

## 8. Турбокомпрессоры

**8.1.** При сборке турбокомпрессоров (далее ТКР) руководствоваться общими положениями и требованиями раздела 1 Руководства и, кроме того, следующими требованиями.

**8.2.** ТКР-11 ЯМЗ. Шероховатость ( $R_a$ ) поверхностей отверстий корпуса подшипников под втулки подшипников ротора и уплотнительные кольца должна быть не более 0,32 мкм. Овальность и конусообразность поверхности отверстий под втулки подшипников ротора и уплотнительные кольца допускается не более 0,005 мм. Взаимное биение поверхностей отверстий под втулки подшипников и уплотнительные кольца не должно быть более 0,03 мм.

**8.3.** ТКР-7, ТКР-8,5, ТКР-11 СМД, ЧТЗ, ТКР-9 ЯМЗ. Шероховатость поверхностей отверстий среднего корпуса (для СМД) и корпуса подшипников (для ЯМЗ) должна быть не более: под втулку подшипника ротора – 2,5 мкм; под уплотнительные кольца – 1,25 мкм.

Втулка уплотнения должна быть запрессована в средний корпус заподлицо с поверхностью корпуса; допускается утопание не более 0,5 мм. Овальность и конусообразность поверхности отверстий под втулку подшипника и уплотнительные кольца не должна быть более 0,01 мм.

Относительно поверхности А (рис. 8.1) радиальное биение поверхностей Д, К, И допускается не более 0,04 мм, торцевое биение поверхностей Г, Ж, З – не более 0,08 мм.

**8.4.** После сварки трением вала с колесом турбины сварной шов должен быть проверен дефектоскопом на отсутствие трещин и внутренних дефектов; поры, несплошность шва не допускаются. После сварки вал подвергнуть отпуску для снятия сварочных напряжений.

**8.5.** Шероховатость поверхностей вала (рис. 8.2) должна быть не более: А – 0,32 мкм, Б – 2,5 мкм, В, Д – 1,25 мкм, И – 0,63 мкм (для СМД).

Овальность и конусообразность поверхности А шеек под подшипник – не более 0,005 мм.

Биеение поверхностей колеса турбины с валом в сборе относительно общей оси поверхностей А допускается не более: Б – 0,05 мм; В, Д – 0,02 мм; Г, Ж – 0,06 мм; И – 0,01 мм (для СМД). Неперпендикулярность поверхностей В к оси поверхностей шеек А допускается не более 0,03 мм.

**8.6.** Твердость поверхностей шеек вала под втулки подшипника – не менее 56 HRC<sub>3</sub>, под уплотнительные кольца – не менее 37 HRC<sub>3</sub>.

**8.7.** После обработки на поверхности шейки вала под маслоотражатель и колесо компрессора следует нанести по образующей риску глубиной не более 0,1 мм на всей длине для установки маслоотражателя, упорной втулки и колеса компрессора в определенное положение при балансировке и сборке.

**8.8.** ТКР-7, ТКР-8,5, ТКР-11СМД. Размер К для новых и восстановленных деталей должен быть  $15 \pm 0,02$  мм. Для отремонтированных деталей допускается увеличение размера на величину подреза торца колеса турбины, но не более 0,4 мм.

**8.9.** Шероховатость поверхностей маслоотражателя (рис. 8.3) должна быть не более: А, Г – 1,25 мкм, В – 0,63 мкм, Б, Д – 2,5 мкм. Биение поверхностей маслоотражателя относительно поверхности А отверстия допускается не более: Г – 0,02 мм, В – 0,01 мм, Б, Д – 0,03 мм.

**8.10.** ТКР-9, ТКР-11 ЯМЗ. Шероховатость поверхностей сопряжения (трения) упорного фланца и упорной втулки должна быть не более 0,63 мкм; не допускаются задиры, забоины. Неплоскостность (коробление) поверхности упорного фланца допускается не более 0,05 мм.

**8.11.** Шероховатость поверхности А (рис. 8.4) отверстия дисков уплотнения турбины, компрессора (для СМД) и крышки корпуса подшипников (для ЯМЗ) не должна превышать 1,25 мкм. Биение поверхности А отверстия диска (крышки) относительно поверхности В при упоре в поверхность Б не должно превышать 0,06 мм. При сборке дисков уплотнения компрессора необходимо руководствоваться рис. 8.5. Щиток должен быть запрессован в диск уплотнения до упора.

**8.12.** Балансировку ротора следует проводить в динамическом режиме в два этапа: сначала отдельно колесо турбины с валом в сборе в плоскостях диска и лопаток колеса турбины, затем ротора в сборе в плоскостях диска и лопаток колеса компрессора. Балансировку проводить относительно поверхностей В (рис. 8.6) при частоте вращения  $2500 \pm 20$  мин<sup>-1</sup>. При балансировке вала ротора с колесом турбины следует использовать

специальную технологическую втулку для осевой фиксации вала на опорах балансирующей машины, которая должна фиксироваться на валу резиновым кольцом.

Допустимый остаточный дисбаланс во всех плоскостях исправления не должен превышать: для ТКР-11Н-1, ТКР-11Н-10, ТКР-11Н-2 = 2 г×мм; ТКР-11С-1, ТКР 9, ТКР 11 ЯМЗ = 1,5 г×мм; ТКР-11Н-3 = 1,2 г×мм; ТКР-8,5, ТКР-7 = 1 г×мм. При балансировке колеса турбины с валом в сборе металл с диска и лопаток колеса турбины следует снимать в местах, как показано на рис. 8.6 пунктиром. Места съема металла должны быть зачищены до шероховатости не более  $R_z$  40 мкм.

При сборке ротора для балансировки в сборе метки на упорной втулке, маслоотражателе и колесе компрессора должны быть совмещены с риской на валу. Гайку колеса компрессора затянуть моментом 40 –45 Н×м (4 –4,5 кгс×м) и на поверхности гайки, против метки на колесе компрессора нанести риску надфилем, предварительно удалив с гайки старую риску. Цифры от 1 до 6 на валу ротора и диске (или лопатках) колеса компрессора для определения фазы дисбаланса наносить тушью или белилами или использовать пружинную цангу с цифрами.

При балансировке ротора в сборе металл с диска и лопаток колеса компрессора снимать в местах, как показано на рис. 8.6 пунктиром. Раскомплектование деталей ротора после балансировки категорически запрещается.

**8.13.** При сборке корпуса подшипников (среднего корпуса) с ротором трущиеся поверхности смазать тонким слоем чистого моторного масла.

**8.14.** При разборке ротора перед установкой его в корпус подшипников (средний корпус) следует предохранять детали от повреждений.

**8.15.** При установке на вал и маслоотражатель уплотнительные кольца следует разжимать специальным приспособлением, обеспечивающим минимально достаточный их разжим для установки в канавки; разжим колец вручную не допускается. Кольца должны под собственным весом опускаться в канавки и свободно перемещаться в канавках. Замки смежных колец должны быть разведены в противоположные стороны.

**8.16.** Вал ротора устанавливается в корпус подшипников (средний корпус) так, чтобы от легкого нажатия рукой уплотнительные кольца вошли в отверстие корпуса.

**8.17.** Упорную втулку, маслоотражатель и колесо компрессора устанавливать на вал, обеспечивая совпадение риски на валу с метками на указанных деталях.

