

Вінницький національний технічний університет
Факультет машинобудування та транспорту
Кафедра технологій та автоматизації машинобудування

Пояснювальна записка
до магістерської кваліфікаційної роботи
за освітньо-кваліфікаційним рівнем «магістр»
на тему:
УДОСКОНАЛЕННЯ ПРИВОДУ МОЛОТИЛЬНОГО БАРАБАНУ
ЗЕРНОЗБИРАЛЬНОГО КОМБАЙНА
08-26.МКР.018.00.000 ПЗ

Виконав: студент 2 курсу, групи 1ПМ-18м
спеціальності 131 – «Прикладна механіка»

Романюк А.С. _____

Керівник: к.т.н., доцент каф. ТАМ

Пурдик В.П. _____

« ____ » _____ 20__ р.

Рецензент: _____

« ____ » _____ 20__ р.

Вінниця ВНТУ - 2019 року

Факультет машинобудування та транспорту
Кафедра технологій та автоматизації машинобудування

Освітньо-кваліфікаційний рівень – «Магістр»
Спеціальність 131 – «Прикладна механіка»

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри ТАМ
д.т.н., професор Козлов Л.Г.

«04» жовтня 2019 р.

ЗАВДАННЯ НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Романюку Андрію Сергійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема магістерської кваліфікаційної роботи (МКР): Удосконалення приводу молотильного барабану зернозбирального комбайна

керівник МКР к.т.н., доцент Пурдик В.П.

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом ВНТУ від «2» жовтня 2019 року №254.

2. Строк подання студентом МКР: 16 грудня 2019

3. Вихідні дані до МКР: _____

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): _____

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень):

6. Консультанти розділів МКР

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видано	завдання виконано
Спеціальна частина	Пурдик В.П. доцент		
Економічна частина	Руда Л.П. доцент		
Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	Віштак І.В. доцент		

7. Дата видачі завдання «04» жовтня 2019 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів МКР	Строк виконання етапів МКР	Примітка
1	Визначення об'єкту та предмету дослідження	10.10.2019	
2	Аналіз відомих рішень, постановка задач	20.10.2019	
3	Техніко-економічне обґрунтування методів досліджень	22.10.2019	
4	Розв'язання поставлених задач	28.11.2019	
5	Формування висновків по роботі, наукової новизни, практичної цінності результатів	02.12.2019	
6	Виконання розділу «Економічна частина»	02.12.2019	
7	Виконання розділу «Охорона праці безпека в надзвичайних ситуаціях»	2.12-6.12. 2019	
8	Попередній захист МКР	28.11-4.12	
9	Перевірка роботи на плагіат	9.12-13.12.2019	
10	Нормоконтроль МКР	12.2019-16.12.2019	
11	Рецензування МКР	18.12.2019	
12	Захист МКР	19.12.2019	

Студент _____ А.С.Романюк

Керівник МКР _____ В.П.Пурдик

Наукова новизна отриманих результатів.

Вперше розроблена нелінійна аналітична математична модель роботи ГСМКВ в режимі зміни передаточного відношення та уточнений вплив на динаміку варіатора процесів, що виникають при взаємодії клинового пасу з дисками шківів.

Практичне значення отриманих результатів.

Практична цінність отриманих у дисертації результатів полягає в наступному: забезпечується більш реалістичний процес проектування варіатора за допомогою розробленої нелінійної математичної моделі роботи ГСМКВ в режимі зміни передаточного відношення. На основі розробленої математичної моделі ГСМКВ створена програма в середовищі MATLAB Simulink, що полегшує процес проектування варіатора (визначає оптимальні значення жорсткості і конструктивних параметрів елементів ГСМКВ) та дозволяє моделювати процес навантаження клинового пасу при роботі ГСМКВ. В процесі моделювання програма фіксує параметри системи в цілому з подальшою можливістю побудови графіків: переміщення поршнів активного і пасивного гідроциліндрів з відповідними рухомими дисками і затвора зворотно-запобіжного клапану, тиску в напірній магістралі, в порожнинах активного і пасивного гідро циліндру, колового зусилля, сумарного натягу і початкового напруження і кутової швидкості веденого валу.

Розроблена динамічна модель ГСМКВ із врахуванням реологічних властивостей пасу дозволяє вже на стадії проектування оцінити основні характеристики роботи варіатора, відпрацювати елементи трансмісії.

Також розроблена методика використовується при вивченні гідромеханічних приводів при вивченні курсу «Деталі машин», «Обладнання автоматизованого виробництва та системи його комп'ютерного забезпечення» кафедри «Галузевого машинобудування», а також «Теорія автоматичного керування», «Гідравліка та гідропневмопривод», «Автоматизація виробництва в машинобудуванні», «Технологічні методи

підвищення надійності деталей машин», «Управління приводами машин», «Електромеханічні та гідропневматичні приводи машин», «Системи керування процесами та машинами» кафедри ТАМ.

Апробація результатів дисертації.

Методика розроблена виключно по спеціальності кафедри ТАМ для вивчення гідромеханічних приводів при вивченні курсу «Деталі машин», «Обладнання автоматизованого виробництва та системи його комп'ютерного забезпечення», а також «Теорія автоматичного керування», «Гідравліка та гідропневмопривод», «Автоматизація виробництва в машинобудуванні», «Технологічні методи підвищення надійності деталей машин», «Управління приводами машин», «Електромеханічні та гідропневматичні приводи машин», «Системи керування процесами та машинами» кафедри ТАМ.

Публікації.

Матеріали дисертації опубліковано в 1 тезах доповіді — у збірнику, виданому за матеріалами науково-технічної конференції [1].

1 АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕННЯ СИСТЕМИ «ВАРІАТОР — СИСТЕМА КЕРУВАННЯ»

1.1 Клинопасовий варіатор. Вибір напрямків дослідження

Варіатор (Hypertronic Continuously Variable Transmission) — окремий агрегат або вбудований в трансмісію машини вузол для плавної зміни передаточного числа. Варіатор складається з однієї або декількох безступінчатих передач і пристроїв, що забезпечують їх функціонування. Основна характеристика варіатора — діапазон регулювання, тобто відношення найбільшого передаточного числа до найменшого (звично 3—6, рідше 10—12) [2].

Варіатор забезпечує оптимальний швидкісний режим машини за різних умов її роботи. Наприклад, на верстаті можна підтримувати оптимальну швидкість різання на різних ділянках заготовки при обробці поверхонь обертання змінного радіусу. На ескалаторах метрополітену варіатори служать для точної підгонки швидкостей руху поручнів і сходів. Варіатор застосовують у верстатах, машинах і механізмах текстильної, паперової, хімічної промисловості, на транспорті. Поширена конструкція — клинопасовий варіатор з вбудованим електродвигуном. Застосування варіаторів як безступінчатих регуляторів швидкості (при необхідності — з програмним керуванням) значно зростає у зв'язку з можливістю використання їх для автоматизації керування виробничими процесами [2].

Винахідником клинопасового варіатора можна вважати Леонардо да Вінчі. Він в кінці XV століття зробив ескіз, на якому була зображена схема безступінчато-регульованої передачі. Але його ідеї довгий час не були затребувані, і тільки через 400 років клинопасовий варіатор вперше був виготовлений в металі. По своїй конструкції це була передача з двома розсувними шківками і гумовим клиновим пасом. Пройшли десятиліття, перш ніж

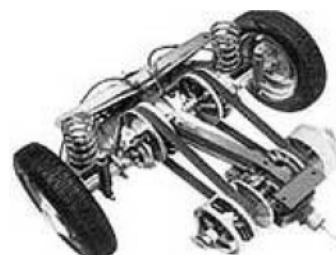
передачі даного типу стали застосовуватися як вузли трансмісій транспортних засобів, що серійно випускаються [3].

Останніми роками все частіше чути про автомобілі оснащені клинопасовими варіаторами (CVT). Аббревіатура розшифровується таким чином - CVT (Continuously Variable Transmission), що можна перевести як трансмісія з плавно змінним передаточним числом. Цей новий тип трансмісії встановлюють на автомобілі різних марок, включаючи і всі провідні японські компанії по виробництву автомобілів [2].

До недавнього часу основними недоліками варіаторів були неможливість передачі великого крутного моменту і порівняльно малий термін служби. На практиці виявилось, що при великому крутному моменті, гумовий клиновий пас проковзує, швидко зношується і часто руйнується. Тому варіатор в основному застосовують тільки на легких і відносно малопотужних моторолерах, гідроциклах і снігоходах.



а)



б)

Рисунок 1.1 - Голландські малолітражки DAF 600: а) — загальний вигляд автомобіля; б) — привід задніх коліс.

Виключенням стали голландські малолітражки DAF 600 (див. рис. 1.1), що з'явилися в 1958 році — це двох-дверний автомобільчик, з двотактним 22-сильним двоциліндровим двигуном, який передавав крутний момент на задні колеса через безступінчасту трансмісію Variomatic, конструкції власника заводу інженера Хуб ван Доорна. Таких машин в цілому зібрали близько 50 тисяч. Варіатор був далекий від ідеалу, але ван Доорн був настільки захоплений ідеєю його удосконалення, що з метою просування на ринку, в 1965 році продав виробництво легкових автомобілів фірмі Volvo (після чого

варіатор перекочував на автомобілі Volvo 3-ї серії, але потім був знятий з виробництва через малий ресурс пасу — близько 30000 км), а сам заснував фірму VDT, Van Doorne Transmissie. У 1971 році на VDT почали роботу над власною конструкцією сталевого штовхаючого пасу, що складався з величезної кількості нанизаних на дві сталеві смуги плоских сегментів, і в кінці 80-х років голландці добилися-таки успіху: всі варіатори, які з 1987 року і до теперішнього часу з'являлися на легкових автомобілях Subaru, Fiat, Ford, Nissan, Rover, Honda, оснащувалися пасами від VDT. Після того, як компанія Van Doorn Transmission створила надійну конструкцію пластинчастого металевого пасу, безступінчатий варіатор перестав бути долею лише малопотужних механізмів і почав з'являтися на автомобілях зі все більш потужними двигунами [3].

Клинопасовий варіатор Variomatic був першою в світі передачею такого типу, що успішно випускається в промислових масштабах.

З цього почалося відродження варіаторів. Теоретично, вони повинні забезпечити кращу динаміку і меншу витрату палива, ніж навіть механічні коробки передач — через те, що двигун з варіатором може завжди працювати на оптимальних обертах. Але на практиці цього досягти нелегко. Не вдається уникнути втрати енергії на привід гідронасоса, підтримуючого тиск масла у виконавчому контурі. Крім цього, для роз'єднання варіатора і ведучих коліс при зупинці використовують або гідротрансформатор (як це зробив Nissan), або пакет фрикціонів з гідроприводом. А це теж втрати потужності...

NISSAN лідирує в світі по розробці коробок передач із змінним передавальним числом - CVT (фірмова назва - Nuperg CVT). На модель, що випускається в Англії, MICRA коробка передач CVT встановлюється з 1992 року. Проте CVT, встановлена на автомобілі сегменту D з 1997 року - відкриття абсолютно нового поля діяльності. Цією трансмісією почали оснащувати моделі PRIMERA, BLUEBIRD, AVENIR з 1.8 і 2-х літровими двигунами. Ці машини - не тільки перші авто з сегменту D, на які встановлюється CVT, але і перші в світі автомобілі з дволітровим двигуном і такою коробкою передач

Обмежена потужність, яку ранні CVT могли б реалізувати, а також недовговічність і мала надійність CVT було суттєвим недоліком останніх. Сучасні ж технології роблять CVT витривалішою. Зараз Nissan має більше мільйона CVT в обслуговуванні по всьому світу і застосовує їх в потужних машинах, таких, як, наприклад, Maxima в 255 кінських сил. Надійність Nissan з сучасною CVT можна порівняти з традиційною трансмісією [4].



Рисунок 1.2 - Загальний вигляд клинопасового варіатора у виконанні привода автомобіля

Як безступінчатий вузол трансмісії найчастіше використовується автоматичний клинопасовий варіатор. В основному це пов'язано з тим, що він простий у виготовленні і технічному обслуговуванні, може виконувати роль муфти зчеплення, дозволяє понизити динамічні навантаження в трансмісії транспортного засобу. Крім того, багато відомих фірм вже накопичили достатній досвід по проектуванню і виробництву автоматичних клинопасових варіаторів різних конструкцій, що також сприяє їх розповсюдженню. Масове використання автоматичного клинопасового варіатора стримується тим, що внаслідок наявності в конструкції гумоармованого клинового пасу, що має обмежені фізичні характеристики, зміна передаточного відношення в процесі регулювання і навантаження відбувається по складному закону, залежному від великого числа параметрів.

Це, у свою чергу, ускладнює розрахунок і вибір початкових параметрів передачі при її проектуванні. При розробці нових моделей автоматичних клинопасових варіаторів виробникам доводиться витратити значну частину часу і засобів на експериментальне доведення трансмісії. Дотепер існує велика кількість задач, пов'язаних з процесами взаємодії гумоармованого пасу і шківів варіатора, досить точного рішення яких поки не існує. Існуючі рішення описують реальний фізичний об'єкт з великою похибкою. Однією з найважливіших і складніших задач є опис процесу взаємодії пасу і шківів в режимі зміни передаточного відношення варіатора.

Клинопасовий варіатор як тип трансмісії відомий давно. Його головні деталі — два розсувні шківви і з'єднуючий пас, що має в перетині трапецеїдальну форму. Він "вклинюється" в шків тільки своїми бічними поверхнями. При зносі цих поверхонь, завдяки своїй формі, останній врізається глибше в шків і все одно залишається в хорошому зачепленні з ним. Конічна робоча поверхня ведучого шківви 1, зображеного на рисунку 1.3, при дії відцентрових сил плавно стискаються і виштовхують клиновидний пас на периферійну зону шківви. Ведений же шків 2 при цьому навпаки, розводиться, і пас на ньому плавно наближається до центру шківви. Чим більші обороти веденого валу - тим більше стискається ведучий шків і розтискає ведений, тим самим міняючи передавальне число від ведучого валу до веденого. Коли обидва шківви будуть в проміжному положенні, то передача стане прямою [3].

Превага варіатора у тому, що змінювати співвідношення радіусів шківів можна плавно, а не ступінчасто, як в будь-яких коробках передач. Головне — робити це синхронно і не давати пасу проковзувати. Як правило, половинами одного з шківів керує приводний механізм (у автомобільних варіаторах — гідравлічний), а половинами другого шківви підпружиненні і відповідають на ослаблення або натяг пасу.

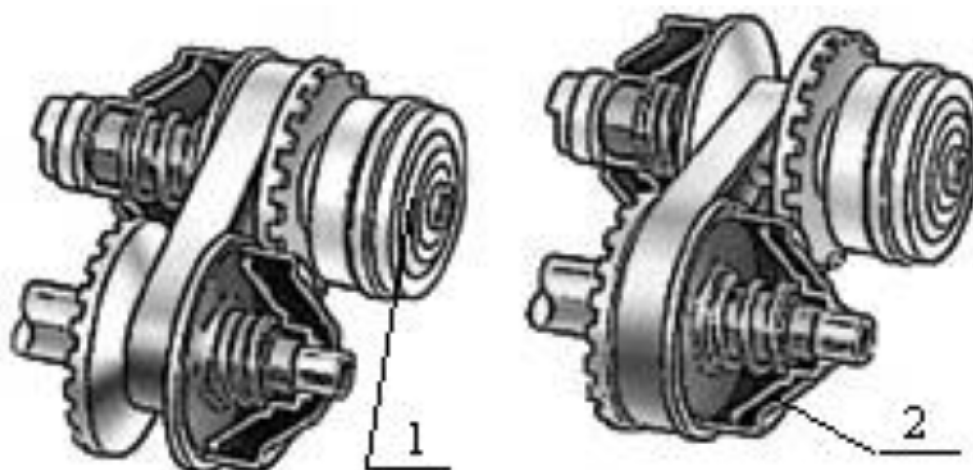


Рисунок 1.3 - Принцип дії клинопасового варіатора

CVT надається більша перевага ніж звичній автоматичній трансмісії, оскільки вона простіша, економічніша і досконаліша. Як і звичайна автоматична коробка, CVT дозволяє водію не напружуватися вибираючи передачі. Але замість її фіксованих передавальних чисел, CVT самостійно вибирає передачу з нескінченної їх кількості відповідно до умов руху і режиму, вибраного водієм.

Як альтернатива, стандартна CVT має спортивний режим, керований кнопкою на селекторі. У цьому режимі трансмісія працює в районі оборотів двигуна, при яких досягається максимальна потужність і, як наслідок, швидший розгін і гальмування двигуном. Спортивний режим вперше з'явився на даному варіаторі CVT.

Слід відзначити, що CVT є куди досконалішим типом трансмісії в порівнянні з традиційними автоматичними коробками передач. Досконалість виявляється в кращій динаміці розгону, меншій витраті палива, плавнішій їзді у автомобілів оснащених клинопасовими варіаторами. І в той же час, CVT простіший по конструкції, ніж традиційні "автомати". Думається, що в недалекому майбутньому автомобілі оснащені CVT повністю витіснять машини, оснащені звичними "автоматами" і сильно потіснять машини з "механікою" [5]

1.2 Огляд конструкцій автоматичних трансмісій і їх основних елементів

Автоматичні клинопасові варіатори застосовуються в трансмісіях автомобілів. Наприклад, в матеріалах SAE Techn. paper №820745 і №820746 повідомляється про успішне застосування варіаторного приводу, керованого за допомогою мікропроцесорів, на вдосконаленій трансмісії автомобіля «Вольво 343» з двигуном потужністю 60 кінських сил і на автомобілі «Плімут Горизонт» [6]. При цьому наголошується, що клинопасовий варіатор з гумовим клиновим пасом фірми «Gates» здатний забезпечити більше 112 тис. км пробігу, ККД варіатора складає до 85 %, тоді як 3-х швидкісна автоматична трансмісія показала лише 72,2 %.

Економічність для міського, шосейного і змішаного циклів рухів автомобіля підвищилась, відповідно на 14,4 %, 17,3 %, 15,5 % [7]

Застосування клинопасових варіаторів не обмежується трансмісіями транспортних машин. Наприклад, американськими фірмами в 1980 р. випускалося 10 моделей і модифікацій малогабаритних тракторів, де встановлювався клинопасовий варіатор [8]. Клинопасові варіатори знайшли застосування в мотоблоках, зернозбиральних комбайнах і інших сільськогосподарських машинах.

Слід зазначити вітчизняний досвід застосування автоматичних клинопасових варіаторів в трансмісіях транспортних засобів: 1971 рік - мопед «Селена» ВНІМотопром, потім мопед «Автоматик-50» і мікромотоцикл «ВКР-56» [9]. Снігохід, що серійно випускається, «Буран» і його модифікації [10]. Дослідні зразки: мотоцикл «Іж Планета-4», Мінський мотоцикл з двигуном 125 см³, мотоколяска для інвалідів «СМЗ» [11], моторолер «Тулиця3» і вантажна «Мурашка-3» [12], досліджені трансмісії автомобілів «Запорожець» [13], «Таврія» і варіант «Оки» проекту MonoCab - переможець конкурсу «Московське Таксі 2003».

