

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
імені **ВОЛОДИМИРА ДАЛЯ**

Факультет інженерії

Кафедра машинобудування та прикладної механіки

До захисту допущено
Завідувач кафедри
д.т.н., проф. Соколов В.І.

« ____ » _____ 2021 р.

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до бакалаврської роботи для освітньо-кваліфікаційного
рівня:

«бакалавр»

з напрямку підготовки
(спеціальності):

133 – Галузеве машинобудування

На тему: «ПРОЕКТНИЙ РОЗРАХУНОК ТА 3D
МОДЕЛЮВАННЯ ВАЛІВ ПРИВОДУ ГОЛОВНОГО РУХУ
ВЕРСТАТА МЦ 200ПФ4»

Студент групи ГМ-17да _____
Керівник роботи _____

Вязников Є.В.
к.т.н., доц. Кроль О.С.

<i>Попередній захист та нормоконтроль</i>	
<i>« ____ » _____ 2021 р.</i>	
1	
2	
3	
4	

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка до бакалаврської роботи на тему: «ПРОЕКТНИЙ РОЗРАХУНОК ТА 3D МОДЕЛЮВАННЯ ВАЛІВ ПРИВОДУ ГОЛОВНОГО РУХУ ВЕРСТАТА МОДЕЛІ МЦ 200ПФ4»

містить: стор. 56, рис 32, табл. 11, джерел 18.

ОБРОБНИЙ ЦЕНТР, ПРИВОД ГОЛОВНОГО РУХУ, ДВУХОПОРНИЙ ШПИНДЕЛЬ, ПОРОЖНІЙ СХІДЧАСТИЙ ВАЛ, ТВЕРДОТІЛЬНА МОДЕЛЬ, СТАТИЧНИЙ ФОРМУЛЯР, ПЕРЕДАЧА РЕМІННА.

У даній роботі проведено дослідження конструктивних і технологічних можливостей обробного центра свердлильно-фрезерно-розточувальної групи. Цей верстат призначений для формоутворення деталей з використанням таких технологічних операцій, як свердління, зенкерування й розгортання точних отворів, фрезерування по контурі із круговою інтерполяцією й інші операції.

На даному центрі можливо автоматизувати:

- завантаження й заміни столів супутників;
- пошуку й підготовки інструмента в процесі обробки деталей при оснащенні ланцюговим інструментальним магазином з автооператором зміни інструмента;
- подачі СОЖ і змиву стружки й ін.

Проведено аналіз компонувань обробних центрів і запропоноване раціональне компонування досліджуваного верстата. Розглянуто кінематичний і розрахунок на міцність основних вузлів і деталей привода головного руху верстата з використанням інструментарію параметричного моделювання.

Дано оцінку працездатності шпиндельного вузла за критерієм жорсткості. Побудовано статичний формуляр шпиндельного вузла, як засіб підвищення продуктивності процесу проектування.

					БР ГМ – 17да ПЗ			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.		Вязников			Реферат	Лит.	Лист	Листов
Провер.		Кроль					2	
Реценз.								
Н. Контр.								
Утверд.		Соколов						
					СНУ ім. В. Даля			

ЗМІСТ

ВСТУП	3
1. АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД МОЖЛИВОСТЕЙ ВЕРСТАТІВ З ЧПУ СВЕРДІЛЬНО-ФРЕЗЕРНО -РОЗТОЧНОГО ТИПУ	6
2. ДОСЛІДЖЕННЯ КОМПОНОВОК ВЕРСТАТІВ З ЧПУ СФР-ТИПУ	10
3. ДОСЛІДЖЕННЯ Й РОЗРАХУНОК КІНЕМАТИКИ ПРИВОДУ ГОЛОВНОГО РУХУ	19
3.1. Графоаналітичний розрахунок коробки швидкостей	19
3.2. Визначення чисел зубів зубчастих передач	25
4. РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ	28
4.1. Опис службового призначення деталі, аналіз креслення і технічних умов на її виготовлення	29
4.2. Визначення типу виробництва	30
4.3. Вибір виду заготовки і обґрунтування методу її отримання	30
4.4. Розрахунок припусків на механічну обробку і визначення операційних розмірів	32
4.5. Розробка та аналіз маршрутного технологічного процесу виготовлення деталі	36
4.6. Розрахунок режимів різання	38
4.7. Розрахунок точності операції	40
ВИСНОВОК	54
ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	55

					БР ГМ – 17да						
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	Зміст			<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>	
<i>Розроб.</i>		Вязников								1	9
<i>Перевір.</i>		Кроль									
<i>Реценз.</i>											
<i>Н. Контр.</i>											
<i>Затверд.</i>		Соколов			СНУ ім. В. Даля Кафедра М та ПМ						

ВСТУП

Системний підхід до проектування верстатних систем (ВС) [1,2,3] лежить в основі сучасної методології створення верстатів, що управляють засобів і інструментального оснащення.

Сучасні ВС являють собою складні технічні системи, що включають комплекс механічних, електронних, гідравлічних і пневматичних елементів, об'єднаних одною цільовою настановою - виготовлення кінцевих продуктів праці (деталей, вузлів) із заданими вимогами до якості, точності й розмірам їхнього тридцятилітніх. Основними ознаками системного підходу до проектування ВС є:

- комплексний облік різних факторів, виявлення взаємозв'язку й ролі частини об'єкта, а також вимог до нього. Об'єкт, що підлягає конструюванню розглядається з різних точок зору. Розгляд геометричних і кінематичних особливостей об'єкта дає подання про теоретично правильні форми деталей, про їхні рухи при умовній відсутності сил. Розгляд в енергетичному плані подає інформацію про тридцятимільйонних сил різання, крапках додатка, лінії дії й результатах дії;

- багатоваріантність, властива будь-якому виду конструкторської діяльності. Кожний варіант розглядається виходячи з вимог завдання з урахуванням різних критеріїв працездатності;

- зворотний характер, коли рішення, щодо компоновки та схем, прийняті на початкових етапах проектування ВС (технічна пропозиція) можуть змінюватися залежно від конструкторських рішень, прийнятих на наступних етапах (ескізний і технічний проекти). На цій основі будується циклічна стратегія проектування [1], що характеризується наявністю зворотних зв'язків, у тому числі у вигляді декількох петель зворотного зв'язку, що охоплюють один одного;

- багатокритеріальність, властива складним і поліфункціональним системам, якимись і є ВС. Сьогодні вже нерідка проектна ситуація, коли оцінка й вибір варіанта (варіантів) здійснюється на основі 10 і більше приватних критеріїв [4];

- оптимізаційний характер прийняття рішень, що при наявності векторного критерію якості полягає у виборі компромісного варіанта на основі дозволу протиріч.

					БР ГМ – 17да			
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		Вязников			Вступ	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>		Кроль					1	2
<i>Реценз.</i>								
<i>Н. Контр.</i>								
<i>Затверд.</i>		Соколов						
						СНУ ім. В. Даля Кафедра М та ПМ		

У ряді робіт [4] представлені механізми оптимального проектування ефективно використовувани в сучасній техніці й технології;

- прогнозний характер проектної процедури. Постійне вдосконалювання ВС і її компонентів, вихід на конкурентно здатні варіанти робить необхідним повніше використовувати масиви патентних даних, експертних оцінок, тимчасових рядів зміни основних досліджуваних характеристик. У цьому плані необхідно враховувати також принципово недовизначеність проектної процедури, що може бути зменшена за рахунок уведення прогнозного контуру, довизначаючого вихідні дані й обмеження шуканої процедури.

Динамічні процеси впливають на найважливіші характеристики верстатів: точність, продуктивність, надійність. Відхилення від заданих характеристик визначається, у першу чергу, стійкістю формотворних і допоміжних рухів, а також реакцією системи на зовнішні впливи.

Аналіз конструкції як динамічної системи повинен виконуватися конструктором на всіх стадіях створення верстата. Розуміння основних особливостей динамічної системи верстата дає гарантію швидкого й правильного рішення завдань, що виникають у процесі конструювання, виготовлення, випробування й серійного виробництва верстатів.

Динамічна система верстата як робочої машини включає деформируемую пружну систему (ЕУС) - верстат, пристосування, інструмент, заготівлю й робітничі процеси в її рухливих з'єднаннях (процеси у двигунах, процес тертя й процес різання, аеро- і гідродинамічні процеси й т.п.). динамічна система верстата є замкнутою технічною системою. Силіві впливи, викликані робочими процесами, деформує пружну систему. При цьому змінюється взаємне положення елементів, що утворюють відповідне рухливе з'єднання.

Основне завдання аналізу динамічної системи верстата - виявлення прямих і зворотних зв'язків між пружною системою й робочими процесами в рухливих з'єднаннях.

					ПД.00.000.00.ПЗ	Арк.
						2
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1. АНАЛІТИЧНИЙ ОГЛЯД МОЖЛИВОСТЕЙ ВЕРСТАТІВ З ЧПУ СВЕРДЛИЛЬНО - ФРЕЗЕРНО - РОЗТОЧНОГО ТИПУ

Верстати сведлильно-фрезерно-розточного (СФР) типу призначені для виконання широкого кола операцій. Вони дозволяють обробляти зовнішні й внутрішні поверхні, прорізати прямі й гвинтові канавки, фрезерувати зуби зубчастих коліс і ін.

Ці верстати мають свою конструкцію станини й шпиндельного вузла, а в кінематичній схемі приводу головного рухові парі конічних зубчастих коліс, передавальних обертання на шпиндель. СФР - верстати мають шпиндельну голівку, яка може обертатися у вертикальній площині. У деяких конструкціях є осьове переміщення шпинделя. Для закріплення заготівель на столі верстата служать різні пристосування: прихопи, кутові плити, лещата, універсальні пристосування та інші.

Для розширення технологічних можливостей вертикально-фрезерних верстатів використовують поворотні столи, ділильні голівки.

Широке впровадження на заводах металорізальних верстатів (МРС) зі ЧПУ з'явилося причиною різкого росту потреби в системах ЧПУ із широкими технологічними можливостями, у специфічних видах комплектуючих виробів, допоміжному й різальному інструменті, у різних виконаннях пристосувань і т.д. [1] Для обробки складних деталей стали використовуватися МРС зі ЧПУ із пристроями автоматичної зміни інструмента (АСІ) і заготівлі (АСЗ), що одержали назва багатоцільових верстатів (МС). МС з'явилися подальшим розвитком свердлильних, фрезерних, розточувальних і токарних верстатів. По змісту й составу виконуваних операцій вони практично від них не відрізнялися, і якщо на сучасних МС відбувався процес інтеграції за рахунок включення нових, що не означало, що ці операції неможливо виконувати на верстатах

					БР ГМ – 17да			
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.		Вязников			Аналітичний огляд	Лит.	Лист	Листів 4
Провер.		Кроль					1	4
Реценз.						СНУ ім. В. Даля		
Н. Контр.								
Утверд.		Соколов						

Освоєння серійного випуску МРС зі ЧПУ з підвищенням їхнього технічного рівня й надійності при найменших витратах на проектування й виготовлення дозволяє модульний принцип, завдяки якому можна створити технологічно необхідні виконання верстатів з різним рівнем автоматизації й наступною планомірною заміною верстатів, що випускаються нині, новими. Впровадження модульного принципу є основою для подальшого розвитку технологічних можливостей верстатів з метою задоволення конкретних вимог споживача.

Істота конструкторської концепції модульного принципу зводиться до наступного. Розробка сучасної машини завжди пов'язана з ризиком, що вона не піде в серійне виробництво. При цьому ускладнення конструкції машини підвищує ступінь ризику. Поряд з багатьма організаційними причинами серйозним обмеженням запуску верстата в серію є той факт, що після його виготовлення виявляється, що загальний задум, рішення окремих вузлів і базових деталей за час розробки й виготовлення (4 - 5 років) не відповідають сучасному рівню й містять властиві новій конструкції помилки. Інакше кажучи, машина по відпрацюванню конструкції відповідає досвідченому зразку, а по досконалості технологічних можливостей - учорашньому дню техніки. Із цього треба вивід про необхідність поділу МРС на конструктивно й функціонально незалежні модулі з метою підвищення ймовірності виходу в серію всієї машини.

Вимоги до естетики й ергономіки. МРС повинні мати сучасні зовнішні форми й високоякісну обробку. Місцеве висвітлення повинне забезпечувати освітленість робочої зони відповідно до вимог санітарних норм і правил, що діють на момент створення МРС. Зона обслуговування повинна бути доступна для робітника й забезпечувати можливість зручного виконання робіт з установки кріпильних пристосувань, завантаженню магазину інструментами, налагодженню керуючих програм і інших робіт керування МРС (або групи МРС) у процесі налагодження повинне здійснюватися від дистанційного або убудованого пульта, органи керування повинні бути згруповані відповідно до їхнього функціонального призначення, всі органи керування повинні бути

					ПД.00.000.00.ПЗ	Арк.
						2
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

поставлені таблицями й відповідними символами, фарбування МРС виробляється відповідно до діючих нормативних допусків.

У таблиці 1.1 представлені схеми формоутворення деталей з різних конструкційних матеріалів.

Табл.1.1

Основні схеми обробки й методи формоутворення

операція	Эскиз	Исполнительные движения	Примечания
контурное фрезерование		$\Phi, (В1), \Phi, (ПЗ, П4)$ $Н(П2), Н(П3), Н(П4)$	Изменение частоты вращения шпинделя с учетом температуры резания с целью повышения производительности и понижения себестоимости
сверление		$\Phi, (В1), \Phi, (П4)$ $Н(П2), Н(П3), Н(П4)$	Изменение частоты вращения шпинделя с учетом температуры резания с целью повышения производительности и понижения себестоимости
нарезание резьбы		$\Phi, (В1, П4)$ $Н(П2), Н(П3), Н(П4)$	Сложные движения формообразования обеспечиваются геометрией инструмента
развертывание, растачивание, зенкерование и зенкование отверстий		$\Phi, (В1), \Phi, (П4)$ $Н(П2), Н(П3), Н(П4)$	Изменение частоты вращения шпинделя с учетом температуры резания с целью повышения производительности и понижения себестоимости
Фрезерование плоскости			Изменение частоты вращения шпинделя с учетом T резания, с целью повышения производительности и снижения себестоимости.

До розглянутого вище типу СФР-верстатів ставиться верстат моделі МЦ200ПФ4, що призначений для комплексної обробки деталей зі сталі, чавуну, кольорових металів і сплавів, пластмас. Завдяки механізму перебору в сполученні з електродвигуном з безступінчастим регулюванням забезпечує 24 швидкості обертання шпинделя. У відмінності від інших моделей СФР-верстатів, верстат моделі МЦ200ПФ4, на базі якого здійснюється дослідження й моделювання динамічної якості, має кінематичні ланцюги головного привода на горизонтальний і вертикальний шпиндель, кінематичні ланцюги коробки подач по координатах X,Y,Z, кінематичні ланцюги привода по координаті В (поворот планшайби), кінематичні ланцюги пристроїв; довбальної й кутової головки.

Перспективним є [2]:

1) створення верстатів, використовуваних модульний принцип побудови, що дає можливість, при необхідності, досить істотно розширити технологічні можливості верстата шляхом простої установки додаткового модуля;

2) розширення діапазону регулювання швидкостей і подач, при використанні безступінчастого регулювання, що дозволяє вести обробку саме на тих режимах різання, які найбільшою мірою відповідають технічним вимогам на деталь, що виготовляється;

3) використання переваги ЧПУ при обробці деталей складної форми й швидкого переналагодження на нову номенклатуру при випадковому характері впливу вхідних параметрів;

4) підвищення верхніх меж значень швидкостей різання й подач, а отже й продуктивності механічної обробки

					ПД.00.000.00.ПЗ	Арк.
						4
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2. ДОСЛІДЖЕННЯ КОМПОНУВАНЬ ВЕРСТАТІВ З ЧПУ СФР - ТИПУ

2.1. Етапи аналізу компонувань

В основі класифікації СФР - верстатів зі ЧПУ лежать наступні ознаки:

- розташування шпинделя (горизонтальне й вертикальне);
- число координатних переміщень стола або фрезерної бабки;
- число використовуваних інструментів (одноінструментні й багатоінструментні);
- спосіб установки інструментів у шпиндель верстата (вручну або автоматично).

Аналіз компонувань здійснюється поетапно [3, 4]:

На першому етапі здійснюється складання структурних формул різних шаблів уточнення (K_1, K_2, K_3) з наступним розкриттям їхнього втримування й аналізом режимів рухливих блоків. Утримування структурних формул залежить від послідовного або паралельного сполученні блоків компонування. Ці різновиди сполучень, чітко помітні в структурній формулі, надають компонуванню різні властивості й переслідують різні цілі.

Послідовне сполучення блоків приводить до ускладнення рухів кінцевого блоку, тобто до збільшення числа ступенів волі переміщення. Кожному послідовно-сполученому блоку, поміщеному між стаціонарним і кінцевим блоками - новий ступінь волі переміщення заготівлі або інструмента, якщо тільки цей блок не дублює координатних напрямків руху інших блоків.

Чим більше послідовно-сполучених блоків утримується в компонуванні, тим різноманітніше склад відносних рухів заготівлі й інструмента й універсальніше верстат.

					БР ГМ – 17да		
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Розроб.		Вязников			Літ.	Арк.	Аркуші
Перевір.		Кроль				1	9
Реценз.					СНУ ім. В. Даля Кафедра М та ПМ		
Н. Контр.							
Затверд.		Соколов					

На початковому етапі будується координатне компонування, що складається із блоків і напрямних (рис.2.1).