**8.18.** Гайку крепления колеса компрессора затянуть крутящим моментом  $40 \pm 5$  Н×м ( $4 \pm 0,5$  кгс×м) до совпадения метки на гайке и метки на колесе компрессора; при затяжке гайки следить за тем, чтобы колесо компрессора не провернулось на валу.

**8.19.** ТКР-9, ТКР-11 ЯМЗ. Для предотвращения самоотворачивания винты крепления упорного фланца к корпусу подшипников раскернить с обеих сторон шлица под отвертку.

**8.20.** Ротор должен вращаться в корпусе свободно без заеданий и задевания за неподвижные части. Осевой люфт ротора в корпусе подшипников (среднем корпусе) должен быть в пределах 0,1 –0,3 мм, а радиальный люфт должен быть в пределах: 0,07 –0,15 мм для ТКР-7, ТКР-8,5, ТКР-11 СМД; 0,08 –0,12 мм для ТКР-9 ЯМЗ; 0,14 –0,22 мм для ТКР-11 ЯМЗ. Вариант контроля люфта показан на рис. 8.7.

**8.21.** При сборке турбокомпрессора запрещается ставить корпус в сборе с ротором на колеса компрессора и турбины.

**8.22.** ТКР-11 СМД. При роторе, сдвинутом в сторону турбины до упора, зазор между колесом компрессора и вставкой компрессора на диаметре 108 мм должен быть: 0,6 –1,1 мм (для ТКР-11Н-1, ТКР-11Н-2, ТКР-11Н-10, ТКР-11С-1) и 0,5 –0,7 мм (для ТКР-11Н-3). При роторе, сдвинутом в сторону компрессора до упора, зазор между колесом турбины и вставкой турбины на диаметре 108 мм должен быть: 0,6 –1,2 мм = для ТКР-11Н-1, ТКР-11Н-2, ТКР-11Н-10, ТКР-11С-1 и 0,5 –0,9 мм = для ТКР-11Н-3.

**8.23.** Затяжку гаек крепления корпусов турбины и компрессора проводить диаметрально противоположными парами в два приема – предварительно и окончательно. При этом следить, чтобы не было перекосов в соединении корпусов.

**8.24.** После сборки, поворачивая ротор, залить 15 –20 г. чистого моторного масла в маслоподводящий канал и установить технологическую заглушку.

**8.25.** Проверить качество сборки вращением ротора от руки; ротор должен вращаться легко, плавно, без рывков и задевания за неподвижные части.

**8.26.** При сборке СЧ и общей сборке турбокомпрессоров следует руководствоваться общими видами турбокомпрессоров, показанными на рис. 8.8 –8.10.

**8.27.** Турбокомпрессор после сборки должен быть обкатан и испытан. Обкатку и приемо-сдаточные испытания турбокомпрессоров ЯМЗ рекомендуется проводить на стенде КИ-8877-ГОСНИТИ, турбокомпрессоров СМД – стендах КИ-13713 и КИ-13761-ГОСНИТИ.

Допускается использовать другие стенды, оборудованные камерой сгорания с топливной системой для получения горячих газов и масляной системой для смазки. Кроме того, стенд должен быть оснащен приборами для измерения параметров с заданной в табл. 1 погрешностью измерения.

**Таблица 1.**

**Допустимые погрешности измерения параметров**

Параметр	Погрешность измерения
Частота вращения ротора, %	±1
Температура газов перед турбиной, °С	±10
Давление газов перед турбиной, кПа (кгс/см <sup>2</sup> )	±1 (±0,01)
Давление воздуха на выходе из компрессора, кПа (кгс/см <sup>2</sup> )	±1 (±0,01)
Давление масла на входе в турбокомпрессор, кПа (кгс/см <sup>2</sup> )	±2,5 (±0,25)
Температура масла на входе в турбокомпрессор и выходе из турбокомпрессора, °С	±5
Расход воздуха через компрессор (только для настройки стенда), кг/с	±0,01
Барометрическое давление, кПа (мм. рт. ст.)	±0,13 (±1)
Температура воздуха на входе в компрессор, °С	±1

**8.28.** Допускается обкатывать и испытывать турбокомпрессоры на дизеле или на стенде с подачей воздуха в турбину с требуемым давлением перед турбиной.

**8.29.** Обкатку и приемо-сдаточные испытания проводить на моторном масле М-10Г<sub>2</sub> или М-10В<sub>2</sub>. Запуск турбокомпрессора проводить при давлении масла в системе смазки не менее 0,3 МПа (3 кгс/см<sup>2</sup>) и температуре масла 85 –95°С.

Давление масла в турбокомпрессоре при обкатке и испытании должно быть в пределах 0,3 –0,4 МПа (3 –4 кгс/см<sup>2</sup>).

**8.30.** Каждый турбокомпрессор должен пройти обкатку и приемо-сдаточные испытания согласно режимам по табл. 8.1.

**8.31.** Соблюдение режимов обкатки и соответствие приемо-сдаточных параметров в контрольной точке табл. 8.1 служат основанием для приемки турбокомпрессора из ремонта. Кроме того, следует контролировать:

- ⇒ герметичность соединений и корпусных деталей;
- ⇒ отсутствие при работе посторонних шумов;
- ⇒ равномерность работы и стабильность параметров (колебания давления воздуха и газов не более 1 кПа).

**8.32.** Во время обкатки и испытания не допускается работа в зоне помпажа, что сопровождается резкими хлопками во входном патрубке компрессора и колебаниями стрелки манометра контроля давления воздуха на выходе из компрессора.

**8.33.** Температура газов перед турбиной должна быть не более: 650 -700°С – для ТКР-7, ТКР-8,5, ТКР-11 СМД, ЧТЗ; 750°С – для ТКР-9, ТКР-11 ЯМЗ.

Температура масла на входе в турбокомпрессор должна быть в пределах 60 -100°С, выходе – не более 120°С.

**8.34.** Результаты обкатки и испытаний считаются неудовлетворительными, если:

⇒ турбокомпрессор не соответствует настоящим техническим требованиям;  
 ⇒ не соблюдены условия испытаний;  
 ⇒ устранение выявленных дефектов связано с разборкой и заменой деталей турбокомпрессора.

**8.35.** Выявленные при обкатке и испытании дефекты должны быть устранены. Повторную обкатку и испытание в полном объеме проводить в случае замены хотя бы одной из следующих деталей: корпуса подшипников (среднего корпуса), ротора в сборе или его частей, втулок подшипника, уплотнительных колец, диска уплотнения (крышки корпуса подшипников), втулки уплотнения вала. При замене одной из деталей ротор подлежит повторной балансировке.

**8.36.** После обкатки и испытания турбокомпрессор должен быть принят ОТК. Показания приборов в контрольной точке должны быть занесены в журнал испытаний принятой на предприятии формы.

**\*Примечание:** не указанные в табл. 8.1 давление воздуха на выходе из компрессора, давление газа перед турбиной для промежуточных режимов обкатки определяются характеристикой применяемого испытательного стенда.

