

4. СУЧАСНЕ ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ БАЛАНСУВАННЯ ОБЕРТАЛЬНИХ ДЕТАЛЕЙ

При балансуванні можливе використання обладнання як власного виробництва підприємства, так і покупного. З виготовлення власного обладнання наведено рекомендації в роботі [16], за якими не складно виготовити прості, але достатньо надійні верстати. Проте при необхідності високоточного балансування при мінімально досяжному остаточному дисбалансі не більше $20\text{г}\cdot\text{мм}/\text{кг}$ ($1\text{г}\cdot\text{мм}/\text{кг} = 1\text{мкм} = 0,001\text{ мм}$) слід використовувати покупне обладнання.

Серед різноманітних конструкцій (вітчизняних і зарубіжних), що виготовляються спеціалізованими підприємствами, широким попитом користуються верстати серій БС-24, БС-34, БС-44, що виготовляються компанією «Росбал», а також верстати серій ВМ-010С...ВМ-10000 і серій ВТ-150 ... ВТ-3000, що виготовляються «ДИАМЕХ 2000» (Росія).

ВЕРСТАТИ СЕРІЇ БС-24

Модельний ряд балансувальних верстатів БС-24 містить в собі балансувальні машини БС-24-8, БС-24-16. Ця серія являє собою верстати для динамічного балансування різноманітних тіл обертання, як міжопорних, так і консольних. А при використанні спеціальних оправок можна балансувати і диски. Зовнішній вигляд балансувального верстата БС-24-16 показано на рис.3.6.

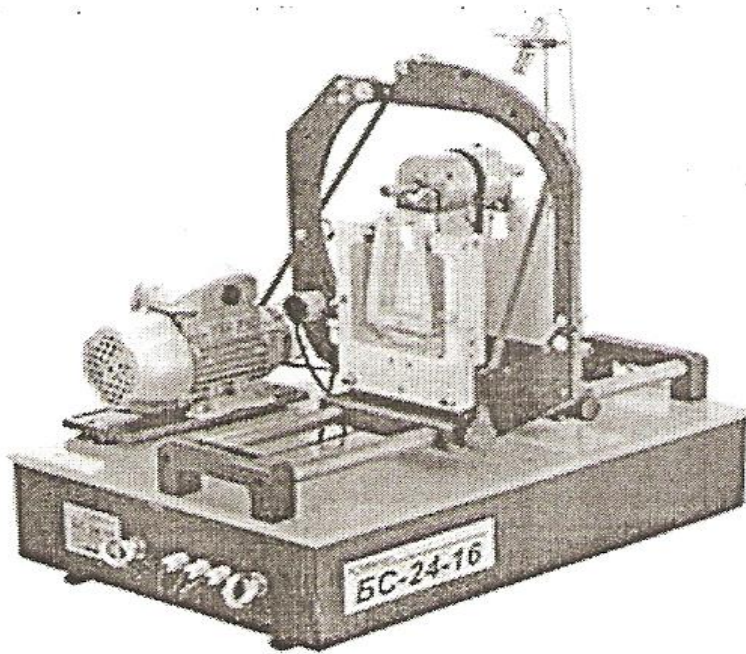


Рисунок 3.6

Балансувальний верстат BC-24-16

Балансувальні верстати є універсальними, що дає можливість використовувати їх як в серійному, так і одиночному виробництві. Кожний з цих верстатів оснащується системою привода ременя «Top Drive», що дозволяє легко установлювати, здійснювати балансувальний пуск і швидко знімати деталь, що підлягає балансуванню, з опор верстата.

Для високоякісного балансування верстати комплектуються зносостійкими приводними ременями, які гасять паразитні коливання, що поряд з масивною і надійною конструкцією балансувальної системи дає можливість оператору виконувати якісне балансування деталей в широкому діапазоні мас і швидкостей.

Верстати комплектуються блоком вимірів і управління «Грас-2Л». Остаточна обробка сигналів і отримання результатів вимірів дисбалансу здійснюється або за допомогою стійки вимірювання і управління «DAS - 080» з комп'ютером в корпусі, або вимірювальним блоком «Грас-2.1» в комплекті з персональним комп'ютером типу ноутбук.