XZYOC_h

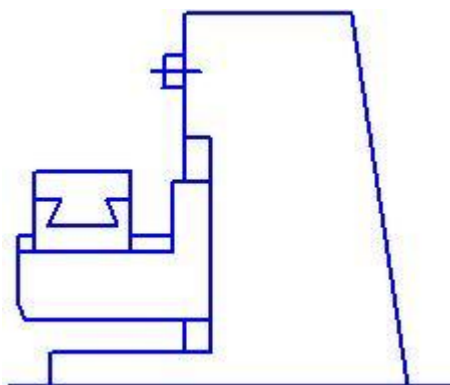


Рис.2.1. Координатна (К₁) компонування СФР - верстата з горизонтальним шпинделем і її структурною формулою

Одним зі способів ідентифікації й позначення верстата є структурна формула, у яких укладена інформація про абсолютну й відносну рухливість будь-якого блоку компонування (рис.2.1). На цій базі здійснюється визначення по структурній формулі числа й складу рухів, необхідні обробки різних деталей на даному верстаті.

На другому етапі (К₂) указують базовий тип, до якого ставиться компонування. Умовні індекси проставляють у знака стаціонарного блоку, від виконання якого тип компонування залежить найбільшою мірою.

На третьому етапі (К₃) розкривають конструкційну побудову компонування, після чого формула здобуває необхідну однозначність. Для цього знаки блоків постачають індексами, що позначають конструкційні варіанти блоків або розташування напрямних, оскільки ті й інші пов'язані з конструкційною побудовою верстата.

На рис. 2.2. представлена конструкційне компонування СФР-верстата.

					ПД.00.000.00.ПЗ	Арк.
						2
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

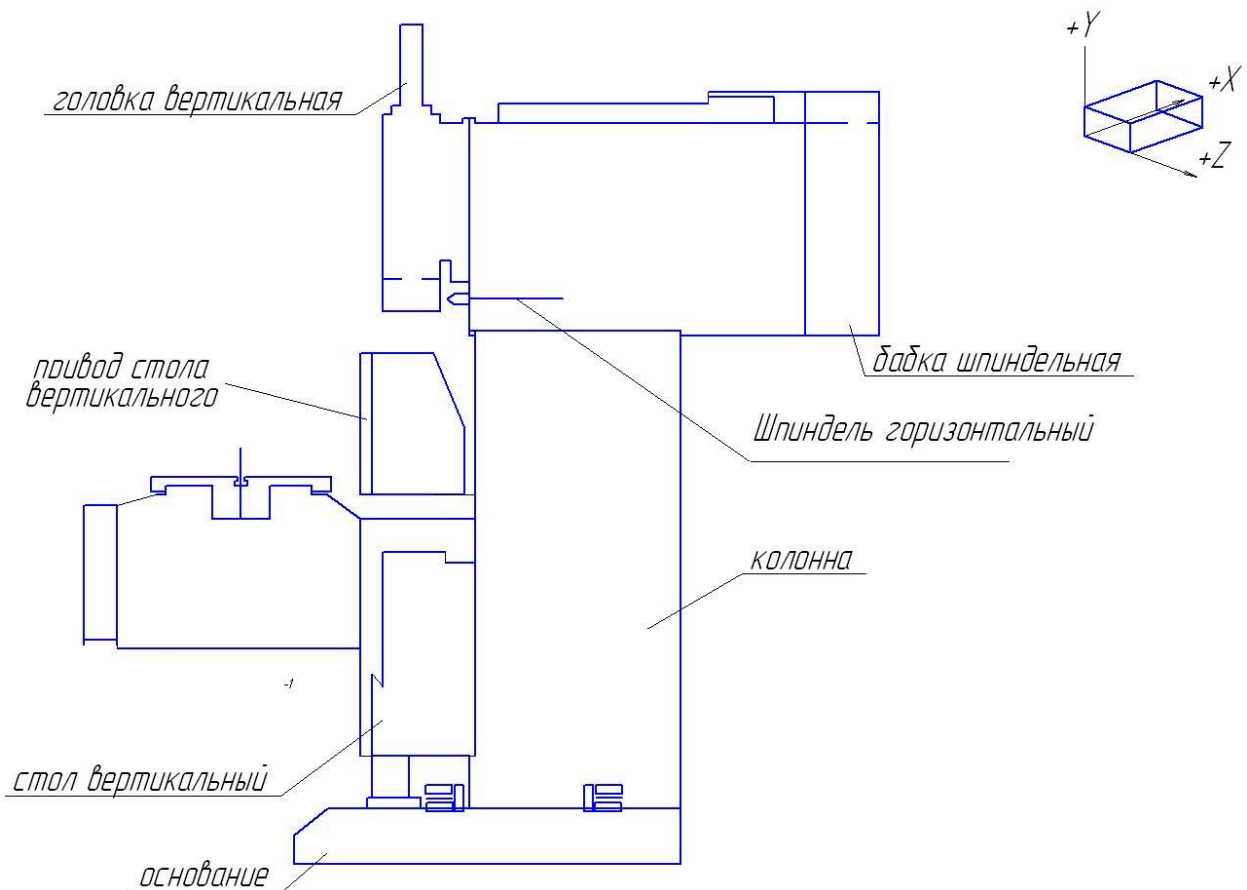


Рис.2.2. Конструкційне компонування СФР - верстата з горизонтальним і вертикальним шпинделем

Конструкційне компонування складається з конструкційних модулів. До останнього ставляться агрегатні вузли й інші одиниці уніфікації, що включають один, два й більше блоки компонування. Як приклад можна привести: а) стіл і станина верстата; б) шпиндельні бабки; в) агрегатні силові голівки й т.д.

Розподіл компонування на конструкційні модулі, на відміну від розподілу на координатні блоки, може проходити не тільки по напрямних, але й по розмінаннях частин блоків. Отже, частини одного блоку, наприклад стаціонарного, можуть належати різним модулям.

2.2. Структурні формули компонувань

Існують і інші способи запису структурних формул. Вони засновані на відмові від позначення осей координат через X, Y, Z. невизначеність положення осей Z і Y, пов'язана з особливістю позначення цих осей по системі ІСО.

						ПД.00.000.00.ПЗ	Арк.
							3
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

Рухливим блокам привласнюють загальне позначення X , а різні осі координат позначають умовними індексами (X_1, X_2, X_3). Для стаціонарного блоку у всіх випадках найбільш зручним залишається позначення O .

Вертикальну вісь - X_1 ; поперечну - X_2 ; поздовжню - X_3 . По впливі, надаваному на компоновання, спереду коштує розряд стаціонарного блоку, потім — вертикально-рухливого, а після нього — поперечно- і повздожньо-рухливого. Поворотні (обертальні) блоки позначають X_{01}, X_{02}, X_{03} , де другий індекс указує вісь обертання. При заміні системи координат X, Y, Z системою X_1, X_2, X_3 всі осі одержують цілком певне положення в просторі.

Розглянемо структурні формули СФР-Верстата з вертикальним і горизонтальним шпинделем. При використанні системи ІСО ці формули будуть відповідно $XYZ0C_v$ і $XZY0C_h$, де знаки Y і Z змінені місцями, тоді як фактично структури галузей компоновання зовсім однакові.

Структурні формули - при використанні позначень X_1, X_2, X_3 одержуємо відповідно $X_3X_2X_1OX_{01}$ і $X_3X_2X_1OX_{02}$ які різняться тільки індексами, що вказують положення осі шпинделя, що добре погодиться з фактичним розходженням у конструкції верстатів.

Існує й цифровий підхід до позначень - від системи X_1, X_2, X_3 можна перейти до чисто цифрової системи – цифрові індекси поставити замість букв X . Тоді для вертикального й горизонтального виконань СФР- верстатів структурні формули можна записати так:

3.2.1.0.01 і 3.2.1.0.02 ,

де 1 – вертикально-рухливий блок; 2 – поперечно-рухливий; 3 – повздожньо - рухливий; 0 – стаціонарний блок (зручно виділяти жирним шрифтом); 01 і 02 – вертикальний і горизонтальний шпинделі верстатів.

Вибір компоновання є різноманітною процедурою. Поряд з відомим компонованням (рис.2.1) у процесі аналізу можуть розглядатися ряд інших компоновань із їхніми структурними формулами (рис.2.3)

					ПД.00.000.00.ПЗ	Арк.
						4
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

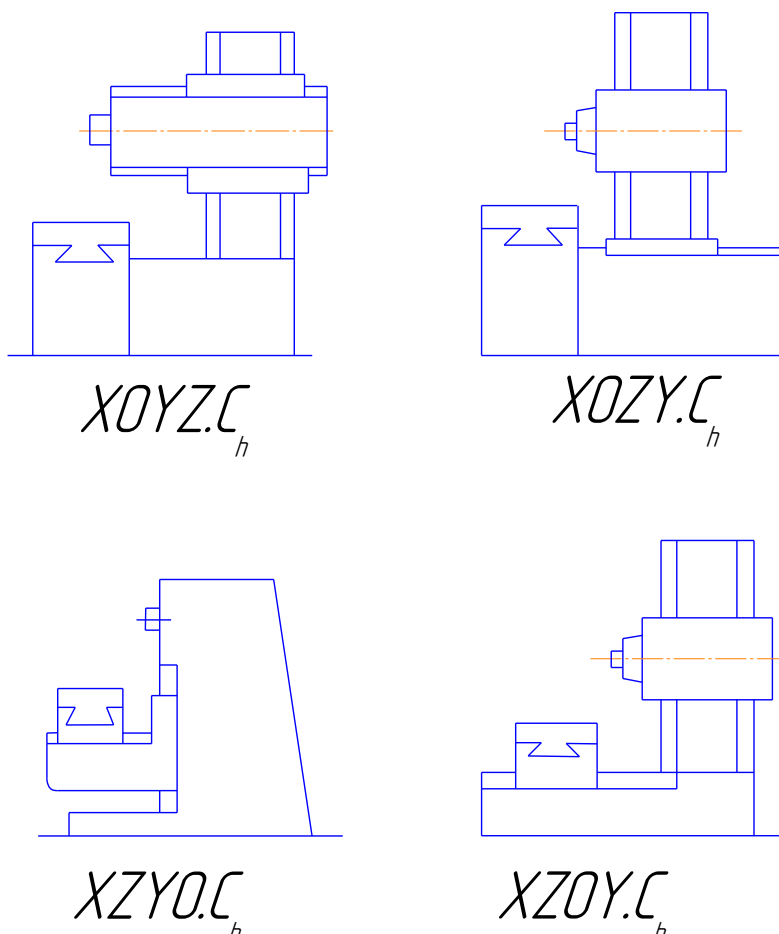


Рис. 2.3. Координатні компонування СФР - верстатів і їхні структурні формули

У компонуальному проектуванні верстатів використовується кількісний аналіз структури компонувань – модульний і імовірнісний, а також аналіз структурних ознак для порівняння й відбору компонувань.

Представлені компонування відповідають найбільшому можливому числу умов відбору. Це добре погодиться з їхнім широким застосуванням у верстатобудуванні. Ці компонування застосовуються як база при виготовленні багатоопераційних верстатів. Відомості про відповідність цих компонувань умовам структурного відбору наведені в таблиці 2.2.

					ПД.00.000.00.ПЗ	Арк.
						5
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.2

Умови відбору компонувань

<i>Краткая формулировка условия отбора</i>	1	2	3	4
<i>Отсутствие влияния массы заготовки при вертикальном движении</i>	+	+	+	-
<i>То же, при горизонтальных движениях</i>	+	+	-	-
<i>Отсутствие влияния массы узлов при продольном движении</i>	+	+	+	-
<i>То же, при двух горизонтальных движениях</i>	-	+	-	-
<i>Возможность увеличения аксиального хода для АСИ</i>	-	+	-	-
<i>Сокращение размеров цепи – ось шпинделя параллельно оси Z</i>	+	-	-	-
<i>Возможность поддержки консольных узлов (вертикального движения)</i>	+	-	+	+
<i>Повышение симметричности расположения направляющих</i>	+	+	-	+
<i>Уменьшение влияния температурных деформаций шпиндельного узла</i>	+	-	-	-
<i>Уменьшение вертикально-подвижных консольных масс</i>	-	+	+	-
<i>Уменьшение преимущественно-подвижных масс (движение по оси Z)</i>	+	-	+	-

Поряд зі структурними формулами в розпорядженні проектувальника є інші способи уточнення металорізального встаткування:

- визначення типорозміру – один із представників (членів) розмірного ряду певного типу верстатів з конкретними параметрами й розмірами.

Як приклад: 3-й типорозмір СФР-верстата консольного верстата – основний параметр : розмір стола 200×800, конус 50; 4-й типорозмір : 250×1000, конус 50.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ПД.00.000.00.ПЗ

Арк.

6

- модель верстата. Приклад : МЦ200ПФ3 ...

Більше поглиблена класифікація СФР - верстатів [5] може бути наведена з обліком компоновальних особливостей шпиндельних вузлів (табл. 2.3), що істотно впливають на технологічні можливості й (або) продуктивність верстата.

Таблиця 2.3

Класифікація шпиндельних вузлів

Код	Додаткова характеристика верстата, пов'язана з особливостями шпиндельного вузла
01	Одношпиндельний з постійним положенням осі шпинделя
02	Те ж з додатковою опорою для інструментального оправлення
03	Одношпиндельний з поворотним шпинделем
04	Одношпиндельний з поворотно-похилим шпинделем
05	Одношпиндельний з додатковим шпинделем, перпендикулярним до основного
06	Одношпиндельний з додатковим поворотним столом
07	Одношпиндельний з додатковим поворотно-похилим шпинделем
08	З револьверною голівкою
09	Багатошпиндельний з паралельними шпинделями
10	Багатошпиндельний з поворотними (або поворотно-похилими) шпинделями

Наприклад, наявність поворотного й поворотно-похилого стола або шпинделя й додаткових шпинделів дозволяє обробляти заготівлі з різних сторін і під різними кутами. При оснащенні верстата додатковим відкидним столом можна зручно обробляти на тому самому верстаті як невеликі, так і великі деталі. На багатошпиндельних верстатах можна обробляти відразу декількох деталей, а при наявності двох і більше столів - сполучити час обробки й зміни оброблюваних деталей і т.д.

Найважливішою класифікаційною ознакою є розмір верстата, обумовлена, як правило, так званим основним параметром, по якому практично завжди будують типорозмірні ряди верстатів. Для розточувальних, фрезерних і СФР-верстатів - ширину "В" робочій поверхні стола.

На рис. 2.4 показані ряд перспективних компоновань СФР - верстатів.

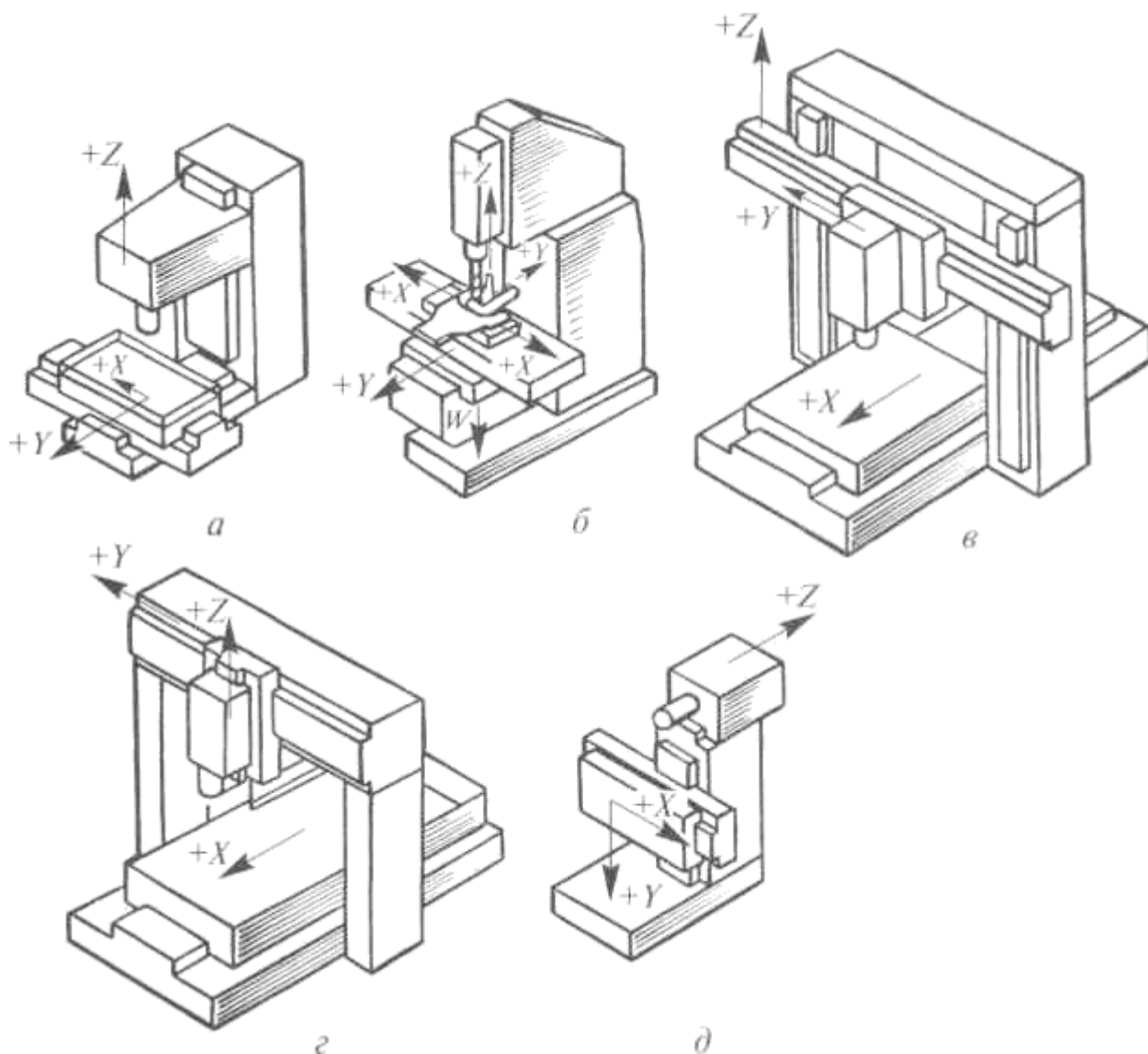


Рис. 2.4. Компоновання СФР - верстатів зі ЧПУ з позначенням осей координат Х, В, Z і W: а – з вертикальним шпинделем і із хрестовим столом; б – консольне компоновання; в – поздовжнє компоновання; г – поздовжнє компоновання з нерухливою поперечкою; д – широкоуніверсальний інструментальний верстат

На базі вищенаведених міркувань у якості найкращої обране компоновання СФР-верстата, покладена в основу проектування верстата моделі МЦ200 ПФЗ (рис.2.5).