**Таблица 8.1.**

**Режимы обкатки и прямо-сдаточных испытаний турбокомпрессоров**

Обозначение турбокомпрессора	Частота вращения ротора, мин <sup>-1</sup>	Избыточное давление воздуха на выходе из компрессора, кПа (кгс/см <sup>2</sup> ), не менее	Избыточное давление на входе в турбину, кПа (кгс/см <sup>2</sup> ), не более		Температура рабочего тела на входе в турбину, °С		Продолжительность, мин.	
			газа	сжатого воздуха	газа	сжатого воздуха		
ТКР-11 ЯМЗ	30000±300	18,6 (0,19)	17,6 (0,18)		500±25		7	
	40000±400	34,3 (0,35)	30,4 (0,31)		600±25		5	
	50000±500	55,9 (0,57)	47,1 (0,48)		700±25		5	
	60000±600	79,5 (0,81)	68,7 (0,7)		700±25		5	
	Контрольный режим							
	60000±600	79,5 (0,81)	68,7 (0,7)		700±25		8	
ТКР-9 ЯМЗ	35000±300	27,4 (0,28)		29,4 (0,30)			2	
	45000±400	49 (0,50)		51,9 (0,53)			2	
	55000±600	75,5 (0,77)		84,3 (0,86)			2	
	Контрольный режим							
		90000±600	79,5 (2,15)	68,7 (1,56)		700±25		6
ТКР-11Н-1 СМД, ТКР-11С-1 СМД	20000- -25000	–	–	14,7-19,6 (0,15-0,20)	–		2	
	35000±350	–	–	–	400±25		3	
	40000±400	–	–	–	500±25		4	
	45000±450	–	–	ТКР-11Н-1 ТКР-11С-1	600±25 650±25		4	

Продолжение таблицы 8.1.

Обозначение турбокомпрессора	Частота вращения ротора, мин <sup>-1</sup>	Избыточное давление воздуха на выходе из компрессора, кПа (кгс/см <sup>2</sup> ), не менее	Избыточное давление на входе в турбину, кПа (кгс/см <sup>2</sup> ), не более		Температура рабочего тела на входе в турбину, °С		Продолжительность, мин.
			газа	сжатого воздуха	газа	сжатого воздуха	
ТКР-11Н-1 СМД, ТКР-11С-1 СМД	Контрольный режим						
	45000±450	53-57 (0,54-0,58)	51-55 (0,52-0,56)	64-69 (0,65-0,7)	600±10 ТКР-11Н-1 650±10 ТКР-11С-1	60±10	5
ТКР-11Н-2 СМД, ТКР-11Н-10 СМД	20000- -25000			14,7-19,6 (0,15-0,20)			2
	35000±350				500±25		3
	40000±400				550±25		4
	Контрольный режим						
	40000±400	43-47 (0,44-0,48)	41-45 (0,42-0,46)	48-52 (0,49-0,53)	600±10	60±10	5
ТКР-11Н-3 СМД	30000±300	–	–	–	400±15	–	2
	38000±380	–	–	–	515±15	–	3
	42000±420	–	–	–	615±15	–	4
	44500±445	–	–	–	655±15	–	4
	Контрольный режим						
		44500±445	45 (0,46)	35,3 (0,36)	–	655±15	–

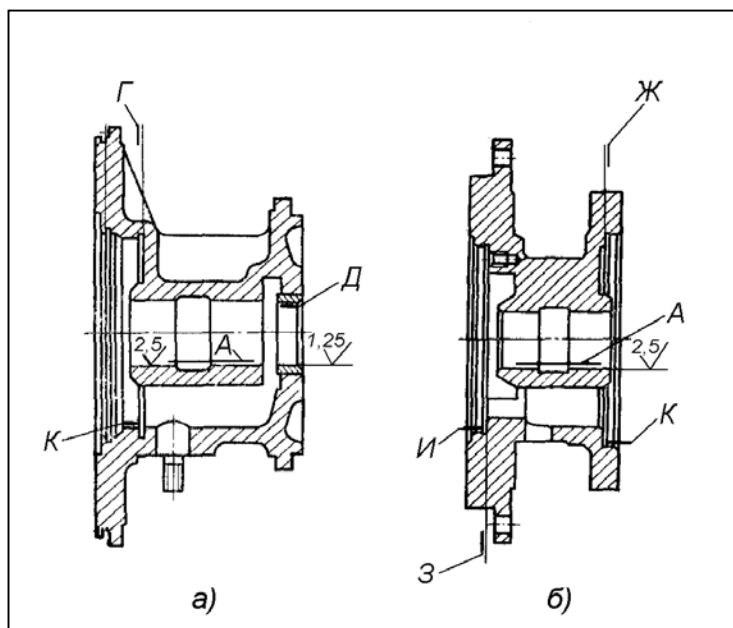


Рис. 8.1. Корпус средний (подшипников для мод. 840): а) – 111.30009; б) – 92.227

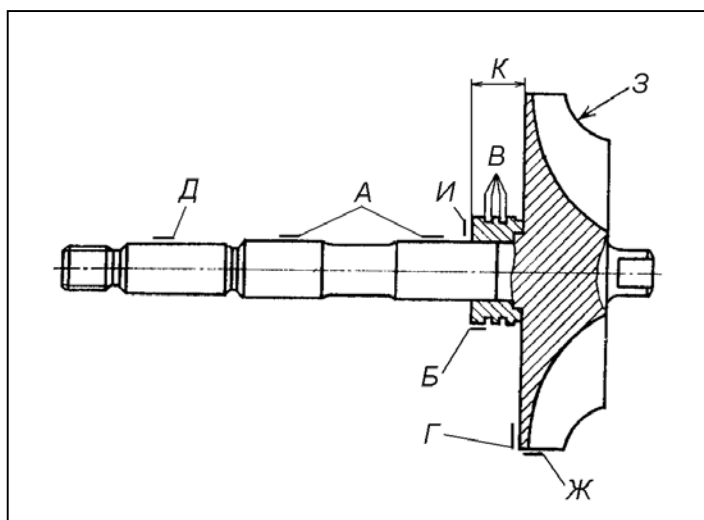


Рис. 8.2. Вал ротора с колесом турбины в сборе (на рисунке показан эскиз условного типового вала)

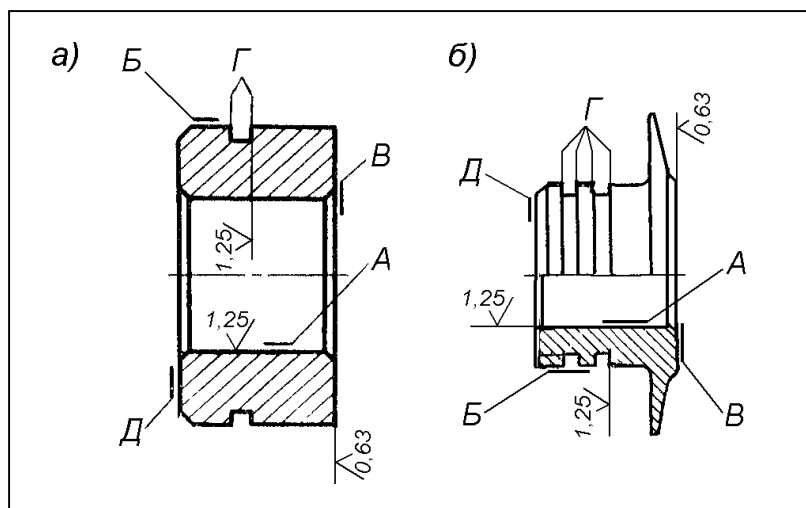


Рис. 8.3. Маслоотражатель: а) – ТР СМД (111.30117.10); б) – ТКР ЯМЗ (240-1118284)

