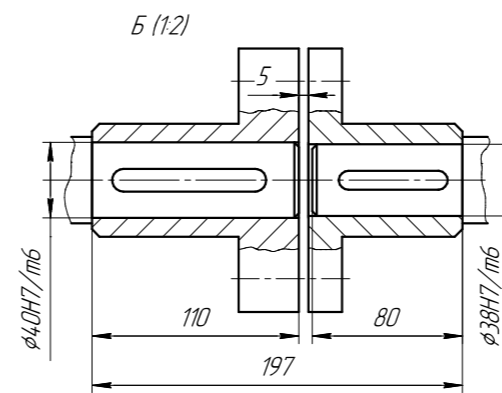
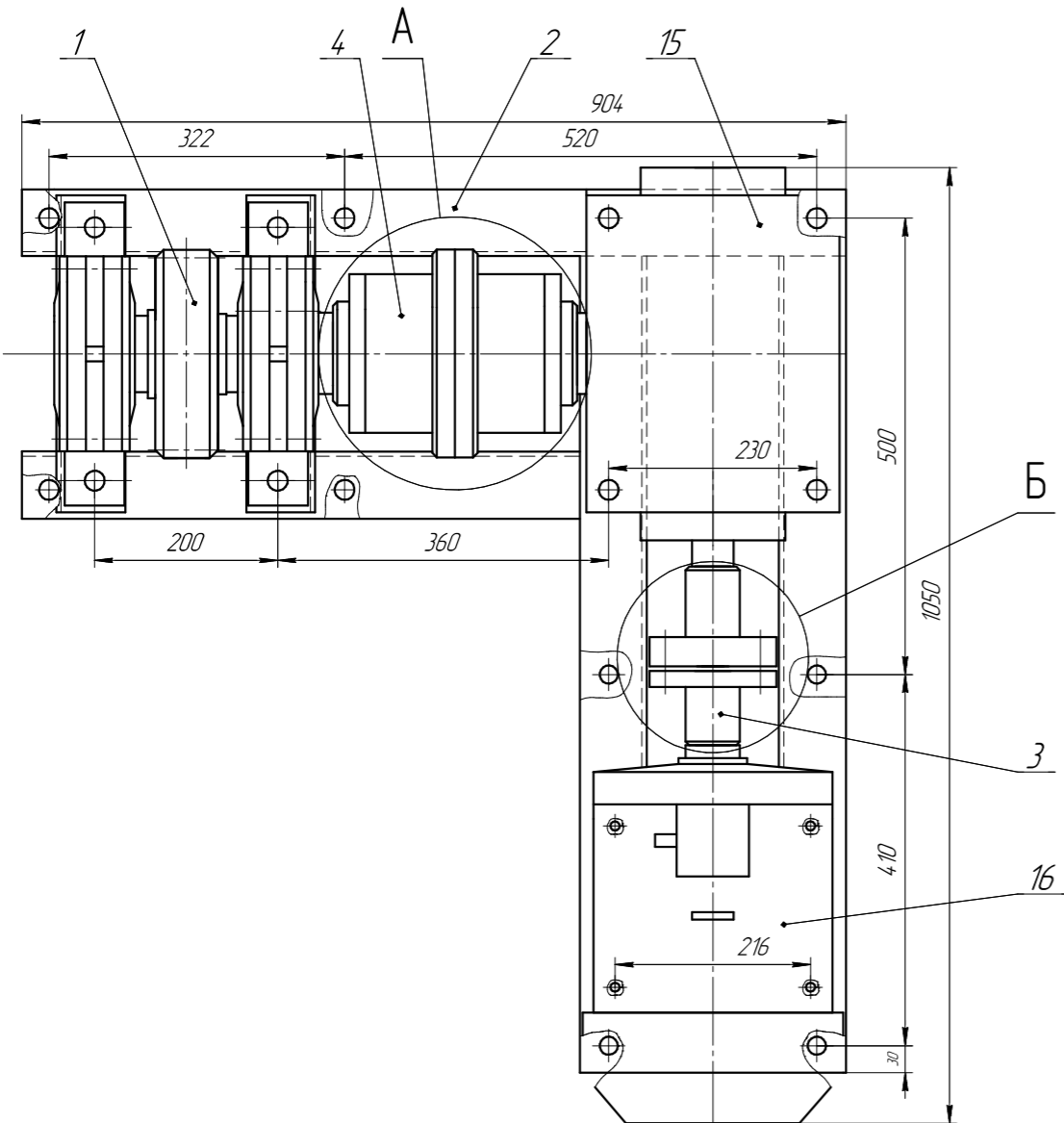
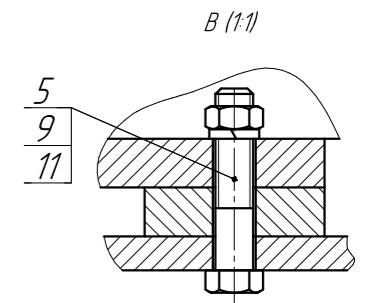
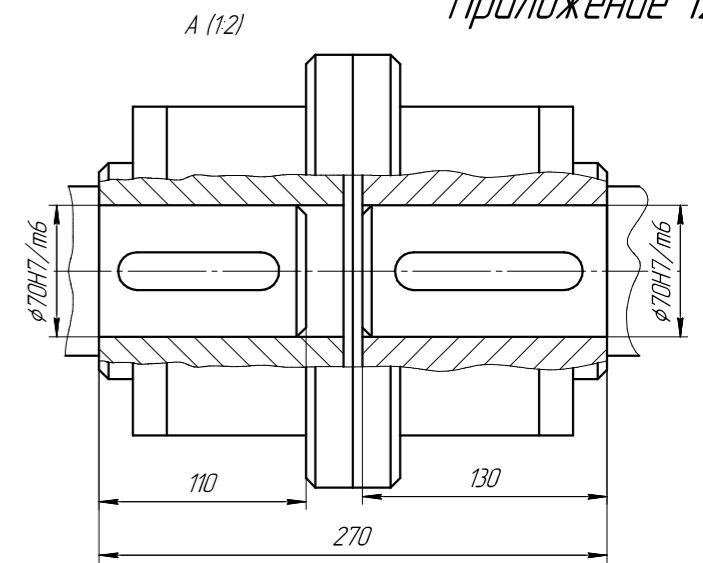
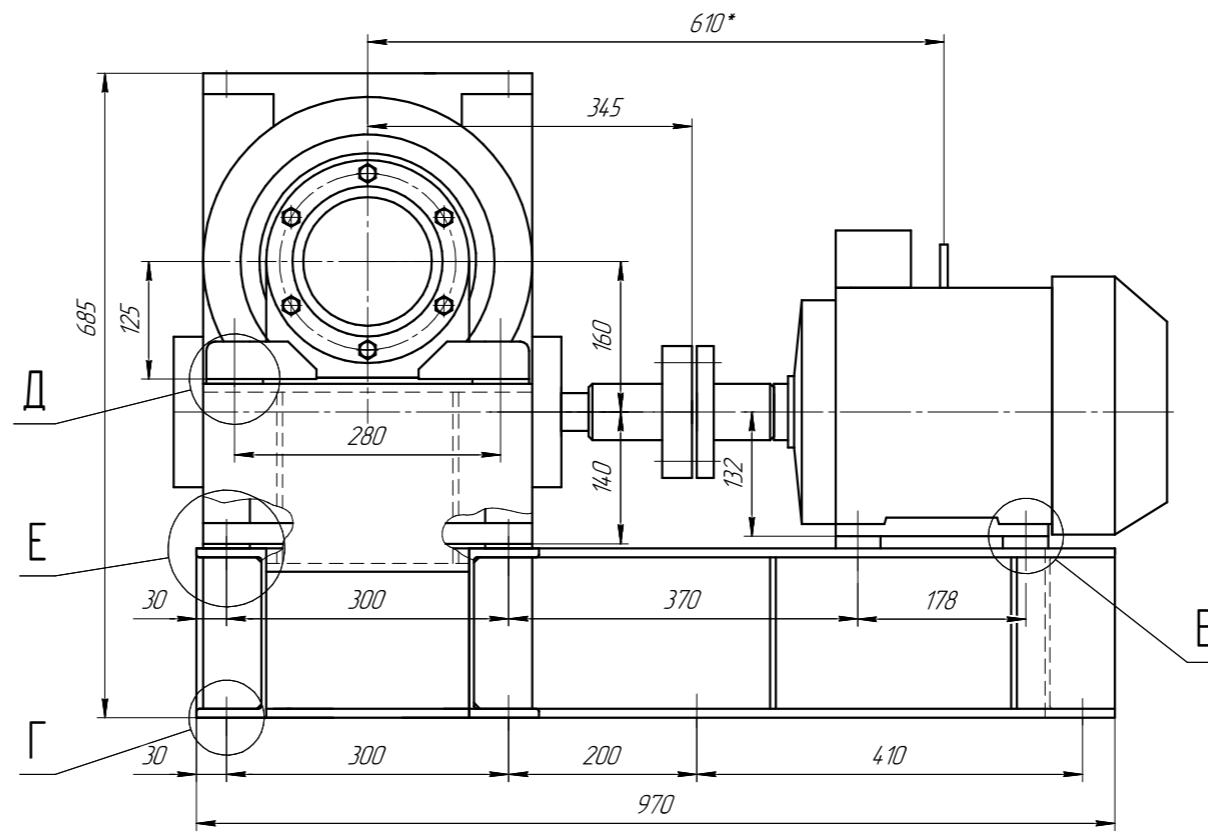
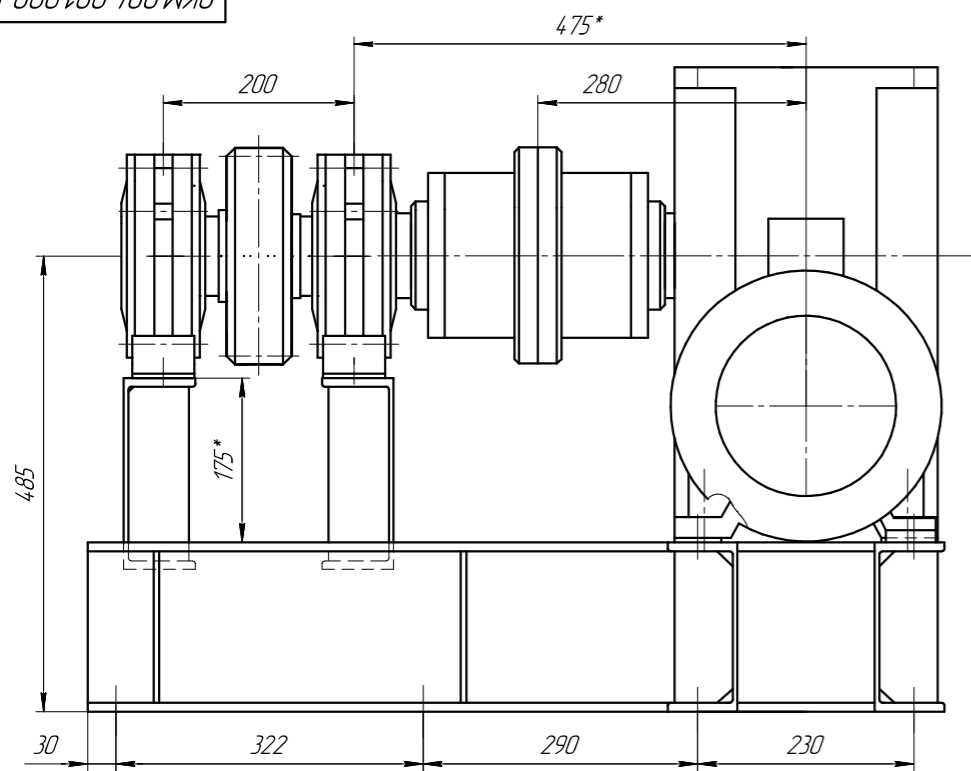
Лист 1 из 1  
ИД 000100700 МЧ  
Формат А1