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
------	------	----------	--------	------

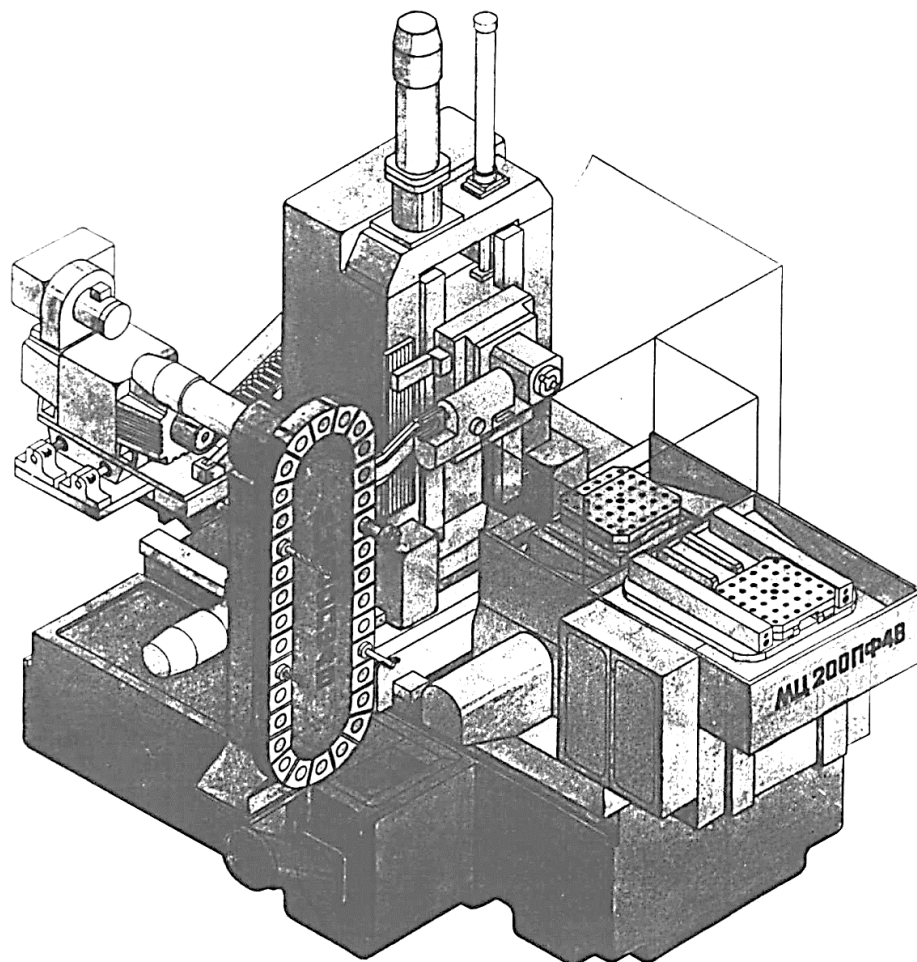


Рис. 2.4. Компонування верстата моделі МЦ200ПФ4В

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ПД.00.000.00.ПЗ

Арк.

9

3. ДОСЛІДЖЕННЯ Й РОЗРАХУНОК КІНЕМАТИКИ ПРИВОДА ГОЛОВНОГО РУХУ

3.1. Графоаналітичний розрахунок коробки швидкостей.

Компонування СФР-верстата моделі МЦ200ПФ4В (рис.2.2) припускає переміщення по горизонтальних напрямних бабки шпindelної (вісь Z) до якої кріпиться вертикальна головка або додаткові пристрої (довбальна головка, хобот).

Шпindelна бабка включає шпindelний блок з механізмом затискача інструмента, розподільного вала, що передає обертання на горизонтальний або вертикальний шпindel за допомогою автоматичного пристрою перемикання провідної шестірні, двоступінчастої коробки швидкостей, а також цілого ряду інших деталей і вузлів, що забезпечують нормальне функціонування шпindelної бабки.

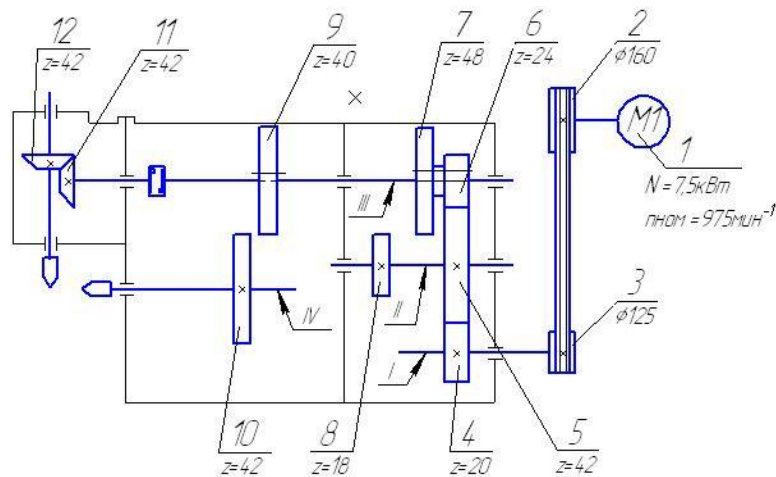


Рис.3.1. Кінематична схема привода головного руху

					БР ГМ – 17да		
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			
Разраб.	Вязников				Лит.	Лист	Листів
Провер.	Кроль					1	
Реценз.					Кінематичний розрахунок СНУ ім. В. Даля		
Н. Контр.							
Утверд.	Соколов						

Обертання від електродвигуна через полікліновий ремінь передається на вхідний вал і через зубчасте зачеплення на розподільний вал коробки швидкостей. З останнього передається обертання на муфту вертикальної головки, або на шестірню горизонтального шпинделя (рис.3.1).

Кінематичні характеристики привода:

$$n_{эл} = 5000/125 \text{ хв}^{-1}; N_{эл} = 7,5 \text{ кВт}; \varphi = 1,26; n_{min} = 20 \text{ хв}^{-1}; n_{max} = 4000 \text{ хв}^{-1}.$$

Коробка швидкостей оснащена електродвигуном з безступінчастим регулюванням. Основним достоїнством цього привода є підвищення продуктивності обробки за рахунок точного настроювання оптимальної по режимах різання, швидкості, можливості плавної зміни швидкості під час роботи, простота автоматизації процесу перемикання швидкостей [6, 7]. По нормалі Н11-1 виписується ряд частот обертання шпинделя в межі: 20; 25; 31,5; 40; 50; 63; 80; 100; 125; 160; 200; 250; 315; 400; 500; 630; 800; 1000; 1250; 1600; 2000; 2500; 3150; 4000. і тим самим уточнюються граничні частоти $n_1 = n_{min} = 20 \text{ хв}^{-1}$; $n_{24} = n_{max} = 4000 \text{ хв}^{-1}$.

Загальне число щаблів привода визначається по формулі

$$P_n = P_\gamma \cdot Z_k,$$

де P_γ - число ступенів електродвигуна;

Z_k – число ступенів коробки швидкостей.

Діапазон регулювання електродвигуна визначається по формулі:

$$R_\gamma = \frac{n_{max} \cdot D_\phi}{n_{min} \cdot D_\phi},$$

де n_{max} , n_{min} , - відповідно max і min частоти обертання вала електродвигуна.

$$R_\gamma = \frac{5000}{125} = 40.$$

					ПД.00.000.00.ПЗ	Арк.
						2
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Число ступенів швидкості електродвигуна визначається по формулі:

$$P_{\text{э}} = \frac{1 + \lg R_{\text{э}}}{\lg \varphi};$$

$$P_{\text{э}} = 1 + \frac{\lg 40}{\lg 1.26} = 1 + \frac{1.6}{0.1} = 17.$$

Діапазон регулювання коробки швидкостей визначається по формулі:

$$R_{\text{к}} = \frac{n_{\text{маккор}}}{n_{\text{мінкор}}},$$

де $n_{\text{маккор}}$; $n_{\text{мінкор}}$ – відповідно max і min частоти обертання шпинделя коробки швидкостей

$$R_{\text{к}} = \frac{4000}{20} = 200.$$

Число передач коробки швидкостей визначається по формулі:

$$P_{\text{к}} = 1 + \frac{\lg R_{\text{к}}}{\lg \varphi}$$

$$P_{\text{к}} = 1 + \frac{\lg 200}{\lg 1.26} = 1 + \frac{2.3}{0.1} = 24.$$

Число механічних ступенів коробки швидкостей визначається по формулі:

$$Z_{\text{к}} = \frac{P_{\text{к}}}{P_{\text{э}}}$$

$$Z_{\text{к}} = \frac{24}{17} = 1,4.$$

Приймаємо $Z_{\text{к}}=2$.

Тоді формула коробки швидкостей буде мати вигляд:

$$17_1 \times 2_{17} = 34.$$

					ПД.00.000.00.ПЗ	Арк.
						3
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таким чином, щоб одержати $Z=24$ необхідно перекрити $(34-24)=10$ швидкостей. Це досягається зменшенням характеристики переборної групи. Наступна формула коробки швидкостей здобуває вид:

$$Z = 17_1 \times 2_{(17-10)} = 17_1 \times 2_7 .$$

Структурна сітка дозволяє в наочній формі виявити всі можливі варіанти й вибрати оптимальну структуру коробки проектованої коробки швидкостей.

Побудова ведеться в логарифмічній сітці з постійним інтервалом між сусідніми крапками шкали, рівними $\lg\phi$ у порядку:

1. на рівних відстанях проводяться вертикальні лінії, кількість яких повинне бути більше числа групових передач, поле між двома вертикальними лініями приділяється для однієї групової передачі;
2. на рівних відстанях проводиться стільки горизонтальних ліній скільки швидкостей має привод;
3. унизу проти кожного поля, у порядку конструктивного розташування груп у періоді, число передач у групі P_i і її характеристики x_i ;
4. із крапок на I валу проводяться симетричні промені, що відстають друг від друга на величину x_e й відповідні шаблі, що зображують, електродвигуна;
5. з кожної отриманої крапки на наступних вертикалях аналогічно проводяться промені - для наступних групових передач структурна сітка повинна бути симетрична, тому що вона не пов'язана з конкретною частотою обертання початкової ланки.

					ПД.00.000.00.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		4

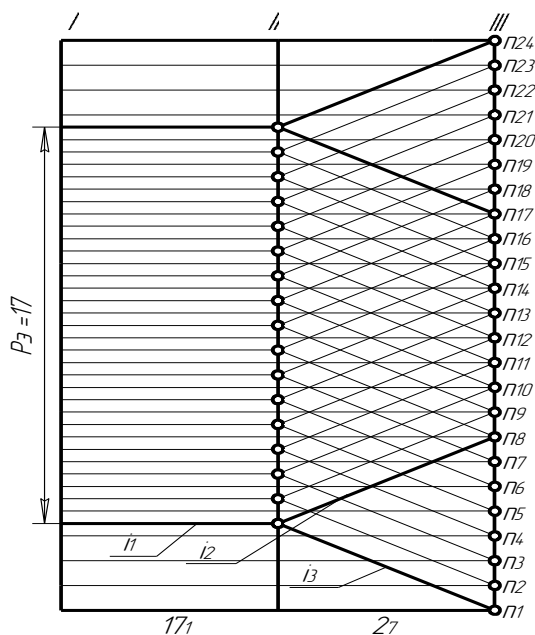


Рис. 3.2. Структурна сітка коробки швидкостей з безступінчастим регулюванням.

Побудови графіка частот обертання шпинделя здійснюється в наступній послідовності [1]:

1. На рівних відстанях проводиться стільки вертикальних ліній, скільки валів має привод, тобто число валів приймається з урахуванням числа групових і одинарних передач. Для гасіння вібрації, що виникає в електродвигуні й запобігання пристрою від перевантаження, двигуни з коробкою швидкостей з'єднуються пасовою передачею. Для плавної роботи шпинделя на останньому валу встановлюється зубчаста передача з передатним відношенням 1. Тому графік має п'ять валів, що на два більше чим у структурній сітці.

2. З однаковим інтервалом проводимо стільки горизонтальних ліній, скільки ступенів має привод, тобто $Z=24$. Проти кожної лінії в останнього вала записуємо частоти обертання шпинделя (відповідно до нормалі Н 11-1), а ліворуч, на першому валу відзначаємо частоту обертання вала двигуна $n_d = \frac{5000}{125} \text{ хв}^{-1}$.

Тому що $n_d=5000 > n_{\max}=4000 \text{ хв}^{-1}$, то число горизонтальних ліній продовжено до більшої стандартної найближчої частоти близької до n_d .

3. Будується лінія номінальних передатних відносин, що забезпечує $n_1=20xv^{-1}$. При цьому враховуємо обмеження по передатним відношенням використовуваних передач ($i_i > i_2 > i_4$). Графік частот обертання шпинделя коробки швидкостей зображені на рис.3.3.

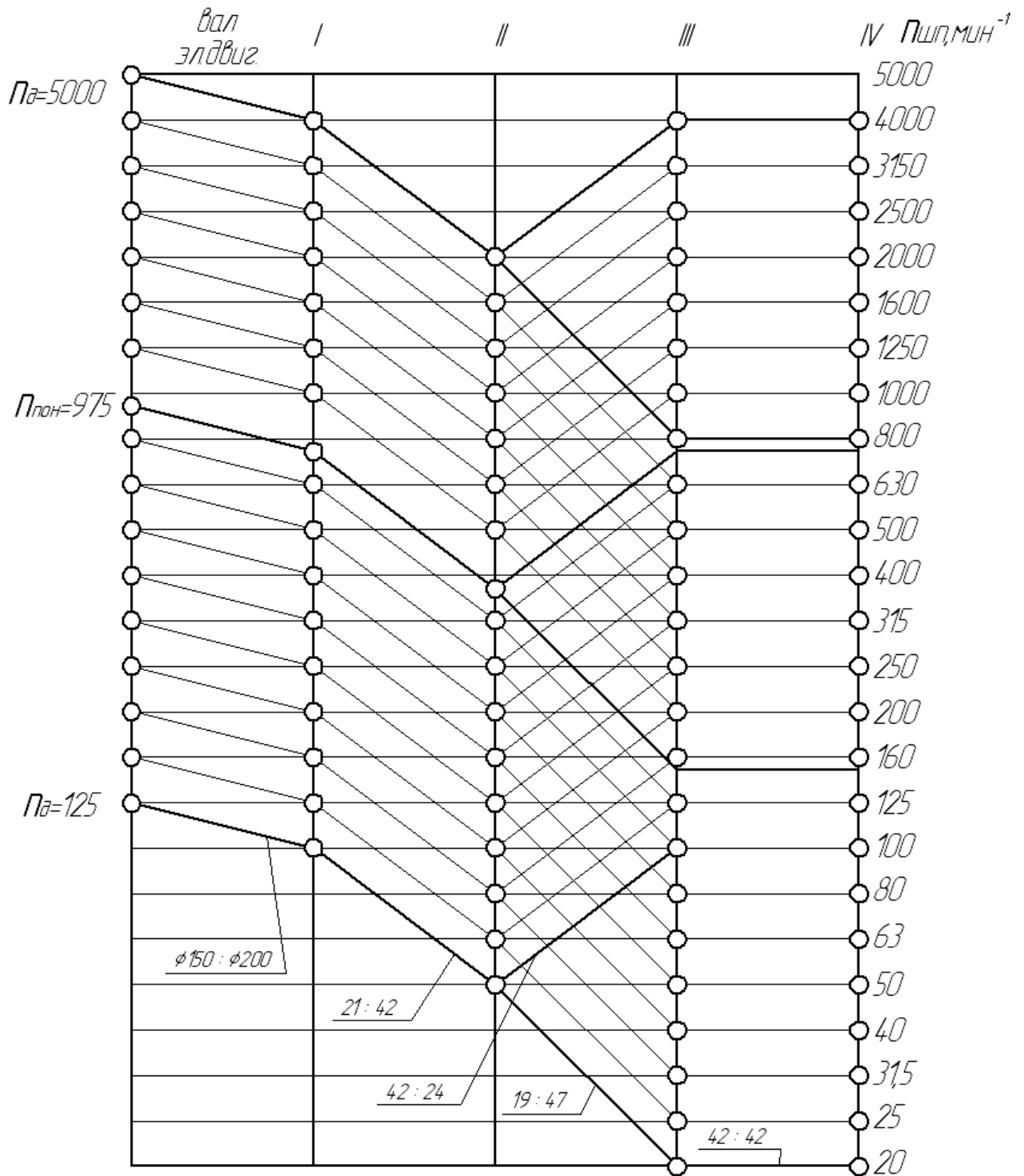


Рис.3.3. Графік частот обертання шпинделя

3.2.Визначення чисел зубів зубчастих передач

Існує кілька методів визначення числа зубів зубчастих коліс. Підбор чисел зубів зроблений табличним методом. За графіком частот обертання шпинделя записується передатне відношення зубчастих пар кожної групової передачі з обліком $z_{\min}=17...20...20$ При цьому суму зубів зубчастих коліс на останніх валах коробки вибирають більше, ніж на перші.