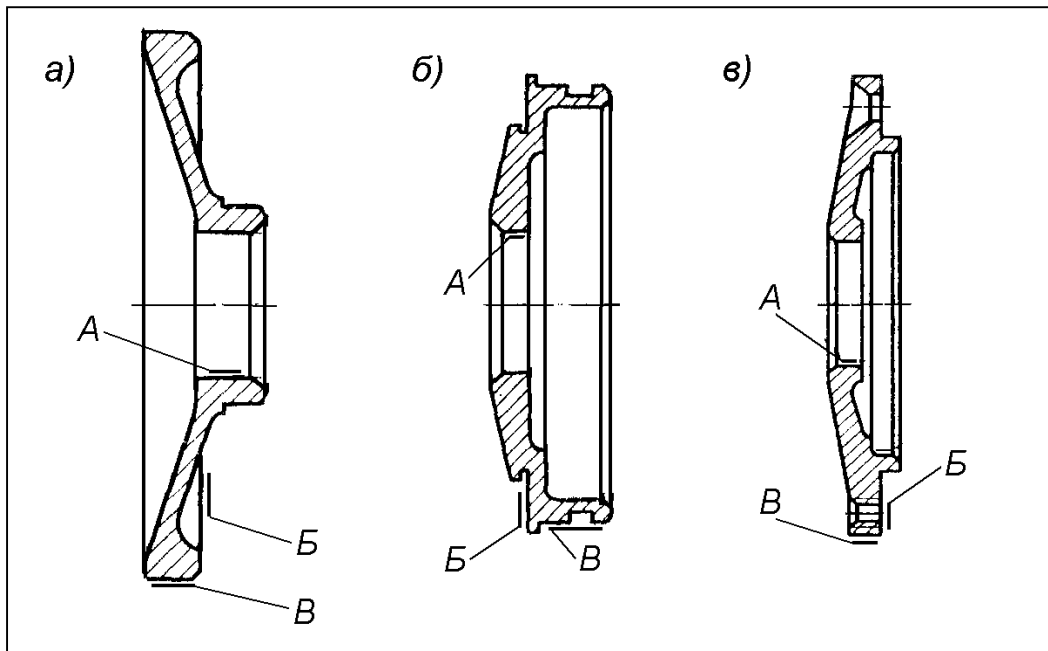


Рис. 8.4.: а) – диск уплотнения турбины 111.30110; б) – диск уплотнения компрессора 111.30; в) – диск уплотнения компрессора 92.

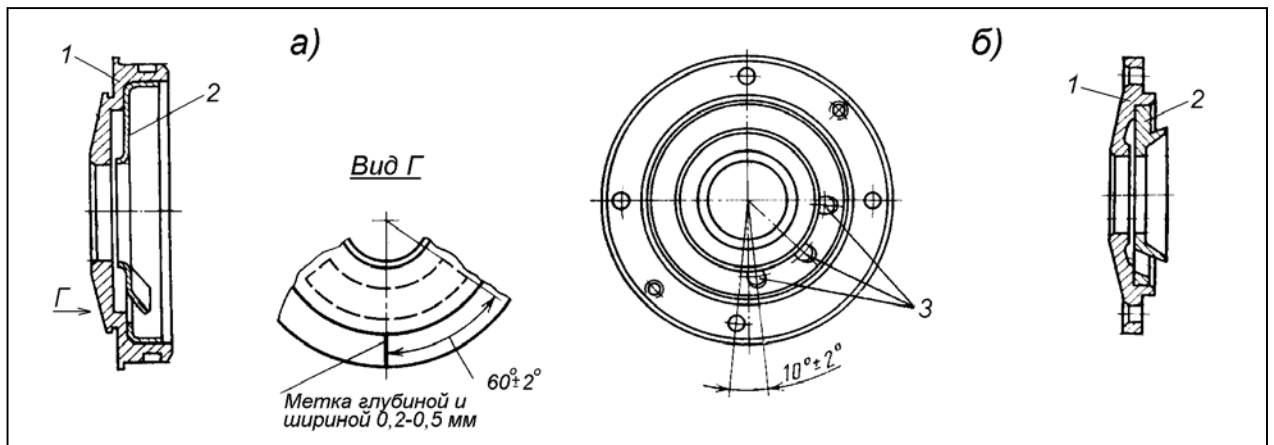


Рис. 8.5. К сборке диска уплотнения компрессора с щитком:  
а) – диска 111.30022.00; б) – диска 92.440; 1 – диск уплотнения, 2 – щиток;  
3 – маслосливные отверстия.