Для швидкого визначення місця коригування дисбалансу верстат комплектується системою автоматичного повороту деталі, яка променем лазера точно вказує місця добавлення чи відділення коригуючих мас.

Технічні характеристики верстатів серії БС-24 представлено в таблиці 3.3.

Таблиця 3.3

Параметри	Моделі верстатів	
	БС-24-8	БС-24-16
1	2	3
Максимальна маса деталі, кг	8,0	16,0
Мінімальна маса деталі, кг	0,150	0,3
Максимальне навантаження на одну опору, кг	5,0	9,0
Діаметр деталей (min-max), мм	20-400	25-500
Діаметр деталі під ременем (min-max), мм	20-100	20-130
Відстань між серединами опорних шийок деталей (min-max), мм*	40-500*	40-500*
Діаметр опорних шийок деталі (min-max), мм	6-16	8-30
Максимально досяжний залишковий дисбаланс, г. мм/кг	0,1	0,11
Частота обертання при балансуванні, хв.	600-4000	600-4000
Тип привода	Ремінний, асинхронний, з регулювання частоти	
Система натягування	«Top Drive»	
Потужність привода, КВт	0,18	0,25
Тип опор	Призми, радіусні вкладиші	
Тривалість балансування деталей, хв.*	1-15	1-15
Габарити верстата, мм	640*550*535	640*600*535
Маса механічної частини верстата, кг	65	80
Напруга живлення, В	220/380	220/380
Примітки:* Параметр може бути збільшеним до 2500 мм ** З урахуванням процедури зняття (установлення деталей, а також добавлення / віддалення матеріалу).		

Всі верстати серії БС-24 не вимагають спеціальних підвалин і можуть установлюватись на звичайних цехових верстатах чи столах з вивіренням ватерпасом і таких, що мають масу не менше 30-40% від маси верстатів БС-24.

ВЕРСТАТИ СЕРІЇ БС-34

Модельний ряд верстатів БС-34 містить в собі моделі БС-34-50 і БС-34-100. Ці верстати належать до верстатів зарезонансного типу. Висока точність коливальної системи верстата дозволяє досягти точності балансування аж до 1-го класу.

В залежності від призначення верстати поставляються з широким спектром опорних деталей і вузлів, що дозволяє проводити якісне динамічне балансування таких деталей як:

- якорі електродвигунів;
- ротори центрифуг;
- карданні вали;
- колінчасті вали;
- ротори турбокомпресорів;
- інших тіл обертання.

Застосування у верстатах самобалансних роликів опор дозволяє здійснювати балансування різноманітних деталей на підшипникових шийках без точного установлення деталей за допомогою приладів виміру рівня.

Зовнішній вигляд верстата БС-34-100 показано на рис. 3.7.

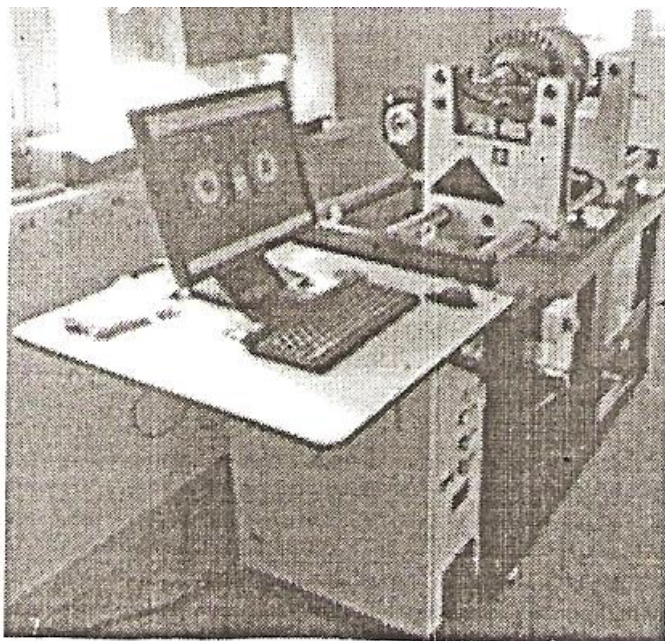


Рисунок 3.7

Балансувальний верстат БС-34-100

Зручна заміна опор і легке переміщення на верстаті стояків і системи натягування приводного ременя дозволяють швидко переналаштовувати систему верстата під різні задачі, що поєднані з високоякісним балансуванням.