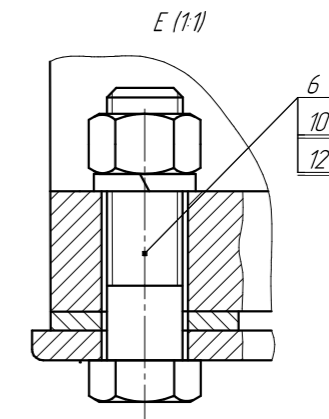
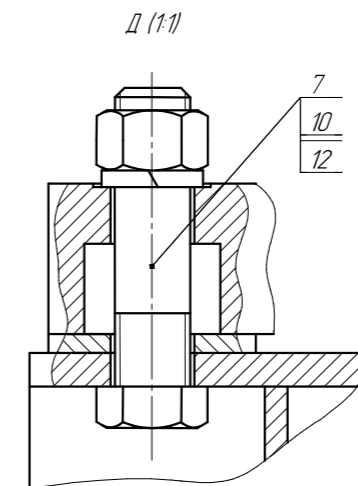
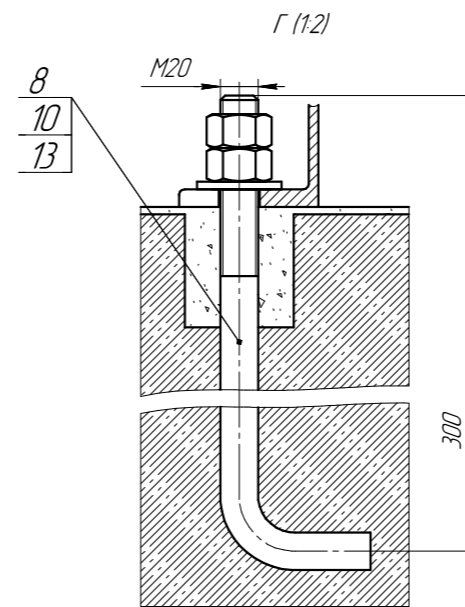
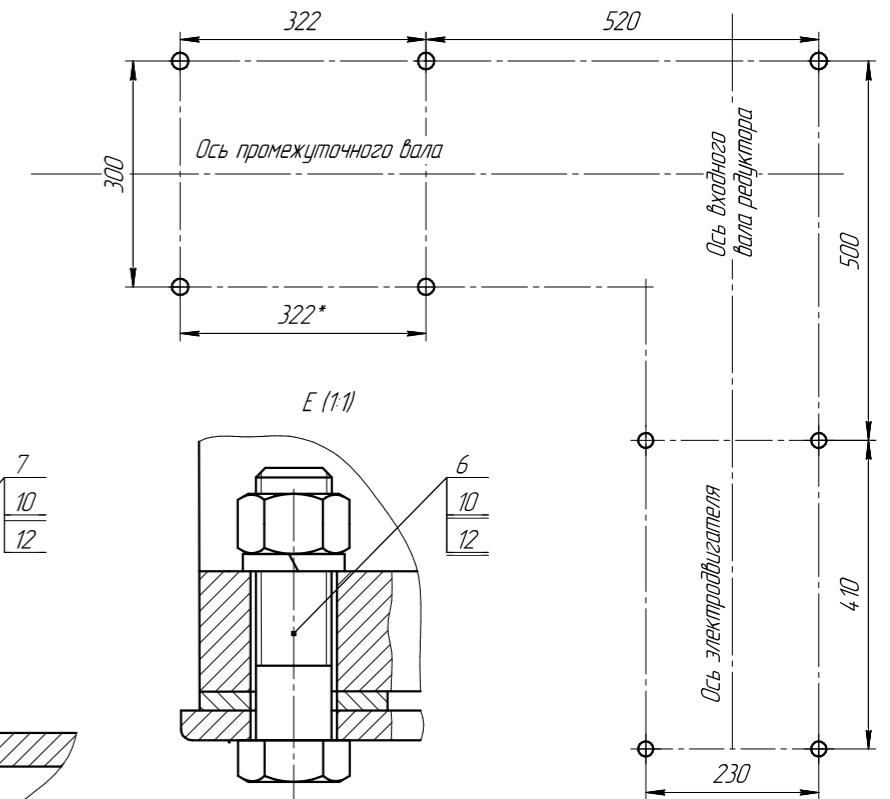
1 \* Размеры для справок  
2. Ограждение муфт и клиноременной передачи спроектировать и установить по месту

OKM 003.001.000 MЧ				Лист	Масса	Масштаб
Изм.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	Лист	Масса
Разраб.	Артемюк				14	
Проб.	Аввакумов					
Т.контр.						
Н.контр.						
Утв.						
Приводная станция №7 монтажный чертеж				Лист	1	Листов
				СПбГУПТД ВШТЭ		1
				гр. 241		
Копировал				Формат		A1