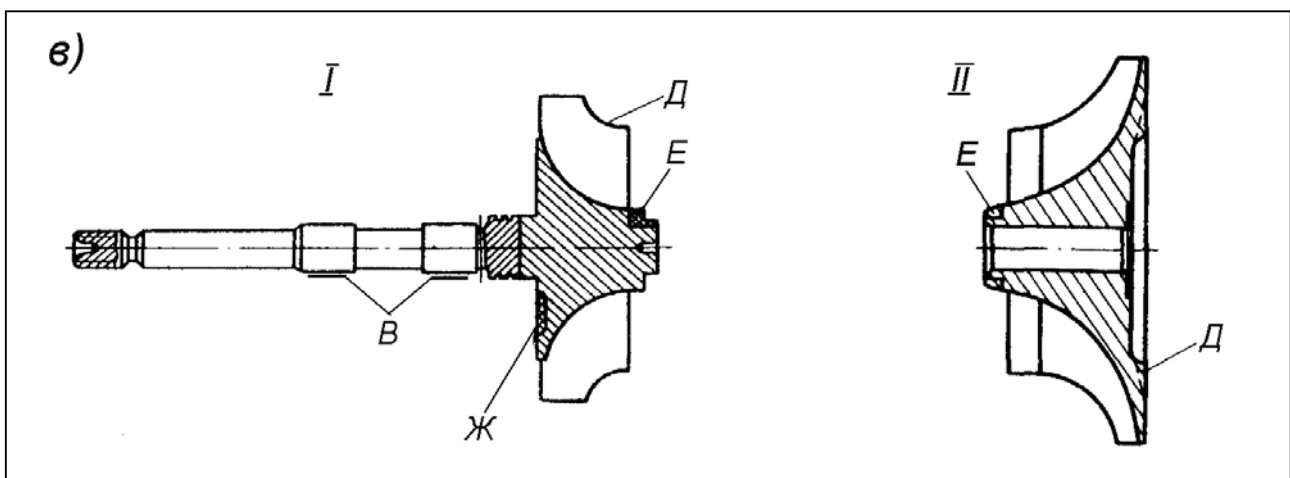
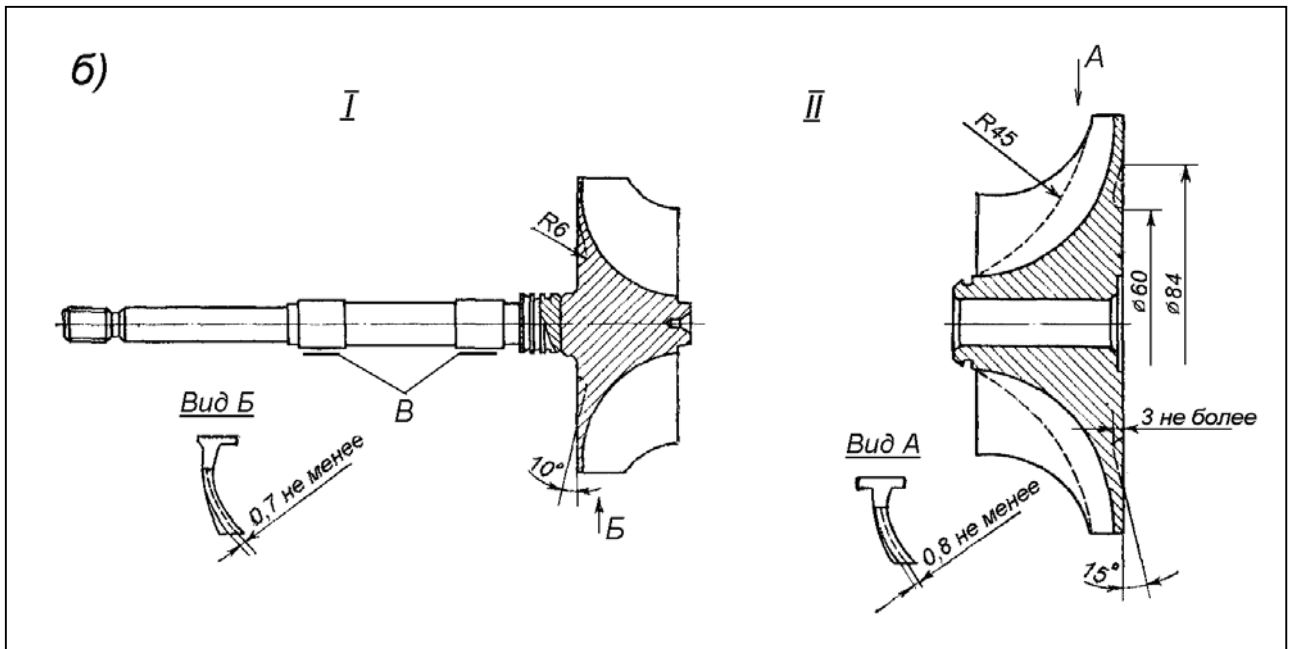
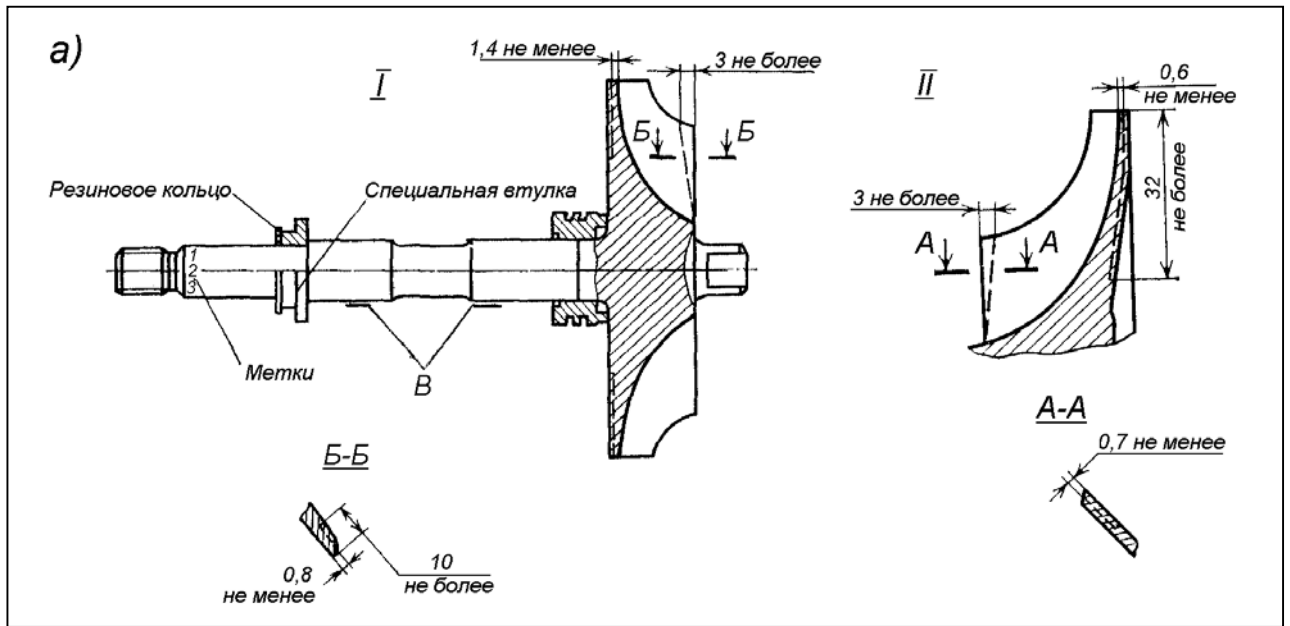


Рис. 8.6. К балансировке ротора турбокомпрессора: а) – ТКР СМД; б) – ТКР ЯМЗ-240Н; в) – ТКР ЯМЗ-840; I – вал с колесом турбины в сборе; II – колесо компрессора; Д, Е, Ж – места съема металла при балансировке (на поз. а, б – места съема показаны пунктирными линиями без буквенного обозначения).