Конструкція вузла натягування ременя дає можливість розташовувати систему натягування між опорами, як на більшості аналогічних верстатів для балансування, і поза ними зліва чи справа, що буває необхідним при балансуванні деяких типів деталей, наприклад, карданних валів.

Верстати БС-34 оснащено сучасною комп'ютерною вимірювальною системою, що дозволяє обходитись без еталонних роторів (деталей) і здійснювати динамічне балансування деталі, навіть із значним початковим дисбалансом, за 1-3 пуски.

Всі верстати серії БС-34 постачаються з якісною основою, що дозволяє установлювати їх на звичайну бетонну долівку.

Для середнього і крупносерійного виробництва верстати можуть постачатись разом із свердлильним верстатом, що дозволяє коригувати дисбаланс без зняття деталі з верстата балансування.

Передбачаються і різні варіанти вимірювальної системи:-

- Блок вимірювання і управління «Грас-2.1» з персональним комп'ютером;
- Стояк вимірювання і управління «DAS - 080» із вмонтованим промисловим комп'ютером і монітором.

Для швидкого визначення місця коригування дисбалансу верстат комплектується системою автоматичного повороту деталі, яка променем лазера точно вказує оператору місця додавання чи віддалення коригуючих мас.

Технічні характеристики верстатів БС-34-50 і БС-34-100 наведені в таблиці 3.4.

Таблиця 3.4

Параметри	Моделі верстатів	
	БС-34-50	БС-34-100
Максимальна маса деталі, кг	50,0	100,0
Мінімальна маса деталі, кг	1,0	4,0
Максимальне навантаження на одну опору, кг	30	60
Діаметр деталей (min-max), мм	25-800	
Діаметр деталі під ременем (min-max), мм	20-300	
Відстань між серединами опорних шийок деталі (min-max), мм*	80-950*	
Діаметр опорних шийок деталі (min-max), мм	12-150	
Максимально досяжний залишковий дисбаланс, г·мм/кг	0,12	0,14
Частота обертання при балансуванні, хв ⁻¹	400-2500	
Тип привода	Ремінний, асинхронний з регулюванням частоти	
Тип опор	Роликові із само-установленням, v- подібні і інші	
Потужність привода, кВт	0,75	1,1
Тривалість балансування деталей, хв. **	1-15**	1-30**
Габарити верстата, мм	1700x1200x800	
Маса механічної частини, V	140	170
Напруга живлення, В	220/380	
Примітки: *Параметр може бути збільшеним до 2500 мм; ** з урахуванням процедури зняття і установлення деталей.		

ВЕРСТАТИ СЕРІЇ БС-44

Верстати зарезонансного типу серії БС-44 призначаються для високоякісного динамічного балансування різноманітних деталей обертання:

- роторів електродвигунів;
- вали машин і механізмів;
- колінчастих валів двигунів внутрішнього згоряння;
- барабани центрифуг;
- турбокомпресори;
- робочі колеса вентиляторів, насосів і інші;

- шнеки і черв'яки.

Верстати являють собою модульну конструкцію (рис 3,7), що робить їх простими і зручними в обслуговуванні. Виготовляються за двома моделями БС-44-300, БС-44-500 і БС-44-1000, БС-44-3000.