Н.П.Баловнев займався дослідженням вітчизняного моторолера «Селена» [14]. Динамічна модель цього транспортного засобу була приведена до двох масової динамічної системи і є системою з двох нелінійних диференціальних рівнянь другого порядку (аналогічна система рівнянь використана в [15]). Для дослідження динаміки АКВ мототранспортного засобу автор використовував рівняння Аппеля. Ряд специфічних особливостей, властивих клинопасовим варіаторам, зокрема неголономність системи, не дозволили провести аналітичне дослідження цієї системи рівнянь з висновком конкретних залежностей. Тому вирішення системи рівнянь руху було одержане методом чисельного інтегрування із застосуванням ЕОМ. При складанні динамічної моделі клиновий пас, як і в роботах [16, 17, 18, 19], був прийнятий у вигляді гнучкої невагомої нерозтяжної нитки, а елементи варіатора і всієї трансмісії, окрім пружин, абсолютно жорсткими. Процес розгону транспортного засобу розглянутий за умови, що відцентрове зчеплення замкнуте і передає повний момент, що розвивається двигуном. Пружне ковзання клинового пасу і колеса не враховувалося. На основі аналізу розробленої моделі і порівняння результатів розрахунків з експериментальними даними автор зробив висновок, що на рух системи робить значний вплив швидкість зміни передаточного відношення варіатора унаслідок зміни інерційного моменту, залежного від величини цієї швидкості. Надмірно велика швидкість зміни передаточного відношення варіатора в період розгону мопеда приводить до зниження частоти обертання колінчастого валу двигуна і, як наслідок, до погіршення динаміки транспортного засобу. Слід зазначити, що в роботі [14] вперше досліджена динаміка клинопасового варіатора мототранспортного засобу при автоматичній зміні передаточного відношення. На основі розробленої моделі була запропонована методика спрощеного порівняльного розрахунково-конструктивного аналізу різних схем АКВ мототранспортних засобів.

Розробці і дослідженню автоматичних клинопасових варіаторів мобільних машин присвячені роботи багатьох вітчизняних, російських і

зарубіжних дослідників [9, 10, 11, 12, 14, 15], зокрема співробітників і аспірантів кафедр «Деталі машин і ПТУ» і «Автомобілі» МГТУ «МАМІ». Особливо слід виділити роботи [9] і [10], узагальнені багаторічні дослідження, що дозволили систематизувати конструктивні схеми автоматичних клинопасових варіаторів і запропонувати методики їх розрахунку і проектування. При цьому необхідно відзначити, що методики базуються на рівняннях кінетостатики і не дозволяють забезпечити необхідні тягово-динамічні характеристики транспортного засобу. Процес доведення трудомісткий, оскільки вимагає виготовлення дослідного зразка і проведення натурних випробувань.

Коректування конструкції за наслідками динамічного аналізу на базі рішення рівнянь руху, що описують варіатор і транспортний засіб, запропонована в роботах Н.П. Баловнева [14] і [15], менш трудомістка і дозволяє точніше забезпечити задані параметри як варіатора, так і транспортного засобу в цілому. На наш погляд, врахування фізико-механічних властивостей пасу, використання реальної динамічної моделі і більш спрощений її опис дозволять скоротити час і підвищити якість доведення. Тому необхідно продовжити дослідження в цьому напрямку.

У роботі Ю.М. Мартихіна [20] описана методика проведення проектних і перевірочних тягово-динамічних розрахунків транспортних засобів з автоматичним клинопасовим варіатором в силовій передачі. Методика побудована без урахування втрат на тертя в рухомих з'єднаннях шківів. Розрахунок проводиться по параметрах сталого процесу. На відміну від теорії автомобіля методика включає тільки частину основних залежностей і дозволяє визначити лише деякі характеристики, що мають безпосереднє значення для оцінки експлуатаційних властивостей транспортного засобу.

Запропонована методика дозволяє визначити залежність в часі швидкості, рушійних сил і сил опору, динамічний чинник від швидкості або частоти обертання двигуна. При цьому економічність не враховується виходячи з тих

міркувань, що потужність двигуна невелика і, як наслідок, мала абсолютна витрата палива.

У роботі Г.П. Дерунова [21] досліджена спільна робота системи двигун - АКВ і дані рекомендації за їх погодженням, оцінений вплив сил тертя в рухомих вузлах шківів на чутливість АКВ, запропоновані шляхи підвищення надійності, КПД, швидкодії і оптимізації умов роботи АКВ. Важливим висновком з виконаної роботи служить твердження, що «еластичність установки шківів», поперечна і подовжня податливість пасу істотно впливають на геометричні, кінематичні і силові показники роботи АКВ. Відповідно до цього розгляд режимів роботи слід виробляти з урахуванням того, що деформується деталей АКВ.

Практично всі математичні моделі описують тільки процес розгону ТС. У роботі Давидова А.Д [22] приведені результати дослідження процесу гальмування транспортного засобу двигуном на слизькій дорозі, одержані основні залежності.

Висновки

На основі аналізу розглянутих динамічних моделей ТС малої потужності з АКВ можна зробити наступні висновки:

— двох масові моделі не дозволяють з достатньою точністю і в повному об'ємі оцінити основні характеристики ТС. Відомі багато масові моделі надмірно складні.

— у існуючих динамічних моделях не враховуються основні фізико-механічні властивості клинового пасу.

— практично у всіх моделях пас ідеалізується і ототожнюється з ідеальною гнучкою невагомою і нерозтяжною ниткою.

— істотне уточнення математичної моделі ТС з АКВ можливе лише з урахуванням фізико-механічних властивостей пасу.

1.3 Основні характеристики клинового пасу

Одним з основних елементів клинопасового варіатора, що визначає його працездатність, є приводний пас, що являє собою складну систему - композицію з високо еластичних полімерних матеріалів, процес деформування яких має більше складний (нелінійний) характер, ніж деформування металів. Наявність яскраво виражених релаксаційних явищ у пасі приводить до необхідності користуватися характеристиками двох типів:

- рівноважними (стосовними до сталого процесу);
- кінетичними (стосовними до процесу релаксації) [23] .

Варіаторні паси для промислових машин і механізмів ГОСТ 24848.1-81, рисунок 1.4, для приводів верстатів, промислових установок, сільсько-господарських машин [24].

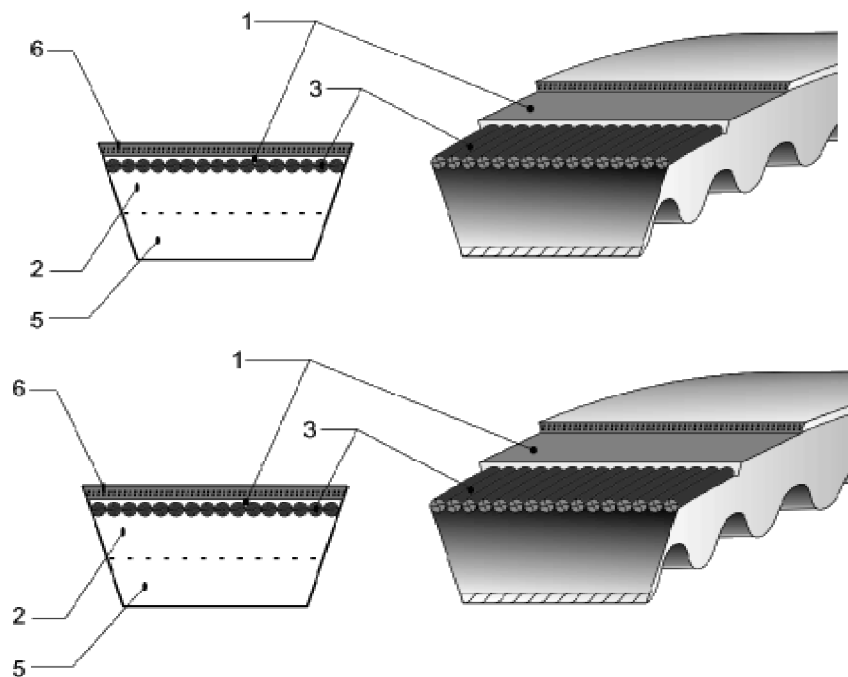


Рисунок 1.4 - Варіаторні паси для промислових машин і механізмів
ГОСТ 24848.1-81

1 - шар розтягу (гумовий шар); 2 - еластичний шар (гума); 3- несучий шар (кордшнур); 4 - шар стиску (гума); 5- обгортка

Варіаторні паси для сільгосптехніки [ГОСТ 26379-84], рисунок 1.5, що призначені для варіаторів сільськогосподарських машин, що працюють в районах з помірним і тропічним кліматом при температурі навколишнього повітря від -30 до +60С [24]. Виготовляються з формованими або нарізними зубами і без них за узгодженням із споживачем.

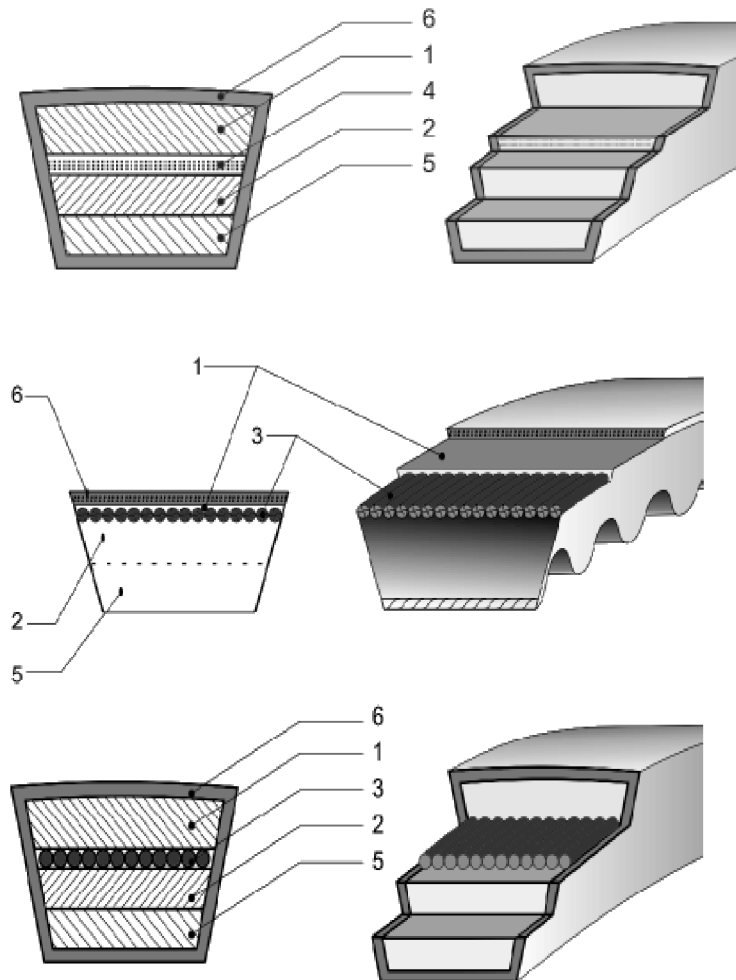


Рисунок 1.5 - Варіаторні паси для сільгосптехніки [ГОСТ 26379-84]

1- шар розтягування (гумовий шар); 2 - еластичний шар (гума); 3 - несучий шар (кордшнур для пасів кордшнурової конструкції); 4 - несучий шар (тканинний каркас для пасів кордтканевої конструкції); 5 - шар стиснення (складається з гуми); 6 – обгортка.

Паси складаються з несучого шару на основі матеріалів з хімічних волокон (кордшнура або кордової тканини), обгортувального тканинного

шару, одного чи декількох шарів гуми або шарів гуми і тканини, що звулканізовані в один шар. Паси можуть виготовлятися без обгортки бічних поверхонь або меншої основи.

Застосування в варіаторних пасах нових полімерних матеріалів, що мають високі фізико – механічні властивості, наприклад кевлар, і нових високоякісних канчуків, дозволяють варіаторному приводі з дистанційним керуванням конкурувати з автомобільними трансмісіями. Кевлар ([англ. Kevlar](#)) — торгова назва [араміда](#) — поліпарафенілен-терефталаміда, синтетичного волокна, що володіє високою міцністю (у п'ять разів міцніше сталі). Розроблений американською компанією [DuPont](#) у 1965 році, а з початку 1970-х років почате його комерційне застосування [25]. Висока ступінь упорядкованості полімеру і міцність забезпечується міжмолекулярними кисневими зв'язками.

Процес взаємодії клинового пасу з дисками шківів детально досліджений Е.М. Гутьяром, Б.А. Проніним, Р.В. Вірабовим, В.К. Мартиновим і ін. Ще на початку ХХ століття дослідженню пасових передач надавалася велика увага. Н.П. Петров [35] довів, що ковзання відбувається не на всій дузі обхвату, а тільки на частині її – дузі ковзання, тоді як на решті дуги пас рухається разом з шківом – дуга спокою. Опиту Н.Е. Жуковського [36] підтвердили висновки роботи [35]. Ковзання пасу, стосовно варіатора, описане в П. М. Огибалов, Б.А. Пронін, В.К. Мартинов, В.В. Верніцкий окрім дуг зчеплення і ковзання виділяли дуги входу і виходу. В.С. Поляков [37] розглядав тільки два перетини пасу - одне в місці набігання на відомий шків і друге в будь-якому місці дуги обхвату.

Ю.М.Мартихіним одержані прийнятні для практичного застосування залежності для визначення величин дуг входу, виходу, радіального переміщення пасу на цих дугах, осьового зусилля в сталому і перехідному процесі. У своїй роботі він стверджує, що принципова картина характеру взаємодії пасу з шківками в процесі регулювання передаточного числа така ж, як при сталому режимі роботи [38].

Вивченням впливу податливості клинових пасів на роботу клинопасової передачі займалися Р.В. Вірабов, Б.А. Пронін, Е.М. Гутьяр, Р.С. Галаджев і ін. У В.В. Верніцького [39] показано, що облік пружних властивостей пасу і пружності деталей передачі істотно впливає на кінематичні і силові характеристики клинопасового варіатора. Зроблена певна робота в оцінці пружних властивостей пасів і методів їх визначення з урахуванням особливостей реологій. У роботі Е.Н. Синякової вперше, стосовно багатошківних передач, одержані залежності, що дозволяють оцінити вплив згинальної жорсткості і подовжньої деформації пасу на зміну сумарного натягнення його гілок в процесі роботи передачі і на її тягову здатність. На основі аналізу одержаних залежностей розроблені рекомендації для вибору початкового натягу в пасовій передачі з урахуванням само натягу пасів в процесі роботи під навантаженням, що забезпечує підвищення їх ресурсу при заданій тяговій здатності. Для теоретичних досліджень була застосована теорія розрахунку гнучких деталей у області великих переміщень і прийнято умову спільності деформацій гілок пасу.

Процес просторового переміщення клинового елемента в клиновій парі був детально розглянутий Р.В. Вірабовим [40]. Автор врахував нормальні деформації контактуючих тіл. Відмітною особливістю цієї роботи стало те, що він розглянув процес навантаження клину не в різних площинах, як це робилося, наприклад, в роботах [26, 27], а в просторі. В результаті була розроблена теорія просторово-навантаженого клину, що знайшла практичне застосування при конструюванні не тільки пасових передач і варіаторів, але і конусних фрикційних муфт. Стосовно клинопасовим передач ця теорія дозволила розглянути взаємодію клинового пасу з дисками шківів з урахуванням поперечного стиснення пасу. При розгляді процесу взаємодії клинового пасу з дисками шківів Р.В. Вірабов розбивав дугу обхвату на дві дуги - зчеплення і ковзання.

С.І.Чепурной [41] на основі теорії просторово-навантаженого клину вивів аналітичні залежності, що описують сталий процес роботи передачі. Було

показано, що дуг зчеплення на шківках клинопасовий передачі немає, тобто ковзання пасу відбувається в межах всієї дуги обхвату кожного з шківів. Це твердження є достатньо спірним, воно суперечить роботам Вирабова Р.В, Шакурова Д.К [28, 42], автори яких виділяли дугу зчеплення, на якій ковзання пасу не відбувається. Використовувати представлену методику визначення наведених сил, діючих на клиновий елемент, можна тільки у разі, коли клиновий пас ковзає на всій дузі обхвату при регулюванні варіатора.

Основні залежності і порядок розрахунку клинопасових передач описані в [43, 44]. Показано, що на процеси, що відбуваються при роботі пасової передачі, істотний вплив роблять способи натягу пасу, їх варіанти і порівняння описано в [27, 28].

У роботі Гутьяра Е.М вперше одержані аналітичні залежності для визначення осевого зусилля, необхідного для зближення дисків шківів клинопасового варіатора з урахуванням впливу радіальних сил тертя, діючих на бічні поверхні пасу. Основним висновком з аналізу одержаної залежності значення осевої сили є те, що облік радіальних сил тертя підвищує значення осевої сили, необхідної для зближення дисків шківів варіатора [31].

У роботі [45] розглянута деформація зубчатих пасів при вигині і розтягуванні. Були одержані залежності для визначення кута клину деформованого пасу при чистому вигині. Без урахування зубів для однорідного клинового пасу такі залежності одержані в [26]. Важливим висновком з [45] є те, що врахована роль дуги зчеплення (спокою) і показана можливість передачі на ній частини окружного зусилля.

Прикладна теорія передач гнучким зв'язком, розроблена В.К. Мартиновим. В ній розглядаються особливості поведінки фізично реального гнучкого зв'язку, а не ідеальної нитки — автор розглянув вільні гілки пасу з урахуванням наявності у пасу згинальної жорсткості і запропонував рівняння для опису їх форми. Одержані рівняння добре описуються параболічною залежністю [33]. Ю.М. Мартихин також запропонував

траєкторію руху гнучкого зв'язку на дугах входу і виходу описувати параболою, але без висновку рівнянь [20].

У Н.П.Баловнева, С.АВласенка описані основні характеристики клинопасових пасів і методи їх випробувань. Відповідно до вимог, що пред'являються до клинопасових пасів, ключовими характеристиками є величини передавальної потужності, довговічності, а також механічної міцності і подовження, які визначають тягові характеристики пасу і його міцність на розшарування. Випробування пасів підрозділяють на статичні і динамічні [17]. До статичних відносяться випробування на міцність і розтягування, а також на міцність зв'язку між елементами конструкції. При динамічних випробуваннях визначають стійкість до багатократного вигину (з передачею потужності і без неї) і тягову здатність.