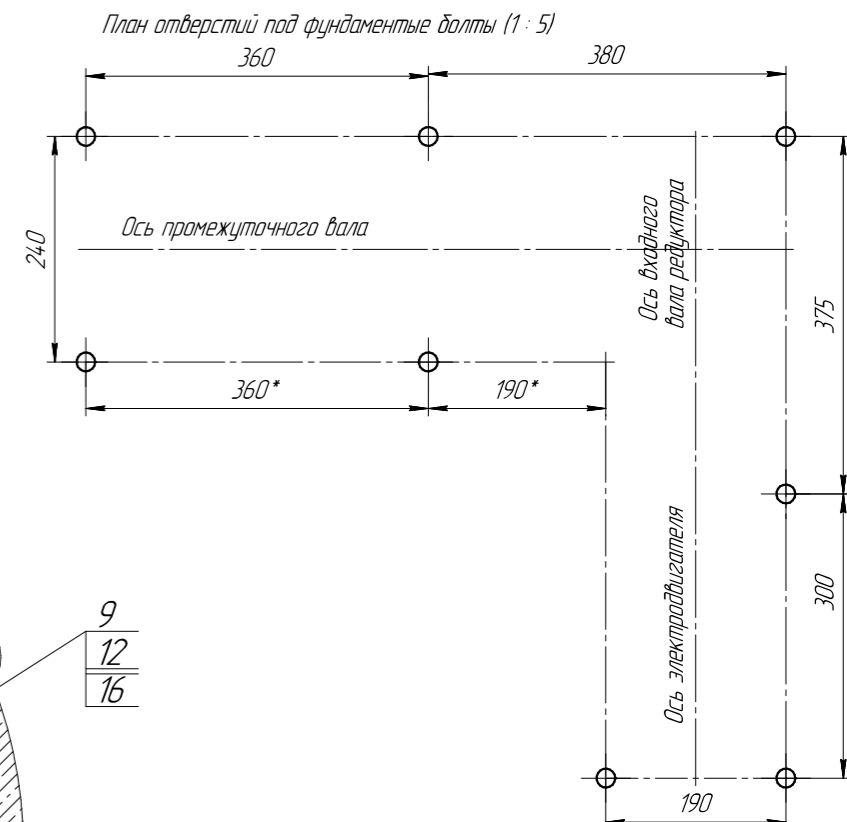
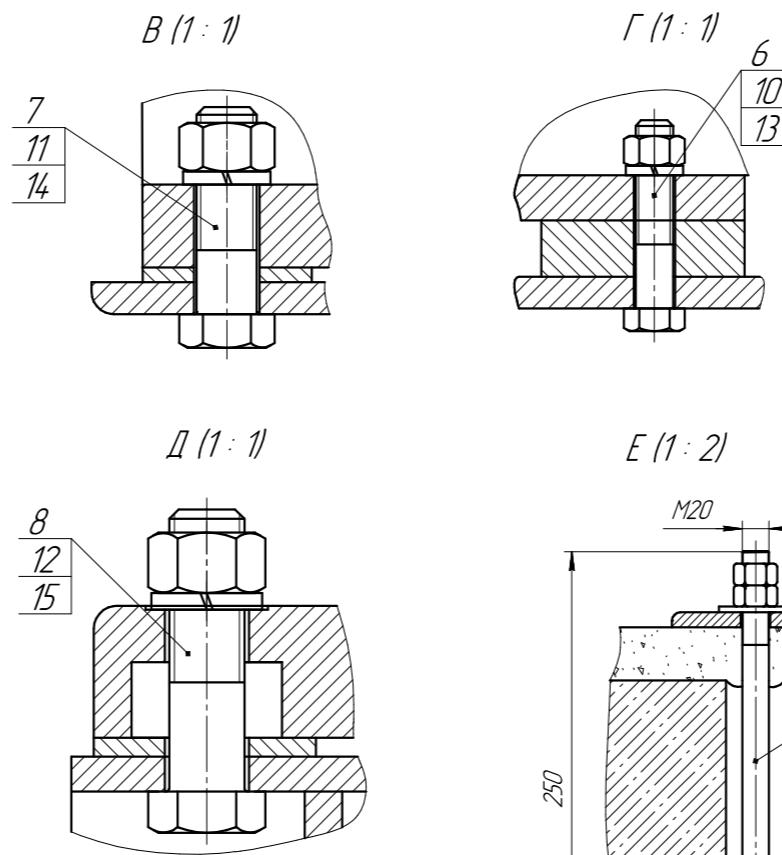
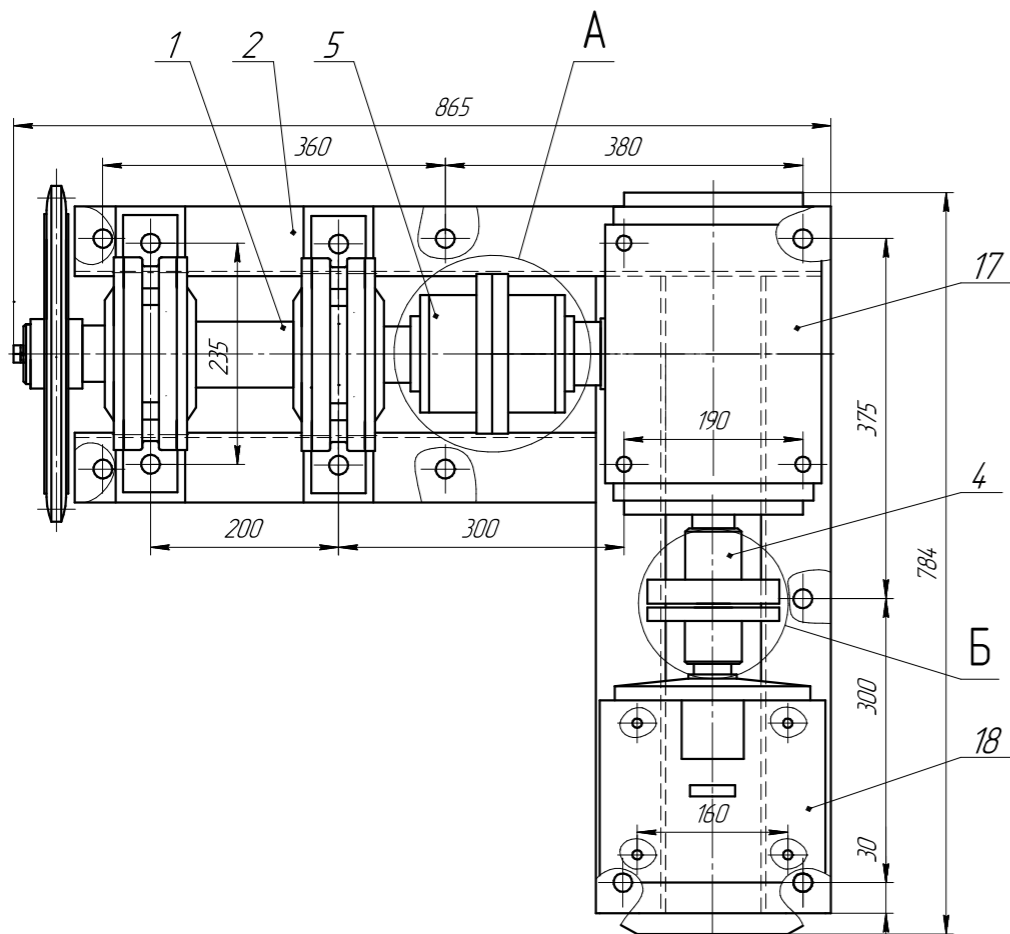
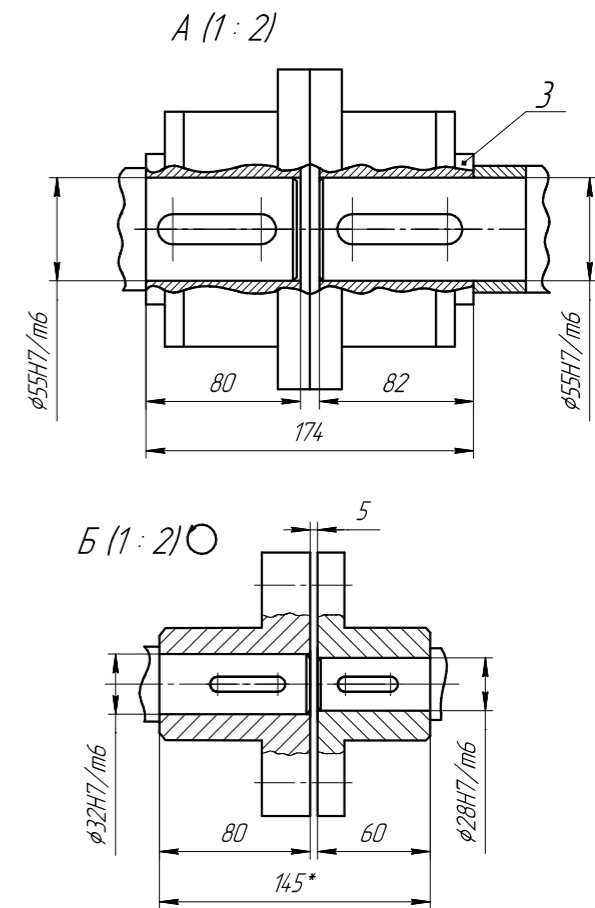
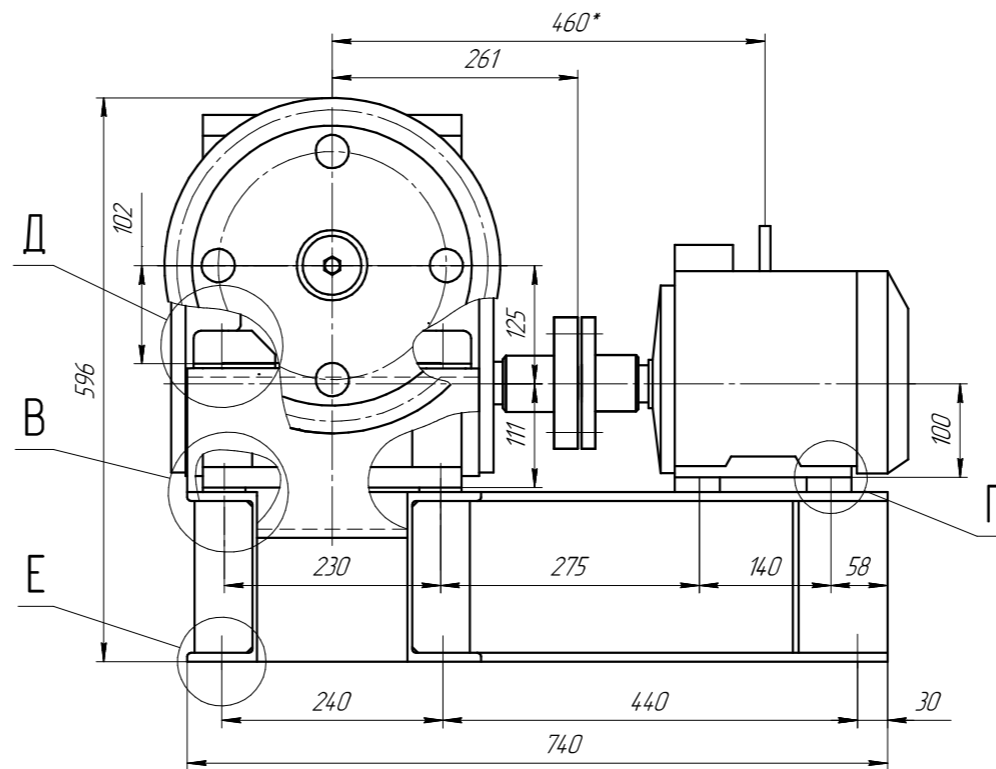
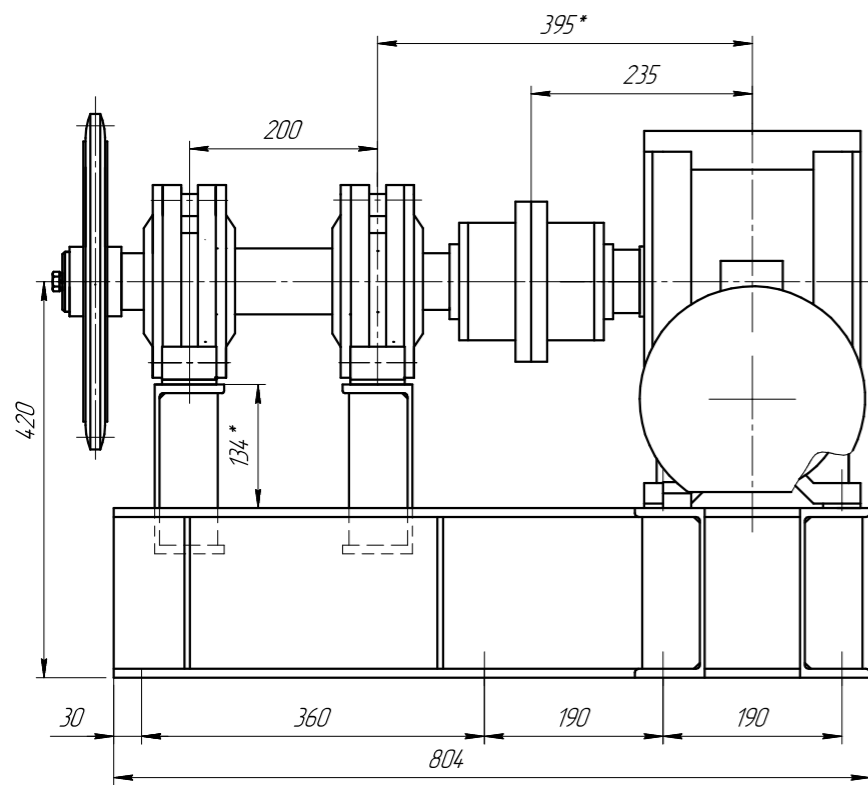
План отверстий под фундаментные болты (15)