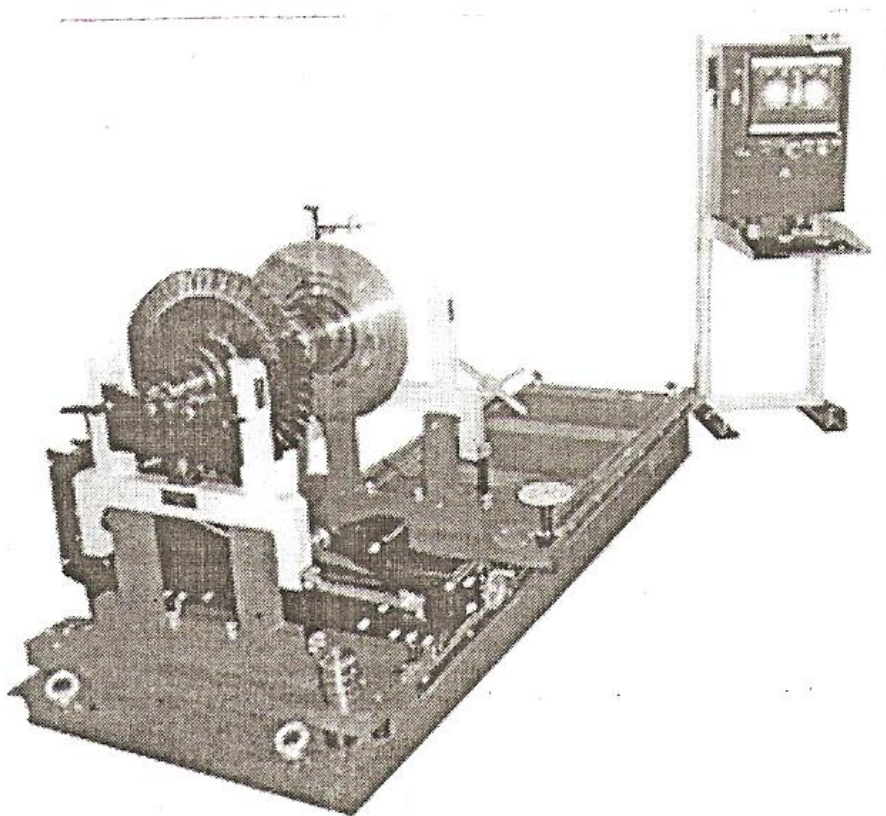


Рисунок 3.7

Балансувальний верстат БС-44-500

Як і інші верстати серії БС ці верстати також комплектуються системою комп'ютерного визначення місць дисбалансу та місць добавлення чи віддалення коригуючих мас. Стояки вимірів і управління «DAS-080» і програмне забезпечення «Росбал – Soft V2.7» дозволяють надійно автоматизувати процес балансування, при якому досягаються поля допусків за 2-3 пуска, причому допуск балансування розраховується автоматично за введеними операторами геометричними параметрами.

Технічні характеристики верстатів серії БС-44 наведені в таблиці 3.5.

Таблиця 3.5

Параметри	Моделі верстатів серії БС			
	БС-44-300	БС-44-500	БС-44-1000	БС-44-3000
Максимальна маса деталі, кг	300	500	1000	3000
Мінімальна маса деталі, кг	10	10	15	20
Максимальне навантаження на одну опору, кг	200	300	600	1800
Діаметр деталей (min-max), мм	1000	1200	1500	1900
Діаметр деталі під ременем (min-max), мм	800	1000	1250	1600
Відстань між серединами опорних шийок деталі (min-max), мм	150-1800	150-1800	200-2200	300-3000
Діаметр опорних шийок деталей (min-max), мм	20-150	20-180	25-200	25-250
Мінімально досяжний залишковий дисбаланс, г·мм/кг*	0,11*	0,11*	0,12*	0,15*
Частота обертання деталей при балансуванні, хв ⁻¹	300-2000		300-1500	300-1500
Тип привода	Безкінечний ремінь чи комбінований (ремінний + карданний)			
Система натягування	4 шківів			
Тип опор	Призми/ролики			
Потужність привода, кВт	1,5	1,5	2,2	5
Тривалість балансування деталі **, хв.	10-60	10-60	20-60	20-120
Габарити верстата, м	2x1,2x1,2	2x1,2x1,2	2,5x1,4x1,4	3,2x1,6x1,4
Маса механічної частини, кг	300	500	1000	3000
Напруга живлення, В	220/380			
Примітки:* Величина мінімально досяжного залишкового дисбаланса залежить від якості опорних шийок деталі підшипників кочення при балансуванні на призматичних опорах і інших факторів. ** Загальна тривалість балансування складається з часу на установлення / зняття деталі, натягнення паска, введення необхідних даних в комп'ютер, розгон – вимірювання-гальмування при кількості балансувальних пусків не більше 10-ти і правильного установлення / зняття балансувальних тягарів.				