Таким чином, з приведенного аналізу можна зробити наступні висновки:

1) В даний час немає загального підходу до опису процесу взаємодії клинового пасу і дисків шківів, кожне явище описується на основі приватних допущень, ці описи не зв'язані між собою.

2) Основними характеристиками клинового пасу, що роблять вплив на взаємодію клинового пасу і дисків шківів, є: приведені модулі пружності при розтягуванні, стиску і вигині, величина коефіцієнтів тертя спокою і ковзання пари «пас-шків».

1.4 Системи керування клинопасовим варіатором

Ефективність використання клинопасових варіаторів визначається раціонально вибраною системою керування. Пошуку оптимальних систем керування присвячено значна кількість робіт [46, 47–52, 53]. Найбільше уваги цьому питанні приділяється в [53].

Регулювання клинопасового варіатора може здійснюватися переміщенням одного або двох шківів. При одному регульованому шківу, зображеному на рисунку 1.6 міжосьова відстань варіатора в процесі

регулювання швидкості повинна змінюватися. У передачах з двома регульованими шківками відстань між їх осями постійна (див. рис. 1.6 б, в).

Переміщення дисків може здійснюватися безпосереднім їх переміщенням регулюючим механізмом (див. рис. 1.6 б) або ж пружинами, а також самим пасом при зміні його натягу. В останньому випадку диски регульованого шківки пов'язані з пружиною. Натяг пасу змінюється при одному регульованому шківки переміщенням валу (див. рис. 1.6 а), при двох регульованих шківках – примусовим переміщенням дисків другого шківки (див. рис. 1.6 в).

У кожному регульованому шківки переміщаються або обидва диски одночасно (див. рис. 1.6 б), або тільки один з них, тоді як інший залишається нерухомим (рис. 1.6 в).

Якщо діапазон регулювання однієї передачі недостатній, використовують двухступінчаті варіатори (див. рис. 1.6 г, д) з двома, послідовно розташованими, передачами цього типу. Наприклад, варіатори ходу комбайнів "Нива" і "Колос" виконані по даній схемі. В них можуть регулюватися або два шківки з чотирьох або всі чотири шківки [27].

В роботі Пурдика В.П. [53] відомі системи керування клинопасовим варіатором згруповані таким чином.

За способом керування: ручне, автоматизоване і автоматичне керування.

По виду енергії, що живить систему керування: механічні, електричні, пневматичні, гідравлічні і комбіновані системи.

Основною експлуатаційною характеристикою варіатора є тягова здатність, яка залежить від якості окремих деталей (пасу, шківків і ін.) і ефективності системи керування. Оскільки осьові сили на ведучому і веденому валах різні і змінюються в залежності від навантаження [27], то систем керування варіатором повинна відповідним чином формувати сили натиску, які змогли б забезпечувати необхідну тягову здатність. Ступінь відповідності сил натиску осьовим зусиллям може бути одним з основних показників якості системи керування клинопасовим варіатором. Важливими

показниками також є – простота конструкції, зручність і надійність в експлуатації, невисока енергоємність.

Розглянемо принцип дії, переваги і недоліки основних систем керування варіатором.

Клинопасові варіатори з ручним механічним керуванням використовуються, як правило, в стаціонарних приводах, передаточне відношення яких змінюється рідко.

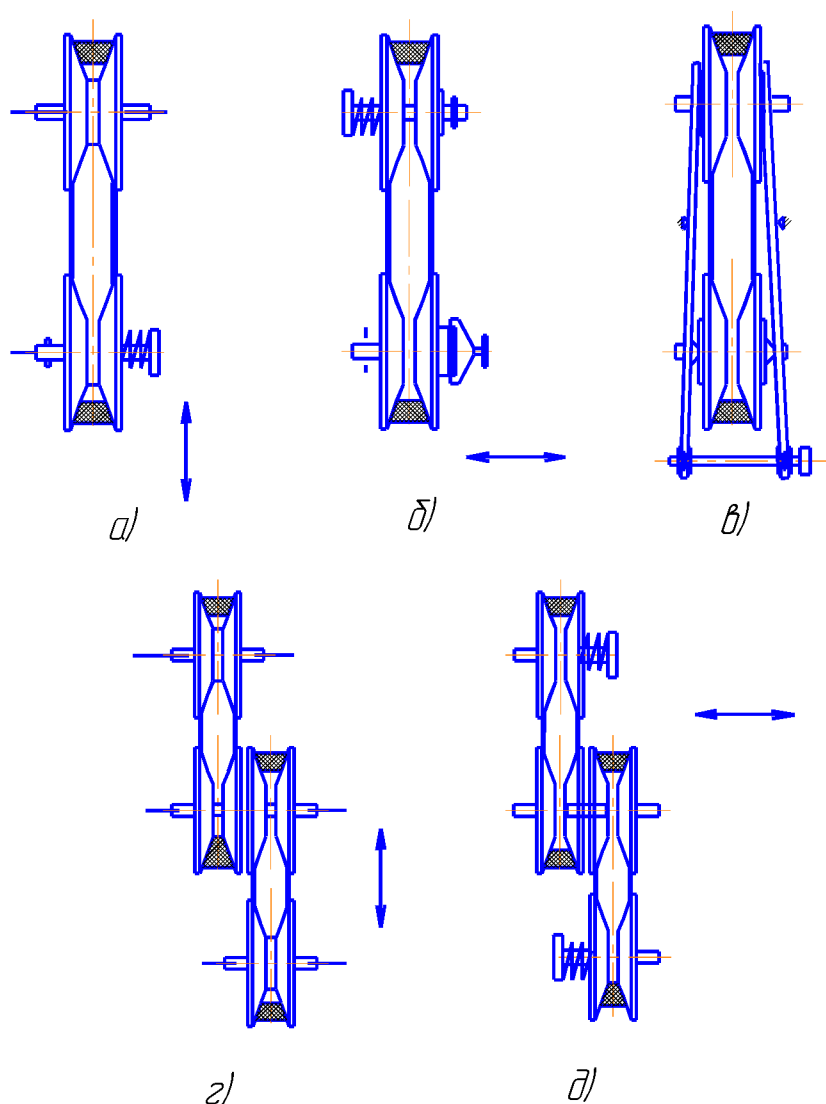


Рисунок 1.6 - Схеми керування клинопасовими варіаторами

Простим прикладом такої конструкції є варіатор, виконаний по схемі, зображеній на рисунку 1.6 а [53]. В цьому випадку регулювання передаточного відношення виконується переміщенням веденого валу за

допомогою гвинтових, кулачків і інших виконавчих механізмів. Досконаліша конструкція з двома регульованими шківками. Приклад останньої представлений на рисунку 1.7 [54]. В даному випадку регулювання передаточного відношення здійснюється за допомогою проміжного шківки 2, що має профільовану канавку і встановленого з ексцентриситетом на валу 3. Кожний з чотирьох дисків ведучого і веденого 1 і 4 шківків виконаний рухомим і контактує по зовнішньому діаметру з бічними поверхнями канавки проміжного шківки 2. Останній при обертанні валу 3 навколо своєї осі, переміщується відносно шківків 1 і 4, внаслідок чого пара дисків одного шківки зближується, а пара іншого - розходяться або навпаки. Для реалізації оптимальної тягової здатності даного приводу використовується паралельно з пружинами шариковий кулачковий механізм 5 двохсторонньої дії, що дозволяє експлуатувати його з однаковою ефективністю в прямому і реверсивному режимах.

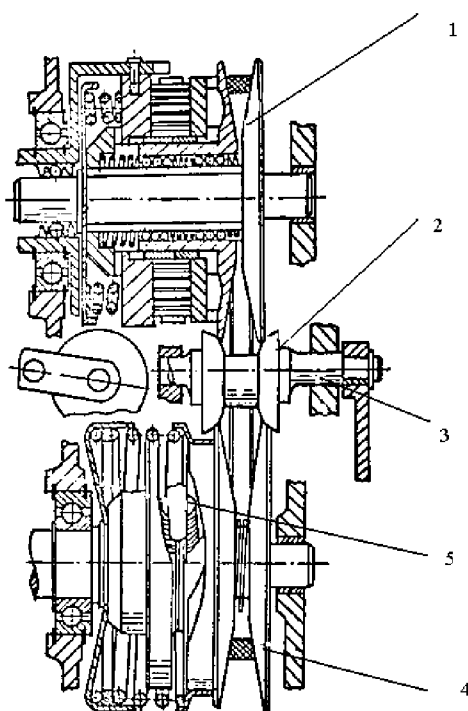


Рисунок 1.7. Клинопасовий варіатор з механічною системою керування (Пат. США №4380444)

Існують варіаторні приводи з дистанційним ручним керуванням, яке реалізується за допомогою механічних (зубчатих або ланцюгових) передач, нап-

риклад, варіатор молотильного барабана зернозбирального комбайна СК-5 [55].

До недоліків ручного керування варіатором слід віднести складність здійснення дистанційного керування, а також неефективність процесу регулювання передаточного відношення, що потребує витрат часу і м'язових зусиль.

Досконалішими в порівнянні з вищезазначеною є автоматизовані системи керування. В цьому випадку процес регулювання не вимагає витрат м'язової енергії оператора, більш короткчасніший і легко здійснюється дистанційно. В таких системах керування для безпосередньої дії на об'єкт регулювання використовують електричні, пневматичні або гідравлічні сервоприводи.

Необхідність створення дистанційної автоматизованої системи керування варіатором пов'язана з тим, що останній в багатьох технологічних і мобільних машинах розташований достатньо далеко від оператора. В цьому випадку регулювання найбільш раціональне виконувати безпосередньо з місця оператора за допомогою дистанційного керування, контролюючи результати по відповідних вимірювальних приладах.

Наприклад, дистанційне керування приводом мотовила і вентилятора в зернозбиральному самохідному комбайні "Єнісей КЗС 960-01" [56], що призначений для прибирання зернових колосових культур, а також, при можливості зміни режимів роботи молотильного пристрою і режиму продувно-решітчастого очищення комбайн може прибирати зернобобові культури, насіннєві трави і олійні культури.

Зміна режимів роботи молотильного пристрою забезпечується зміною частоти обертання мотовила – гідроциліндром клинопасового варіатора приводу мотовила, керованими з робочого місця оператора.

Привід системи продувно-решітчастого очищення здійснюється колінчастим коливальним валом через клинопасову передачу від валу головного контрприводу з правого боку. Вентилятор очищення – осьовий, двохпотоківий. Перший потік йде на обдування жалюзійної надставки

струшувальної дошки, а другий – на обдувши верхньої і нижньої решітки з подовжувачем. Привід вентилятора клинопасовий варіаторний, керується з робочого місця оператора.



Рисунок 1.8. Комбайн зернозбиральний "Енисей КЗС 960-01"

Оригінально розв'язується питання регулювання варіатора в системі керування по патенту Франції №4056015 [57], поданий на рисунку 1.9, що складається з двох гідроциліндрів 1, 2 і спеціального регулюючого пристрою 3, який розташований в каналі живлення гідроциліндра веденого шківів і здійснює разом з ним обертальний рух. Принцип регулювання пристрою заснований на відцентровому ефекті. У режимі регулювання, після подачі в гідроциліндр ведучого шківів тиску, пас витискується на більший діаметр, а на веденому відповідно на менший. Внаслідок чого частота обертання веденого валу збільшуватиметься, а рідина з гідроциліндра 1 веденого валу йтиме на злив під дією відцентрових сил. При цьому знижуватиметься тиск і зменшиться осьове зусилля натиску на ведений шків. Розглянута система керування за принципом дії регулятора аналогічна механічній системі з відцентровим регулюванням, але має деякі, переваги перед ним зважаючи на відсутність в конструкцію окремих чутливих елементів діючих один на

одного в процесі регулювання безпосереднім контактом, що підвищує його надійність.

Основні задачі, пов'язані з оптимальним регулюванням робочих характеристик клинопасового варіатора, вирішує гідравлічна система керування [49], наведена на рисунку 1.10.

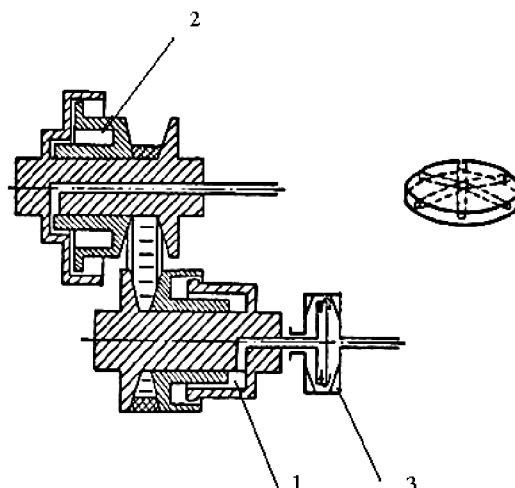


Рисунок 1.9. Система керування клинопасовим варіатором на основі гідростатики відцентрової дії (Пат.Франції №4056015)

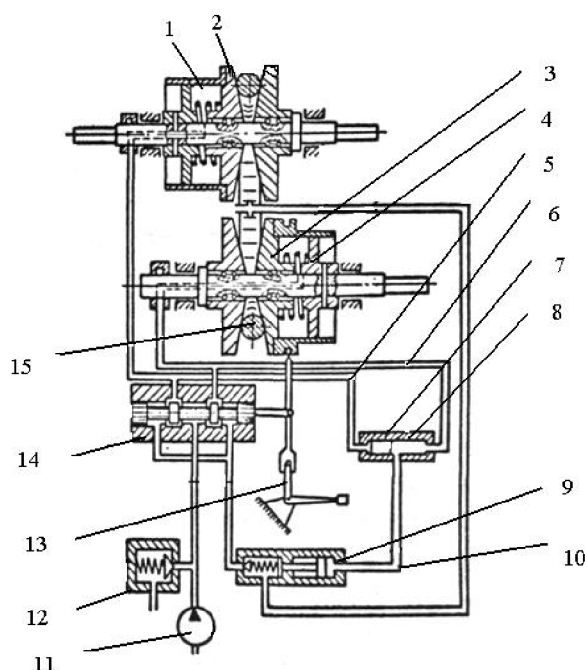


Рисунок 1.10. Система керування варіатором на основі гідравтоматики (Пат. Великобританії №1200668)

1.5 Аналіз результатів дослідження автоколивань в гідроприводі системи керування клинопасовим варіатором

Автоколивання в ГСККВ є як досить мало досліджуваною так і актуальною проблемою. Проте в інших системах дослідження автоколивань все ж проводяться, але це здебільшого матеріали наукових статей, автореферати дисертацій, тощо.

Тематика досліджень коливань розвивається як у напрямку розвитку методів аналізу покращення якості та вірогідності розв'язків поставлених проблем і задач стосовно запобігання небажаних впливів вібрацій і іншого динамічного впливу на людину, обладнання та навколишнє середовище на основі більш ефективного використання потенційних можливостей сучасних інтелектуальних вимірювальних, експериментальних і управляючих засобів.

В дисертації Цабанської— Плакевич Катажиної вказується актуальність аналізу і демпфування вимушених коливань технічних систем, машин, інженерних та будівельних конструкцій, а також необхідність більш детальнішого дослідження багатьох ефектів і процесів, дія яких приводить до виникнення аварійних і катастрофічних ситуацій [58].

У розглянутих останньою роботах при аналізі дисипативних механічних систем в основному враховується окремо один із видів тертя (внутрішнє, зовнішнє або конструктивне) або пристрій для демпфування коливань.

У роботі [58] відповідно до вимог забезпечення безпеки і тенденцій розвитку сучасної техніки і будівельних споруд розв'язана проблема розробки ефективного методологічного і математичного апарату дослідження та виявлення закономірностей вільних і вимушених коливань неоднорідних механічних систем із пружних несучих елементів у вигляді тросів, балок, валів, пластин і оболонок з в'язко пружним заповнювачем під дією стаціонарних і рухомих навантажень, зосереджених і розподілених сил. Основою апарата є новий підхід до розв'язання задач про вільні та вимушені коливання неоднорідних в'язко пружних механічних систем, що базується на

побудові аналітико-чисельних розв'язків задач динаміки неоднорідних механічних систем із пружних несучих елементів з в'язко пружним заповнювачем, що дозволяє при розробці сучасної техніки вибирати раціональні геометричні, фізико-механічні параметри несучих елементів і в'язко пружних шарів з метою розв'язання важливих прикладних задач створення раціональних конструкцій з точки зору своєчасного запобігання критичних станів, що характеризуються необмеженим зростанням значень функцій прогинів (для неперіодичного навантаження), або резонансних режимів коливань (для періодичних навантажень).

В дисертаційній роботі автор — Мохамед С.А. Альджарат [59] відмічає, що динамічна дія пасової передачі на шпindelь верстата обумовлена поперечними коливаннями пасів обох гілок передачі як системи з розподіленими параметрами. Поперечні коливання пасів генерують динамічні навантаження в широкому частотному діапазоні з резонансними частотами, які відповідають частотам власних форм коливань пасів обох гілок пасової передачі, і складають 12..17 Гц і 145..155Гц. Однак, релаксаційні явища в цій роботі взагалі не розглядаються.

У роботі Муль О.В. [60] проведений системний аналіз автоколивальних процесів в дискретних системах керованих машинних агрегатів, динаміку яких описано за допомогою системи звичайних диференціальних рівнянь п'ятого порядку. Досліджено характер збудження і встановлення автоколивальних в керованому машинному агрегаті з дискретними параметрами. Показано, що можливе збудження як стійких одно частотних режимів на перших двох частотах, так і бігармонічного режиму, що з часом в залежності від початкових умов переходить в один з одно частотних. Для оптимізації дискретних систем керованих машинних агрегатів необхідно використовувати різні зворотні зв'язки, що дають можливість цілеспрямовано змінювати динамічну характеристику двигуна і зменшувати шкідливий вплив автоколивальних на функціонування машинних агрегатів. А також розроблено наближений аналітичний метод аналізу складних неперервно-дискретних

систем за сформульованими в роботі лінійними математичними моделями. За розробленим методом вперше в виді нерівностей одержано умови самозбудження автоколивань в неперервно-дискретних системах транспортних трубопроводів та керованих машинних агрегатів, з яких легко визначити частоти, на яких в системі можливі автоколивальні процеси. В цій же роботі проведено аналіз впливу різних фізичних параметрів неперервно-дискретних систем транспортних трубопроводів та керованих машинних агрегатів на частоти і амплітуди можливих в них автоколивальних процесів. Для оптимізації неперервно-дискретних систем транспортних трубопроводів доцільне застосування спеціального демпфера Ланчестера, а для оптимізації неперервно-дискретних систем керованих машинних агрегатів - використання різних зворотних зв'язків, що дозволяє зменшити шкідливий вплив автоколивань на функціонування систем та підвищити їх надійність за рахунок зменшення інтервалу частот і амплітуд можливих автоколивань.