1. \* Размеры для справок  
2. Ограждение муфт и зубчатой передачи спроектировать и установить по месту

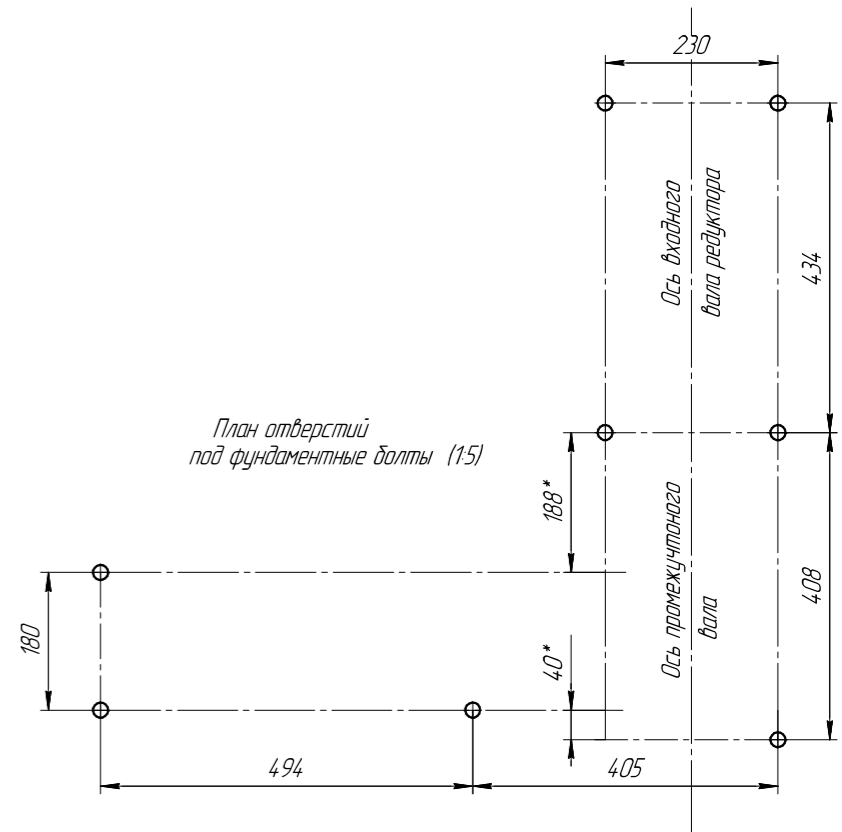
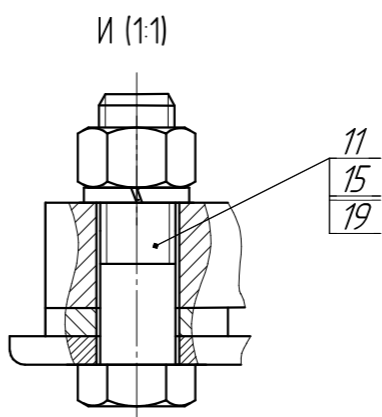
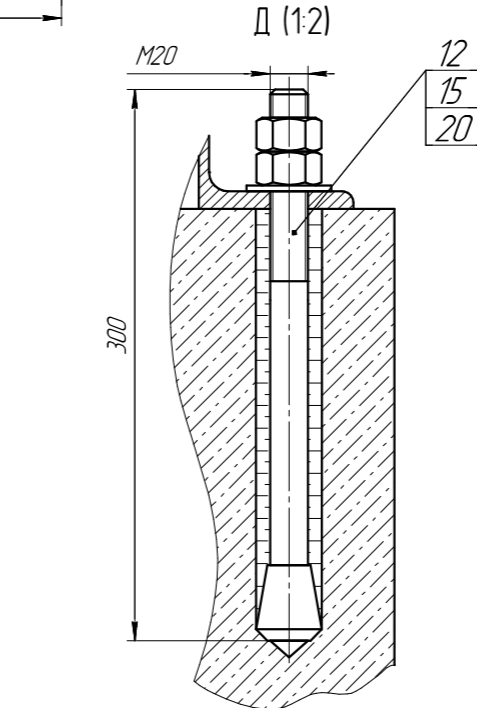
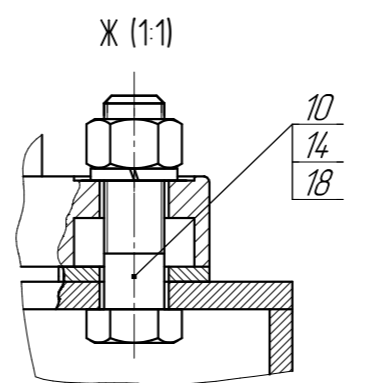
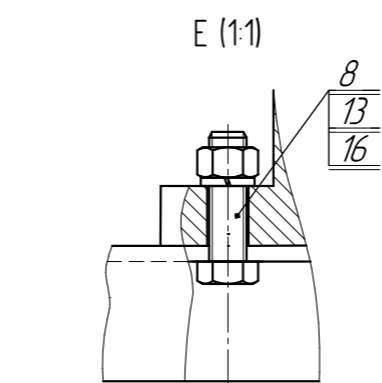
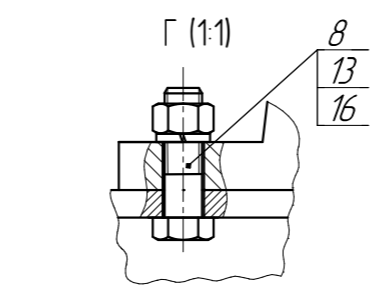
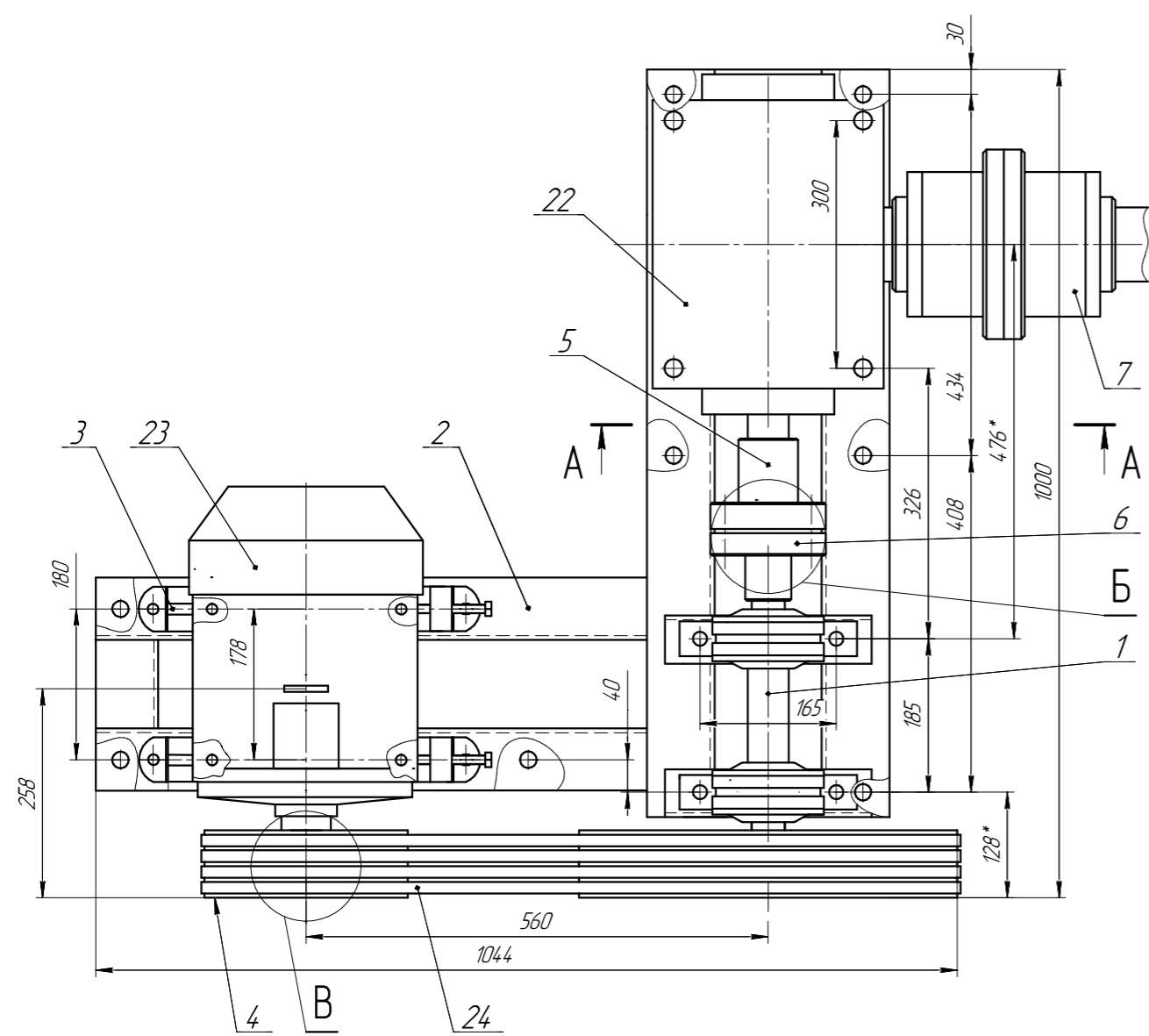