Розрахунок чисел зубів зубчастих коліс табличним методом для побудови графіка частот обертання шпинделя [4]

$$i_i = \frac{1}{1.26^3} = \frac{1}{2} = \frac{21}{42} \quad \Sigma_z = 63;$$

$$\left. \begin{aligned} i_3 &= \frac{1}{1.26^3} = \frac{1}{2.52} = \frac{19}{47} \\ i_2 &= \frac{1}{1.26^3} = 2 = \frac{42}{24} \end{aligned} \right\} \Sigma_z = 66;$$

$$i_1 = 1.26^4 = \frac{42}{42} \quad \Sigma_z = 84.$$

Визначення дійсних чисел обертання шпинделя.

Визначивши числа зубів коліс і діаметрів, шківів пасової передачі, приступаємо до визначення дійсних частот обертання шпинделя шляхом замін рівнів кінематичного балансу (УКБ) для кожної галузі графіка, забезпечивши одержання всіх частот обертання шпинделя.

Відхилення дійсних частот обертання шпинделя від стандартного ряду визначається по формулі:

$$\delta_n = (n_d - n_n) / n_n \cdot 100,$$

де n_d – дійсна частота обертання шпинделя, хв^{-1} ;

n_n – частота обертання, прийнята по нормалі Н 11-1, хв^{-1} .

Граничне дозволене відхилення, що, визначається по формулі:

$$[\Delta n] = \pm 10(\varphi - 1).$$

$$[\Delta n] = \pm 10(1.26 - 1) = \pm 2.6\% .$$

Результати розрахунків представлені в табл. 3.1.

					ПД.00.000.00.ПЗ	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 3.1.

Дійсні й нормальні частоти обертання шпинделя.

Рівняння УКБ	$n_d, \text{хв}^{-1}$	$n_n, \text{хв}^{-1}$	$\delta_n, \%$
$125 \times \frac{150}{200} \cdot \frac{21}{42} \cdot \frac{19}{47} \cdot \frac{42}{42}$	19,7	20	-1,5
$160 \times \frac{150}{200} \cdot \frac{21}{42} \cdot \frac{19}{47} \cdot \frac{42}{42}$	24,5	25	-2
$200 \times \frac{150}{200} \cdot \frac{21}{42} \cdot \frac{19}{47} \cdot \frac{42}{42}$	30,7	31,5	-2,5
$250 \times \frac{150}{200} \cdot \frac{21}{42} \cdot \frac{19}{47} \cdot \frac{42}{42}$	39,2	40	-2
$315 \times \frac{150}{200} \cdot \frac{21}{42} \cdot \frac{19}{47} \cdot \frac{42}{42}$	49,3	50	-1,4
$400 \times \frac{150}{200} \cdot \frac{21}{42} \cdot \frac{19}{47} \cdot \frac{42}{42}$	64,4	63	-0,95
$500 \times \frac{150}{200} \cdot \frac{21}{42} \cdot \frac{19}{47} \cdot \frac{42}{42}$	78,6	80	-1,75
$630 \times \frac{150}{200} \cdot \frac{21}{42} \cdot \frac{19}{47} \cdot \frac{42}{42}$	97,5	100	-2,5
$800 \times \frac{150}{200} \cdot \frac{21}{42} \cdot \frac{19}{47} \cdot \frac{42}{42}$	123,3	125	-1,36
$1000 \times \frac{150}{200} \cdot \frac{21}{42} \cdot \frac{19}{47} \cdot \frac{42}{42}$	127,5	160	-1,56
$1250 \times \frac{150}{200} \cdot \frac{21}{42} \cdot \frac{19}{47} \cdot \frac{42}{42}$	195,7	200	-2,1
$1600 \times \frac{150}{200} \cdot \frac{21}{42} \cdot \frac{19}{47} \cdot \frac{42}{42}$	244,13	250	-2,3
$2000 \times \frac{150}{200} \cdot \frac{21}{42} \cdot \frac{19}{47} \cdot \frac{42}{42}$	308,7	315	2
$2500 \times \frac{150}{200} \cdot \frac{21}{42} \cdot \frac{19}{47} \cdot \frac{42}{42}$	391,46	400	2,1
$3150 \times \frac{150}{200} \cdot \frac{21}{42} \cdot \frac{19}{47} \cdot \frac{42}{42}$	490,64	500	-1,87

					ПД.00.000.00.ПЗ		Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			8

$4000 \times \frac{150}{200} \cdot \frac{21}{42} \cdot \frac{19}{47} \cdot \frac{42}{42}$	620,34	630	-1,53
$5000 \times \frac{150}{200} \cdot \frac{21}{42} \cdot \frac{19}{47} \cdot \frac{42}{42}$	782,93	800	-2,13
$1600 \times \frac{150}{200} \cdot \frac{21}{42} \cdot \frac{42}{24} \cdot \frac{42}{42}$	1213,5	1250	-2,9
$2000 \times \frac{150}{200} \cdot \frac{21}{42} \cdot \frac{42}{24} \cdot \frac{42}{42}$	1570,3	1600	-1,85
$2500 \times \frac{150}{200} \cdot \frac{21}{42} \cdot \frac{42}{24} \cdot \frac{42}{42}$	1967,34	2000	-1,63
$3150 \times \frac{150}{200} \cdot \frac{21}{42} \cdot \frac{42}{24} \cdot \frac{42}{42}$	2458,6	2500	-1,65
$1250 \times \frac{150}{200} \cdot \frac{21}{42} \cdot \frac{42}{24} \cdot \frac{42}{42}$	984,82	1600	-1,52
$4000 \times \frac{150}{200} \cdot \frac{21}{42} \cdot \frac{42}{24} \cdot \frac{42}{42}$	3090	3150	-1,9
$5000 \times \frac{150}{200} \cdot \frac{21}{42} \cdot \frac{42}{24} \cdot \frac{42}{42}$	3903,7	4000	-2,4

					ПД.00.000.00.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		9

ВИСНОВОК

1. Виконано кінематичний розрахунок СФР - верстата моделі МЦ200ПФ4, що використовує в якості приводний електродвигун з безступінчастим регулюванням. Основним достоїнством цього привода є підвищення продуктивності обробки за рахунок точного настроювання оптимальної по режимах різання, швидкості, можливості плавної зміни швидкості під час роботи, простота автоматизації процесу перемикання швидкостей. Побудовано структурну сітку й графіка частот обертання.
2. Розроблено рівняння кінематичного балансу для різних варіантів передачі руху від приводної ланки до виконавчої ланки.

					ПД.00.000.00.ПЗ	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4. РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ

Завдання.

Розробити технологічний процес механічної обробки деталі «Вал»:

- визначити тип виробництва;
- обрати тип заготовки, метод її отримання та розрахувати основні розміри заготовки з виконанням робочого креслення;
- розробити маршрутний технологічний процес обробки деталі;
- виконати розрахунок режимів різання аналітичним (один розмір) та табличним методом;
- виконати розрахунок точності операції (однієї за завданням керівника).

Вхідні дані для проектування:

- робоче креслення деталі (рис. 1.1).

Варіант завдання для деталі «Вал»

Номер варіанту	$d_{\partial 1}, \text{мм}$	$d_{\partial 2}, \text{мм}$	$l_{\partial}, \text{мм}$	Матеріал	Маса деталі, $M_{\partial}, \text{кг}$	Програма випуску деталей на рік, $N, \text{штук/рік}$
3	Ø60h6	Ø75	270	Сталь 40ХН	4,79	6000

4.1. Опис службового призначення деталі, аналіз креслення і технічних умов на її виготовлення.

Службового призначення деталі Вал – передача крутного моменту, базування і координації положення зубчастих коліс.

В якості заготовки використовуємо штамповку (наприклад, штамповка на КГШП).

Деталь являє собою ступінчастий вал, у якого діаметри збільшуються від одного торця до іншого. На валу розташовані два шпонкових паза для установки призматичних шпонок. На одній з ступінчастих поверхонь нарізана різьба М60х2-6g. У правому торці валу є центровий отвір FM16. У лівому торці валу розташовано центровий отвір А 6,3.

БР ГМ – 17да ПЗ

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата				
Разраб.		Вязников			Технологічний процес	Лит.	Лист	Листів
Провер.		Кроль					1	
Реценз.						СНУ ім. В. Даля		
Н. Контр.								
Утверд.		Соколов						

При виготовленні деталей «Вал» необхідно витримати допуски циліндричності та паралельності поверхні $\varnothing 60h6(-0,019)$ мм у межах 0,005 мм. Допуск биття циліндричних поверхонь діаметрами $\varnothing 48h6(-0,016)$ та $\varnothing 52 h10(-0,12)$ мм, та допуск биття торцевої поверхні 0,04 відносно бази Г - осі деталі.

Згідно технічних вимог вал виготовлюємо з вуглецевої сталі 40ХН ГОСТ 1050-74. Вихідна твердість сталі НВ 302. Деталь піддається загартуванню з подальшим високим відпусканням. Група металу – М 2.

Механічні властивості і хімічний склад сталі 40ХН наведені в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1

Механічні властивості сталі 40ХН

σ_t , МПа	σ_B , МПа	δ , %	ψ , %
360	920	14	54

Хімічний склад сталі 40ХН, %

C	Cu, не більш ніж	Si	Mn	Cr	Ni, не більш ніж	S, не більш ніж	P, не більш ніж
0.36 - 0.44	0.3	0.17 - 0.37	0.5 - 0.8	0.45 - 0.75	1 - 1.4	0.035	0.035

4.2. Визначення типу виробництва.

У зв'язку з відсутністю норм часу в базовому технологічному процесі і неможливістю визначення коефіцієнта закріплення операцій тип виробництва попередньо визначаємо за річним випуском деталей та їхньою масою.

Згідно з завданням при річному випуску $N=6000$ штук і масі $M_d=4,79$ кг тип виробництва визначаємо відповідно до рекомендацій.

У багатосерійному виробництві деталі виготовляють партіями. Розмір партії розраховуємо за формулою

$$n = \frac{N \cdot a}{\Phi} = \frac{6000 \cdot 6}{256} = 141 \text{ шт.}$$

де a – кількість днів запасу деталей на складі; Φ – кількість робочих днів у році.

За розміром партії n встановлюємо, що виробництво буде серійне. Остаточний тип виробництва буде уточнений після розрахунку норм часу.

4.3. Вибір виду заготовки і обґрунтування методу її отримання.

В умовах середньо серійного виробництва заготівля валу в проектованому варіанті доцільно отримувати штампуванням на кривошипному гарячештампувальному пресі (КГШП).

Цей метод забезпечує високу точність заготовок, мінімальні припуски і високу продуктивність.

									Арк.
									2
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

Для розрахунків припусків і визначення граничних відхилень розмірів заготовки визначаємо індекс заготовки за ГОСТ 7505-89.

Розрахункова маса поковки

$$M_p = M_d \cdot K_p = 4,79 \cdot 1,5 = 7,19 \text{ кг}$$

де M_d – маса деталі, задається в завданні (див. табл. 1.1); K_p – коефіцієнт, що залежить від характеристики деталі, при виготовленні заготовки за типом «Вал» з прямою віссю, для наведеного креслення приймається $K_p = 1,3 \dots 1,6$ (Пр.3, табл. 20, стр. 20 ГОСТ 7505-89).

Знайдемо габаритні розміри фігури (циліндра), яка описує поковку.

Діаметр фігури

$$D_\phi = D_d \cdot 1,05 = 75 \cdot 1,05 \text{ мм}$$

Довжина фігури

$$L_\phi = L_d \cdot 1,05 = 270 \cdot 1,05 \text{ мм}$$

де D_d – максимальний діаметр деталі за кресленням, L_d – довжина деталі за кресленням.

Визначаємо масу фігури, яка описує поковку

$$M_\phi = \frac{3,14 \cdot D_\phi^2}{4} \cdot L_\phi \cdot \rho = \frac{3,14 \cdot 78,75^2}{4} = 283,5 \cdot 7850 = 10,8 \text{ кг}$$

де ρ – щільність стали, що дорівнює $\rho = 7850 \text{ кг/м}^3$

Відношення розрахункової маси поковки до маси фігури

$$C = \frac{M_p}{M_\phi} = \frac{7,2}{10,8} = 0,66$$

Таблиця 4.2

Визначення ступені складності поковок

Ступінь складності	Значення відношення $\frac{M_p}{M_\phi}$
С 1	більше ніж 0,63
С 2	від 0,32 до 0,63 включно
С 3	від 0,16 до 0,32
С 4	до 0,16

Номограма визначення вихідного індексу поковки

Маса поковки, кг	Група сталі			Ступінь складності поковки				Клас точності поковки					Вихідний індекс	
	M1	M2	M3	C1	C2	C3	C4	T1	T2	T3	T4	T5		
До 0,5 вкл.														1
СВ 0,5 до 1,0 "														2
" 1,0 " 1,8 "														3
" 1,8 " 3,2 "														4
" 3,2 " 5,6 "														5
" 5,6 " 10,0 "														6
" 10,0 " 20,0 "														7
" 20,0 " 50,0 "														8
" 50,0 " 125,0 "														9
" 125,0 " 250,0 "														10
														11
														12
														13
														14
														15
														16
														17
														18
														19
														20
														21
														22
														23

Тоді, згідно таблиці 4.3: ступінь складності – С1. Згідно таблиці 4.1 по групі сталі, класу точності і ступеню складності визначаємо вихідний індекс поковки – 10.

4.4. Розрахунок припусків на механічну обробку і визначення операційних розмірів.

2.4.1. Розрахунок припуску на діаметральний розмір.

Розрахуємо припуски на обробку поверхні діаметром $\varnothing 55h6(-0,019)$ мм для операцій:

- чорнове точіння;
- чистове точіння;
- шліфування.

Розрахуємо значення просторових відхилень для операцій технологічного процесу обробки деталі «Вал». По-перше, знайдемо викривлення поверхні деталі

$$\rho_k = 0,7 \cdot 60 = 42 \text{ мкм} = 0,042 \text{ мм.}$$

Розраховуємо значення просторового відхилення:

– для заготовки:

$$\rho_3 = \sqrt{0,5^2 + 0,8^2 + 0,042^2} = 0,94 \text{ мм;}$$

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

– після чорнової обробки:

$$\rho_1 = 0,06 \cdot \rho_3 = 0,06 \cdot 0,94 = 0,056 \text{ мм};$$

– після чистової обробки:

$$\rho_2 = 0,04 \cdot \rho_3 = 0,04 \cdot 0,94 = 0,037 \text{ мм};$$

– після шліфування:

$$\rho_2 = 0,02 \cdot \rho_3 = 0,02 \cdot 0,94 = 0,018 \text{ мм}.$$

Розраховуємо мінімальні припуски на всі операції технологічного процесу:

– під чорнове точіння:

$$2 \cdot z_{\min 1} = 2 \cdot (150 + 250 + 940) = 2 \cdot 1340 \text{ мкм};$$

– під чистове точіння:

$$2 \cdot z_{\min 2} = 2 \cdot (50 + 50 + 56) = 2 \cdot 156 \text{ мкм};$$

– під шліфування:

$$2 \cdot z_{\min 3} = 2 \cdot (30 + 30 + 37) = 2 \cdot 97 \text{ мкм}.$$

Для подальших розрахунків складаємо таблицю 4.3.

Таблиця 4.3

Розрахунок припусків та граничних розмірів за операціями на обробку поверхні
Ø55h6(-0,019) мм

Найменування операції	Елементи припуску, мкм			Припуск $2 \cdot z_{\min}$, мкм	d_p , мм	Допуск δ , мкм	Граничні розміри, мм		Граничні припуски, мкм	
	R_z	T	ρ				d_{\min}	d_{\max}	$2 \cdot z_{\min}^{\text{пп}}$	$2 \cdot z_{\max}^{\text{пп}}$
1	2	3	4	5	6	7	8	8	10	11
Заготовка	150	150	940	-	63,167	1600	63,167	64,767	-	-
Точіння чорнове	50	50	56	2 · 1340	60,487	250	60,487	60,737	4030	2680
Точіння чистове	30	30	37	2 · 156	60,175	62	60,175	60,237	312	500
Шліфування	5	15	18	2 · 97	59,981	19	59,981	60	194	237
Разом									3186	4767

Графа в таблиці 4.3 «Розрахунковий діаметр» (d_p) заповнюється, починаючи з кінцевого розміру, шляхом послідовного додавання розрахункового мінімального припуску кожного технологічного переходу.

Для чистового точіння:

$$d_{p2} = 59,981 + 2 \cdot 0,097 = 60,175 \text{ мм}.$$

Для чорнового точіння:

$$d_{p1} = 60,175 + 2 \cdot 0,156 = 60,487 \text{ мм}.$$

Для заготовки:

$$d_{p3} = 60,4878 + 2 \cdot 1,34 = 63,167 \text{ мм}.$$

Тоді найменший діаметр при шліфуванні:

$$d_{\max 3} = 59,981 + 0,019 = 60 \text{ мм}.$$

При чистовому точінні:

$$d_{\max 2} = 60,175 + 0,062 = 60,237 \text{ мм}.$$

					ПД.00.000.00.ПЗ					Арк.
										5
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

При чорновому точінні:

$$d_{max1} = 60,487 + 0,25 = 60,737 \text{ мм.}$$

Для заготовки:

$$d_{max3} = 63,167 + 1,6 = 64,767 \text{ мм.}$$

Визначаємо граничні значення припусків.