Дана робота [60] досить стисло і аргументовано висвітлює актуальність розробок, однак системи звичайних диференціальних рівнянь п'ятого порядку, що описує динаміку дискретних систем керованих машинних агрегатів не враховують не лінійність релаксаційних характеристик верстату.

У дисертаційній ній роботі Логвиненко К.С. [61] вперше встановлено, що найбільший вплив на характер пружних коливань тримасової ЕМС мають жорсткість механічної характеристики електроприводу, жорсткість лінви й кут нахилу стріли. Доведено необхідність застосування корегуючого зворотного зв'язку за різницею швидкостей трьох мас для підвищення демпфуючої здатності електропривода. Вперше запропоновано методіку вибору оптимального коефіцієнта корекції, що забезпечує найбільше демпфування коливань тримасової ЕМС у перехідних режимах. При цьому тривалість перехідного процесу скорочується у 15 – 20 разів, а коефіцієнт динамічності зменшується на 15 – 20 %. Для реалізації запропонованої корекції синтезовані стежучі пристрої повного і зниженого порядків. Виведено вирази для розрахунку коефіцієнтів у ланцюгу зворотного зв'язку

спостерігачів. Встановлено, що доцільно використовувати біноміальну форму розподілу коренів характеристичного рівняння стежачих пристроїв, як таку, що забезпечує найкращу якість роботи спостерігачів. Доведено низьку чутливість спостерігачів до неузгодженості параметрів, при цьому допускається розбіжність реальних і розрахункових параметрів системи у два рази. Рекомендовано застосування скороченого стежучого пристрою зниженого порядку, який виявляється найбільш зручним у реалізації. Сформульовано вимоги до системи керування електропривода. Запропоновано функціональну схему й алгоритми мікропроцесорного керування, що реалізують необхідні функції.

Отже, з вищенаведеного можна зробити наступні висновки:

1) тематика досліджень коливань розвивається як у напрямку розвитку методів аналізу покращення якості та вірогідності розв'язків поставлених проблем і задач стосовно запобігання небажаних впливів вібрацій і іншого динамічного впливу на людину, обладнання та навколишнє середовище на основі більш ефективного використання потенційних можливостей сучасних інтелектуальних вимірювальних, експериментальних і управляючих засобів;

2) практичні проблеми аналізу і демпфування вимушених коливань технічних систем, машин, інженерних та будівельних конструкцій залишаються актуальними для багатьох країн світу і сфери їх досліджень продовжують розширюватися;

3) у наведених роботах при аналізі дисипативних механічних систем в основному враховується окремо один із видів тертя (внутрішнє, зовнішнє або конструктивне) або пристрій для демпфування коливань.

1.6. Мета і задачі дослідження

Метою дисертації є розробка методологічного і математичного апарату аналітичного дослідження перехідних процесів в системі «варіатор-система керування» при зміні передаточного відношення та виявлення

закономірностей виникнення релаксаційних автоколивань, при врахуванні реологічних властивостей пасу в ГСККВ, що збільшує динамічні навантаження в режимі зміни передаточного відношення варіатора, коливальність та тривалість перехідного процесу. А також виявити області параметрів, при яких виникають релаксаційні автоколивання; вибір конструктивних заходів, що зменшують інтенсивність коливань.

Для досягнення цієї мети необхідно розв'язати наступні задачі:

- 1) розробити математичну модель ГСККВ з врахуванням реологічних властивостей пасу;
- 2) дослідження впливу параметрів гідромеханічної системи (ГМС) на якість перехідних процесів;
- 3) побудувати загальний розв'язок задач динаміки ГСККВ, що створює можливість аналізувати за допомогою інструментів Control Systems Toolbox, μ -Analysis and Synthesis Toolbox, Robust Control Toolbox, System Identification Toolbox, LMI Control Toolbox, Model Predictive Control Toolbox, Model-Based Calibration Toolbox середовища MATLAB перехідні процеси в ГСККВ при зміні передаточного відношення;
- 4) визначити характер автоколивань, їх негативну дію на ГСККВ;
- 5) визначити причини автоколивань, що виникають при врахуванні реологічних характеристик пасу в гідравлічному приводі ГСККВ, в режимі зміни передаточного відношення;
- 6) розробити рекомендації уникнення чи зменшення впливу автоколивань на експлуатаційні характеристики варіатора;
- 7) виявити області параметрів, при яких виникають автоколивання.

2 НАУКОВО-ДОСЛІДНА ЧАСТИНА

2.1 Предмет та задачі дослідження

Магістерська кваліфікаційна робота присвячена дослідженню динамічних процесів, що відбуваються в системі дистанційного керування варіаторним приводом молотильного барабану зернозбирального комбайна в режимі зміни передаточного відношення.

Режим роботи молотильного агрегату в значній мірі визначає якість роботи сепаруючих органів комбайна в цілому, тобто втрати зерна, його недомолот та подріблення. Тому дуже важливо забезпечити ефективне керування варіатором [54].

Значна частина зернових культур обмолочується на частотах обертання молотильного барабану в межах від 900 до 1200 об/хв. Нижня межа рекомендується для обмолоту сухих, легкообмолочувальних культур, а верхній – для важкообмолочувальних сортів зернових, а також для повного обмолоту вологого та засміченого збіжжя. Бобові культури та соняшник обмолочують на частотах барабану 300 – 500 об/хв.

Вищенаведене підтверджує необхідність безступінчастого регулювання частоти обертання молотильного барабану комбайна.

Галузева науково-дослідна лабораторія «Гідроагрегат» ВНТУ розробила та впровадила у виробництво дистанційну систему керування клинопасовим варіатором на основі гідравтоматики, замість попередньої ручної механічної системи, що значно підвищило ефективність регулювання варіатором.

Загальний вид такого приводу представлено на рис.2.1.

Основними складовими системи є спеціальні гідроциліндри, трьох позиційний розподільник та зворотно-запобіжні клапани. Гідроциліндри призначені для переміщення рухомих напівшківів і почергово, в залежності від напрямку зміни передаточного відношення, виконують роль пасивного або активного органа.

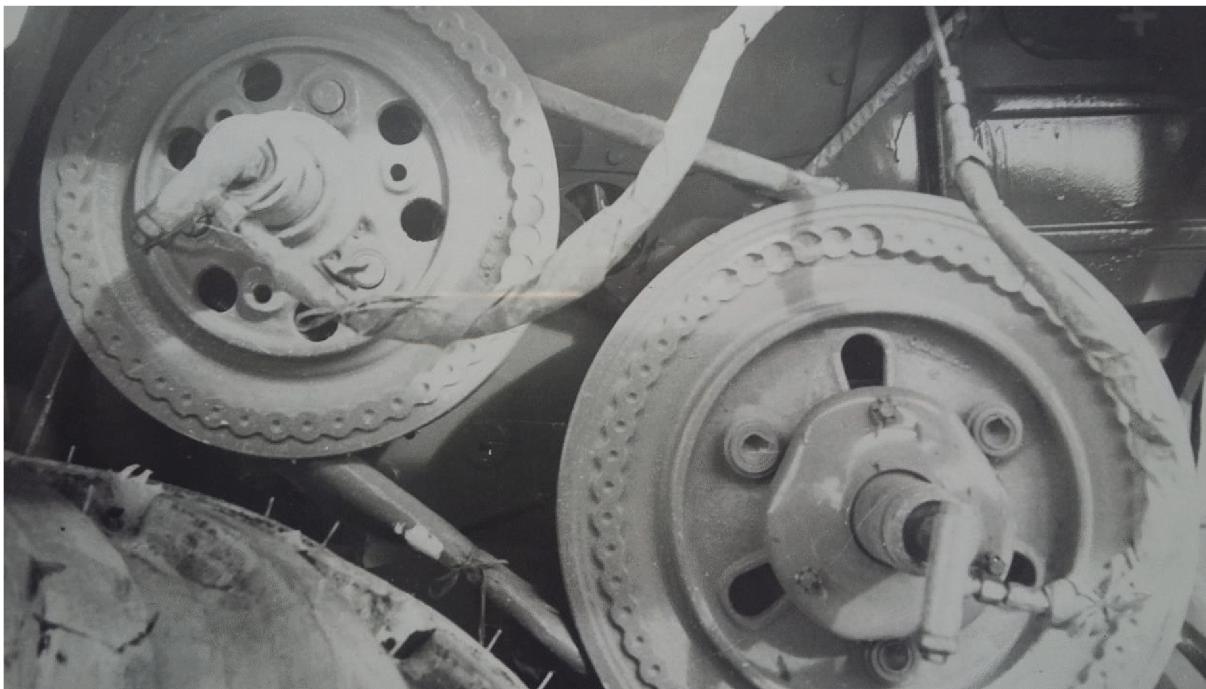


Рисунок 2.1 – Загальний вид варіаторного привода молотильного барабана зернозбирального комбайна

В наведеній системі гідроавтоматики успішно використовуються регулюючі гідроагрегати, конструкція яких побудована на нетрадиційних складових, а саме, на використанні в якості запорно-регулюючого органу еластичних елементів. Особливості функціонування зворотно-запобіжного клапана (ЗЗК) в такій системі вимагає від його технічних характеристик, крім традиційних – герметичність, статична точність, швидкодія, ще і специфічні, наприклад, нечутливість, в певних межах, до коливань тиску у виконавчому гідроциліндрі.

Конструкція ЗЗК представлена на рисунку 2.2. В корпусі 1 клапана розташований підпружинений затвор 6, з яким взаємодіє еластичний запорно-регулюючий орган 16. Така комбінація основних елементів значно спрощує конструкцію та технологію виготовлення клапана і, в той же час, надає високі робочі характеристики по герметичності та статичній точності.

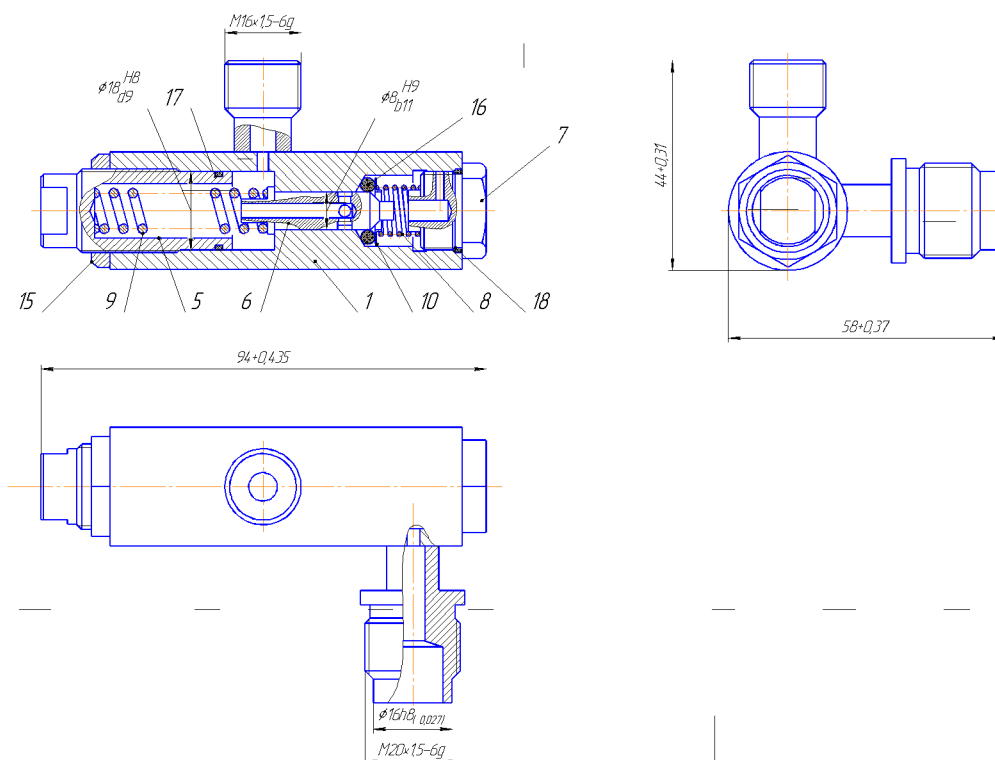


Рисунок 2.2 – Конструкція зворотно-запобіжного клапана

В цілому варіаторний привод молотильного барабана досить потужний, приблизно 40 кВт, має масивні та габаритні шківви, а також навантаження з великою інерційною складовою тому його робота, особливо в режимі зміни передаточного відношення, представляє значний науково-технічний інтерес.

2.2 Математична модель системи дистанційного керування клинопасовим варіатором

Динамічні процеси в системі гідроавтоматики дистанційного керування клинопасовим варіатором (СДККВ) описуються диференційними рівняннями (згідно розрахункової схеми рис.2.3), складеними при наступних припущеннях: довжини трубопроводів малі, внаслідок чого не враховувалися гідравлічні втрати і хвильові процеси; температура робочої рідини, коефіцієнти втрати через дросельний і клапанний елементи, коефіцієнт тертя паса об шківви, дуги обхвату, а також момент на ведучому валу приймалися

постійними; витрати в гідроциліндрах не враховувались; податливості порожнин, а також стисливість робочої рідини враховувалися як середні величини для даного діапазону зміни тиску [61]; приймалося, що пульсація подачі насоса фільтрується податливістю напірної магістралі; проковзування паса відносно шківів відсутнє.

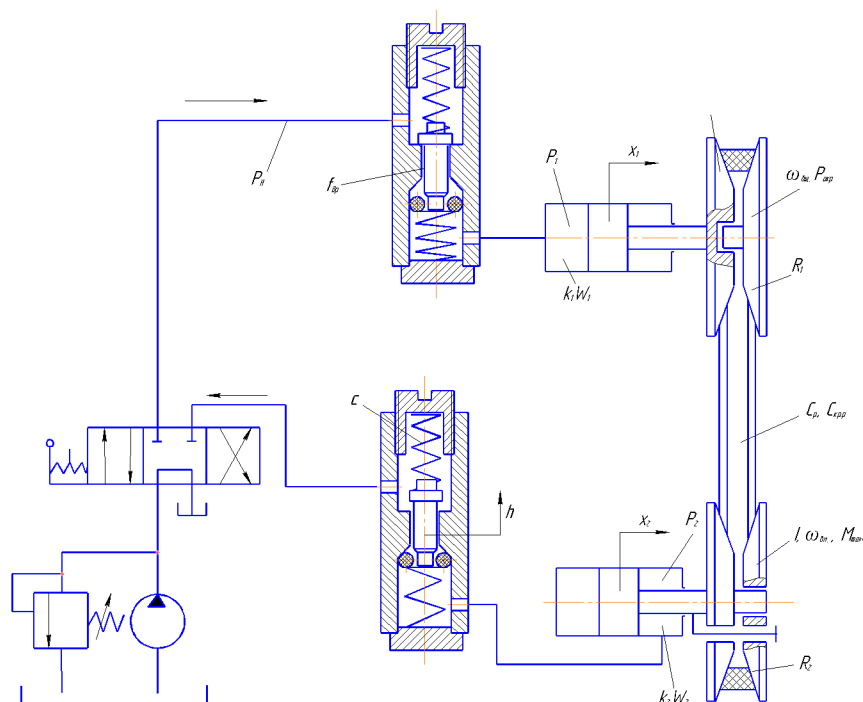


Рисунок 2.3 – Гідромеханічна схема клинопасового варіатора дистанційним керуванням на основі 3ЗК

Система диференціальних рівнянь складається: з рівнянь нерозривності потоків рідини, складених для магістралі нагнітання (2.1), порожнин активного (2.2) і пасивного(2.3) гідроциліндрів; рівнянь рівноваги сил, діючих на поршні активного (2.4), пасивного (2.5) гідроциліндрів і затвор 3ЗК (2.6); урівноваження моментів (2.7), прикладених до веденого валу; рівняння кінематичної в'язкості (2.8) кутових швидкостей ведучого і веденого валів.

Тоді:

$$Q_H - \sigma_H \cdot p_H = B_{op}(p_H - p_1) + k_H \cdot W_H \cdot sp_H; \quad (2.1)$$

$$B_{op}(p_H - p_1) = f_1 \cdot sX_1 + k_1 W_1 \cdot sp_1; \quad (2.2)$$

$$f_2 \cdot sX_2 = B_{кл} \cdot f_{ок} \sqrt{p_2 - p_3} + k_2 W_2 \cdot sp_2; \quad (2.3)$$

$$m_1 s^2 X_1 = f_1 p_1 - \beta_1 sX_1 - F_{mp1} \operatorname{sign} sX_1 - \frac{F_t}{2f_{mp}} \cos \frac{\varphi}{2} - \frac{\alpha_{n1}}{2 \operatorname{tg} \frac{\varphi}{2}} (F_1 + C_p \Delta L - F_u) - C_c \Delta b; \quad (2.4)$$

$$m_2 s^2 X_2 = \frac{F_t}{2f_{mp}} \cos \frac{\varphi}{2} + \frac{\alpha_{n2}}{2 \operatorname{tg} \frac{\varphi}{2}} (F_2 + C_p \Delta L - F_u) + C_c \Delta b - \quad (2.5)$$

$$- f_2 p_2 - \beta_2 sX_2 - F_{mp2} \operatorname{sign} sX_2;$$

$$m_3 s^2 h = f_3 p_2 - F_{mp3} \operatorname{sign} sh - \beta_p sh - C_{np}(h_0 - h); \quad (2.6)$$

$$I s \omega_{ам} = R_2 \cdot F_t - M_{мехн} - M_{mp} - \beta_4 \omega_{ам}; \quad (2.7)$$

$$sF_t = \frac{C_{kp}}{R_2} \left(\omega_{вц} \frac{R_{01} + K_x X_1}{R_{02} - K_x X_2} - \omega_{ам} \right). \quad (2.8)$$

У рівняннях (2.1-2.8) використані наступні позначення: $p_H; p_1; p_2; p_3$ - тиск в напірній магістралі, в порожнинах активного і пасивного гідроциліндрів і в зливній магістралі, відповідно; $X_1; X_2; h$ - координати поршнів активного, пасивного гідроциліндрів з відповідними рухомими дисками і затвора ЗЗК, відповідно; Q_H - теоретична подача насоса; σ_H - коефіцієнт витоків насосної станції; $B_{др} = \mu_{op} f_{др} \sqrt{\frac{2}{\rho}}$ провідність дроселя; $B_{кл} = \mu_{кл} \sqrt{\frac{2}{\rho}}$ - постійна робочого вікна ЗПК; ρ - густина робочої рідини; $\mu_{op}; \mu_{кл}$ - коефіцієнти витрат робочих вікон дроселя і клапана; $f_{др}$ - площа робочого вікна дроселя; $f_{ок}$ - площа робочого вікна ЗЗК; $W_H; W_1; W_2$ - об'єми порожнин напірної магістралі, активного і пасивного гідроциліндрів; відповідно; $K_H; K_1; K_2$ - коефіцієнти

податливості порожнин $W_H; W_1; W_2$ з урахуванням стисливості рідини, відповідно; f_1, f_2 - площі поршнів активного і пасивного гідроциліндрів; f_3 - площа торцевої поверхні затвора ЗПК; m_1, m_2, m_3 - приведені маси рухомих елементів активного і пасивного гідроциліндрів і маса затвора ЗПК, відповідно; F_t - колове зусилля; F_1, F_2 - натягу ведучої і ведучої гілок паса; $F_{mp1}, F_{mp2}, F_{mp3}$ - приведені сили тертя, перешкоджаючі переміщенню поршнів активного і пасивного гідроциліндрів з відповідними рухомими дисками шківів і затвора ЗПК, відповідно; $C_p; C_c$ - жорсткість паса при розтягу і стиску; $\Delta L; \Delta b$ - деформація паса при розтягу і стиску; $C_{кр}$ - крутна жорсткість веденого валу; C_{np} - жорсткість пружини ЗПК; h_0 - попередній стиск пружини ЗПК; $\beta_1, \beta_2, \beta_3$ - коефіцієнти демпфування поршнів активного і пасивного гідроциліндрів і затвора ЗПК, відповідно; β_4 - коефіцієнт демпфування приводного паса; α_n - кут зчеплення; φ - кут канавки шківів; f_{mp} - коефіцієнт тертя приводного паса об шків; $\omega_{вщ}; \omega_{вм}$ - кутові швидкості провідного і відомого валів; R_{01}, R_1, R_{02}, R_2 - початкові і поточні значення радіусів розміщення паса на провідному і ведучому шківах, відповідно; k_x - коефіцієнт передачі осьового переміщення рухомого диска шківа в радіальне переміщення паса; I - момент інерції відомого валу з приєднаними до нього масами; $M_{техн}, M_{тр}$ - моменти опору технологічного навантаження і тертя; s - оператор диференціювання.