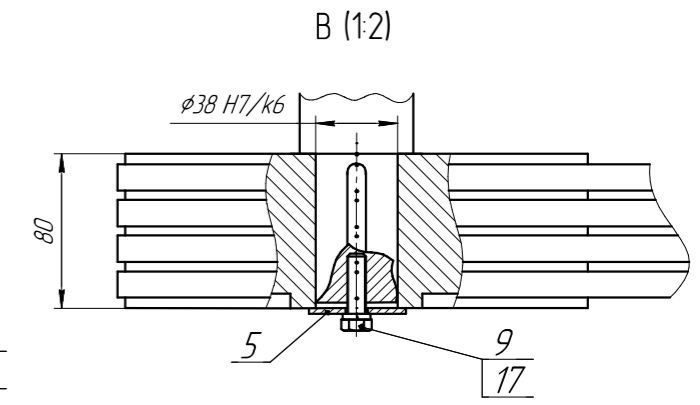
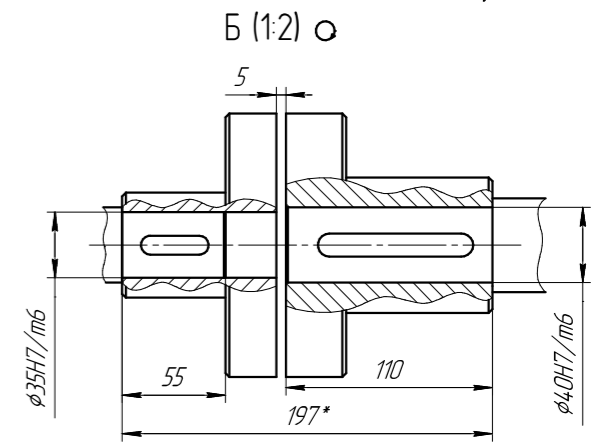
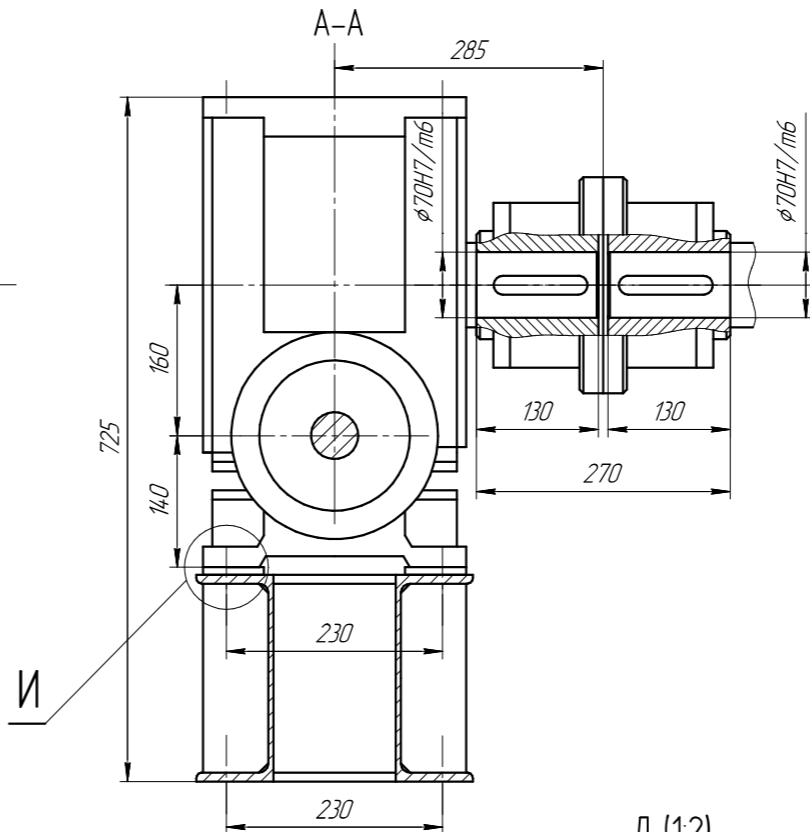
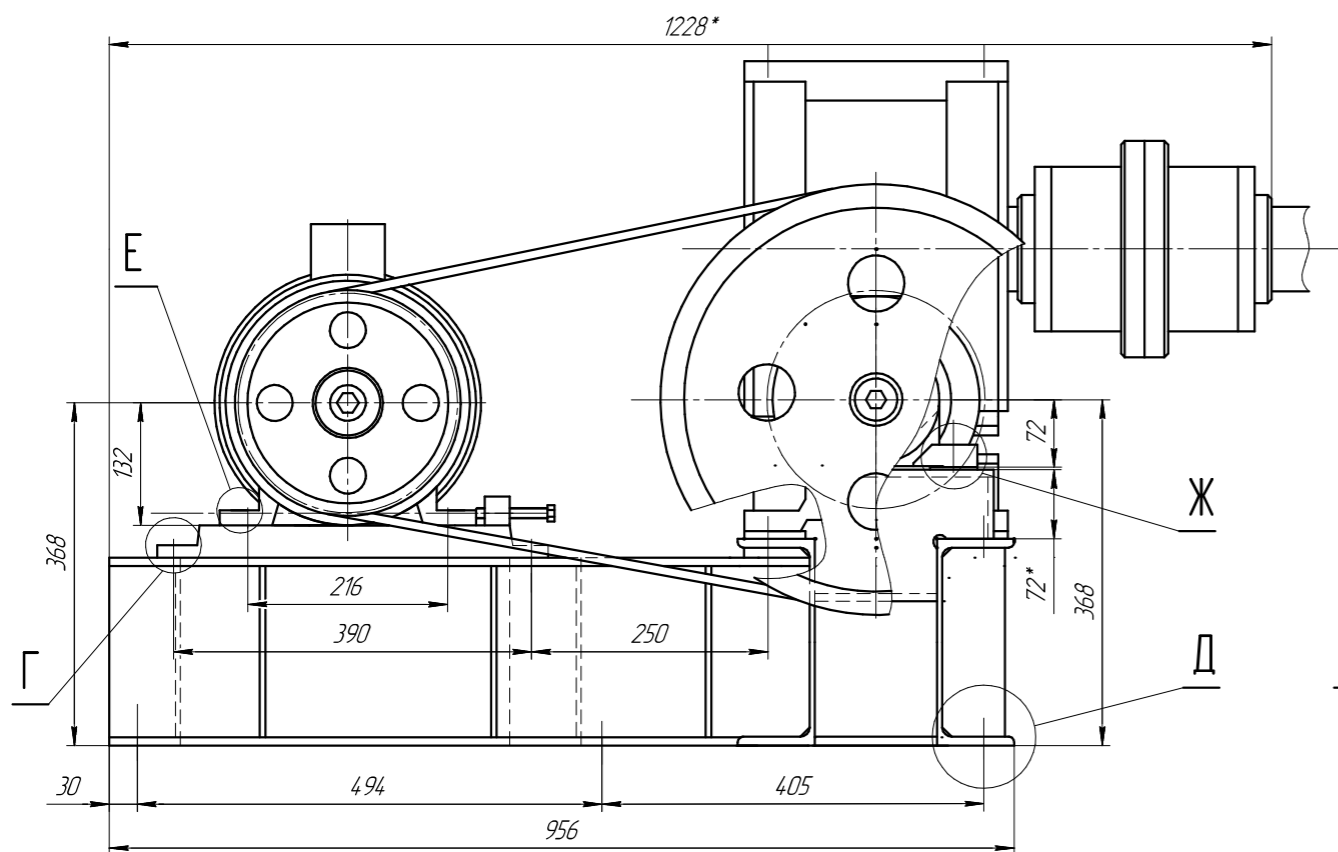
OKM.004.001.000 МЧ				Ишт	Масса	Масштаб
Изм.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	Приводная станция № 4	
Разраб.	Корнилов				у	14
Проб.	Аввакумов				Лист 1 Листов 1	
Т.контр.					СПбГУПТД ВШТЭ	
И.контр.					группа 241	
Утв.					Формат А1	