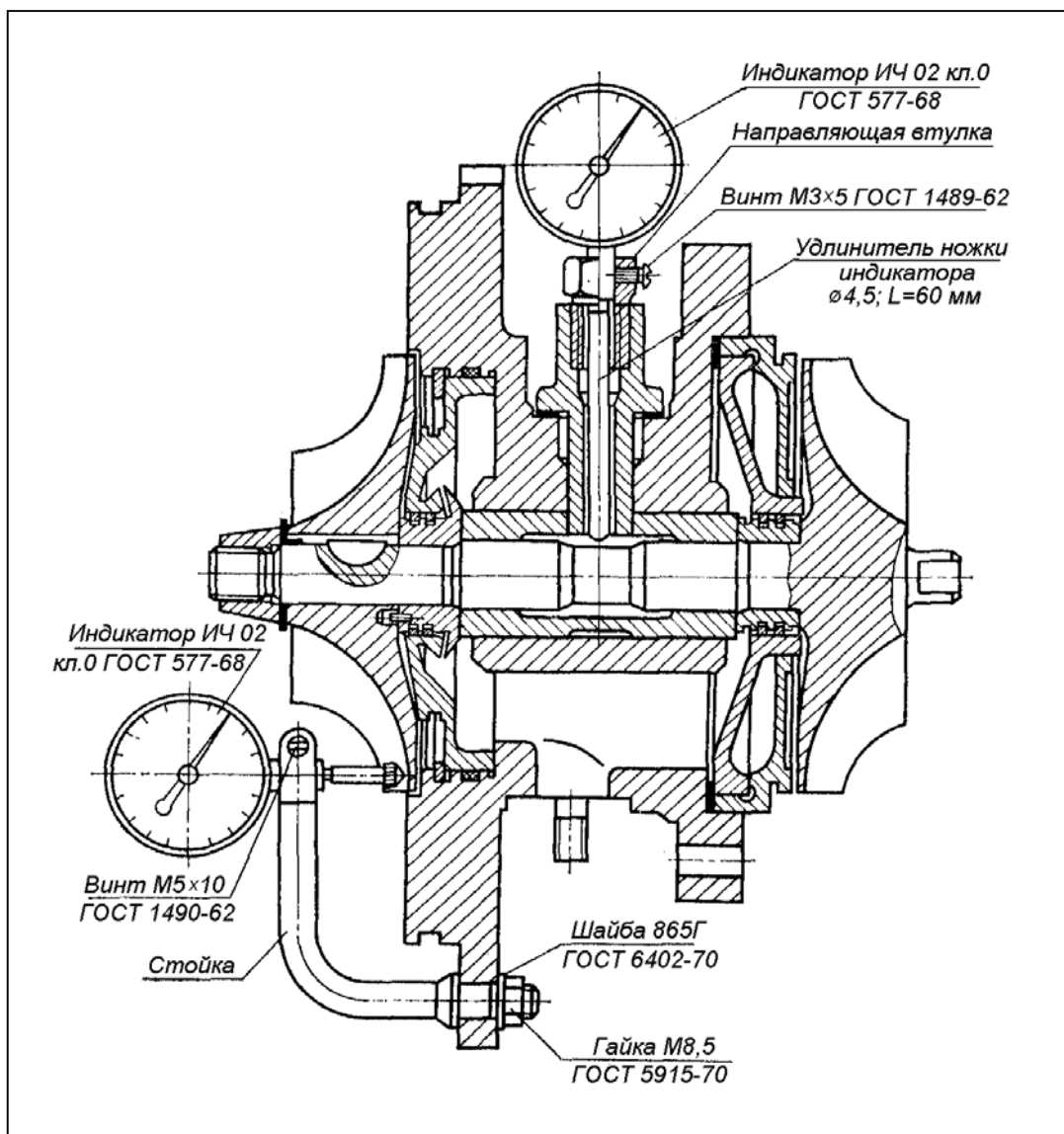


Рис. 8.7. Измерение осевого и радиального люфтов ротора турбокомпрессора.

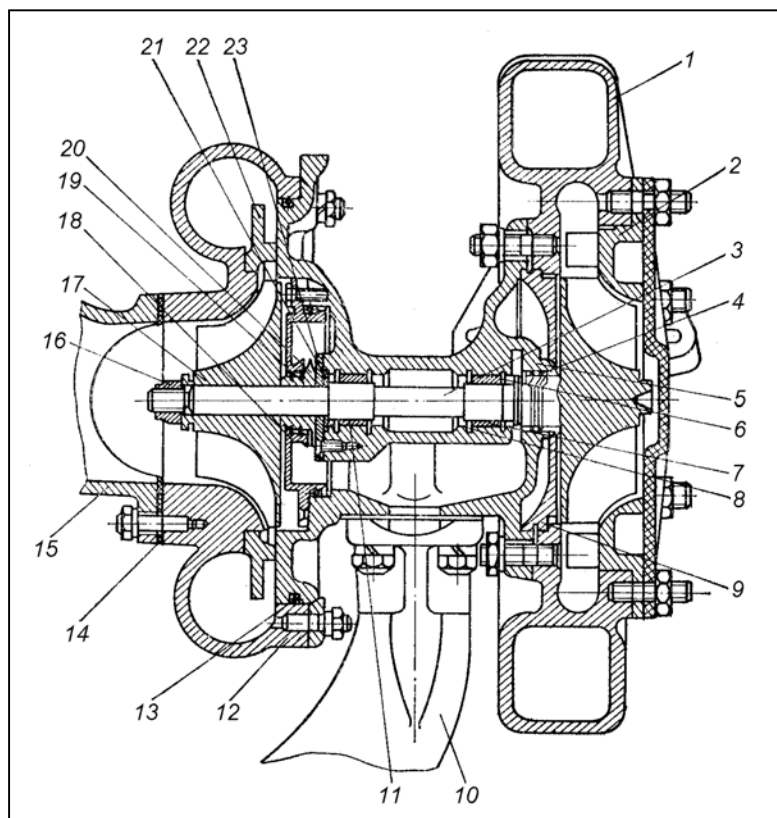


Рис. 8.8. Турбокомпрессор ТКР ЯМЗ-238,-240Н:

1 – корпус турбины; 2 – сопловой венец; 3 – вал ротора; 4, 19 – уплотнительные кольца; 5 – корпус подшипников; 6 и 8 – стопорные кольца; 7, 11 и 21 – втулки; 9 – проставка; 10 – кронштейн; 12 – корпус компрессора; 13 – уплотнительное кольцо; 14 – прокладка; 15 – патрубок; 16 – гайка; 17 – колесо компрессора; 18 – крышка корпуса подшипников; 20 – маслоотражатель; 22 – диффузор; 23 – упорный фланец.