У математичній моделі СДККВ приводний пас представлявся як у вигляді лінійно-пружної ланки, процес деформації якого підпорядковується закону Гука, так і у вигляді ланки з в'язко-пружними властивостями по моделі Кельвіна-Фохта.

Імітаційні дослідження проводились в середовищі MATLAB Simulink шляхом аналізу перехідних процесів, що відбувались в системі «дистанційне гідравтоматичне керування – клинопасовий варіатор».

Специфіка динаміки клинопасового варіатора при зміні передаточного відношення полягає в тому, що швидкість такого переводу повинна бути

оптимальною. Наприклад, дослідженнями багатьох спеціалістів по передачам гнучкою ланкою [15,28,46,54] доведено, що чим швидше відбувається процес зміни передаточного відношення, тим менш «слухняно» себе поводить варіатор. Також в результаті проведених досліджень встановлено, що для системи клинопасового варіатора з дистанційним гідравлічним керуванням, також несприятливими є малі швидкості його переводу на новий кінематичний режим.

В цілому конструктивна система варіатора, при наявності оптимальних співвідношень окремих складових елементів, досить інерційна і не схильна до виникнення в ній автоколивань. На осцилограмі, що зображена на рис.2.4, показано типовий перехідний процес зміни передаточного відношення варіатора (від мінімального до максимального значень) в досить інтенсивному режимі (тривалість переводу 3-4 сек.). Хоча на початку переводу і виникають помітні коливання, але внаслідок активних дисипативних процесів, вони досить швидко затухають.

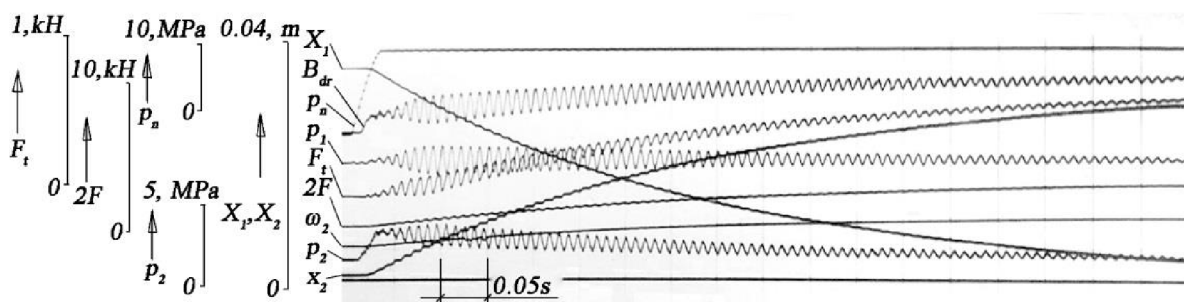


Рисунок 2.4 – Осцилограма перехідного процесу зміни передаточного відношення варіатора при моделюванні згідно схеми (рис.2.3), коли активний блок представлено у вигляді лінійно-пружної ланки.

При умові моделювання сил тертя в рухомих елементах варіатора у вигляді «падаючої» характеристики та зменшення швидкості переводу

починає проявлятися режим релаксаційних коливань (див. осцилограму на рис.2.5). Зменшення тільки швидкості переводу (див. осцилограму на рис.2.6) не є причиною виникнення релаксаційних коливань, але приводить до збільшення амплітуди звичайних гармонічних коливань в два і більше рази.

Релаксаційні коливання найбільш характерно проявляються (див. осцилограму на рис.6) при моделюванні гнучкої ланки варіатора як тіла з в'язко-пружними властивостями згідно рівняння (9). На осцилограмі видно, що релаксаційні коливання проявляються одразу після подачі вхідного сигналу на початок переводу варіатора на новий кінематичний режим. При такому перехідному процесі ведучий та ведений шківів, відповідно координати X_1 та X_2 , рухаються із тривалими зупинками. Тобто на протязі часу t_0 вони перебувають в нерухомому стані, а на протязі часу t_v відбувається «стрибок». Стан всієї системи варіатора в межах часу t_v є критичним, так як відбуваються занадто надмірні зміни значень всіх координат, причому ці зміни носять знакоперемінний характер.

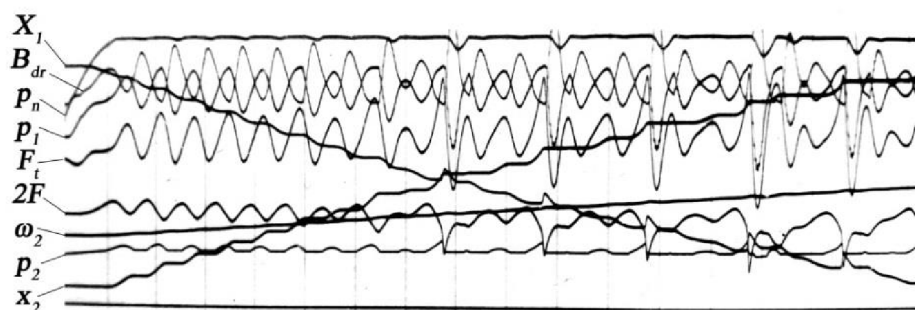


Рисунок 2.5 – Осцилограма перехідного процесу зміни передаточного відношення варіатора при моделюванні сил тертя в напрямних шківів та гідроциліндрах у формі «падаючої» характеристики.

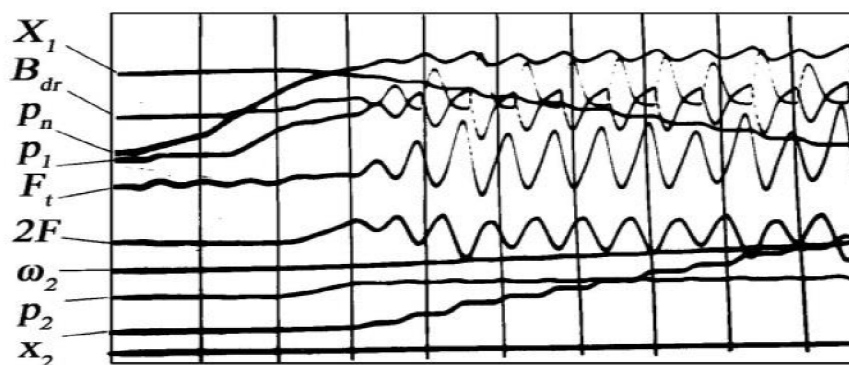


Рисунок 2.6 – Осцилограма перехідного процесу зміни передаточного відношення варіатора при малій швидкості перевodu

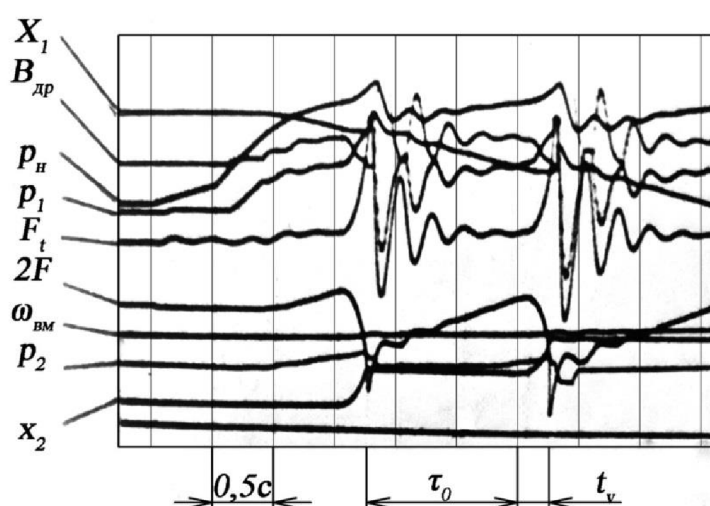


Рисунок 2.7 – Осцилограма перехідного процесу зміни передаточного відношення варіатора при врахуванні в'язко-пружних характеристик гнучкої ланки та «падаючої» характеристики тертя в гідроциліндрах та в напрямних рухомих шківів

Аналіз закономірностей перехідних процесів

В результаті імітаційних досліджень математичної моделі варіатора в середовищі MATLAB Simulink визначені параметри системи, при яких виникають релаксаційні автоколивання, що негативно впливають на

роботоздатність приводу, а також розроблені рекомендації для оптимального інженерного розрахунку клинопасового варіатора

2.3 Експериментальні дослідження варіаторного приводу молотильного барабана зернозбирального комбайна

Для підтвердження результатів імітаційних досліджень були проведені експериментальні випробування. Незважаючи на обмежені можливості випробувального обладнання, підтверджена ймовірність виникнення релаксаційних автоколивань в системі варіатора з дистанційним керуванням. На експериментальній осцилограмі, що представлена на рис.7, зафіксовано граничний режим виникнення релаксаційних автоколивань, а також характерні реологічні властивості гнучкої ланки варіатора, які проявляються в значному запізненні (час руху Δt) веденого шків (координата X_2) відносно руху ведучого шків (координата X_1)

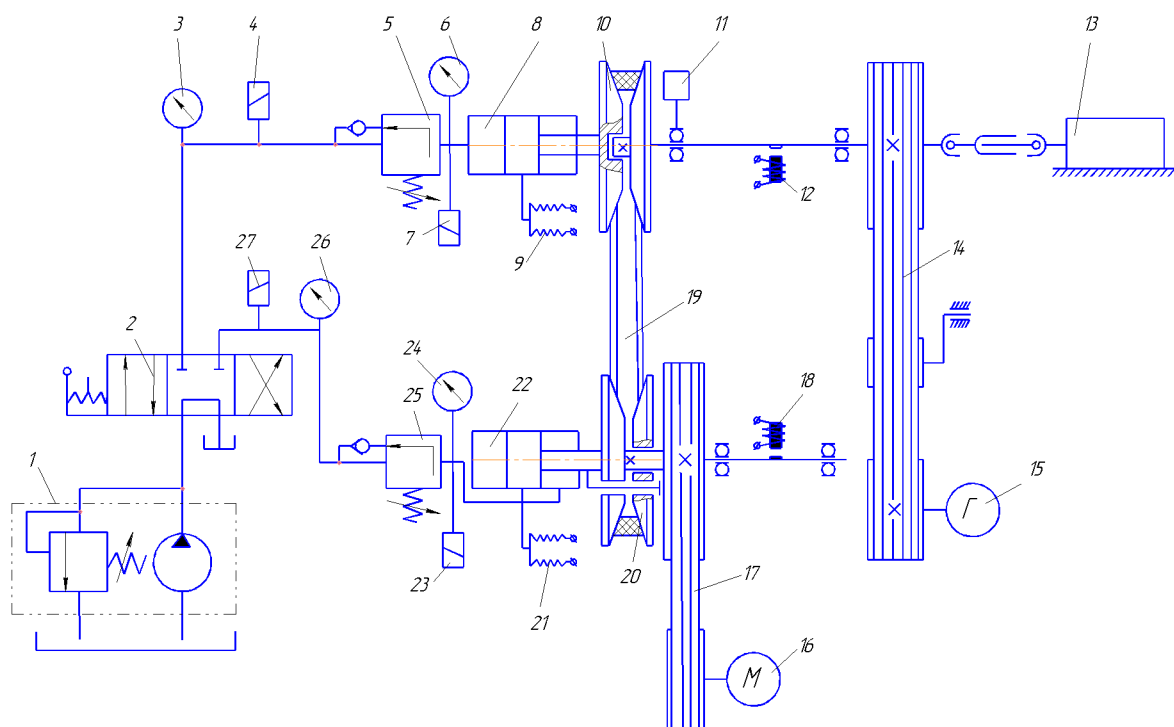


Рисунок 2.8 – Гідромеханічна схема стенда для експериментального

дослідження варіаторного привода молотильного барабана
зернозбирального комбайна

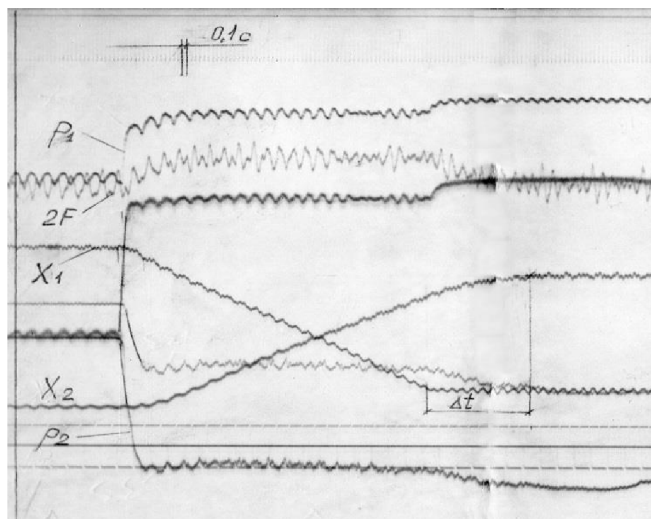


Рисунок 2.9 – Зразок експериментальної осцилограми перехідного процесу зміни передаточного відношення варіаторного привода молотильного барабана зернозбирального комбайна

2.4 Розробка методики визначення зони нечутливості ЗЗК до коливань тиску у виконавчому гідроциліндрі

Визначення статичних та динамічних характеристик ЗЗК можливо за допомогою математичного моделювання з відповідним рівнем деталізації.

Відомі роботи [], в яких вивчається якість перехідних процесів, визначається умови динамічної стійкості, а також оптимізуються конструктивні параметри аналогічних об'єктів. В зазначених роботах при математичному описі динамічних процесів, як правило, враховуються пружні властивості робочої рідини, гідродинамічна сила потоку, маса затвора, в'язке та сухе тертя, що діє при переміщенні останнього, а також відповідний закон витoku

рідини через робоче вікно клапана. В результаті лінеаризації нелінійних характеристик математична модель зводилась до рівня лінійного диференціального рівняння третього (другого) порядку, яка в більшості випадків дозволяла, з достатньою для інженерних розрахунків точністю, визначити динамічні характеристики клапана, що задовольняють вимогам конкретного гідравлічного контура.

Так як ЗЗК має певні конструкторські відмінності від традиційних зразків клапанної гідроапаратури, то при його математичному моделюванні виникає необхідність введення нових складових диференціальних рівнянь в його математичному описі, причому вони виражаються суттєво нелінійними залежностями. Так на рис. 2.11 в,г представлені залежності, відповідно, площі робочого вікна $f_{вк}$ клапана та сили $F_{тр.з}$ від переміщення h затвора. Зазначені залежності підпадають під типові за назвою «зона нечутливості».

Математична модель гідравлічного контура з ЗЗК, розрахункова схема якого представлена на рис. 2.10, представляє собою систему диференціальних рівнянь:

$$m_3 \frac{d^2 h}{dt^2} + \beta_3 \frac{dh}{dt} + c_{np}(h_0 + h) = f_3 p - F_{тр.з} \quad (2.9)$$

де, m_3 - маса затвора;

h - координата затвора;

β_3 - коефіцієнт в'язкого тертя;

c_{np} - жорсткість пружини;

h_0 - величина попередньої деформації пружини; **Место для формулы.**

f_3 - площа поперечного претину затвора;

p - тиск на вході ЗЗК;

$F_{тр.з}$ - сила тертя між ЕЗРО та затвором;

Рівняння балансу потоків через робоче вікно ЗЗК має наступний вид:

$$Q_{ц} = Q_{кл} + Q_{ст} + Q_n, \quad (2.10)$$

де,
$$Q_u = S \cdot \frac{dX}{dt}, \quad (2.11)$$

витрата рідини, що виникає при переміщенні поршня гідроциліндра;

$$Q_{кл} = B_{кл} \cdot f_{вк} \sqrt{(p - p_1)}, \quad (2.12)$$

витрата рідини, яка проходить через робоче вікно клапана;

$$Q_{ст} = k_l \cdot W_l \cdot \frac{dp}{dt}, \quad (2.13)$$

витрата рідини, що виникає при її стисненні;

$$Q_n = f_z \cdot \frac{dh}{dt}, \quad (2.14)$$

витрата рідини, що заповнює об'єм, що виникає при переміщенні затвора.
В наведених рівняннях використовуються наступні позначення:

S ; X - площа торця поршня та координата його переміщення;

$B_{кл}$ - постійний коефіцієнт робочого вікна клапана;

$f_{вк}$ - площа робочого вікна клапана;

p_1 - тиск в зливній магістралі;

k_l - коефіцієнт стискання робочої рідини;

W_l - об'єм вхідної магістралі ЗЗК.