Лист 1 из 1  
Справ. №  
Взам. инв. №  
Инв. №  
Лист 1 из 1  
Лист 1 из 1  
Лист 1 из 1



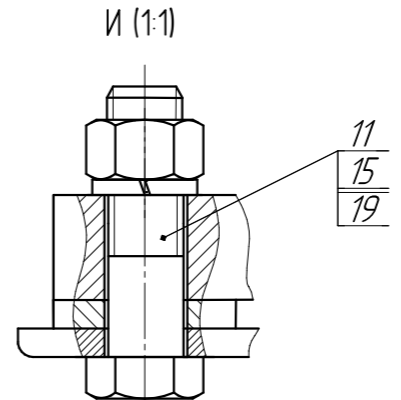
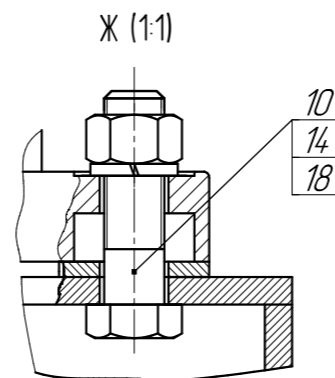
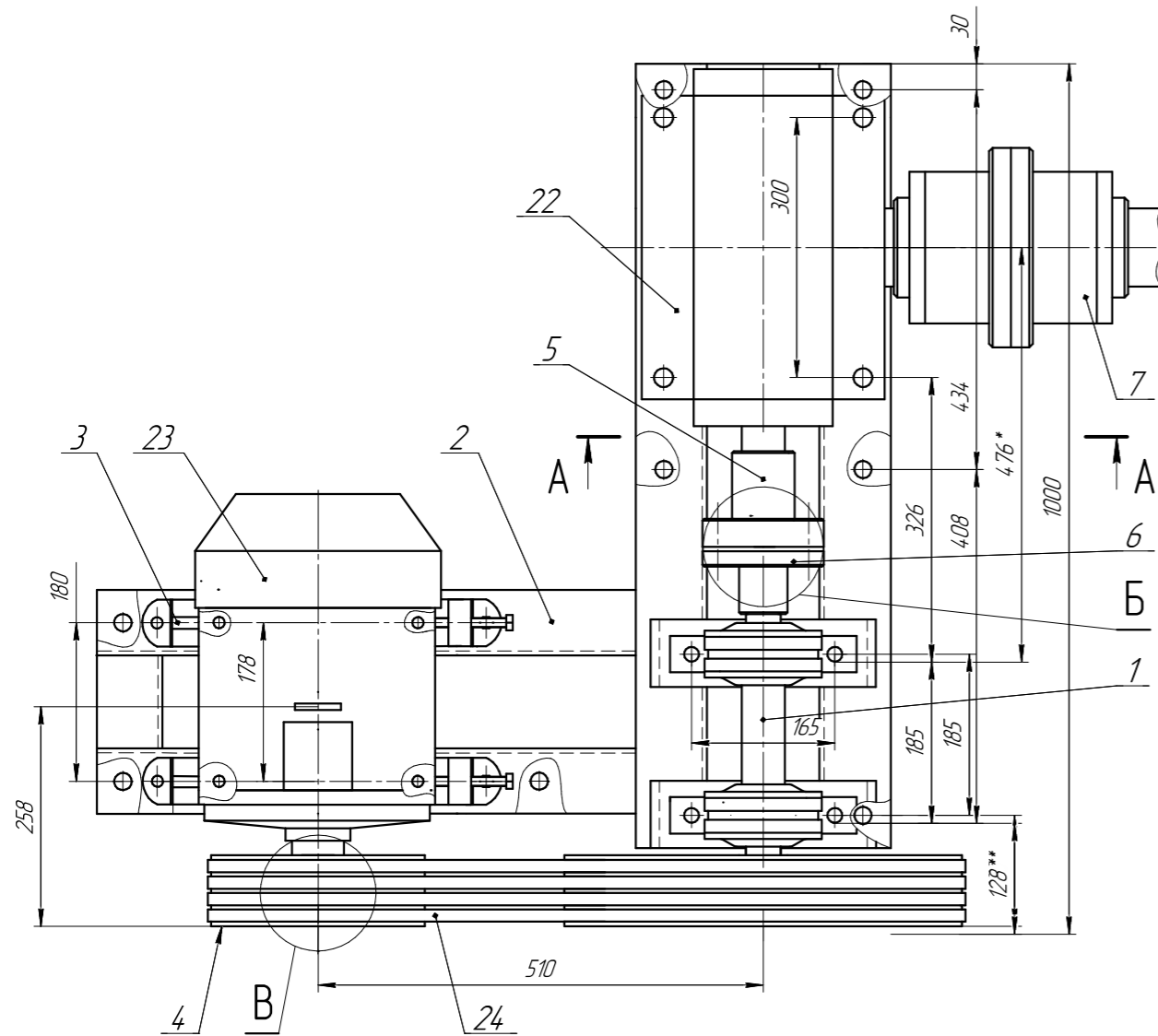
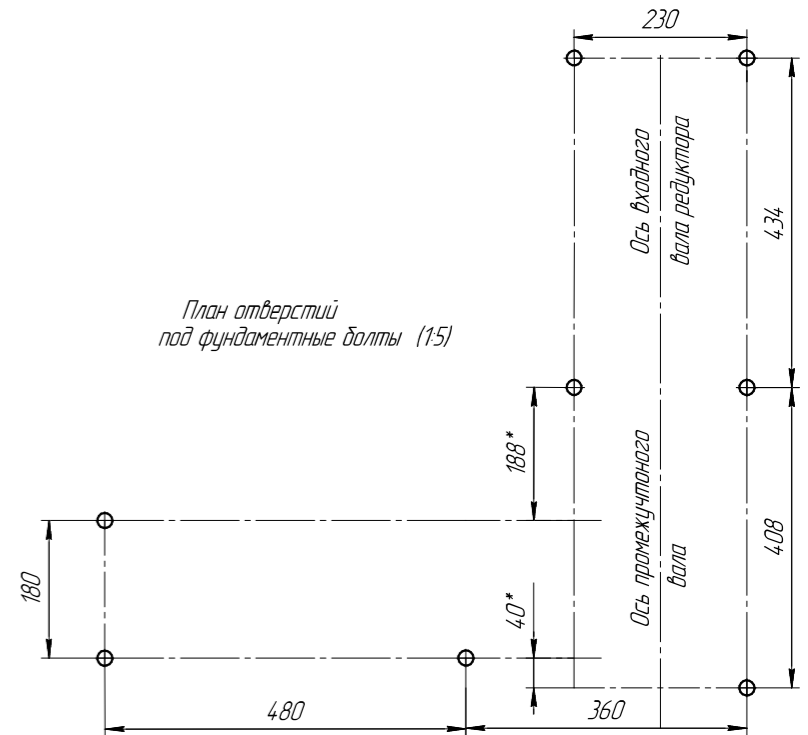
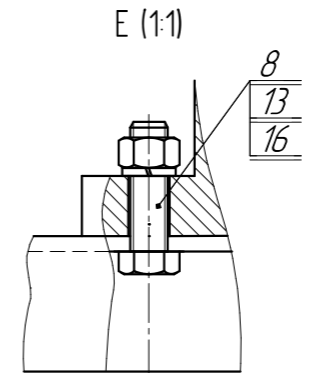