Для шліфування:

$$2 \cdot z_{max}^{pp} = 60,237 - 60 = 0,237 \text{ мм;}$$

$$2 \cdot z_{min}^{pp} = 60,175 - 59,981 = 0,194 \text{ мм.}$$

Для чистового точіння:

$$2 \cdot z_{max}^{pp} = 60,737 - 60,237 = 0,5 \text{ мм;}$$

$$2 \cdot z_{min}^{pp} = 60,487 - 60,175 = 0,312 \text{ мм.}$$

Для чорнового точіння:

$$2 \cdot z_{max}^{pp} = 64,767 - 60,737 = 4,03 \text{ мм;}$$

$$2 \cdot z_{min}^{pp} = 63,167 - 60,487 = 2,68 \text{ мм.}$$

Визначаємо загальні припуски:

$$2 \cdot z_{o max} = 4030 + 500 + 237 = 4767 \text{ мкм,}$$

$$2 \cdot z_{o min} = 2680 + 312 + 194 = 3186 \text{ мкм.}$$

Визначаємо загальний номінальний припуск:

$$z_{o ном} = z_{o min} + EI_3 - T_{д'} = 3186 + 800 - 19 = 3967 \text{ мкм}$$

Визначаємо номінальний діаметр заготовки:

$$d_{з ном} = d_{д ном} + z_{o ном} = 60 + 3,9 = 63,9 \text{ мм}$$

Виконуємо перевірку правильності розрахунків:

$$z_{max3}^{pp} - z_{min3}^{pp} = 237 - 194 = 43 \text{ мкм; } \delta_2 - \delta_3 = 62 - 19 = 43 \text{ мкм;}$$

$$z_{max2}^{pp} - z_{min2}^{pp} = 500 - 312 = 188 \text{ мкм; } \delta_1 - \delta_2 = 250 - 62 = 188 \text{ мкм;}$$

$$z_{max1}^{pp} - z_{min1}^{pp} = 4030 - 2680 = 1350 \text{ мкм; } \delta_3 - \delta_1 = 1600 - 250 = 1350 \text{ мкм.}$$

Отже, розрахунки припусків виконані правильно.

Розрахуємо припуски на обробку поверхні 270_{-1,15}. Заготівля виробу одержуємо штампуванням на КГШП. Маршрут обробки поверхні складається з: фрезерно-центрувальної операції.

Припуски розраховуємо за формулою:

$$z_{min} = R_{z_{i-1}} + T_{i-1} + \rho_{i-1} + \varepsilon_i,$$

Випишуємо значення Rz і T для всіх операцій:

– для заготовки: Rz = 150 мкм, T = 250 мкм;

– для фрезерно-центрувальної операції: Rz = 5 мкм, T = 15 мкм.

Розраховуємо просторове відхилення:

– для заготовки:

$$\rho_3 = \rho_K = \Delta_K \cdot L,$$

де Δ_K – питомий викривлення заготовки; L – довжина оброблюваної поверхні;

$$\rho_3 = 0,7 \cdot 270 = 189 \text{ мкм/мм.}$$

Залишковий просторове відхилення визначається за формулою:

$$\rho_{ост} = K_y \cdot \rho_3$$

де K_y – коефіцієнт уточнення форми.

									Арк.
									6
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

ПД.00.000.00.ПЗ

Після фрезерування торців:

$$\rho_{ocm1} = 0,12 \cdot 189 = 22,68 \text{ мкм.}$$

Розраховуємо припуски на фрезерування торців.

$$2 \cdot z_{min1} = 150 + 250 + 189 + 0 = 589 \text{ мкм.}$$

Для подальших розрахунків складаємо таблицю 4.4.

Таблиця 4.4

Розрахунок припусків та граничних розмірів за операціями на обробку поверхні 228_{-1,15}

Найменування операції	Елементи припуску, мкм			Припуск $2 \cdot z_{min}$, мкм	l_p , мм	Допуск δ , мкм	Граничні розміри, мм		Граничні припуски, мкм	
	R_z	T	ρ				l_{min}	l_{max}	$2 \cdot z_{min}^{пр}$	$2 \cdot z_{max}^{пр}$
1	2	3	4	5	6	7	8	8	10	11
Заготовка	150	250	189	-	270	2000	268,85	270	5	-
Фрезерно-центрувальна	5	15	22,68	$2 \cdot 589$	268,85	1150	270	272	1150	2000

Графа «Розрахунковий розмір» в таблиці 6 (l_p) заповнюється, починаючи з кінцевого розміру, шляхом послідовного додавання розрахункового мінімального припуску кожного технологічного переходу.

Для заготовки:

$$l_{pz} = 268,85 + 0,589 = 269,4 \approx 270 \text{ мм.}$$

Значення допусків для кожного переходу приймаємо за таблицями відповідно до квалітетом того чи іншого виду обробки.

Значення допусків для кожного переходу приймаємо за таблицями відповідно до квалітетом того чи іншого виду обробки.

Для заготівлі: $\delta z = 2000$ мкм; для фрезерно-центрувальної операції: $\delta 1 = 500$ мкм.

Граничний розмір (l_{min}) виходить за розрахунковими розмірами, округленим до точності допуску відповідного переходу.

Граничний розмір (l_{max}) обчислюємо додаванням допуску до округленому найменшому граничного розміру.

Тоді найменший розмір при фрезерно-центрувальної операції:

$$l_{min1} = 268,85 + 1,15 = 270 \text{ мм;}$$

- для заготовки:

$$l_{max3} = 270 + 2 = 272 \text{ мм.}$$

Граничні значення припусків визначаємо за формулами, наведеними вище:

- під фрезерування торців:

$$z_{max}^{пр} = 272 - 270 = 2 \text{ мм;}$$

$$z_{min}^{пр} = 270 - 268,85 = 1,15 \text{ мм.}$$

Загальний номінальний припуск визначаємо за формулою:

$$z_{o \text{ ном}} = 1150 + 1000 - 1150 = 1000 \text{ мкм.}$$

					ПД.00.000.00.ПЗ					Арк.
										7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

Номинальний розмір заготовки визначаємо за формулою:

$$l_{з\text{ ном}} = l_{д\text{ ном}} - z_{о\text{ ном}},$$

де $l_{д\text{ ном}}$ – номінальний розмір деталі.

$$l_{з\text{ ном}} = 270 + 1 = 271\text{мм}.$$

Виробляємо перевірку правильності виконаних розрахунків:

$$z_{max1}^{пр} - z_{min1}^{пр} = 2000 - 1150 = 850 \text{ мкм}; \delta_3 - \delta_1 = 2000 - 1150 = 850.$$

Отже, розрахунки припусків виконані правильно.

На інші поверхні припуски і граничні відхилення призначаємо по ГОСТ 7505-89 і результати зводимо в таблицю 4.5.

Робоче креслення заготовки деталі Вал наведено на рис. 4.1.

Таблиця 4.5

**Припуск і допуски на оброблені поверхні валу за
ГОСТ 7505-89**

Розмір деталі	Припуск		Граничні відхилення
	табличний	розрахунковий	
$\varnothing 60^{-0.019}$	–	2 · 1,9	+0,8 –0,4
$\varnothing 64$	2·1	–	+0,8 –0,4
270 ^{-1,15}	–	1	+1,1 –0,5
10	0,9	–	+0,7 –0,3

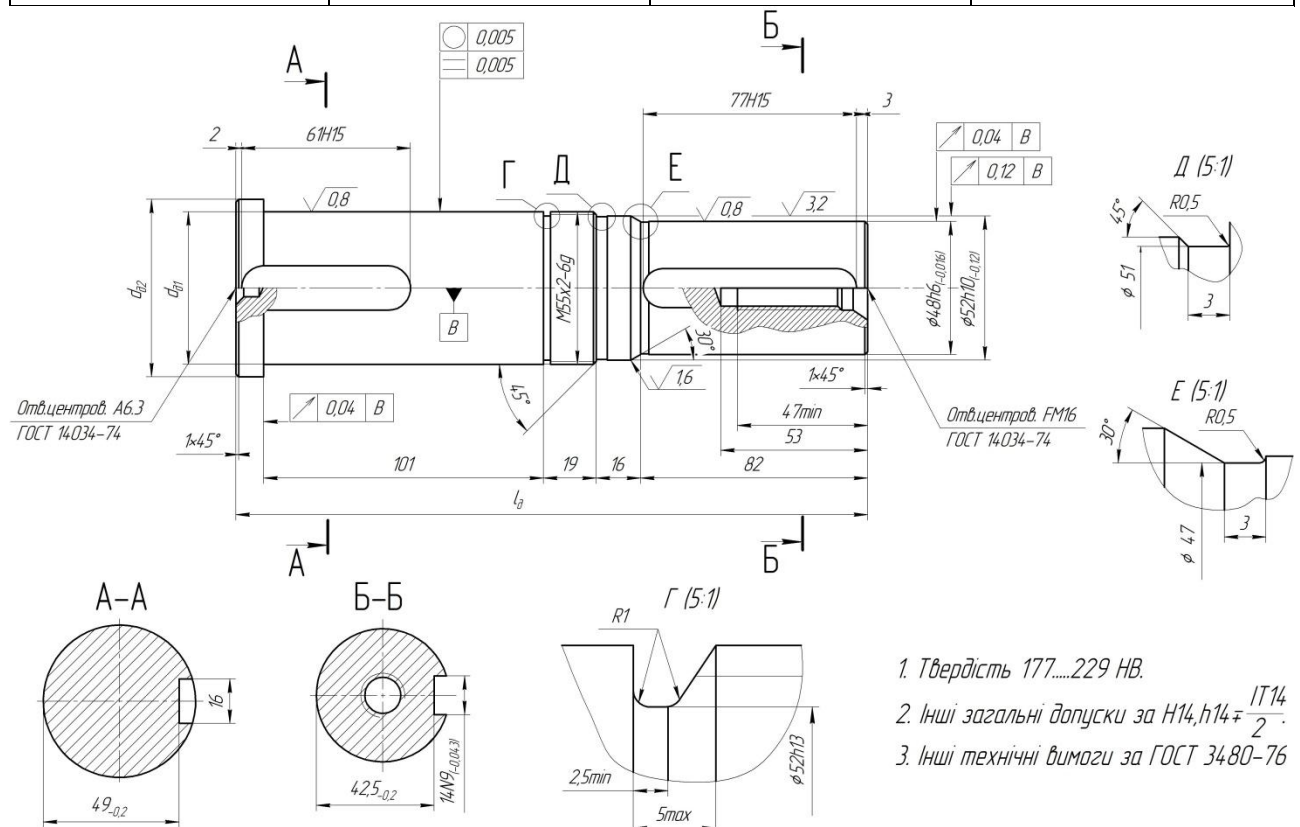


Рис. 4.1. Робоче креслення заготовки деталі «Вал»

4.5. Розробка та аналіз маршрутного технологічного процесу виготовлення деталі

Відповідно до креслення деталі і річним обсягом випуску приймаємо наступний маршрут її обробки (таблиця 4.6).

Таблиця 4.6

Маршрутний технологічний процес

№ операції	Найменування операції, її зміст	Базові поверхні	Модель верстата	Робочий інструмент	Установочні пристосування
1	2	3	4	5	6
005	Пресова		КГШП		
010	Фрезерно-центрувальна 1. Фрезерувати торці 2. Свердлити центрові отвори	Поверхні Ø55, Ø48 і торець валу	МР77	Фреза торцева Ø100; Т15К6 Свердел центрувальне Ø6,3; Р18	Захват 7808-4013
015	Токарна с ЧПК 1. Чорнове точіння поверхонь Ø48, Ø52, Ø55, Ø64 і торця. 2. Чистове точіння поверхностей Ø48, Ø52, Ø55, торця 10 і фасок. 3. Точити 2 канавки b = 3 4. Точити канавку b = 2,5 5. Нарізати різьбу М55х2-6g	Центрові отвори	16К20.Т1	Різець прохідний Т15К6 Різець канавковий Т15К6 Різець різьбонарізний	Патрон повідковий 7108-0022 ГОСТ 25-71-71; центр плаваючий 7032-0171 ГОСТ 18259-72
025	Вертикально-свердлувальний з ЧПК 1. Свердлити отвір Ø16 2. Зенкерувати отвір 3. Зенкувати фаску 2. Нарізати різьбу М16	Поверхні Ø55, Ø48 і торець валу	2Р135Ф2-1	Свердло Ø 15 Зенкер Зенківка Мітчик Ø 16	Призми 7033-0109 ГОСТ 12195-66; прихват 7011-0477 ГОСТ 4734-69
030	Слюсарна 1. Обпиляти задирки після попередніх операцій, очистити глухі отвори від стружки		Верстак слюсарний	Напилек	
035	Термічна				
040	Торцекруглошліфувальна 1. Шліфувати поверхню Ø55, Ø48 і торець	Центрові отвори	ЗТ161Е	Круг шліфувальний	Патрон повідковий 7108-0022 ГОСТ 25-71-71; центр плаваючий 7032-0171 ГОСТ 18259-72
045	Контрольна				Стіл контрольний

У розробленому, технологічному процесі, заготовкою є поковка, форма якої максимально наближена до форми деталі, що дозволяє прискорити і знизити витрати на обробку деталі. Більшість операцій ведеться на верстатах з ЧПК, що забезпечує найбільш високу продуктивність і точність оброблюваних поверхонь. При обробці даної деталі діє принцип сталості і суміщення баз, що так само забезпечує точність оброблюваних поверхонь. Застосовуються стандартні пристосування, і використовується високопродуктивний ріжучий інструмент.

Розрахунок необхідної кількості операцій проведемо по поверхні $\varnothing 55_{-0,019}$.
Розмір заготовки $\varnothing 58,8^{+0,8}_{-0,4}$.

Розрахуємо коефіцієнт уточнення:

$$\varepsilon_0 = \frac{T_{\text{заг}}}{T_{\text{дет}}} = \frac{1,2}{0,019} = 63,1$$

Для обробки поверхні $\varnothing 55_{-0,019}$. Приймаємо наступний маршрут: чорнове точіння, чистове точіння, шліфування.

Розрахуємо проміжні значення за формулами:

$$\varepsilon_1 = \frac{T_{\text{заг}}}{T_1}, \quad \varepsilon_2 = \frac{T_1}{T_2}, \quad \varepsilon_3 = \frac{T_2}{T_3},$$

де T_1, T_2, T_3 – допуски розмірів отриманих при обробці деталі на першій, другій і третій операціях, $T_1 = 0,25$ мм, $T_2 = 0,062$ мм, $T_3 = 0,019$ мм.

$$\varepsilon_1 = \frac{1,2}{0,25} = 4,8,$$

$$\varepsilon_2 = \frac{0,25}{0,062} = 4,03,$$

$$\varepsilon_3 = \frac{0,062}{0,019} = 3,3.$$

$$\varepsilon_{\text{пр}} = 4,8 \cdot 4,03 \cdot 3,3 = 63,8.$$

Отримане значення $\varepsilon_{\text{пр}}$ показує, що при прийнятому маршруті точність обробки поверхні $\varnothing 55_{-0,019}$ забезпечується, так як $\varepsilon_0 < \varepsilon_{\text{пр}}$, тобто $63,1 < 63,8$.

4.6. Розрахунок режимів різання

Розрахунок режимів різання аналітичним методом

Операція 015 – токарна ЧПК.

Верстат моделі 16K20.T1.

									Арк.
									10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ПД.00.000.00.ПЗ				

Інструмент - різці з платівкою з твердого сплаву Т15К6.

Зміст операції:

- чорнове точіння поверхонь $\emptyset 52, \emptyset 48, \emptyset 55, \emptyset 64$ торця.
- чистове точіння поверхонь $\emptyset 52, \emptyset 48, \emptyset 55$, торця і фасок.
- точити 2 канавки $b = 3$ мм;
- точити канавку $b = 2,5$ мм;
- нарізати різьбу М60х2-6g.

Розрахунок ведемо для чорнового точіння $\emptyset 60$ мм, для глибини різання $t = 1$ мм.

Рекомендована і прийнята за паспортом верстата подача: $S_0 = 1$ мм/об.

Знайдемо поправочний коефіцієнт:

$$K_v = K_{Mv} \cdot K_{Pv} \cdot K_{Iv} = 0,86 \cdot 0,8 \cdot 1 = 0,69.$$

Знайдемо швидкість різання за аналітичним розрахунком:

$$V = \frac{C_v}{T^m t^x s^y} \cdot K_v = \frac{340}{30^{0,2} \cdot 1,34^{0,15} \cdot 0,9^{0,45}} \cdot 0,69 = 120 \text{ м/хв.}$$

Знайдемо за формулою частоту обертання шпинделя:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot D};$$
$$n = \frac{1000 \cdot 120}{3,14 \cdot 60} = 637 \text{ мин}^{-1}$$

Приймаються за паспортом верстата частоту обертання $n_{\text{пр}} = 800 \text{ мин}^{-1}$.

Знайдемо дійсну швидкість різання:

$$V_d = \frac{\pi \cdot D \cdot n_{\text{пр}}}{1000};$$
$$V_d = \frac{3,14 \cdot 60 \cdot 800}{1000} = 151 \text{ м/мин.}$$

Знайдемо поправочний коефіцієнт, що враховує фактичні умови різання:

$$K_p = 1,2 \cdot 0,94 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 = 0,8,$$

Розрахуємо силу різання:

$$P_z = 10 C_p \cdot t^x \cdot s^y \cdot V^n \cdot K_p = 10 \cdot 300 \cdot 1,34^1 \cdot 0,9^{0,75} \cdot 120^{-0,15} \cdot 1,1 = 2 \text{ кН.}$$

Визначимо потужність різання за формулою:

$$N = \frac{P_z \cdot V_d}{1020 \cdot 60} = \frac{2000 \cdot 120}{1020 \cdot 60} = 3,92 \text{ кВт}$$

Потужність двигуна головного приводу верстата:

$$N_{\text{ст}} = 11 \text{ кВт}$$

$$N < N_{\text{ст}}$$

Таким чином, привід верстата забезпечує обробку при заданих режимах.