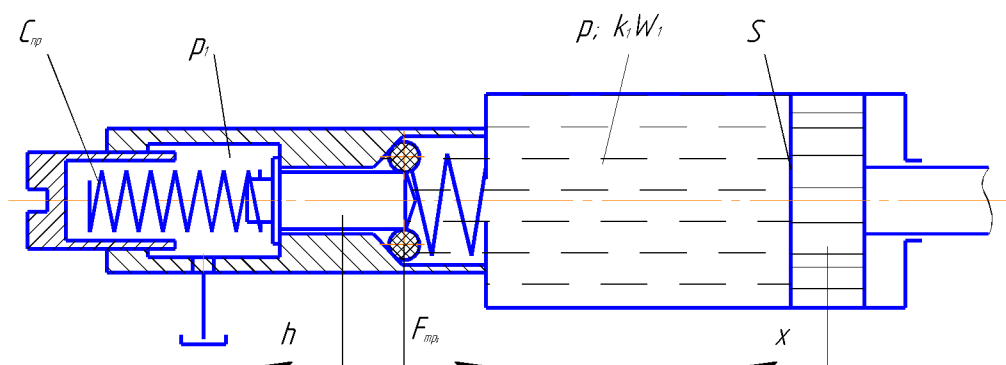


Рисунок 2.10 - Розрахункова схема гідравлічного контура з зворотно-запобіжним клапаном

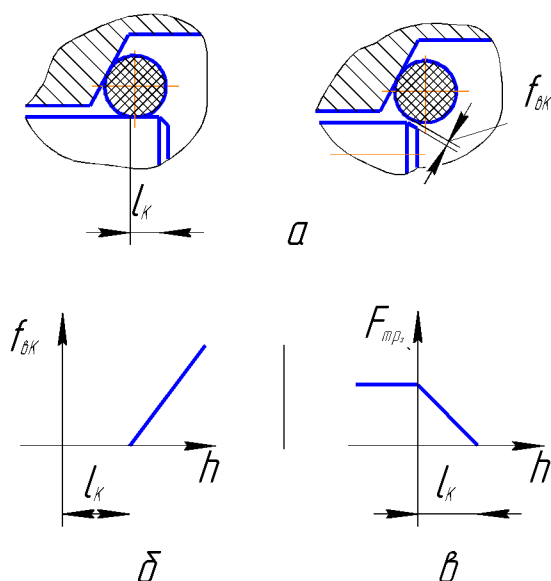


Рисунок 2.11 – Елементи розрахункової схеми зворотно-запобіжного клапана: а – схема затвора в закритому та відкритому положенні; б - залежність площі робочого вікна від переміщення затвора; в - залежність сили тертя між затвором та еластичним ЗО

2.4.1 Визначення зони нечутливості ЗЗК до коливань тиску в гідросистемі з виконавчим органом у вигляді гідроциліндра

Як зазначалось вище, ЗЗК призначений для роботи в системі дистанційного керування передаточним відношенням клинопасового варіатора. Внаслідок дуже обмежених об'ємів порожнин виконавчих гідроциліндрів до технічних характеристик ЗЗК, особливо до степені герметичності, пред'являються підвищені вимоги.

Поставлена задача вирішувалась математичним моделюванням с подальшим розв'язком в середо-вищі Matlab-Simulink. Розробка математичної моделі гідравлічного контура в складі виконавчого гідроциліндра та ЗЗК розроблялась згідно розрахункової моделі, представленої на рис.2.10.

$$m_3 \frac{d^2 h}{dt^2} + \beta_3 \frac{dh}{dt} + c_{np}(h_0 + h) = f_3 \cdot p - F_{mp.3}$$

$$\frac{dX}{dt} = B_{кл} \cdot f_{вк} \sqrt{(p - p_1)} + k_1 \cdot W_1 \cdot \frac{dp}{dt} + f_3 \cdot \frac{dh}{dt} S, \quad (2.15)$$

$$F_{mp.3} = \begin{cases} f_{тр.з} \cdot p_{к} \cdot \pi \cdot d \cdot (l_k - h) + \frac{\tau}{\tan \alpha} \cdot \text{sign} \frac{dh}{dt}, & \text{при } h \leq l_k \\ 0, & \text{при } h > l_k \end{cases}$$

$$f_{вк} = \begin{cases} B_{кл} \cdot \pi \cdot d \cdot (h - l_k), & \text{при } h > l_k; \\ 0, & \text{при } h \leq l_k \end{cases}$$

$$X = A_d \cdot \sin \omega t$$

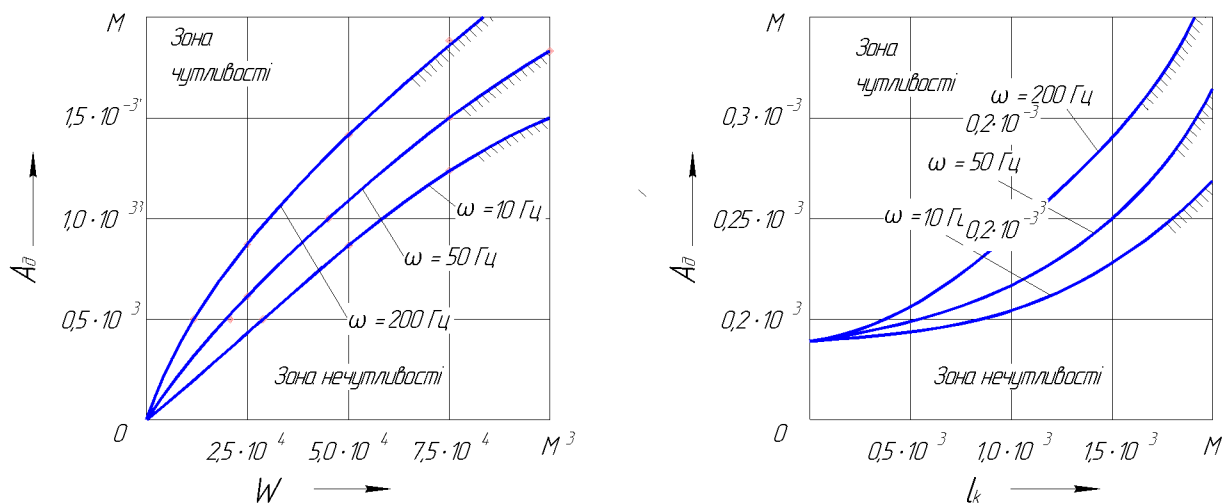


Рисунок 2.12 – Области нечутливості ЗЗК до коливань тиску в гідроциліндрі

Висновки

Встановлено, що запропонований підхід дозволяє визначити області нечутливості зворотно-запобіжного клапана до коливань тиску в порожнині виконавчого гідроциліндра системи дистанційного керування передаточним відношенням клинопасового варіатора привода молотильного барабана зернозбирального комбайна.

3. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

3.1 Суть проблеми, постановка задачі

На підприємстві «Вінницький завод тракторних агрегатів», яке займається випуском комплектуючої техніки для гідроприводів сільгосп-машин, є необхідність в удосконаленні технологічних процесів механічної обробки деталей, що є складовими окремих гідровузлів, відповідно до сучасного рівня розвитку техніки і технології.

Одним із таких представників є деталь „Шток гідроциліндра” (далі просто «Шток»), яка входить в склад гідроциліндра системи регулювання частотою обертання молотильного барабану зернозбирального комбайна.

Одним із основних способів вирішення проблеми підвищення технологічності виробництва є впровадження у виробництво верстатів з числовим програмним керуванням. Їх особливістю є універсальність,

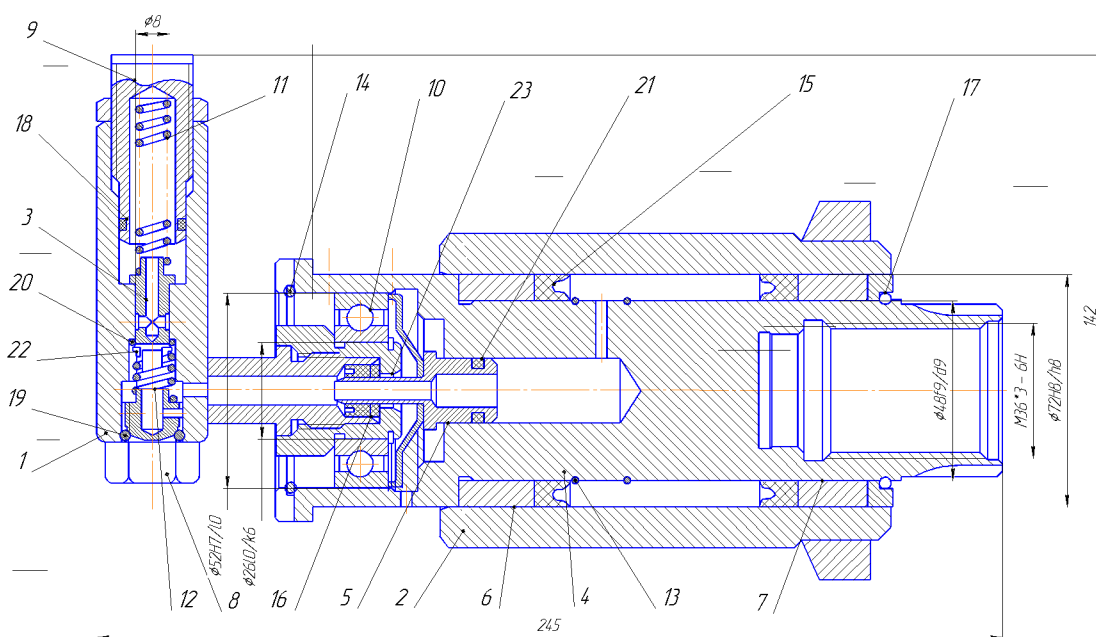


Рисунок 3.1 - Загальний вид гідроциліндра варіатора

яка поєднана з автоматизацією процесів обробки, висока надійність, підвищена продуктивність обробки в 2-5 рази, можливість порівняно швидкої переналадки (що є важливим) при переході від обробки деталей

одного типорозміру до іншого, при використанні таких верстатів скорочуються простої верстата, підвищується доля машинного часу, скорочується об'єм контрольних операцій.

Високий рівень якості продукції досягається за рахунок підвищення ресурсу роботи виробу, підвищення його надійності та економічності.

3.2 Аналіз конструкції та технологічності деталі

3.2.1 Якісний аналіз конструкції деталі

Аналіз технологічності деталі забезпечує покращення техніко-економічних показників технологічного процесу. Тому технологічний аналіз – один із найважливіших етапів технологічної розробки, в тому числі і технологічного проектування. Загальні задачі зводяться до зменшення трудоемкості і металоємності, можливості обробки деталі високопродуктивними методами.

Разом з тим, для коректного аналізу технологічності деталі, необхідно виконати аналіз її конструкції та службового призначення. В результаті такого аналізу визначаються основні конструкторські бази та виконавчі поверхні, за допомогою яких деталь виконує своє службове призначення і на формування яких необхідно звернути найбільшу увагу при розробці та реалізації маршруту механічної обробки.

Деталь – «Шток 46-91.04» (далі просто «шток») поз.4 рис.3.1, сприймає досить значні статичні та циклічні навантаження і тому повинна мати високі вимоги стосовно втомної міцності. Для забезпечення таких високих механічних характеристик використовують нормалізовану Сталь 45 ГОСТ 1050-82.

Враховуючи дрібносерійний характер виробництва даний матеріал є економічно доцільним для використання.

Враховуючи тип виробництва доцільно застосовувати високопродуктивні методи обробки з можливістю швидкого переналагодження обладнання.

Більшість розмірів (в економічно виправданих цілях) необхідно отримати на попередньо настроєних верстатах.

В конструктивному відношенні деталь є досить технологічною.

Поверхні $\varnothing 48f9$, $\varnothing 62$, $\varnothing 47f9$ мають вимоги до підвищеної точності для оптимальної роботи деталі в вузлі.

Деталь, що розглядається, має можливість для створення зручної схеми базування за допомогою центрових отворів, що дає можливість суміщення для всіх діаметральних розмірів, технологічної та вимірювальної баз та тим-самим мінімізування похибки базування.

Деталь має ряд високоточних поверхонь (наприклад $\varnothing 48f6$), що потребують багаторазової обробки із застосуванням точного обладнання.

За технічними вимогами та паспортними даними обираємо точні верстати для обробки вище вказаних точних поверхонь. На інші поверхні, де вимоги менш жорсткі верстати обираємо з точки зору економічності і універсальності.

Для врахування допусків взаємного розташування поверхонь (радіальне биття) токарну і шліфувальну обробку виконуємо закріплюючи заготовку в центрах.

Всі задані на кресленні розміри можливо безпосередньо виміряти за допомогою мікрометра.

3.2.2 Аналіз технологічності деталі.

Технологічність деталі будемо оцінювати за допомогою трьох кількісних показників.

3.2.2.1 Коефіцієнт уніфікації конструктивних елементів

$$K_y = \frac{Q_{ye}}{Q_e}; \quad (3.1)$$

де Q_{ye} Q_e – відповідна кількість уніфікованих елементів і загальна кількість типорозмірів конструктивних елементів (різьба, отвори, фаски і т. ін).

При $1 \geq K_y \geq 0,6$ деталі відносяться до технологічних

Таблиця. 3.1- Дані для розрахунку коефіцієнта уніфікації

Лнійні розміри		Діаметральні розміри		Кутові розміри		Шорсткості поверхонь		Різи метричні	
уніфік	неуніф	уніфік	неуніф	уніфік	неуніф	уніфік	неуніф	уніфік	неуніф
15	27	20	70	45		Ra1,25		36	
1,9	68	19	62			Ra1,25			
45	86	48	52			Ra0,16			
48	93	56	47			Ra 1,6			
53	77	30	36,5						
55		56	37,2						
100		3	30,5						
200		3	52,5						
6									
3				Σ1	Σ0	Σ4	Σ0	Σ1	Σ0
5				Σ1		Σ4		Σ1	
12									
3									
Σ13	Σ5	Σ8	Σ8						
Σ18		Σ16							

$$K_y = \frac{Q_{ye}}{Q_e} = \frac{18+16+1+4+1}{13+8+1+4+1} = \frac{40}{27} = 1.48;$$

Таким чином, деталь технологічна.

Таблиця 3.2 - Розрахунок коефіцієнта точності обробки

Квалітет точності	Лінійні і діаметральні розміри	Кількість поверхонь	Розрахунки
12	15	1	12
9	48	1	9
12	55	1	12
12	100	1	12
12	200	2	24
12	6	1	12
12	3	5	60
12	5	1	12
12	12	4	48
12	3	4	48
12	27	1	12
12	68	1	12
12	86	1	12
12	93	1	12
12	77	1	12
9	∅20	1	9
12	∅19	1	12
9	∅48	1	9
7	∅56	1	7
9	∅30	1	9
12	∅70	1	12
12	∅62	1	12
7	∅52	1	7
9	∅47	1	9
12	∅36,5	1	12
12	∅37,2	1	12
12	∅30,5	1	12
12	∅52,5	1	12
12	∅3	2	24
12	45	1	12
6	36	1	6
		$\Sigma n_i = 46$	$\Sigma T_i n_i = 521$

3.2.2.2 Коефіцієнти точності обробки

$$K_T = 1 - \frac{1}{T_{cp}}; \quad (3.2)$$

де T_{cp} – середній квалітет точності

$$T_{cp} = \frac{\sum T_i \cdot n_i}{\sum n_i}; \quad (3.3)$$

$$T_{cp} = \frac{\sum T_i \cdot n_i}{\sum n_i} = \frac{521}{46} = 11.32;$$

$$K_T = 1 - \frac{1}{11.32} = 0.91;$$

При $K_T = 0.91 \geq 0.8$ деталі відносяться до технологічних

3.2.2.3 Коефіцієнт шорсткості

$$K_{ш} = \frac{1}{Ш_{cp}}; \quad (3.4)$$

де, $Ш_{cp}$ - середній клас шорсткості складає:

$$Ш_{cp} = \frac{\sum Ш_i \cdot n_i}{\sum n_i} = \frac{655.51}{46} = 14.25.$$

$$K_{ш} = \frac{1}{14.25} = 0.07; \text{- деталь не технологічна}$$

При $K_{ш} \leq 0.32$ деталі відносяться до технологічних

Таблиця 3.3 - Визначення коефіцієнта шорсткості

Шорсткість, Ra	Кількість поверхонь	Розрахунок
16	39	624
12,5	1	12,5
6,3	2	12,6
2,5	2	5
1,25	1	1,25
0,16	1	0,16
	46	655,51

3.3 Вибір способу виготовлення заготовки

3.3.1 Вибір двох альтернативних способів виготовлення заготовки

Орієнтуючись на робоче креслення деталі, масу та серійність виробництва встановлюємо метод одержання заготовки – штамповка, так як деталь виготовляється з матеріалу Сталь 45.

Можливі способи одержання поковки:

Гаряча штамповка на молотах; штамповка на горизонтально-кувальних машинах; гаряча штамповка на кривошипних пресах; штамповка видавлюванням на гідравлічних пресах; прокат.

Висновок: проаналізувавши різні способи отримання заготовок, і врахувавши серійність деталі, її форму, обираємо такі способи отримання поковки: на кривошипних гарячощтампувальних пресах і прокат, оскільки деталь має наближену конфігурацію до круглого прокату.

3.3.2 Порівняльний аналіз способів поковки

Аналіз можливостей того чи іншого методу штампування виконуємо за літературними джерелами [].

Таблиця 3.4 – Кількісна характеристика методів штамповки

Спосіб одержання поковки	Тип виробництва	Матеріал поковок	Маса поковок, кг	Припуски на сторону, мм	Нахили, град	Точність, квалітет	Щорядкість поверхні Rz, мкм	Орієнтовані розміри партії, шт	Відносна собівартість	Технологічні особливості	Область застосування
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Гаряча штамповка на молотах	Серійне, масове	Сталі, кольорові метали	0,1... 2000	0,75...4,25	7...10	15...17	320...40	Для важких заготовок 2500-3000 для середніх і дрібних 4000-10000	100%	Заготовки досить складної форми без заглиблень та виступів	Зубчасті колеса, важелі перемикачі, чашки ступиці
Гаряча штамповка на кривошипних пресах	Серійне, масове	Сталі, кольорові метали	0,1... 1000	0,5...3,0	3...7	13...17	160...20	Для важких заготовок 2500-3000 для середніх і дрібних 4000-10000	86... 100%	Заготовки досить складної форми без заглиблень виступів	Кільця, гайки, важелі фланці, кришки полі, корпуси
Штамування на гідравлічних пресах	Серійне	Мало пластичні сталі,	0,25... 80	По перетину 0,5... 1,5; по довжині 1,5... 4,0	0,5... 40	13... 17	160... 20	700... 2000	11... 115	Заготовки з тонкими і довгими стінками або стержнями	Спеціальні болти, стержні, баки, контейнери, труби з фланцями
Прокат	Серійне, масове	Сталі, кольорові метали	-	0,2... 1,0	-	9... 14	-	-	-	Заготовок, наближених до контуру деталі	Диски, трубні вироби тощо

3.3.3 Розрахунок розмірів заготовки для обох способів виготовлення

3.3.3.1 Вибір вихідних параметрів заготовки, що характеризують її точність і складність

Результати проведених розрахунків основних параметрів штамуваної заготовки, що проведені згідно рекомендацій ГОСТ 7505-83, зводимо в підсумкову таблицю 3.5. На основі наведених в цій таблиці даних виконано ескіз заготовки, що представлений на рисунку 3.2.