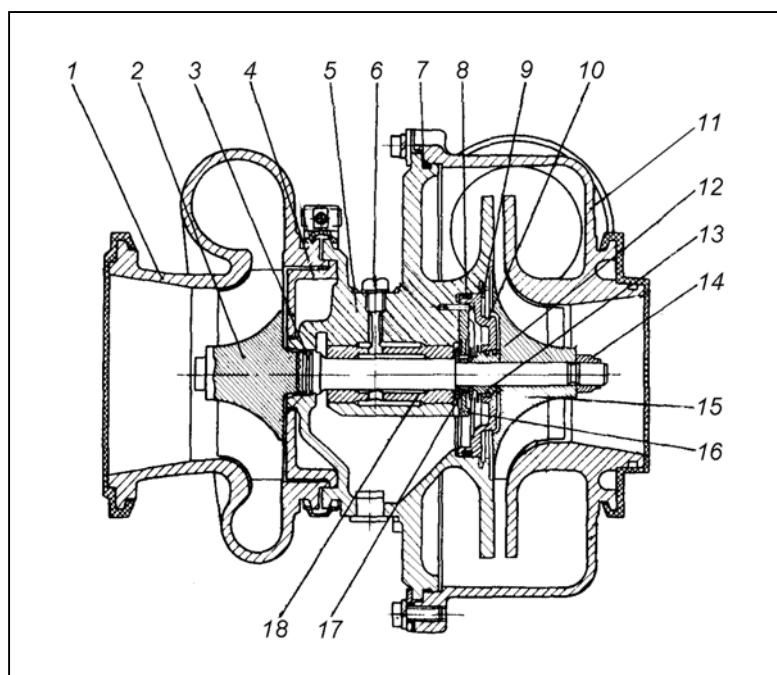
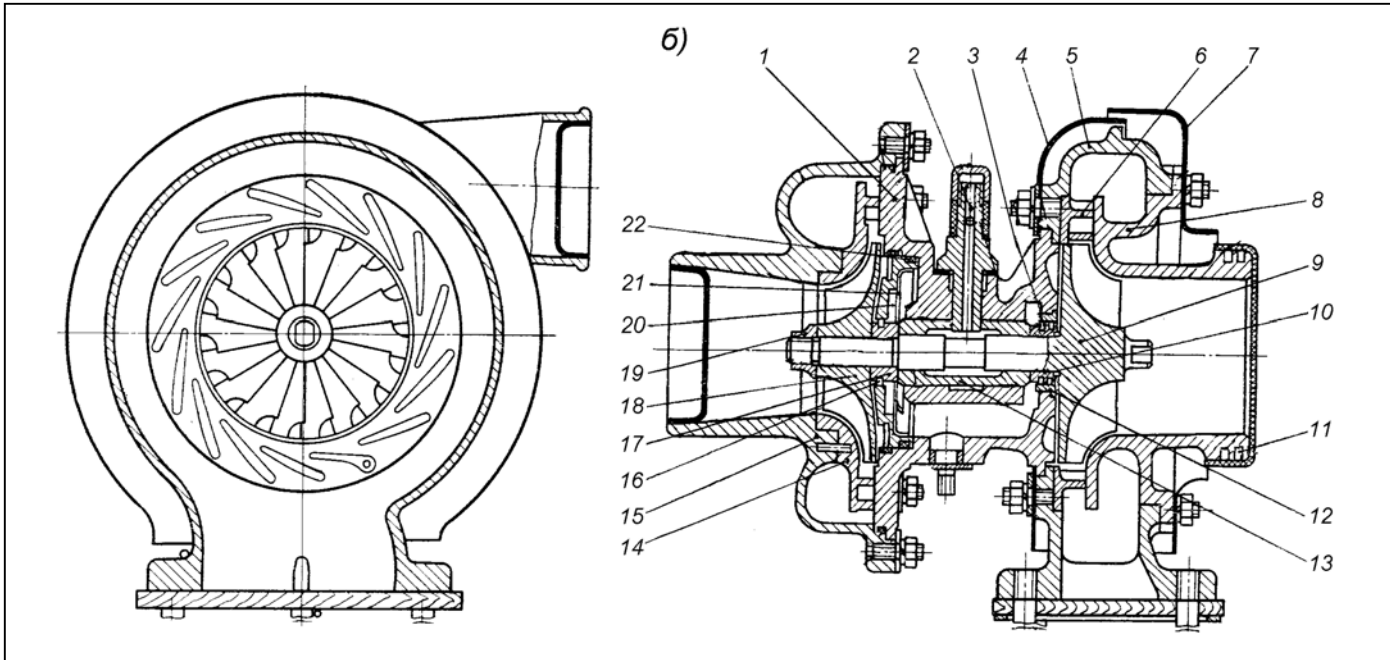
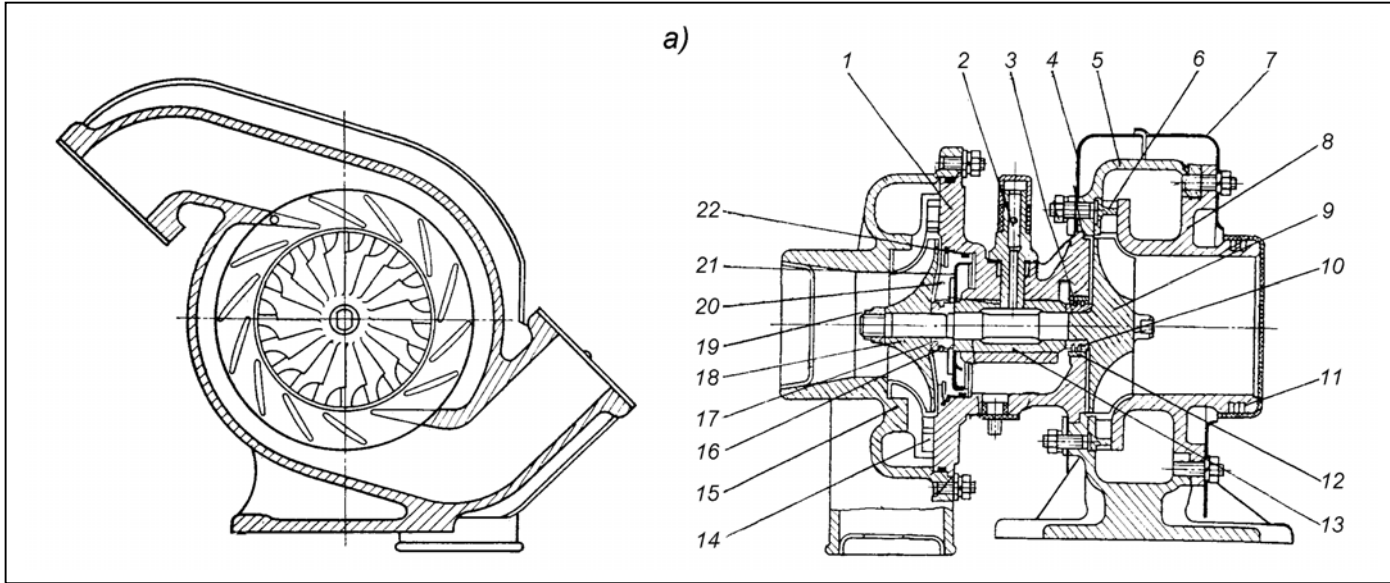
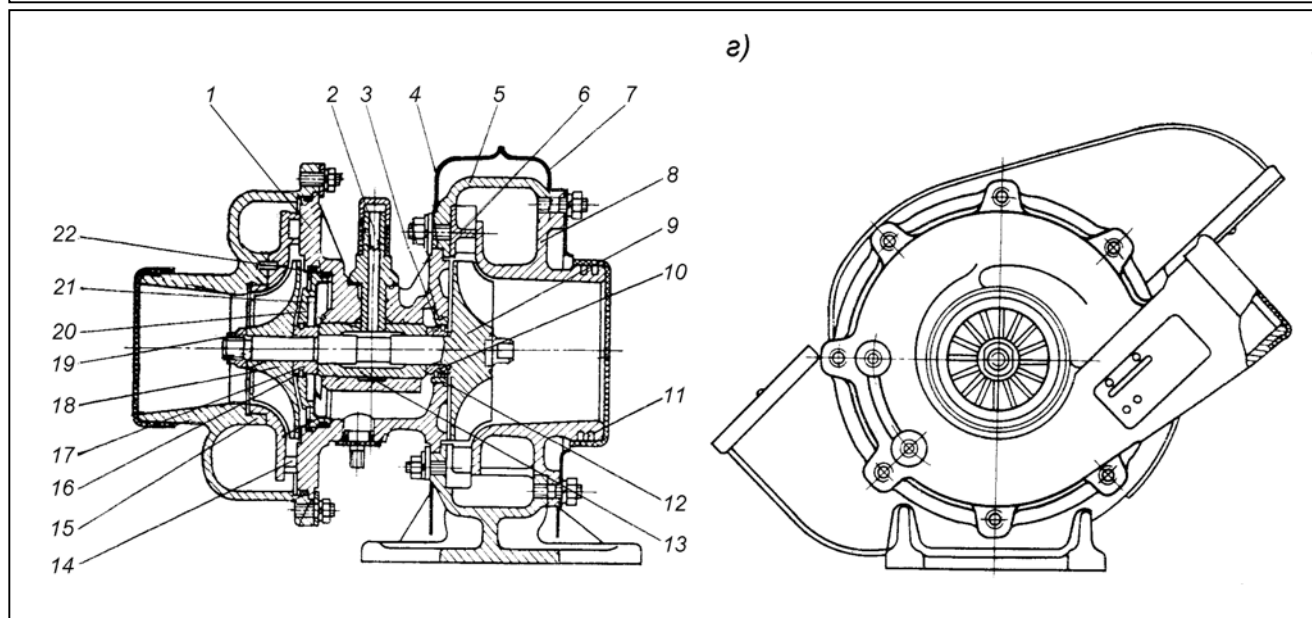
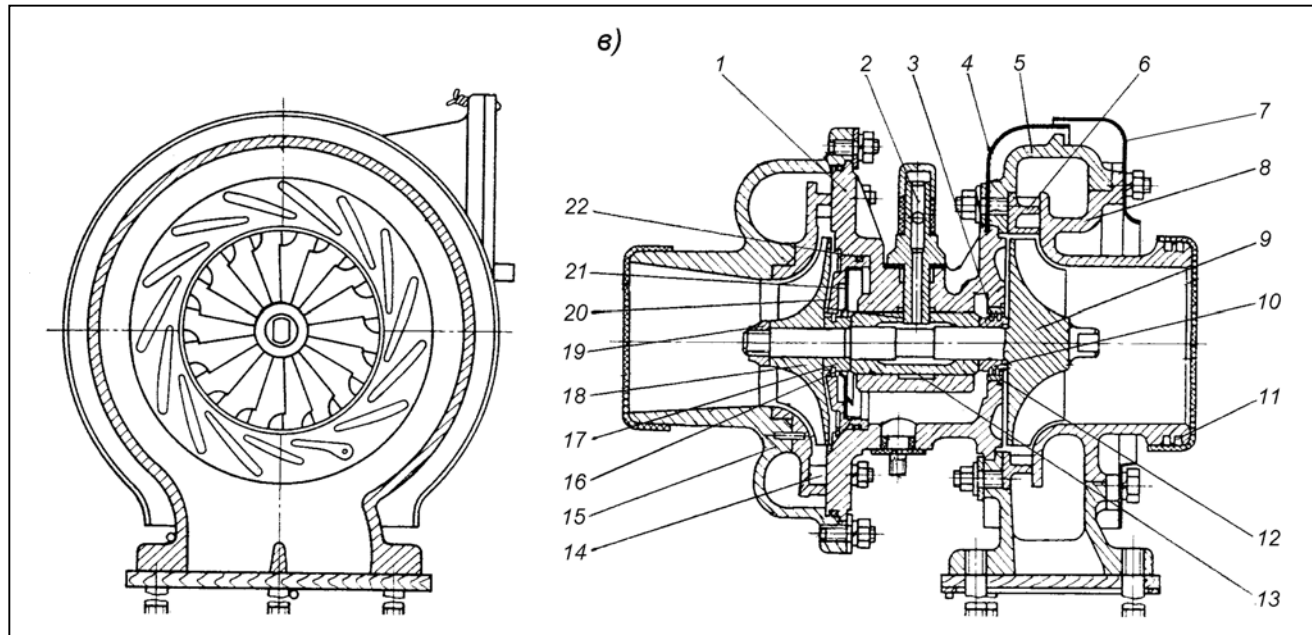