Визначаємо хвилину подачу:

$$S_M = S \cdot n = 0,9 \cdot 800 = 720 \text{ мм/хв.}$$

					ПД.00.000.00.ПЗ	Арк.
						11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Визначення режимів різання для всіх наступних операцій виконаємо табличним методом за допомогою довідникової літератури, результати зведемо в таблицю 4.7.

Таблиця 4.7

Зведена таблиця режимів різання для технологічного процесу обробки деталі Вал

№ операції	Найменування операції, переходу	Глибина різання t, мм	Довжина різання l, лрез, мм	Подача S ₀ , мм/об		Швидкість V, м/хв		Частота обертання, хв-1		Хвилин на подачу S _{хв} , мм/хв	Основний час, Т ₀ , хв	
				розрахунок	прийнята	розрахунок	прийнята	розрахунок	прийнята			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
010	Фрезерно-центрувальна 1. Фрезерувати торці 2. Свердлити центрові отвори	1	66	1	1	120	101	579	500	2000	0,15 0,1	
		3,15	13,8	0,12	0,12	29	25	1453	1250	150		
015	Токарна с ЧПК 1. Чорнове точіння поверхонь Ø55	1	218	1	1	169	138	979	800	800	0,28	
		0,9	117	0,6	0,6	125	109	724	630	378	0,34	
		Ø52	1	98	0,6	0,6	125	103	766	630	378	0,29
		Ø48	1,3	82	0,6	0,6	125	121	829	800	480	0,23
		Ø64	1	10	0,6	0,6	125	101	622	500	300	0,04
	2. Чистове точіння поверхонь Ø55, Ø52, Ø48	0,6	101	0,3	0,3	163	138	944	800	240	0,46	
		0,5	16	0,3	0,3	150	131	919	800	240	0,11	
		0,8	82	0,3	0,3	150	121	995	800	240	0,39	
		3. Точити 2 канавки b=3 Ø51 Ø47	0,25	3	0,2	0,2	77	65	476	400	80	0,05
			0,25	3	0,2	0,2	77	75	516	500	100	0,04
4. Точити канавку b=2,5 Ø52	1,5	2,5	0,2	0,2	77	65	472	400	80	0,05		
5. Нарізати різьбу М55x2-6g	2	16	2	2	13	11	75	63	126	0,28		
020	Вертикально-фрезерна ЧПК 1. Фрезерувати шпонковий паз 14N9 2. Фрезерувати шпонковий паз 16N9	5,5	77	0,015	0,015	27	22	614	500	25	3	
		6	61	0,02	0,02	27	25	537	500	25	2,6	
025	Вертикально-свердлильна з ЧПК 1. Свердлить отв. Ø14 2. Зенкерувати отвір 3. Зенкувати фаску 2. Нарізати різьбу М16	7	53	0,3	0,3	25	22	569	500	150	0,38	
		1	6,5	0,3	0,3	22	20	438	400	120	0,05	
		1	1	0,1	0,1	36	34	674	630	63	0,01	
		1,25	47	1,25	1,25	10	8	199	160	200	0,47	
040	Торцекруглошліфувальна 1. Шліфувати поверхню Ø55 Ø48	0,3	101	-	-	25	22	145	125	0,4	1	
		0,4	82	-	-	25	24	166	160	0,5	1,04	

4.7. Розрахунок точності операції.

Розрахунок точності виконуємо на операцію 015 – Токарну з ЧПК, на якій проводиться точіння поверхні Ø52_{-0,12}. Допуск на оброблювану поверхню T = 120мкм.

Визначимо похибку, яка обумовлена зносом різального інструмент. Для цього знайдемо шлях різання при S₀ = 0,2мм/об.:

$$l = \frac{\pi \cdot D \cdot L \cdot n}{1000 \cdot S_0} = \frac{3,14 \cdot 60 \cdot 270 \cdot 141}{1000 \cdot 0,2} = 35861 \text{ м,}$$

											Арк.
											12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ПД.00.000.00.ПЗ						

тоді:

$$\Delta i = \frac{i_o \cdot l}{1000} = \frac{5 \cdot 35861}{1000} = 179 \text{ мкм.},$$

Визначимо похибку настройки верстата.

Знайдемо $\Delta_{зм}$ – зміщення центру групування розмірів пробних деталей щодо середини поля розсіювання розмірів. Прийемо миттєву похибка обробки, $\Delta_{сл} = 10 \text{ мкм}$; кількість пробних деталей, $m = 5$. Тоді:

$$\Delta_{зм} = \frac{\Delta_{сл}}{\sqrt{m}} = \frac{10}{\sqrt{5}} = 4,4 \text{ мкм},$$

Прийемо похибку регулювання положення ріжучого інструменту на верстаті, $\Delta_{рег} = 20 \text{ мкм}$, похибку вимірювання пробних деталей $\Delta_{вим} = 9 \text{ мкм}$.

Тоді:

$$\Delta_n = \sqrt{\Delta_{см}^2 + \Delta_{рег}^2 + \Delta_{вим}^2} = \sqrt{4,4^2 + 15^2 + 8^2} = 15 \text{ мкм}$$

При установці деталі в центрах: $\epsilon_y = 0$.

Знайдемо сумарну похибку обробки:

$$\Delta_{\Sigma} = \Delta_i + \Delta_n + \sqrt{\Delta_{сл}^2 + \epsilon_y^2} = 179 + 17 + \sqrt{15^2 + 0^2} = 211 \text{ мкм.}$$

Необхідна точність обробки обох поверхонь забезпечується, так як:

$$\Delta_{\Sigma} < T; \text{ тобто } 110 < 120.$$

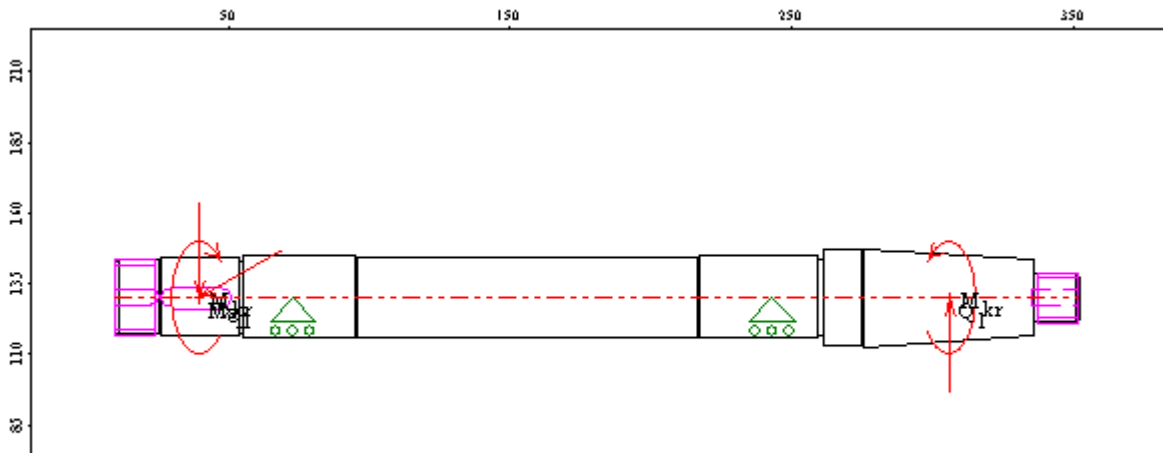


Таблица: Нагрузки

Радиальные силы

N	Расстояние от левого конца вала, мм	Модуль, Н	Угол, град
0	30.00	-2454.00	0.00
1	30.00	459.00	-90.00
2	296.00	1500.00	0.00

Моменты кручения

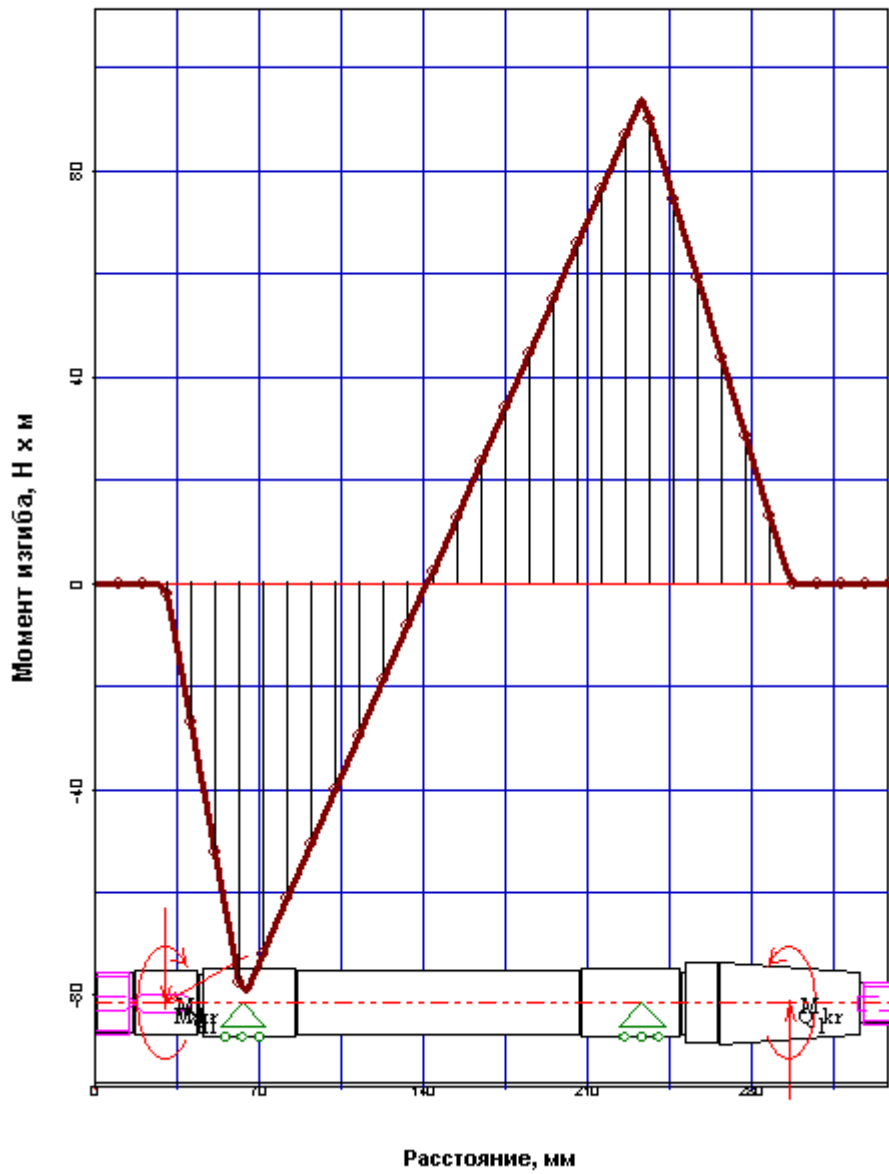
N	Расстояние от левого конца вала, мм	Значение, Нхм
0	30.00	-56.24
1	296.00	56.24

									ПД.00.000.00.ПЗ	Арк.
										13
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

Реакции в опорах

N	Расстояние от левого конца вала, мм	Реакция верт., Н	Реакция гориз., Н	Реакция осевая, Н	Модуль, Н	Угол, град
0	63.00	3486.25	548.10	0.00	3529.07	81.07
1	233.00	-2532.25	-89.10	0.00	2533.81	-92.02

Момент изгиба в вертикальной плоскости



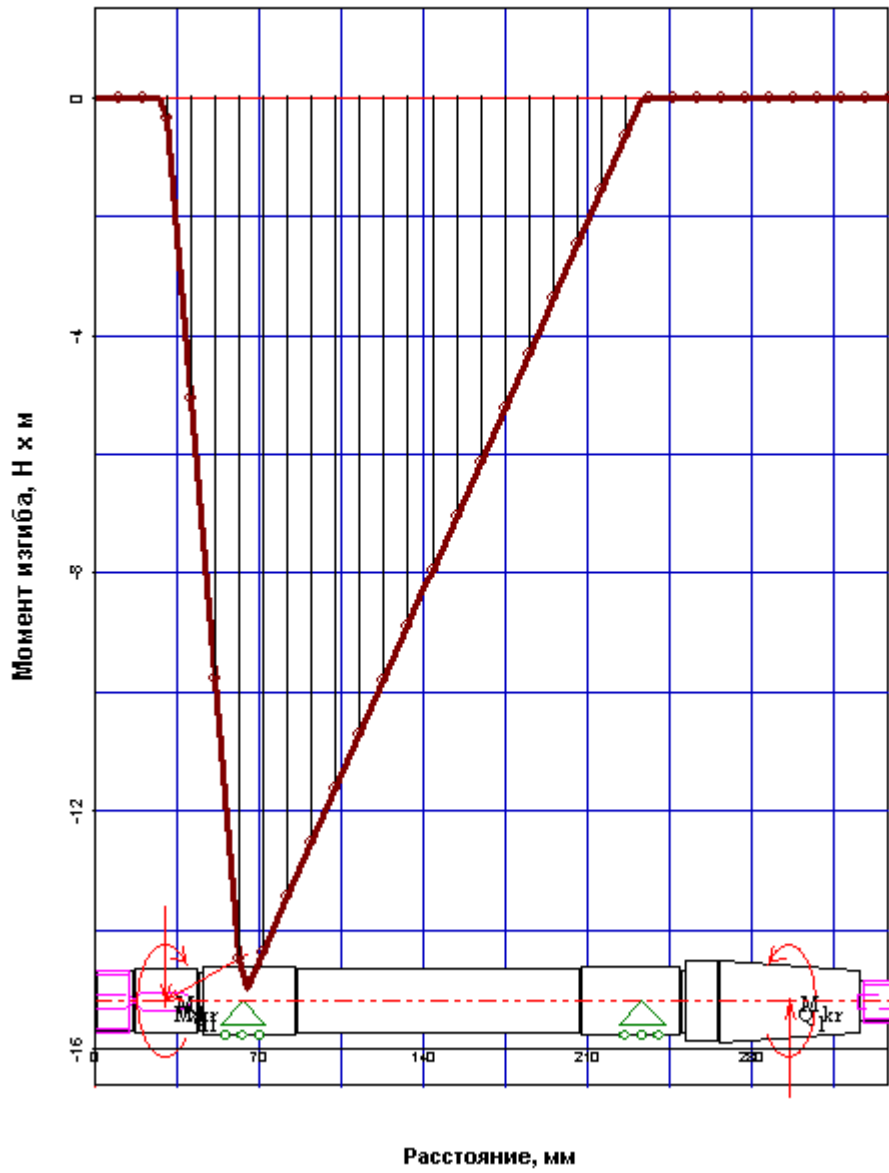
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ПД.00.000.00.ПЗ

Арк.

14

Момент изгиба в горизонтальной плоскости



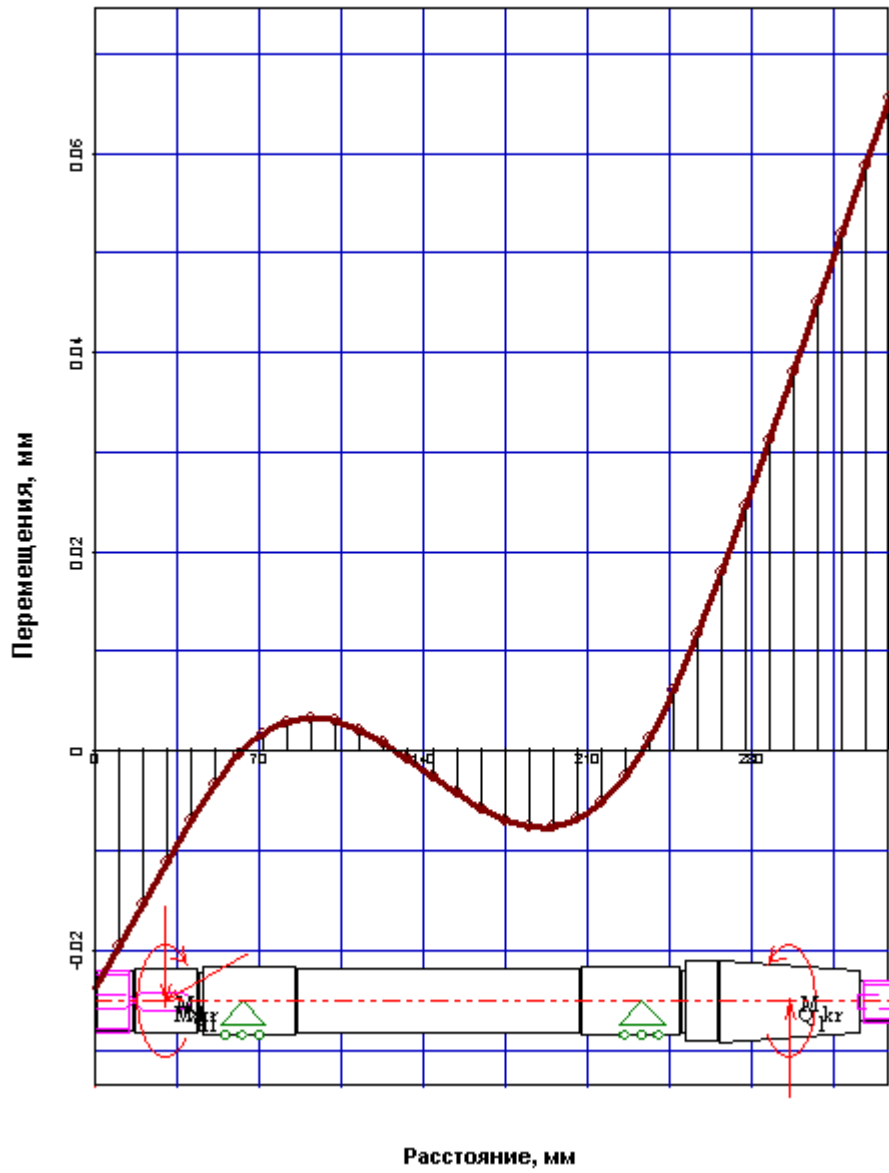
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ПД.00.000.00.ПЗ

Арк.