Кожна модель верстатів серії БС-44 виконується в трьох комплектаціях:

Комплектація 1

1. Механічна частина верстата з V- подібними опорами (призмами) і ремінним приводом.
2. Стояк вимірювання і управління з персональним комп'ютером типу «Notbook».
3. Лазерний відмітник обертів.

Позитивні якості комплектації – найнижча вартість в класі.

Недоліки – неможливість балансування деталей на опорних шийках.

Комплектація 2

1. Механічна частина верстата із взаємозамінними V- подібними опорами (призмами) і саморегулювальними роликowymi опорами і ремінним приводом.
2. Стояк вимірювання і управління з комп'ютером в корпусі промислового виконання.
3. Лазерний відмітник обертів.

Позитивні якості комплектації – збалансованість комплектації для виконання широкого кола задач в області динамічного балансування деталей, прийнятна вартість.

Недоліки – неможливе балансування деталей, що не мають поверхонь, придатних для приведення ременем.

Комплектація 3

1. Механічна частина верстата із взаємозамінними V – подібними опорами (призмами) і саморегулювальними роликowymi опорами і комбінованим (ремінним і карданним) приводом.
2. Стояк вимірювання і управління з панельним комп'ютером промислового типу з класом захисту до IP54.

3. Лазерний відмітник обертів з покращеними характеристиками.

Позитивні якості комплектації – можливість вирішення практично будь-якої задачі в області високоякісного балансування деталей обертальної дії.

Загальним позитивом верстатів «Росбал» є те, що за їх допомогою можна визначити ексцентриситет мас з точністю 0,05-0,5 мкм (0,00005-0,0005 мм).

ВЕРСТАТИ СЕРІЇ ВМ І ВТ (ДИАМЕХ 2000)

Ці верстати поділяються на дві групи: зарезонансні (ВМ) і дорезонансні (ВТ). Зарезонансні верстати призначаються для балансування зверхлегких роторів (ВМ-010-С на масу роторів 0,005-3 кг і ВМ-010 на масу роторів 0,03-8 кг), малої вантажопідіймальності (ВМ-050 на масу роторів 0,5-50 кг і ВМ-300 на масу роторів 3-300кг), середньої вантажопідіймальності (ВМ-1000 на масу роторів 10-10000 кг, ВМ - 3000 на масу роторів 30-3000 кг, ВМ-5000 на масу роторів 50-5000кг), великої вантажопідіймальності (ВМ - 8000 на масу роторів 80-8000 кг, ВМ-10000 на масу роторів 100-10000 кг, ВМ-20000 на масу роторів 1000-20000кг). Поряд з цим виготовляються також верстати для балансування роторів енергетичних турбоагрегатів великої потужності на масу роторів до 90000 кг.

Таким чином, верстати забезпечують балансування деталей роторного типу від декількох грамів до 90т.

До особливостей верстатів серії ВМ можна віднести наступне:

- швидке і легке переналагодження під різні типи роторів без додаткових пусків (в програму вимірювально – управляльного модуля достатньо ввести лише геометричні параметри ротора);
- балансування будь-яких типів роторів (у власних підшипниках, з вузькими опорними шийками, карданних і колінчастих валів), на спеціальних оправках дисків і колес;
- карданний привод для роторів з великим аеродинамічним опором і роторів складної конфігурації;

- можливість дооснащування верстата свердлильним, фрезерним чи зварювальним модулем коригування дисбалансу;
- постійні (на довгий термін) калібрувальні коефіцієнти;
- автоматизований розрахунок даних балансувань з використанням сучасного мікропроцесного вимірювально – управляльного модуля «САПФІР» з програмним забезпеченням для дорезонансних балансувальних верстатів;
- автоматизований доповерт на необхідний кут;
- додаткові захисні кожухи і огорожі за стандартом IS7475.

Кожний з верстатів складається із основи, 2-х опорних стояків, 2-х укладальників, 2-х осьових упорів, привода обертання і блока управління.