Рис. 8.9. Турбокомпрессор ТКР ЯМЗ-840:

1 – корпус турбины; 2 – колесо турбины с валом в сборе; 3, 12 – кольца уплотнительные; 4 – проставка турбины; 5 – корпус подшипника; 6 – фиксатор втулки; 7, 8 – кольца уплотнительные; 9 – кольцо стопорное; 10 – крышка корпуса подшипника; 11 – корпус компрессора; 13 – маслоотражатель; 14 – гайка; 15 – колесо компрессора; 16 – фланец упорный; 17 – втулка упорная; 18 – втулка подшипниковая





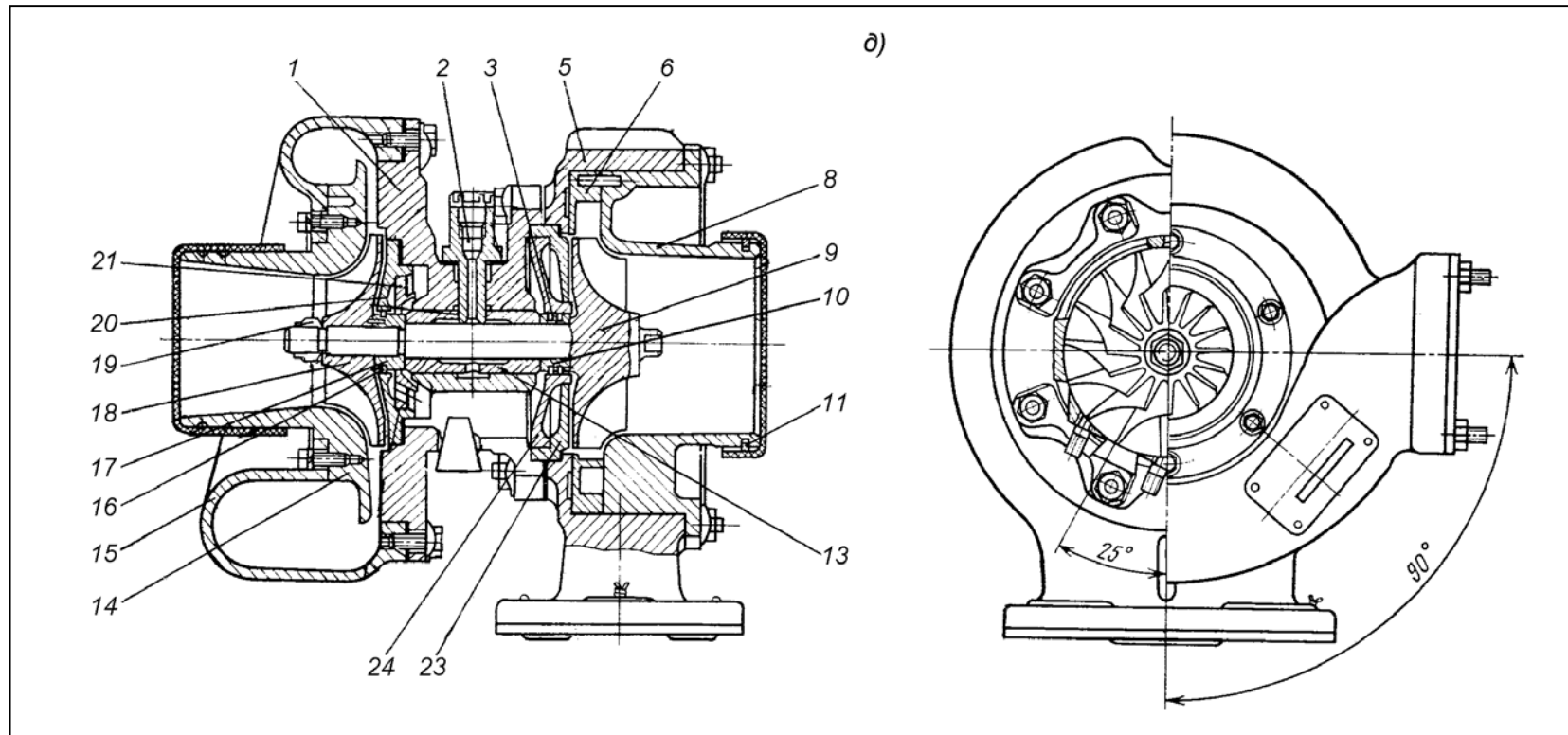


Рис. 8.10. Турбокомпрессоры ТКР СМД:

а) – ТКР-11Н-1(112.30001.10СБ); б) – ТКР-11Н-2 (111.30001.10СБ); в) – ТКР-11Н-10 (122.30001.10СБ); г) – ТКР-11С-1 (212.30001.00СБ), д) – ТКР-11Н-3(92.000СБ); 1 – корпус средний; 2 – фиксатор; 3, 16 – кольца уплотнительные; 4, 7 – экраны; 5 – корпус турбины; 6 – венец сопловой; 8 – вставка турбины; 9 – колесо турбины с валом в сборе; 10, 12 – втулка уплотнения; 11 – кольцо уплотнительное; 13 – втулка подшипниковая; 14 – вставка компрессора; 15 – корпус компрессора; 17 – маслоотражатель; 18 – колесо компрессора; 19 – гайка; 20 – диск уплотнения компрессора; 21 – щиток; 22 – кольцо уплотнительное; 23 – экран; 24 – диск уплотнения турбины.