15

Перемещения в вертикальной плоскости



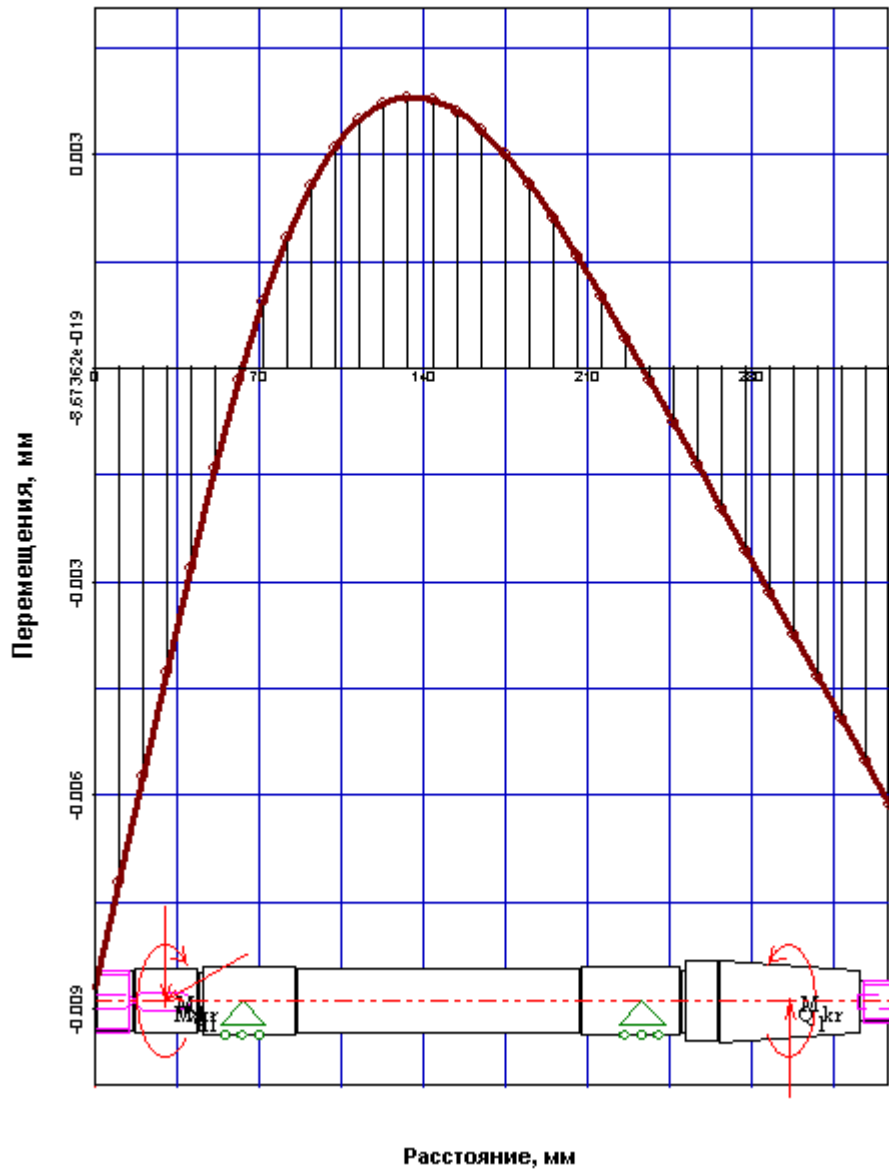
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ПД.00.000.00.ПЗ

Арк.

16

Перемещения в горизонтальной плоскости



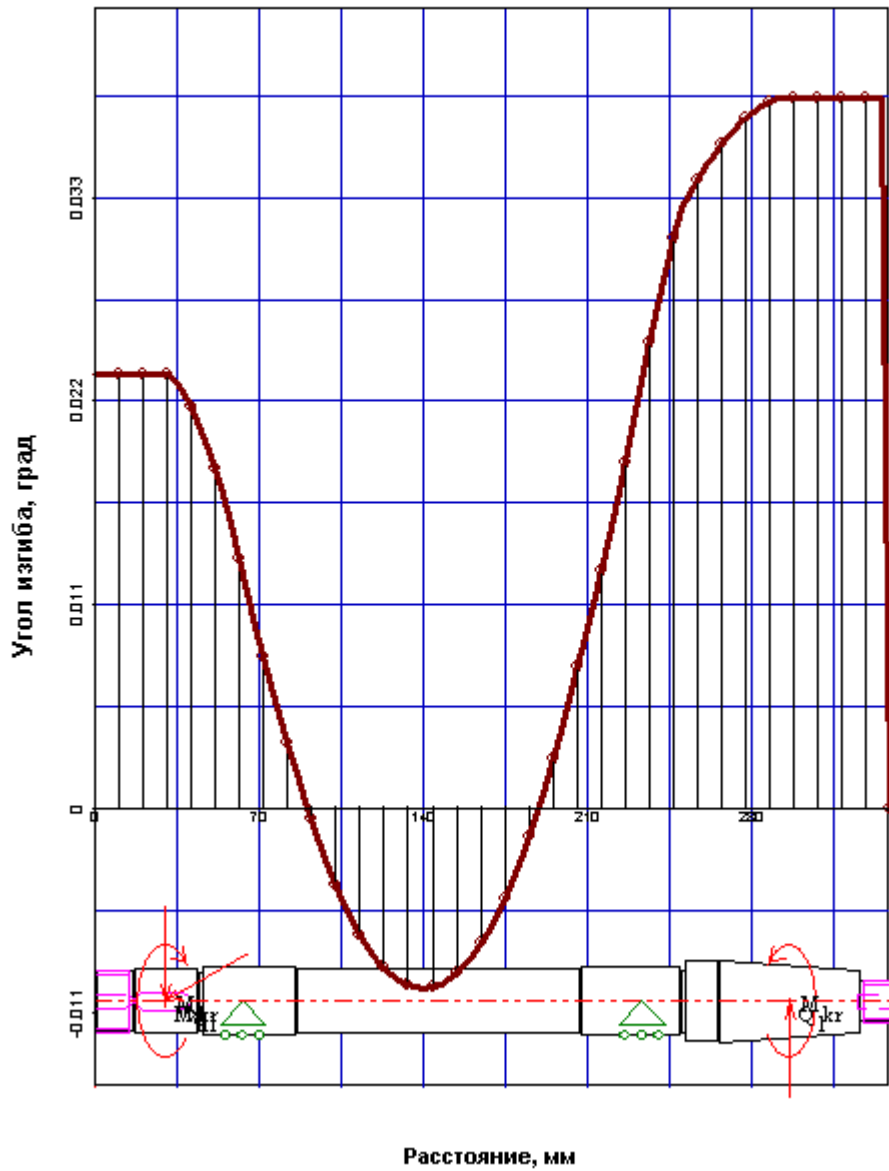
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ПД.00.000.00.ПЗ

Арк.

17

Угол изгиба в вертикальной плоскости



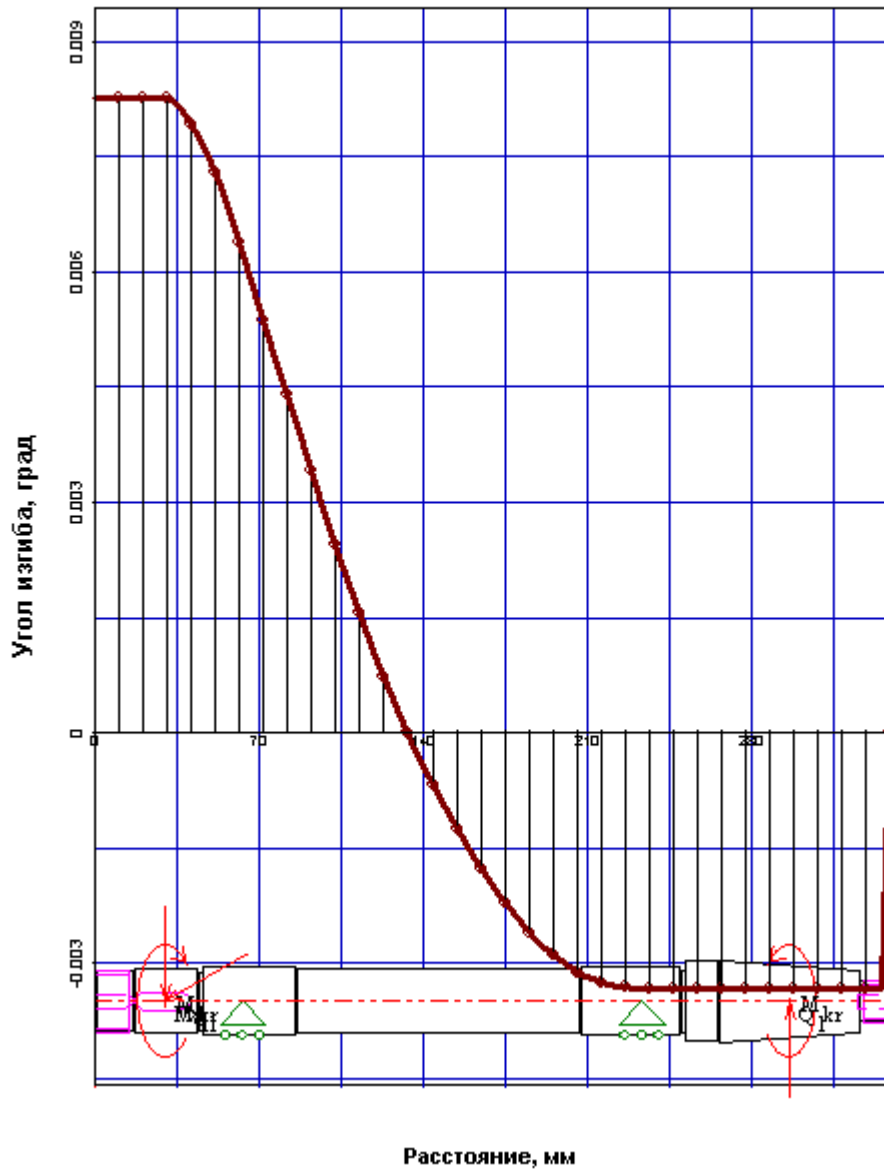
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ПД.00.000.00.ПЗ

Арк.

18

Угол изгиба в горизонтальной плоскости



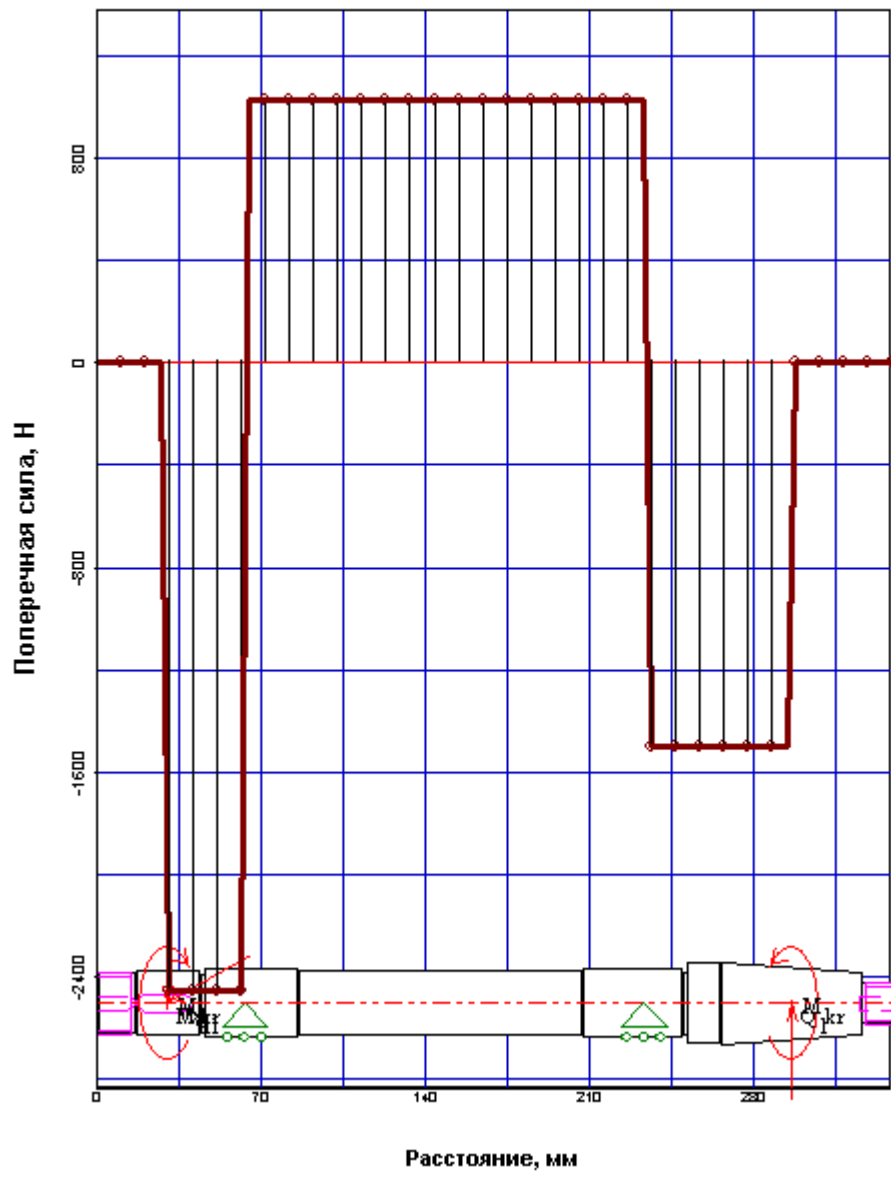
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ПД.00.000.00.ПЗ

Арк.

19

Поперечные силы в вертикальной плоскости



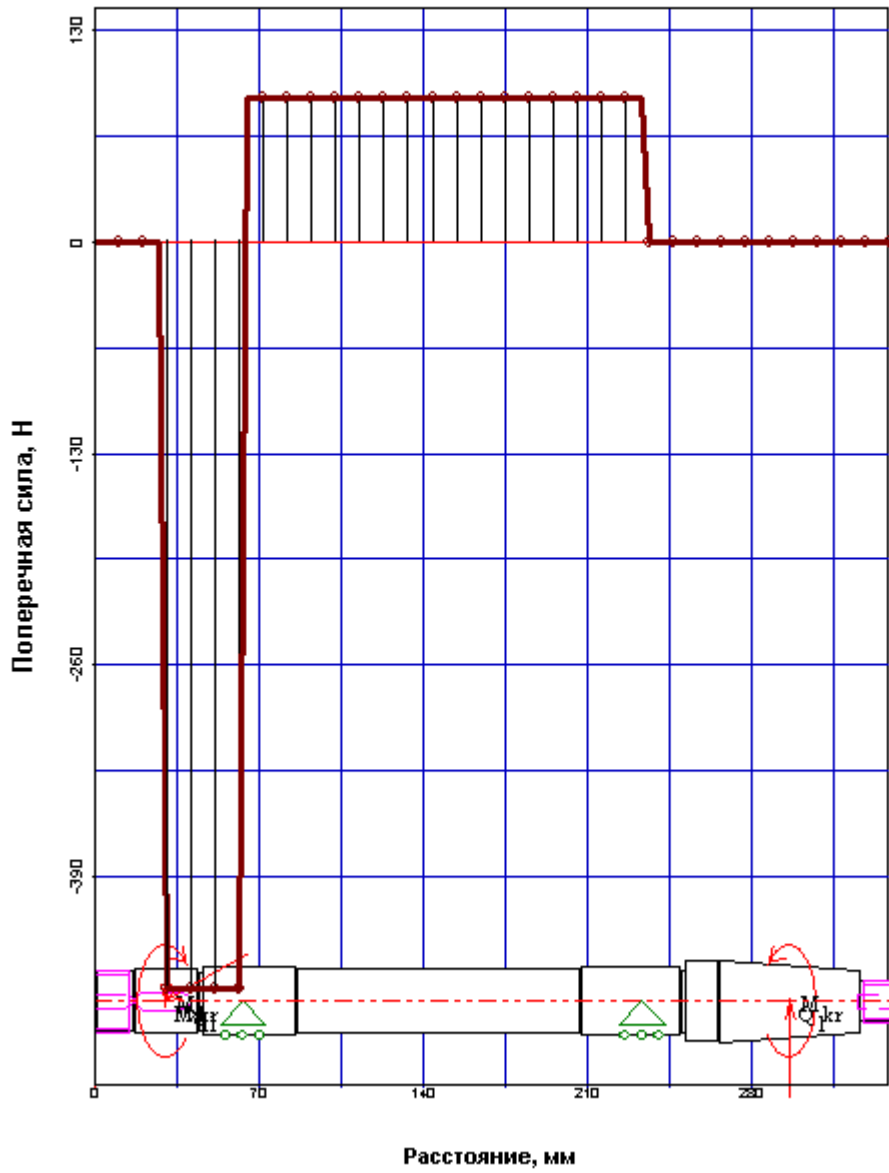
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ПД.00.000.00.ПЗ

Арк.