Таблиця 3.5 – Параметри штампованої заготовки

Вхідні дані (норми точності)	Штамповка на КГШП			
	Згідно з ГОСТ7505-83		Прийнято	
Клас точності	Т2 – Т3		Т3	
Марка матеріалу	М2		М2	
Ступінь складності	С2		С2	
Конфігурація поверхні роз'єму штампа	П		П	
Індекс	12		12	
Розрахункові розміри, мм				
Припуски:	Ø70	55	Ø48	200
Основні:	1,4	1,4	1,4	1,7
Додаткові: на зміщення по поверх- ні роз'єму штампа, мм	0,3	0,3	0,3	0,3
для врахування вигну- тості і відхилення від площин., прямолін., мм	0,4			
	Розміри заготовок, мм			
	Ø74,2	59,2	Ø52,2	204,8
Допуски: розмірів	2,2	2,2	2,2	2,8
на зміщення по поверх- ні роз'єму штампа, мм	0,7			
від вигнутості і прямолінійності, мм	0,8			
радіусів заокруглень	1			
висота облою, мм	6			
величина залишкового облою, мм	0,9			

Штамповка на КГШП

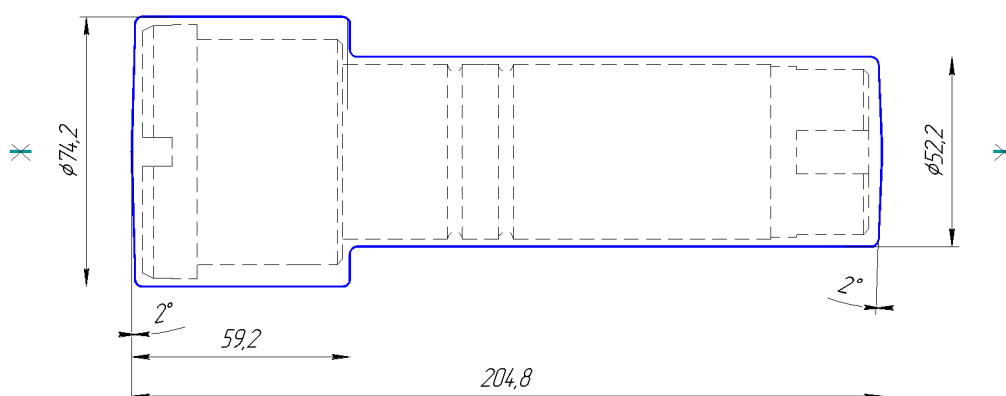


Рисунок 3.2 – Ескіз заготовки отриманої на КГШП

1. Клас точності – Т3, група сталі – М2, ступінь складності – С2.
2. Невказані штампувальні нахили $3,5^{\circ}$, радіуси 3 мм.
3. Допустима величина залишкового облою 0,9 мм.
4. Не вказані допуски радіусів заокруглень 1 мм.
5. Допустиме відхилення від вигнутості, відхилення від площинності, і прямолінійності 0,8 мм.
6. Допускаємо зміщення по площині роз'єму штампа 0,7мм.
7. Допуск радіального биття 2,2 мм.

3.3.4 Розрахунок параметрів заготовки із прокату

3.3.4.1 Призначення припусків (табличних) на механічну обробку та розрахунок граничних розмірів заготовки.

Вибираємо припуски та кількість переходів на механічну обробку на діаметр 70 по табл.27,[2] в залежності від діаметра деталі (60мм), схеми базування (в патроні), довжини деталі (200мм), точності прокату (звичайної точності) та якості точності поверхні. Вибираємо 2 переходи механічної

обробки: чорнова і напівчистова – вони забезпечуть необхідний квалітет точності. Значення припусків заносимо в таблицю 4.

Розраховуємо діаметр заготовки: $D = 70 + 2 \cdot (1,5 + 0,45) = 73,9$ (мм).

Найближчий більший прокат за ГОСТ 2590-71, табл.25,[2] – 75 мм

Для забезпечення лінійного розміру 200мм вибираємо з табл.24,[2] обладнання для відрізання заготовок – механічна ножовка. Для даного обладнання в залежності від діаметра прокату вибираємо припуск на відрізання – 7 мм. Потім по цій же таблиці призначаємо припуск на підрізання торця після відрізання – 3 мм. Значення припусків заносимо в таблицю 3.6.

Таблиця 3.6 – Види обробки окремих поверхонь

Вихідні данні	Вид обробки	Припуск, мм (табличний)
Ø 70	Точіння чорнове	1,5
	Точіння напівчистове	0,45
200	Відрізання заготовки	7
	Підрізання торцю чистове	3

Лінійний розмір 200 буде дорівнювати сумі номінального розміру і подвоєного припуску на підрізання торцю:

$$l = 200 + 2 \cdot 3 = 206 \text{ мм}$$

Отже, з гостованого 6 м прокату, врахувавши припуск на розрізку і обробку торцю прокату Ø75 - ми одержимо 46 заготовок і 22 мм залишку.

Як видно в залишку дуже мала частина залишку.

3.3.5 Техніко-економічне порівняння двох варіантів заготовки

3.3.5.1 Визначення коефіцієнтів використання матеріалу

Масу заготовок, аналогічно масі деталі, обчислюємо за допомогою КОМПАСА-3D. Де подані маси двох видів заготокок:

КГШП: $G_{шт} = 4.4$ кг,

Прокат: $G_{\text{пр}} = 6.97$ кг,

Деталь: $G_{\text{д}} = 1.89$ кг.

Коефіцієнт використання матеріалу заготовки при штампуванні становить:

$$\gamma = G_{\text{д}} / G_{\text{шт}} = 1,89 / 4,4 = 0,42$$

Коефіцієнт використання матеріалу заготовки при протатуванні:

$$\gamma = G_{\text{дет}} / G_{\text{пр}} = 1,89 / 6,97 = 0,27$$

Коефіцієнт використання матеріалу при штампуванні на КГШП на багато більший ніж при прокатуванні. Це означає, що при одержанні заготовки на КГШП менше матеріалу знімається у вигляді стружки з поверхонь заготовки при механічній обробці, тобто заготовка більш наближена до готової деталі.

3.3.5.2 Вартість штампованої заготовки

Вартість заготовки – це економічний показник, який впливає на собівартість виготовлення деталі. Для того, щоб надати перевагу якомусь способу штампування необхідно визначити вартість заготовок.

Вартість заготовки визначаємо за формулою:

$$C_{\text{заг.}} = \left(\frac{G_{\text{заг}}}{1000} \cdot C_{\text{шт}} \cdot K_T \cdot K_M \cdot K_C \cdot K_B \cdot K_{II} \right) - \left(\frac{G_{\text{заг}} - G_{\text{дет}}}{1000} \right) \cdot C_{\text{відх}}, \text{ [грн]}$$

(3.1)

де $G_{\text{заг}} = 4,4$ кг – маса заготовки;

$G_{\text{дет}} = 1,89$ кг – маса деталі;

$C_{\text{шт}} = 13730$ грн. – базова вартість 1т штамповки;

K_T – коефіцієнт, що враховує клас точності заготовок;

K_M – коефіцієнт, що враховує матеріал заготовки;

K_C – коефіцієнт, що враховує групу складності заготовки;

K_B – коефіцієнт, що враховує масу заготовки, вибираємо згідно;

K_{II} – коефіцієнт, що залежить від об'єму виробництва;

$C_{відх}$ – вартість 1 т. стружки, для сталі $C_{відх} = 250$ грн.

Призначаємо коефіцієнти по таблиці 27, [1]: в залежності від класу точності штамповки (нормальна точність) - $K_T = 1$; від марки матеріалу – $K_M = 1,13$; від марки матеріалу і ступеня складності - $K_C = 1$; від маси і матеріалу штамповки: $K_B = 1,29$. Коефіцієнт K_{II} призначаємо по таблиці 28 в залежності від маси штамповки і типу виробництва, оскільки об'єм виробництва менший значень вказаних в цій таблиці то приймаємо його рівним 1,0.

Вартість заготовок можна визначити по формулі для штампування на КГШП:

$$C_{заг.шт} = \frac{4,4 \cdot 13730 \cdot 1 \cdot 1,13 \cdot 1 \cdot 1,29 \cdot 1}{1000} - \frac{(4,4 - 1,89)}{1000} \cdot 250 = 53,2 \text{ (грн.)}$$

3. 3.5.3 Вартість прокатної заготовки

Вартість заготовки визначаємо за формулою, [2]:

$$C_{пр.} = \frac{Q_{заг.}}{1000} \cdot C_M - \frac{(Q_{заг.} - Q_{дет.})}{1000} \cdot C_{відх.}, \text{ [грн]} \quad (3.2)$$

де $Q_{заг.}$ – маса заготовки, кг;

C_M – вартість 1т матеріалу заготовки, грн.;

$Q_{дет.}$ – маса готової деталі, кг;

$C_{відх.}$ – вартість 1т відходів, гр.о.;

$$C_M = 15000 \text{ гр.о.}, C_{\text{відх}} = 250 \text{ гр.о.}$$

$$C_{np} = \frac{1,89}{1000} \cdot 15000 - \frac{(6,97 - 1,89)}{1000} \cdot 250 = 67,15 \text{ (грн.)}$$

Отже, після розрахунку вартості заготовок бачимо, що вартість прокатної заготовки менша ніж на КГШП.

3. 3.5.4 Визначення технологічної собівартості операції

Для прийняття остаточного рішення відносно вибору варіанту одержання заготовки крім вартості заготовок, коефіцієнтів використання матеріалу та вагової точності потрібно порівняти маршрути механічної обробки деталі. Якщо є операції, які відрізняються внаслідок різних способів одержання заготовки, то собівартість їх виконання потрібно включити у вартість відповідної заготовки. Тобто тоді повна собівартість заготовки:

$$C_{\text{заг}} = C_{\text{заг.шт.}} + \Sigma C_{\text{обр.}}, [\text{грн}] \quad (3.5)$$

де $\Sigma C_{\text{обр}}$ – технологічна собівартість виконання тих операцій, якими відрізняються маршрути механічної обробки деталі внаслідок різних способів одержання заготовки.

$$C_{\text{обр}} = C_{\text{п.-з.}} \cdot T_{\text{шт-к}} / K_B, [\text{грн}] \quad (3.6)$$

$C_{\text{п.-з.}} = 2,09$ коп/хв - хвилині приведені витрати, вибираємо згідно таблиці 30,[1], для верстата 16К20;

$T_{\text{шт-к}}$ –штучно-калькуляційний чи штучний час на операцію, хв.;

K_B - коефіцієнт виконання норм, $K_B \approx 1,3$;

$$T_{\text{шт-к(шт.)}} = T_o \cdot \varphi_k, ; [\text{грн}] \quad (3.7)$$

де $\varphi_k = 2,14$ – вибирається з таблиці 32,[1] в залежності від типу верстату (для токарних верстатів) і серійності виробництва (середньосерійне).

T_o - вибирається згідно таблиці 31,[1] для чорнового обточування за 1 прохід: $T_o = 0,17d_l$, але для отримання заданого розміру, отриманого при штампуванні, потрібно проточити заготовку отриману при прокатуванні на довжину 57,1мм і до діаметра 74,2мм. Як ми бачимо цю операцію неможливо зробити за один прохід, тому точимо її за три. Тому в даній формулі замість діаметра підставимо середній діаметр отриманий в процесі обробки.

Тоді:

$$T_o = 3 \cdot 0,17d_c l = 3 \cdot 0,17 \cdot 74,2 \cdot 57,1 \cdot 10^{-3} = 50,23 \cdot 10^{-3} \text{ (хв.)},$$

$$T_{\text{шт-к}} = T_o + \varphi_k = 0,05 + 2,14 = 2,19 \text{ (хв.)}.$$

Розрахуємо технологічну собівартість виконання операції:

$$C_{\text{обр}} = 2,09 \cdot 2,19 / 1,3 = 3,7 \text{ (грн.)};$$

Тоді повна собівартість заготовки:

$$C_{\text{заг}} = 0,15 + 3,7 = 3,85 \text{ (грн.)}.$$

Висновки:

Отже, взявши до уваги те, що коефіцієнт використання матеріалу заготовки із прокату менший ніж штамповки на КГШП, а також врахувавши що трудомісткість механічної обробки заготовки із прокату суттєво більша ніж штампованої, переконуємося, що штампування на КГШП

більш вигідний спосіб одержання заготовок за рахунок меншої собівартості, цей метод більш раціональний при середньосерійному виробництві. Тобто за основний спосіб отримання заготовки обираємо КГШП.

3.4 Розробка маршруту механічної обробки деталі «Шток»

3.4.1 Аналітичний огляд відомих маршрутів механічної обробки подібних деталей в умовах даного типу виробництва

Оскільки деталь не можна віднести до якогось більш поширеного типу деталей, то наведемо лише загальні правила побудови маршрутів механічної обробки.

Спочатку здійснюється установка на чорнові бази, при цьому обробляються чистові, можуть бути при можливості оброблені і інші поверхні. Потім деталь має бути встановлена на чистові бази і виконується чорнова обробка площин, які є конструкторськими базами, основними чи допоміжними. Після цього виконується чорнова обробка отворів. Потім чистова обробка площин та чистова обробка отворів. Після цього проводиться обробка місцевих елементів (канавок, фасок, кріпильних отворів і т.д.). Проводиться фінішна обробка площин та отворів.

Оскільки виробництво серійне, то переважно використовуються верстати із ЧПК, які дозволяють легко переналагоджувати верстат на виготовлення іншої деталі. В серійному виробництві токарна обробка здійснюється на токарних верстатах 16К20Т1 і 1Б340Ф30 з ЧПУ.

При обробці отворів на вертикально-свердлильних верстатах з ЧПУ інструмент працює без направляючих втулок з виводом і індексацією стола на задану координату по управляючі програмі. Тому з метою запобігання вводу свердла, особливо якщо зовнішній торець литої чи штампованої заготовки залишається необробленим, рекомендується перед свердлінням попередньо зцентрувати отвір.

Деталь відноситься до класу „вал”, має незначну довжину, та незначні перепади діаметрів.

Розглянемо типовий технологічний процес для даного типу деталей.

Таблиця 3.7 – Технологічна схема виготовлення деталей класу «Вал»[8]

Номер операції	Назва і короткий зміст операції, технологічні бази	Верстат
1	2	3
005	Фрезерно-центрувальна Фрезерування торців валу і свердління центрових отворів з двох сторін. Технологічна база – зовнішні поверхні двох шийок.	Фрезерно-центрувальний напівавтомат
010	Токарна Точіння поверхонь шийок валу з одної сторони і підрізання торцевих поверхонь ступіней валу. Технологічна база – центрові отвори валу.	Токарний багатопшпindelний чи багатопінструментальний напівавтомат
015	Токарна Точіння поверхонь шийок валу з іншої сторони, а також підрізання оброблюваних шийок валу. Технологічна база – центрові отвори валу.	Токарний багатопшпindelний чи багатопінструментальний напівавтомат
020	Токарна Точіння поверхонь шийок валу під шліфування і кінцеве підрізання торців ступіней валу . Технологічна база – центрові отвори валу.	Токарний багаторізцевий, гідрокопіювальний багатопшпindelний
025	Токарна Точіння поверхонь шийок валу з припуском під шліфування і кінцева підрізка ступіней валу з іншої сторони. Технологічна база – центрові отвори валу.	Токарний багаторізцевий, гідрокопіювальний багатопшпindelний
030	Проміжний контроль.	
035	Термічна обробка.	
040	Шліфувальна Попереднє шліфування шийок валу в залежності від вимог креслення по якості поверхонь і точності обробки. Технологічна база – центрові отвори.	Круглошліфувальний напівавтомат
045	Шліфувальна Кінцеве шліфування поверхонь шийок валу відповідно до розмірів на робочому кресленні і шорсткостей поверхонь. Технологічна база – центрові отвори.	Круглошліфувальний напівавтомат
050	Кінцевий контроль.	

Зовнішні поверхні ступінчастих валів обточують на токарних, токарно – копіювальних верстатах, горизонтальних багатопінструментальних

верстатах, на вертикальних одношпindelних і багатшпindelних автоматах, а також на токарних верстатах з ЧПК.

При обробці валів в центрах для витримування лінійних розмірів від постійної бази рекомендується використовувати плаваючі передні центри з упором торцю заготовки в упорне кільце. Це дозволить уникнути похибки по глибині зацентровки. В дрібносерійному виробництві для більш ефективного використання гідравлічних супортів доцільно використовувати групову обробку, тобто обробку валів декількох типорозмірів, що відрізняються розмірами в межах групи, з мінімальним переналагодженням і в ряді випадків лише з невеликою корекцією лімба гідравлічного супорта. Це на 80-85% зменшує час налагодження.

В серійному виробництві широко поширені багаторіцеві і токарно-копіювальні верстати, напівавтомати і автомати. Однопрохідна копіювальна і однопрохідна багаторіцева обробка жорстких валів забезпечують точність по 9-11 квалітетам.

Багаторіцева обробка може бути ефективніша копіювальної для валів, що мають велику довжину та діаметр, і великі перепади діаметрів, так як в повздовжньому супорті можна встановити більшу кількість різців. Однак велике збільшення сил різання може привести до деформації валу, що обробляється, а це змушує понижувати подачу в порівнянні з подачею при обробці на копіювальному верстаті.

Тому в кожному конкретному випадку при кінцевому виборі методу обробки потрібно приймати до уваги результати розрахунків на точність і економічну доцільність. Сучасні токарно - копіювальні верстати на 50...100% продуктивніші універсальних токарних, їх виготовляють в достатньо широкому діапазоні. На таких верстатах можна обробляти зовнішні, внутрішні і торцеві поверхні; їх порівняно легко переналагодити при переході на обробку інших деталей. Крім того, верстати мають відкриту робочу зону, що дозволяє наскрізне транспортування деталі при вбудові їх в автоматичні лінії.

На токарно-копіювальних нових моделях можна виконувати токарну обробку багаторізцевим супортом, а чистове точіння – однорізцевим копіювальним супортом, причому при закріпленні валу торцевим поводком обробку можна вести з одного установа. Останні моделі деяких токарно-копіювальних верстатів мають декілька (до п'яти) копіювальних супортів, що переміщуються незалежно один від одного. Вони дозволяють вести незалежну обробку. Кожний на своїй ділянці, – що значно підвищує продуктивність верстата. Використання такого верстата особливо доцільно, коли на деяких ступінях валу є великий припуск, який неможливо зняти за один робочий хід.

В дрібносерійному виробництві економічно доцільним може виявитися використання при обробці ступінчастих валів універсальних токарних верстатів з програмним керуванням 16K20Ф3С5. Будучи універсальними, такі верстати допускають обробку по автоматичному циклу, що полегшує багатOVERSTATNE обслуговування, дає можливість проводити швидко і просто переналадку при обробці ступінчастих валів різних розмірів по розробленій завчасно програмі.