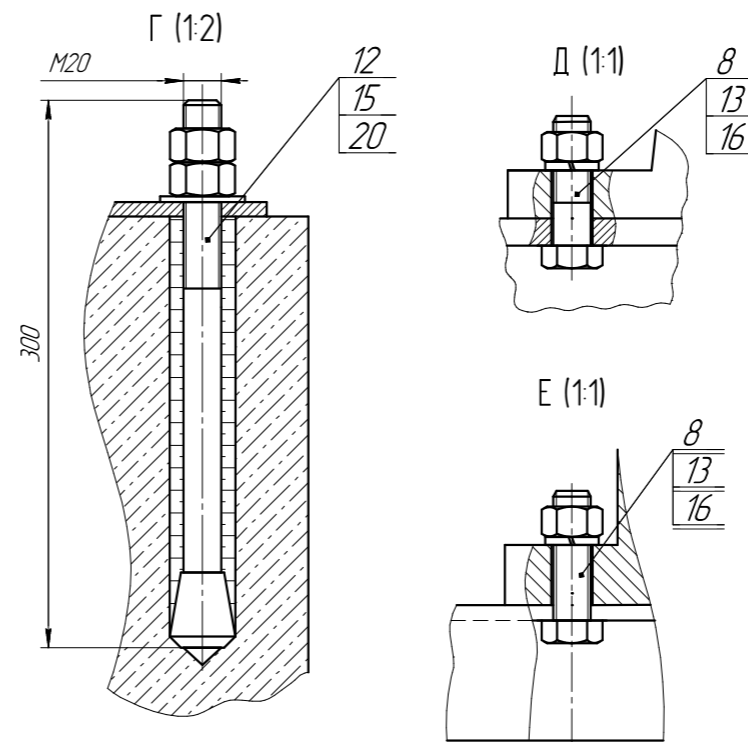
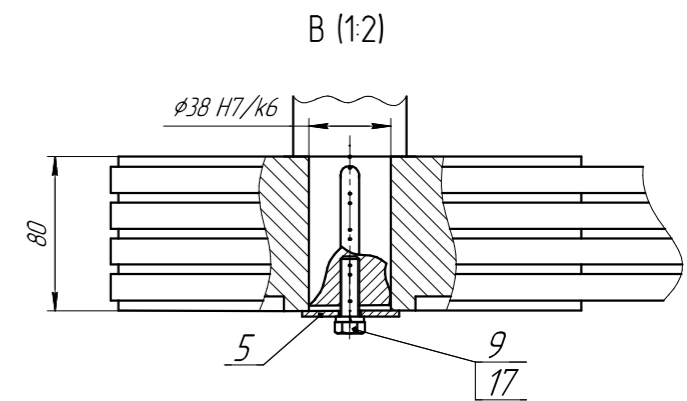
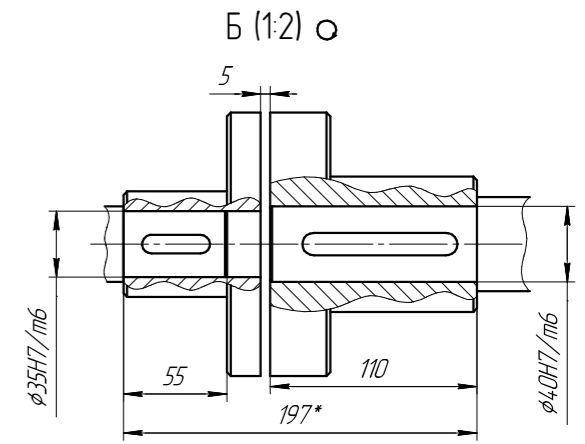
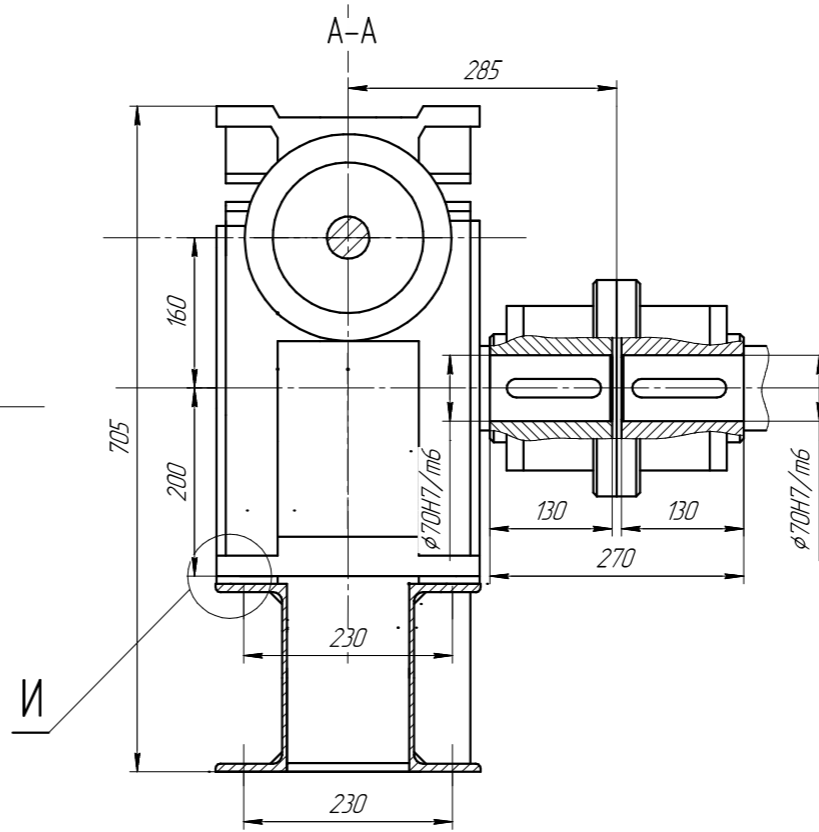
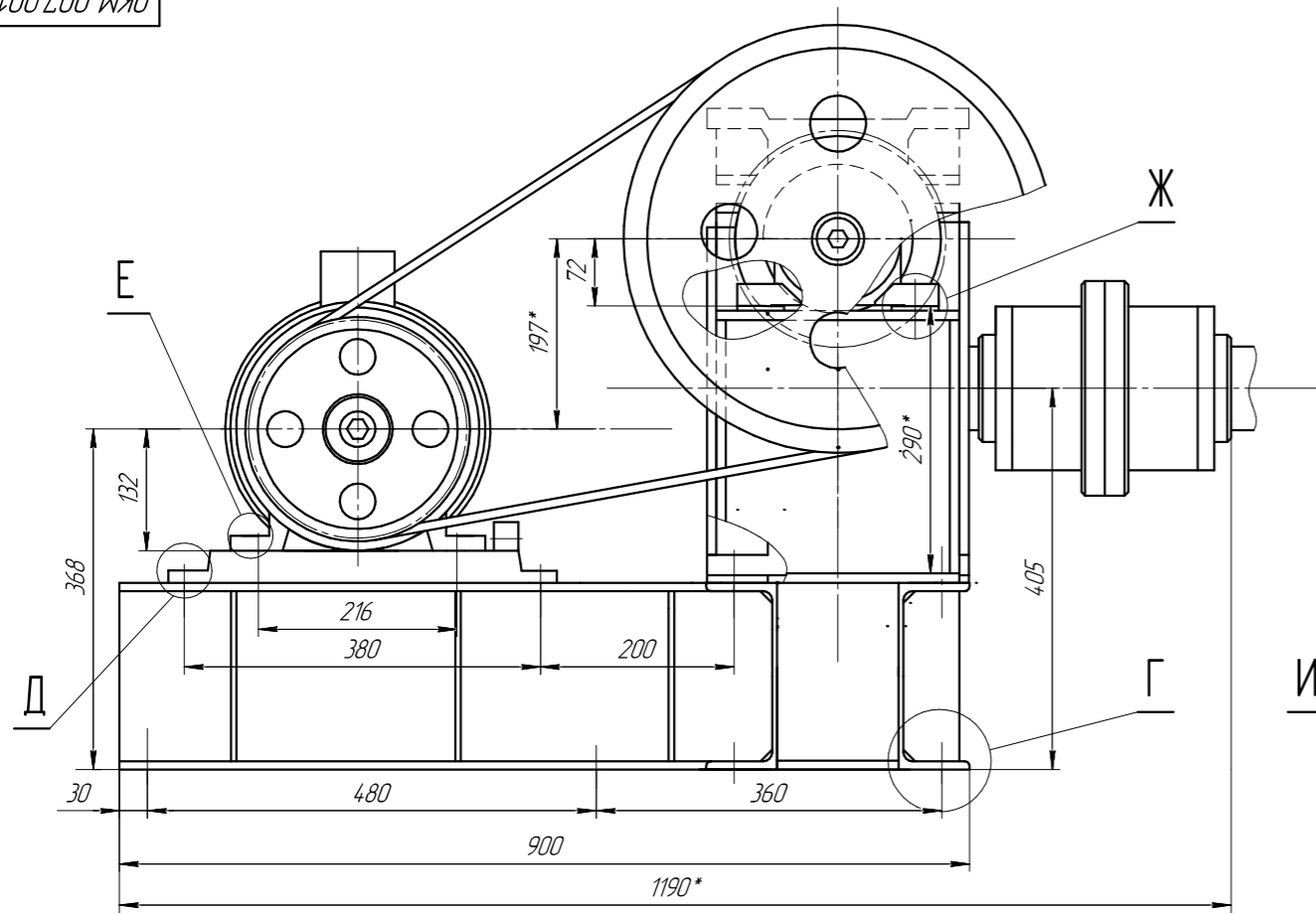
1. \*Размеры для справок  
2. Ограждения муфт и цепной передачи спроектировать и установить по месту