20

Поперечные силы в горизонтальной плоскости



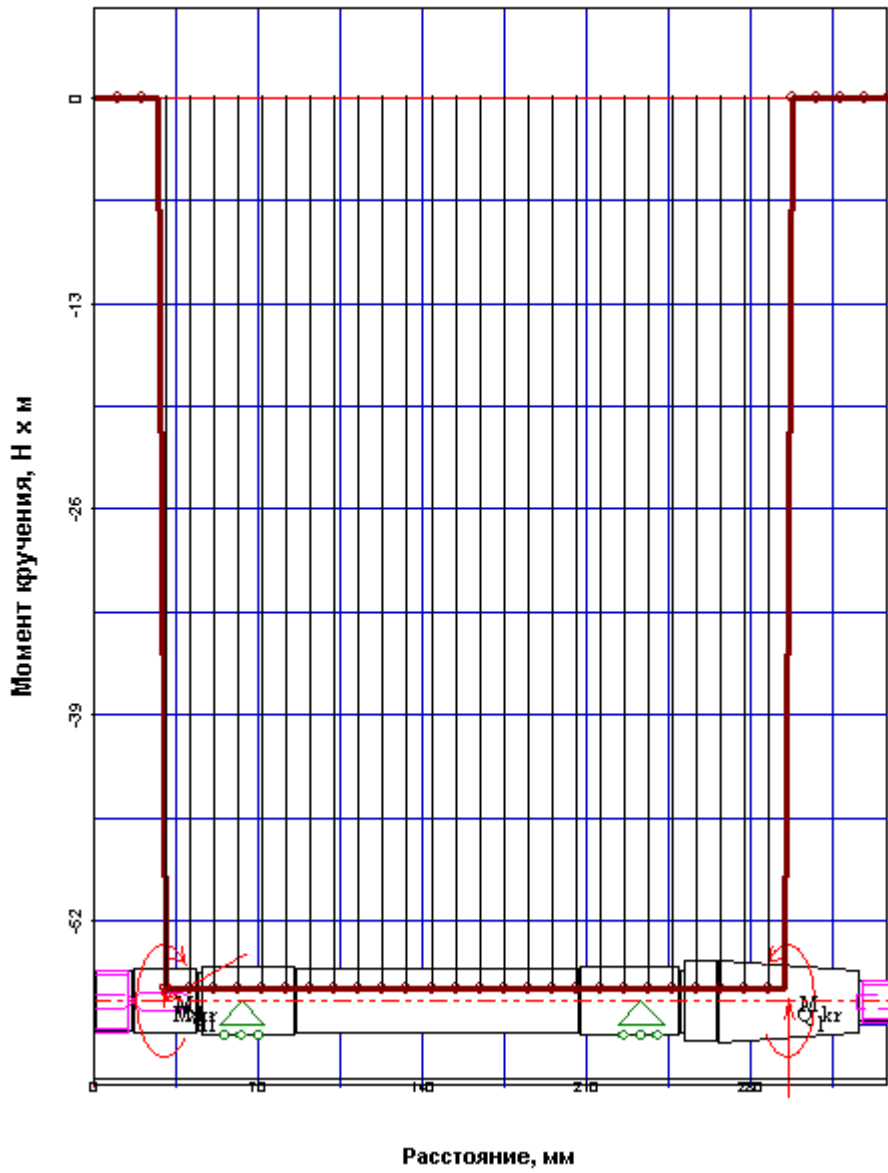
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ПД.00.000.00.ПЗ

Арк.

21

Момент кручення



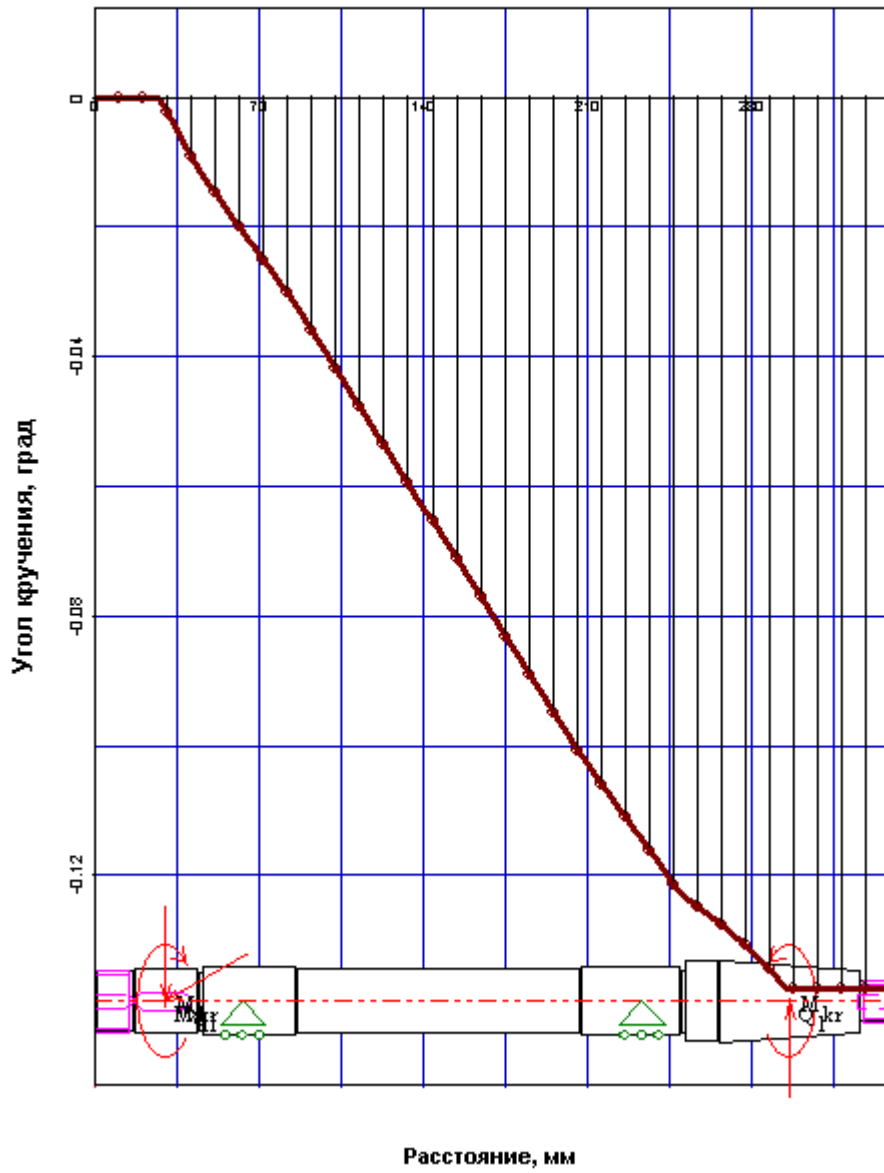
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ПД.00.000.00.ПЗ

Арк.

22

Угол кручения



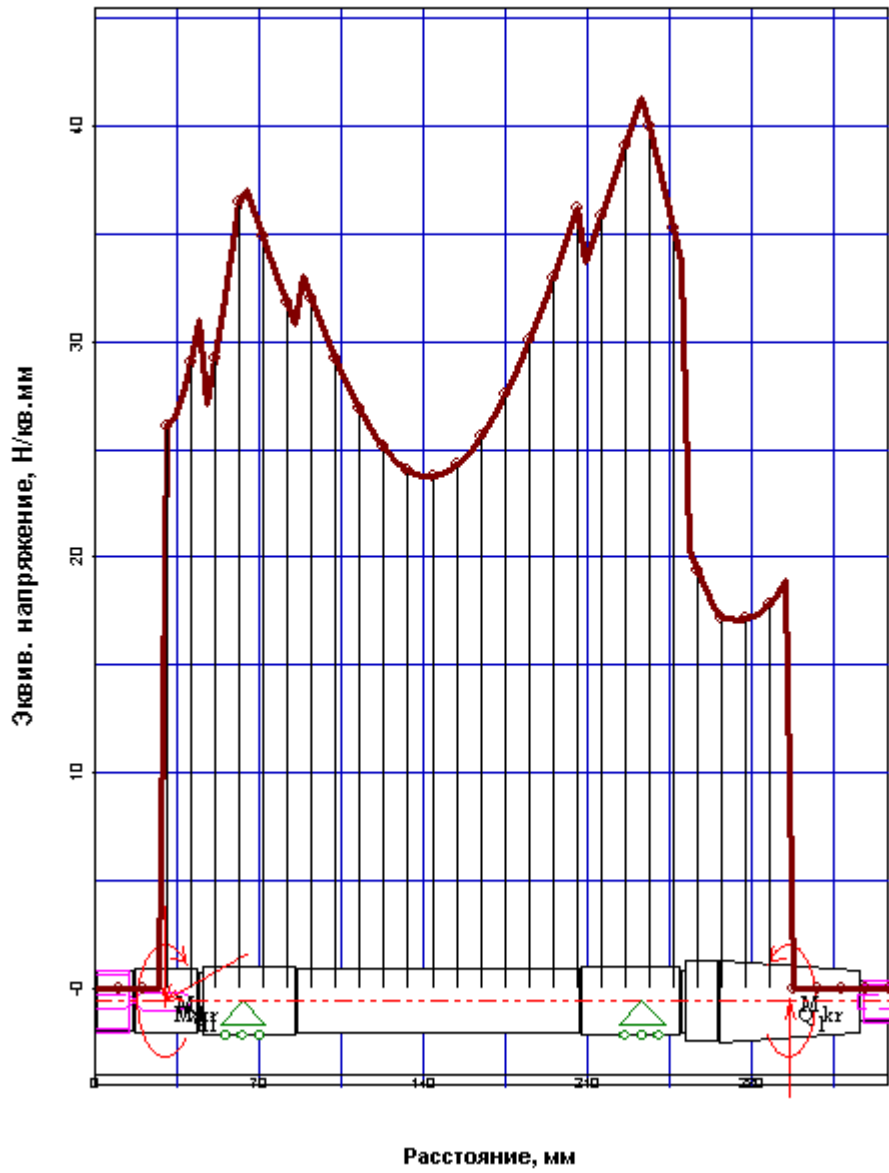
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ПД.00.000.00.ПЗ

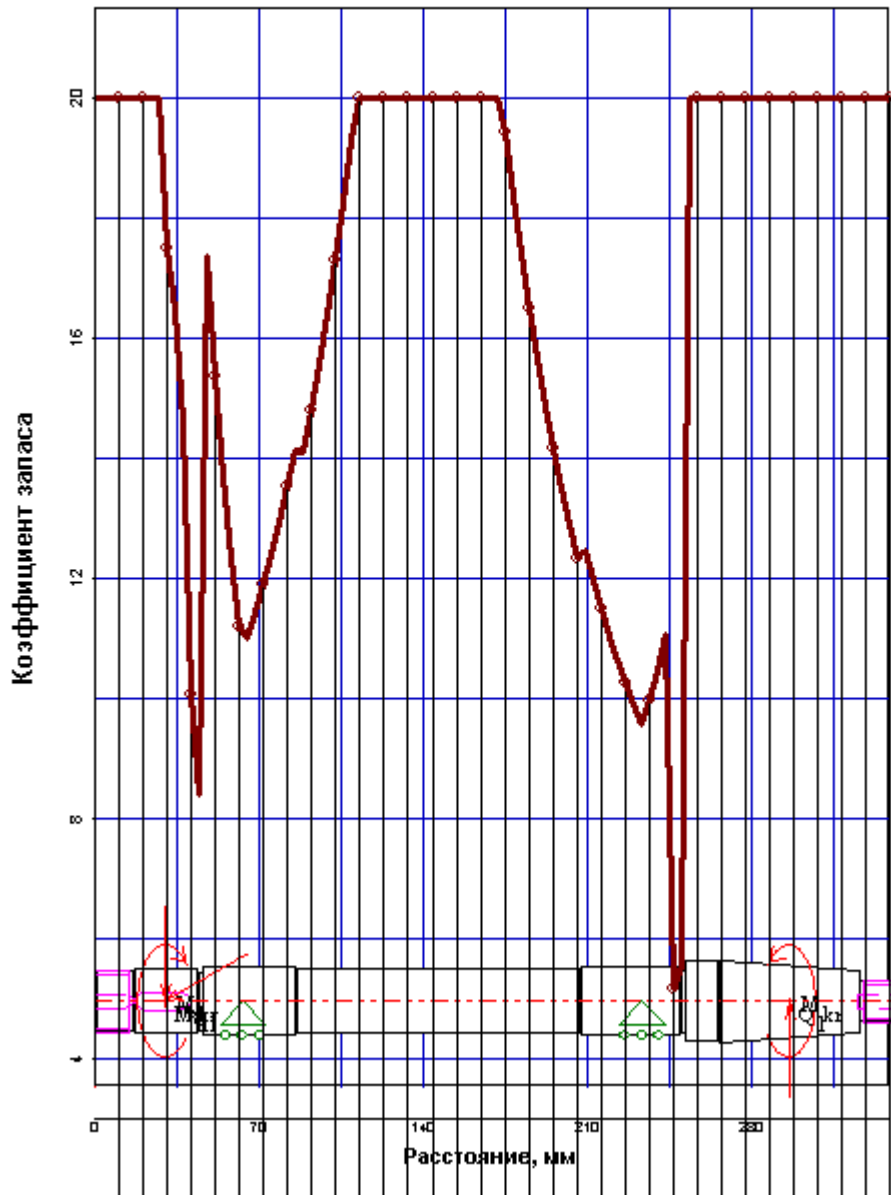
Арк.

23

Эквивалентное напряжение



Кoeffициент запаса по усталостной прочности



Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ПД.00.000.00.ПЗ

Арк.

25

ВИСНОВОК

В технологічній частині даної бакалаврської роботи було проведено розробку й проектування технологічного процесу механічної обробки деталі «Вал». Було запропоновано використання засобів технологічного оснащення, що забезпечують продуктивність праці, якість деталей, зниження її собівартості й матеріалоемності.

В бакалаврській роботі були виконані наступні етапи розробки технологічного процесу механічної обробки деталі «Вал».

Тип виробництва було визначено за річним випуском деталей та їхньою масою, як середньо серійне.

Заготовкою для деталі «Вал» було обрано поковку, отриману штампуванням на кривошипному гарячештампувальному пресі (КГШП). Після розрахунку основних розмірів заготовки було виконано робоче креслення.

Відповідно до креслення деталі і річного обсягу випуску було прийнято наступний маршрут її обробки:

- чорнове точіння;
- чистове точіння;
- шліфування.

Розрахунок режимів різання було проведено аналітичним та табличним методами.

Знану увагу було приділено розрахунку точності операцій, так як досягнення заданої точності та якості поверхні деталі є основною задачею технологічного процесу механічної обробки деталі. Від якості поверхневого шару деталі залежать її експлуатаційні характеристики.

					БР ГМ – 17да ПЗ		
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата			
Разраб.		Вязников			Лит.	Лист	Листов
Провер.		Кроль				1	1
Реценз.					Висновок		
Н. Контр.							
Утверд.		Соколов					
					СНУ ім. В. Даля		

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. Т1 / Под ред. А.М. Дальской, А.Г. Косиловой и др. – 5-е изд. перераб. и доп. – М.: Машиностроение-1, 2001. – 912 с.
2. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. Т2 / Под ред. А.М. Дальской, А.Г. Сулова и др. – 5-е изд. перераб. и доп. – М.: Машиностроение-1, 2001. – 944 с.
3. Горбачевич А.Ф. Шкред В.А. Курсовое проектирование по технологии машиностроения. – Минск: Высшэйш. шк., 1983. – 256 с.
4. Расчет экономической эффективности новой техники: Справочник /Под ред. К.М. Великанова. – Л.: Машиностроение, 1990. – 512 с.
5. Балабанов А.Н. Краткий справочник технолога – машиностроителя. – М.: Издат. Стандартов, 1992. – 462 с.
6. Ансеров М.А. Приспособления для металлорежущих станков. – Л.: Машиностроение, 1975. – 652 с.
7. Горошкин А.К. Приспособления для металлорежущих станков. – М.: Машиностроение, 1971. – 384 с.
8. Общемашиностроительные нормативы режимов резания для технического нормирования работ на металлорежущих станках. – М.: Машиностроение, 1974. – 207 с.
9. Общемашиностроительные нормативы вспомогательного времени и времени на обслуживание рабочего места, на работы, выполняемые на металлорежущих станках. Массовое производство. – М.: Машиностроение, 1974. – 136 с.
10. Руденко П.А., Харламов Ю.А., Плескач В.М. Проектирование и производство заготовок в машиностроении. – Киев: Вища школа, 1991. – 361 с.
11. Егоров М.Е. и др. Технология машиностроения. – М.: Высшая школа, 1976. – 534 с.
12. Общемашиностроительные нормативы вспомогательного времени, на обслуживание рабочего места и подготовительно-заключительного для технического нормирования станочных работ. Серийное производство. – М.: Машиностроение, 1974. – 136 с.
13. Технология машиностроения (специальная часть) / А.А. Гусев и др. – М. Машиностроение, 1986. – 480 с.
14. Допуски и посадки. Справочник /Под ред. В.Д. Мягкова. – Л. Машиностроение, 1978. – Ч.2. – 545 ÷ 1032 с.

					БР ГМ – 17да ПЗ					
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата	Література					
Разраб.	Вязников							Лит.	Лист	Листов
Провер.	Кроль							1	2	
Реценз.										
Н. Контр.										
Утверд.	Соколов				СНУ ім. В. Даля					

15. Маталин А.А. Технология машиностроения. – Л., 1985. – 496с.
16. Общемашиностроительные нормативы времени на слесарно-сборочные и слесарные работы при сборе машин. Массовое и крупносерийное производства. – М.: Машиностроение, 1973. – 143 с.
17. Проектирование технологических процессов механической обработки в машиностроении: Учебн. пособие / В. В. Бабук, В.А. Шкред, Г.П. Кривко, А.И. Медведев; под ред. В.В. Бабука. – Мн.: Высш. шк., 1987. – 255 с.
18. http://metallcheckiy-portal.ru/marki_metallov/stk/40XH

					ПД.00.000.00.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		2