Особлива увага приділена укладці роторів на верстат, оскільки це є відповідальна операція і вимагає акуратності і підвищеної уваги, оскільки важкі ротори при необережній укладці можуть пошкодити опори верстатів. Тому при вантажопідймальності 300 кг і вище верстати комплектуються спеціальними підйомниками-укладальниками, які забезпечують м'яке укладання. При цьому ротор підводять краном і установлюють на укладальники, які потім синхронно м'яко опускають ротор на балансувальні опори.

Найскладніший вузол верстата – роликівий блок (опори). Він складається із млинка («вертушки»), качалки і змінних циліндричних опорних роликів, які крім обертання навколо власної осі мають ще можливість обертатись навколо вертикальної і горизонтальної осі, що перпендикулярні осям обертання роликів. Це забезпечує постійний контакт між поверхнями роликів і шийками ротора, що дозволяє практично усунути накопчування шийок ротора. А можливість обертання навколо вертикальної осі дозволяє запобігати закусюванню і пружкового контакту шийок ротора в процесі балансування.

Привод верстатів забезпечує передання обертального руху від електродвигуна до балансувального ротора за допомогою плоского ременю

через систему крутень (шківів), гальмування ротора після закінчення остаточного вимірювання дисбалансу.

Виготовляються модифікації верстатів з карданним валом чи комбінацією кардан + ремінь.

Особливістю верстатів є хитна опора, що працює за принципом маятника. Власна частота коливання маятника не залежить від його маси. Придатно до верстату це означає, що коливання балансувального ротора фактично відокремлені від паразитних зовнішніх коливань. Це ж дозволяє позбавитись від установлення масивних фундаментів.

Хоча у всіх верстатах прийнята однакова принципова схема, вони мають і певні конструктивні особливості. Наприклад, у верстатах на масу ротора 300 кг і менше стояки рухаються по циліндричним напрямним (рис.3.8), а у верстатів на масу ротора 1000 кг і вище стояки рухаються по призматичним напрямним (рис.3.9, 3.10). І як відмічалось вище, верстати на масу ротора 300 кг і вище оснащені підйомниками – укладальниками, які добре видно на рис. 3.9 (на кожному стояку 2 штуки).



Рисунок 3.8

Балансувальний верстат VM-300

Дорезонансні верстати серії ВТ виготовляються з жорсткими опорами для роторів масою до 3т. Вони поділяються на верстати малої вантажопідіймальності ВТ-150, ВТ-300, ВТ-500 і середньої вантажопідіймальності ВТ-1000, ВТ-2000, ВТ-3000 (цифра означає вантажопідіймальність в кг). Технічні характеристики верстатів серії ВТ подано в таблиці 3.6. Дані, що наведені в таблиці, відносяться до стандартного виконання верстатів. В той же час підприємство за спеціальним замовленням може



Рисунок 3.9

Балансувальний верстат ВМ-1000



Рисунок 3.10

Балансувальний верстат BM-8000

поставляти верстати з комбінованим приводом (ремінний + карданний), подовженою основою, збільшеною потужністю електропривода, оснащенням верстатів свердлильним, фрезерним чи зварювальним модулями коригування дисбалансу, захисними огорожами.

Таблиця 3.6

Технічні характеристики верстатів серії BT

Параметри	Моделі верстатів серії BT					
	BT-150	BT-300	BT-500	BT-1000	BT-2000	BT-3000
1	2	3	4	5	6	7
Максимальна маса ротора, кг	150	300	500	1000	2000	3000
Максимальний діаметр ротора, мм	1050	1130	1550	1600	1600	1600
Відстань між опорами, мм	150-2200	200-2400	200-3200	200-3100	200-3100	300-3100
Діаметр опорних шийок ротора, мм	10-180	10-180	10-180	15-290	15-290	15-290
Чутливість, г·мм/кг	до 0,1					
Коефіцієнт зменшення дисбалансу	до 95%					
Тип електропривода	Змінного струму з регульованою частотою					

Потужність електропривода, кВт	1,1	2,2	4	7,5	11	15
Відмітник обертів	Лазерний					
Датчик положення ротора	В комплекті					
Доверт ротора на необхідний кут	Автоматичний, ручний					
Приладове оснащення	Модуль «САПФІР» на базі промислового комп'ютера із сенсорним дисплеєм					

Зовнішній вигляд верстата ВТ-1000, як найбільш типового для верстатів дорезонансної дії, показано на рис. 3.11.