OKM 005.001.00M4				Лист	Масса	Масштаб
Изм.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	Приводная станция №5	
Разраб.	Кармилев				4	14
Проб.	Абдукаимов				Монтажный чертеж	
Т.контр.					Лист	1
И.контр.					СПбГУПТД ВШТЭ	
Утв.					группа 241	
					Формат А1	



1. \* Размеры для справок  
2. Ограждение муфт и клиноременной передачи спроектировать и установить по месту

				ОКМ 006.001.000 МЧ		
Изм.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	Лист	Масса
Разраб.	Артаманов				4	14
Проб.	Аввакумов					
Т.контр.						
И.контр.						
Утв.						
				Приводная станция № 6 монтажный чертёж		
				СПбГУПТД ВШТЭ группа 241		
				Формат А1		



1. \* Размеры для справок  
2. Ограждение муфт и клиноременной передачи спроектировать и установить по месту

				ОКМ 007.001.000 МЧ		
Изм.	Лист	№ док.	Подп.	Дата	Приводная станция № 7	Масса
Разраб.	Артемьев ИС				монтажный чертёж	14
Проб.	Аввакумов МВ					
Т. контр.						
И. контр.						
Утв.						
						Лист 1 Листов 1
						СПбГУПТД ВШТЭ
						группа 241
						Формат А1

Учебное издание

Михаил Викторович А в в а к у м о в  
Вера Михайловна Г р е б е н н и к о в а  
Денис Владимирович К а р м и л а е в  
Иван Сергеевич А р т а м о н о в

## МЕХАНИКА

Методическое пособие  
для выполнения курсового проекта

Редактор и корректор Т.А. Смирнова  
Техн. редактор Л.Я. Титова

Темплан 2018 г., поз. 54

---

Подп. к печати 14.06.18 . Формат 60x84/16. Бумага тип. № 1.  
Печать офсетная. Объем 6,5 уч.-изд. л.  
Изд. № 54. Цена "С" . Заказ №

---

Ризограф Высшей школы технологии и энергетики СПбГУПТД,  
198095, Санкт-Петербург, ул. Ивана Черных, 4.