Поряд з горизонтальними верстатами серій ВМ і ВТ компанія «ДИАМЕХ» виготовляє і вертикальні верстати серії В, технічні характеристики яких подано в табл.3.7. Вони призначаються для високоточного зрівноваження деталей у вигляді дисків, коліс, які не мають власних шийок, а також різального інструменту металообробних верстатів. Можуть комплектуватись свердлильними і фрезерними пристроями для коригування дисбалансу з контролем величини зняття маси на моніторі.

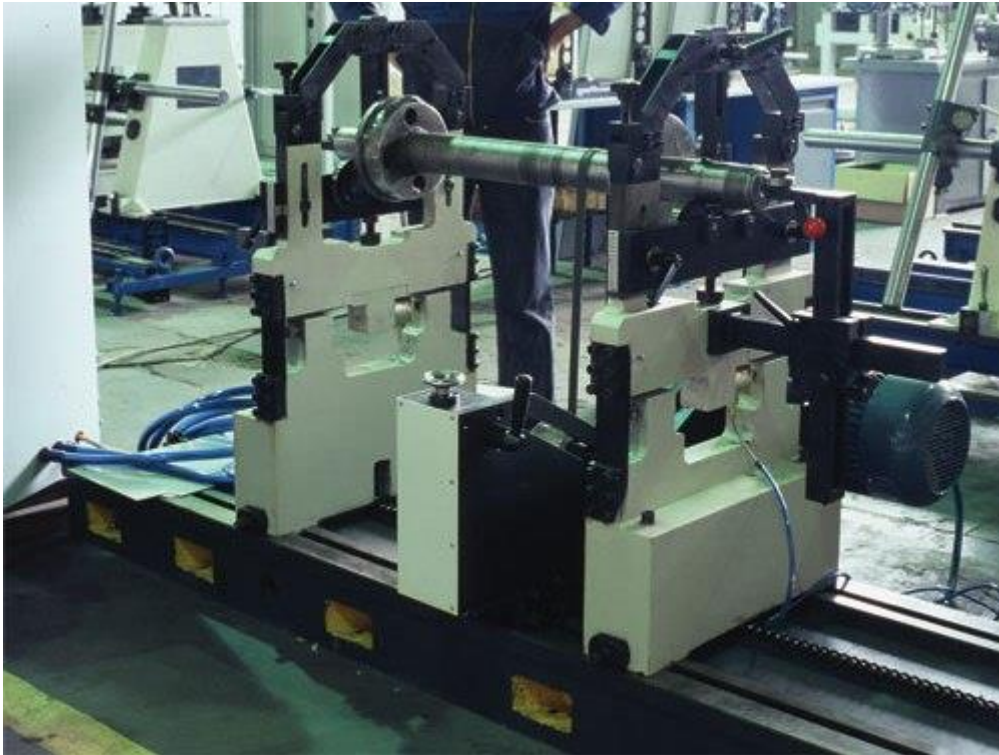


Рисунок 3.11

Балансувальний верстат ВТ1000

Таблиця 3.7*Технічні характеристики балансувальних верстатів серії В*

Параметри	Моделі верстатів серії В		
	В-8	В-60	В-1500
Максимальна маса деталі, кг	8	60	1500
Максимальний діаметр деталі, мм	250	1000	1300
Максимальна товщина деталі, мм	270	400	450
Максимальна частота обертання шпинделя при балансуванні, хв ⁻¹	2500	2000	1000
Приладове оснащення	Мікропроцесорний вимірювально – управляючий модуль «САПФІР» на базі промислового комп'ютера		
Потужність привода, кВт	0,5	2,2	7,5
Тип привода	Змінного струму, часто регульований		
Кількість площин коригування	1-2	1-2	1-2