Схема технологічних процесів виготовлення деталей типу «Вал» наведена в таблиці 3.7.

Висновок:

Оскільки на торці вала є паз, отвір та центровий отвір, то доцільніше використати токарно-револьверний верстат, для обробки центрових отворів, а разом і отвору $\varnothing 24^{+0,1}$.

Термічна обробка не потрібна, оскільки присутня нормалізація після штампування.

Оскільки торці вала вимагають точну обробку, доцільніше шліфувальну обробку виконати на торцекруглошліфувальному верстаті з ЧПК.

Також потрібно виконати фрезерні операції

Отже, для доцільнішого складання технологічного процесу за основу можна використати технологічний процес деталі класу вал.

3.4.2. Визначення кількості ступенів механічної обробки поверхні Ø52H7 і вибір способів її механічної обробки

Відповідно до службового призначення різні поверхні деталі виконують різні функції. Тому вимоги до них можуть бути найрізноманітніші: за точністю, шорсткістю, твердістю тощо.

Створюючи маршрут обробки поверхні, виходять з того, що кожен наступний метод повинен бути більш точним, ніж попередній. Технологічний допуск на проміжний розмір і якість поверхні, що отримані на попередньому етапі обробки, повинні мати числові значення, за яких можливе нормальне використання наступного методу обробки, що намічається.

Визначення кількості ступенів механічної обробки виконується на основі розрахунків за формулою:

$$\varepsilon = \frac{T_3}{T_D} = \frac{T_3}{T_1} \cdot \frac{T_1}{T_2} \dots \frac{T_{i-1}}{T_i} \dots \frac{T_n}{T_D} = \varepsilon_1 \cdot \varepsilon_2 \dots \varepsilon_i \dots \varepsilon_n = \prod_1^n \varepsilon_i, \quad (3.8)$$

де ε – загальне уточнення;

ε_i – окремі ступені уточнення;

n – число ступенів обробки;

T_D , T_3 , T_i – допуски параметра, що розглядається відповідно для деталі, заготовки та окремого ступеня обробки.

Визначення кількості ступенів механічної обробки для поверхні Ø52H7

Заготовка виливок – 16 квалітет $T_{3M}=1900$ мм, допуск деталі $T_{дет}=30$ мм

Загальне уточнення для цієї поверхні:

$$\varepsilon = 1,9 / 0,03 = 63.$$

Для більш спрямованого вибору числа ступенів механічної обробки скористаємося формулою:

$$n = \lg \varepsilon / 0,46 \quad (3.9)$$

Підставивши числові значення, отримаємо:

$$n = \lg 63 / 0,46 = 5,06.$$

Отже можна проводити обробку за 3 або 4 переходив. Для зменшення мікро нерівностей та підвищення якості оброблювальної деталі приймаємо чотири переходи і призначаємо:

$$\varepsilon_1 = 5, \varepsilon_2 = 3,5, \varepsilon_3 = 2,12$$

Допуск розміру після кожного переходу складатиме:

$$T_1 = T_3 / \varepsilon_1 = 2 / 5 = 0,4 \text{ мм};$$

$$T_2 = T_1 / \varepsilon_2 = 0,4 / 3,5 = 0,114 \text{ мм};$$

$$T_3 = T_2 / \varepsilon_3 = 0,114 / 2,12 = 0,054 \text{ мм}.$$

Допуск після першого переходу відповідає 13–12 квалітету точності, після другого – 10–9 квалітету, після третього – 8 квалітету.

Оскільки обробляється внутрішня циліндрична поверхня, то доцільно прийняти способи механічної обробки: 3 розточування.

Основним поверхнями деталі, що визначають її положення в вузлі є $\varnothing 52H7$, $\varnothing 48f9$ та торець.

Допоміжними поверхнями, якими деталь приєднується до інших поверхонь є торець. Інші поверхні є вільними.

Якісний аналіз деталі

Жорсткі технічні вимоги по точності обробки поверхонь ($\varnothing 52H7$, $\varnothing 48f9$), допуски форми та розташування та висока чистота обробки Ra 1.25 – зумовлені високими вимогами функціонального призначення деталі і точністю розташування деталей, що приєднуються для забезпечення високої надійності і довговічності роботи вузла.

Мінімальна товщина стінки $S=10$ мм;

Форма деталі – проста, тобто вважається технологічною.

Деталь середніх габаритів, має достатню жорсткість, її можна обробляти на підвищених режимах різання. Всі поверхні для обробки різальним інструментом доступні.

3.4.3. Вибір чистових та чорнових технологічних баз

Одним із найскладніших і принципових розділів проектування технологічних процесів є призначення технологічних та вимірювальних баз. Від правильного вибору технологічних баз значною мірою залежать: фактична точність виконання розмірів; правильність взаємного розташування поверхонь; ступінь складності пристроїв, різальних та вимірювальних інструментів; загальна продуктивність обробки заготовок. Основні положення, що стосуються технології, класифікації та теорії базування викладені в ГОСТ 21495-76.

Вихідними даними при виборі баз є:

- робоче креслення деталі;
- технічні умови на її виготовлення;
- вид заготовки та стан її поверхонь;
- бажаний ступінь автоматизації.

В даній деталі конструкторськими базами є внутрішня циліндрична поверхня та відповідні торці деталі. Усі ці вимоги точності, що стоять

відносно баз можна забезпечити, якщо правильно збазувавши деталь під час обробки.

Чистовими технологічними базами є торець та внутрішня циліндрична поверхня $\varnothing 52H7$ (рис. 4.1). На операціях 005-010 при обробці вимірювальна база співпадає з технологічною. Отвори оброблюються мірним інструментом. Отже похибку базування можна вважати рівною нулю. Детальне має вимог щодо взаєморозміщення поверхонь.

На чорновій операції технологічними базами будуть такі поверхні: торець та зовнішня поверхня, на даній операції обробляється поверхня, яка в наступному буде використовуватись для базування заготовки. Таким чином готуються чистові технологічні бази, якими є поверхня $\varnothing 52H7$.

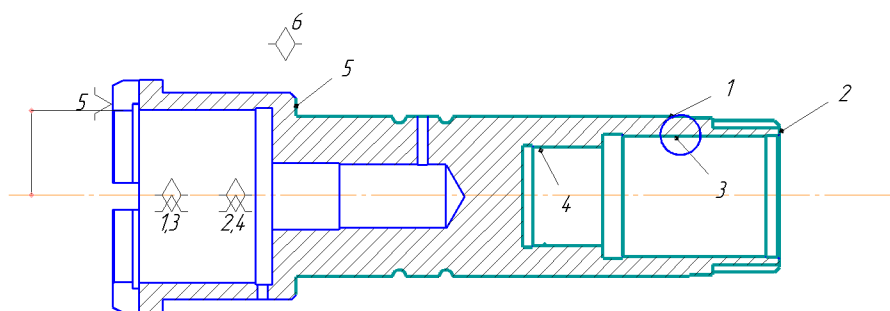


Рисунок 3.3 – Чистові технологічні бази

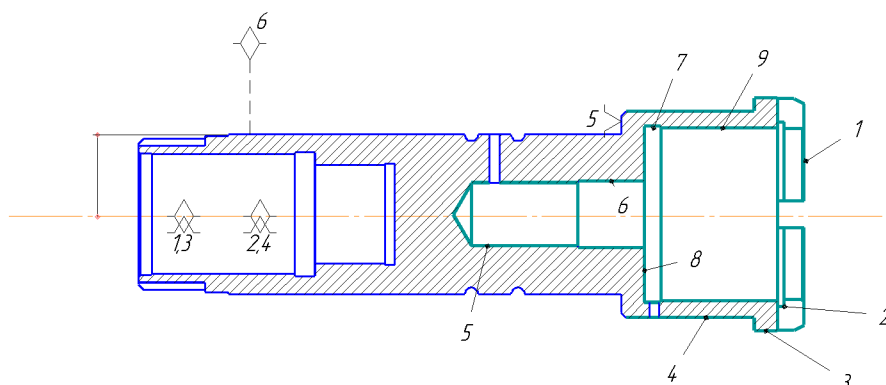
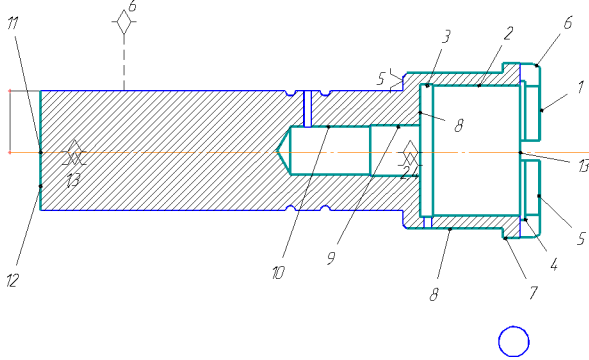
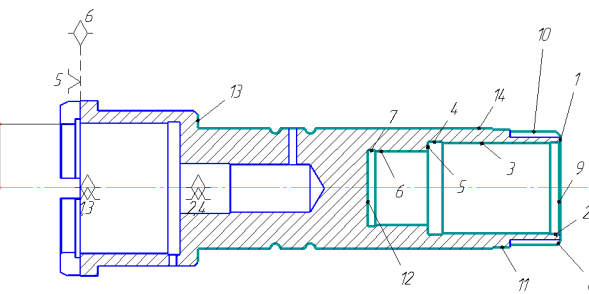


Рисунок 3.4 – Чорнові технологічні бази

3.4.4 Маршрут механічної обробки деталі «Шток»

Таблиця 3.8 – Маршрут механічної обробки деталі «Шток»

№ п.п	Назва операції: зміст переходу	Схема базування	Обладнання
005	<p><i>Токарна зЧПК</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити і закріпити деталь. 2. Точити поверхні 1, 12 попередньо. 3. Центрувати отвори 11, 13 однократно. 4. Точити поверхні 1, 12 остаточно. 5. Переустановити деталь. 6. Точити поверхню 2 попередньо. 7. Точити по контуру поверхню 2 попередньо. 8. Точити поверхню 2 остаточно (тонке точіння). 9. Точити поверхню 8 та канавку 3 однократно, 9 попередньо. 10. Точити поверхню 9 остаточно та 10 однократно. 11. Точити канавку 4 однократно. 12. Точити фаску 5, 6 однократно. 13. Точити поверхні 7, 8 однократно. 14. Зняти деталь. 		<p><i>Токарно-револьверний 1В340Ф30</i></p>
010	<p><i>Токарно-револьверна з ЧПК</i></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити і закріпити деталь. 2. Точити по контуру поверхні 1, 3 однократно. 3. Точити по контуру поверхні 3, 4, 5 однократно. 4. Нарізаємо різь поверхні 3. 5. Точити поверхню 6, 7 попередньо. 6. Точити поверхню 6 попередньо, 7 остаточно. 7. Точити поверхню 6 остаточно, 12 однократно. 8. Точити фаски 8, 9 однократно. 9. Точити поверхні 10, 11 однократно, 14 попередньо. 10. Точити поверхні 15, 16 однократно. 11. Точити поверхню 14, попередньо. 12. Точити поверхню 14 остаточно, 13 однократно. 13. Зняти деталь. 		<p><i>Токарно-револьверний 1В340Ф30</i></p>

продовження табл.3.8

№ п.п	Назва операції: зміст переходу	Схема базування	Обладна- ння
015	<p>Фрезерна з ЧПК</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити і закріпити деталь. 2. Фрезерувати поверхні 1,2 однократно. 4. Зняти деталь. 		Фрезерний 6Р80
020	<p>Фрезерна з ЧПК</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити і закріпити деталь. 2. Фрезерувати поверхні 1 однократно. 3. Зняти деталь. 		Горизонтально- фрезерний 6Р80
025	<p>Свердильна</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити і закріпити деталь. 2. Центрувати отвір 1. 3. Свердлити отвір 1 однократно. 4. Центрувати отвір 2. 5. Свердлити отвір 2 однократно. 6. Зняти деталь. 		Свердильна 2Н135
030	<p>Шліфувальна</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити і закріпити деталь. 2. Шліфувати поверхню 1 діаметром 48f9 попередньо. 3. Шліфувати поверхню 1 діаметром 48f9 остаточно. 4. Зняти деталь. 		Шліфувальній 3М150
035	<p>Шліфувальна</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити і закріпити деталь. 2. Шліфувати поверхню 1 діаметром 48f9 однократно. 3. Зняти деталь. 		Шліфувальній 3М150

Аналіз похибок базування, що виникають на операціях механічної обробки

Похибка базування на діаметральні розміри дорівнює нулю.

Похибка базування складатиме:

$\mathcal{E}_{\delta(\varnothing 52)}=0$ – обробка з одного установу; $\mathcal{E}_{\delta(\varnothing 48)}=0$ – діаметральний розмір;

$\mathcal{E}_{\delta(\varnothing 70)}=0$ – діаметральний розмір; $\mathcal{E}_{\delta(\varnothing 30)}=0$ – діаметральний розмір;

$\mathcal{E}_{\delta(\varnothing 19)}=0$ – діаметральний розмір; $\mathcal{E}_{\delta(\varnothing 20)}=0$ – діаметральний розмір;

$\mathcal{E}_{\delta(\varnothing 62)}=0$ – діаметральний розмір; $\mathcal{E}_{\delta(55)}=0$ – обробка з одного установу;

$\mathcal{E}_{\delta(55)}=0$ – обробка з одного установу.

$\mathcal{E}_{\delta(200)}=0$ – співпадання конструкторської та технологічної бази.

$\mathcal{E}_{\delta(\varnothing 3)}=0$ – діаметральний розмір. $\mathcal{E}_{\delta(M36)}=0$ – діаметральний розмір;

3.4.5. Розмірний аналіз технологічного процесу.

3.4.5.1. Вибір розташування технологічних розмірів

Схема розміщення технологічних розмірів представлено на рис.3.4

3.4.5.2 Попереднє визначення допусків технологічних розмірів

Допуски технологічних розмірів визначаються виходячи з точності механічної обробки. Згідно таблиць середня точність однократної обробки відповідає 12-му квалітету. Тому приймаємо допуски розмірів після чорнової (однократної) обробки по 12-му квалітету і записуємо в таблицю.

Таблиця 3.9 Параметри заготовки

Розміри заготовки	З ₁	З ₂	З ₈	З ₃	З ₄	З ₅	З ₆	З ₇	В ₁	В ₂
Попередні значення допусків	2,9	1,9	1,6	1,6	1,6	1,9	1,9	1,3	0,46	0,3
Розміри заготовки	В ₃	В ₄	В ₅	В ₆	В ₇	В ₈	В ₉			
Попередні значення допусків	0,25	0,25	0,46	0,3	0,3	0,21	0,25			

3.4.5.3. Розмірна схема технологічного процесу.

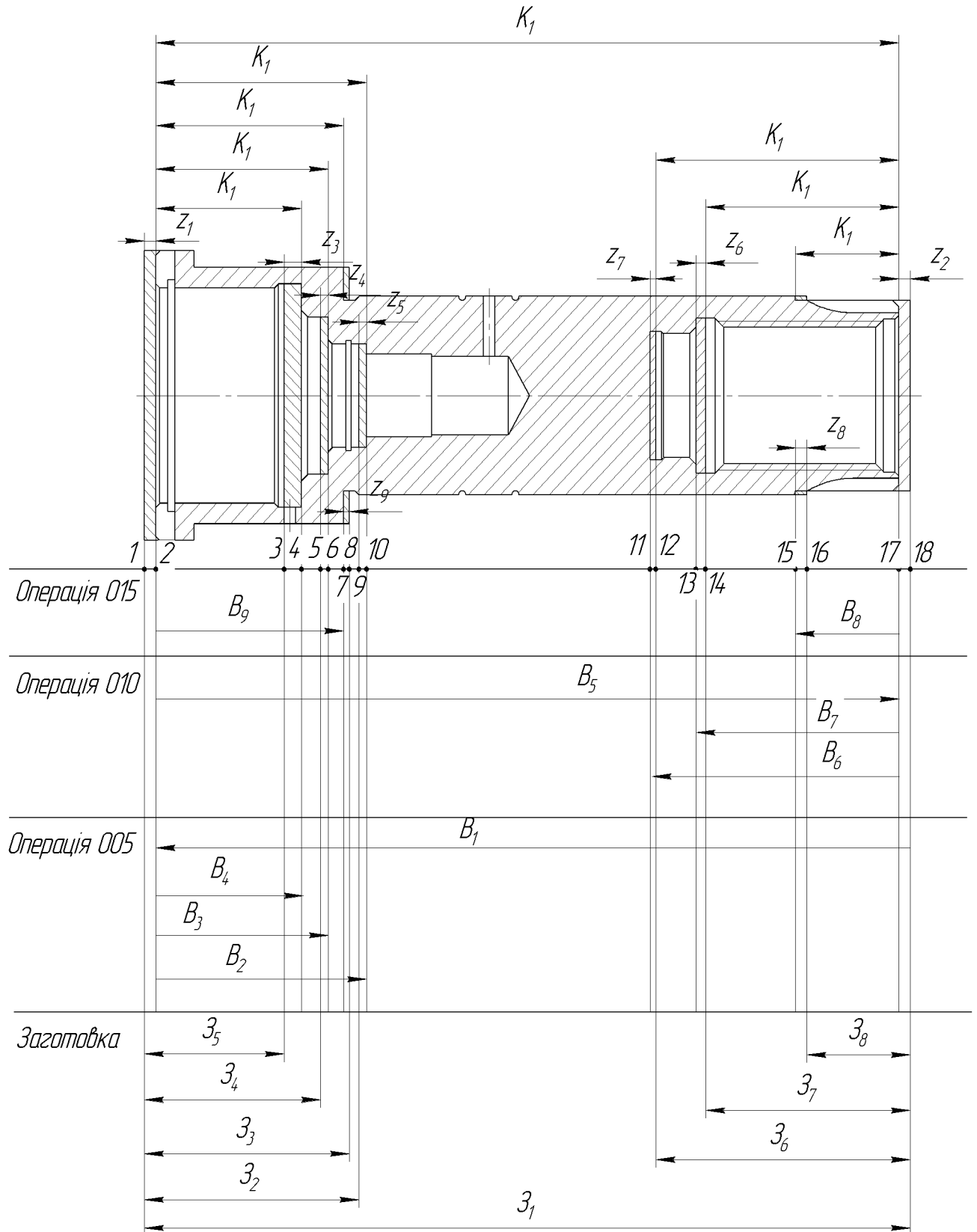


Рисунок 3.5– Розмірна схема технологічного процесу

3.4.5.4. Похідний, вихідний графи - дерева, суміщений граф.

Граф, складений із конструкторських розмірів $K_1K_2\dots$ і припусків технологічних розмірів $B_1B_2\dots$ і розмірів заготовки $3_13_2\dots$ називається похідним графом.

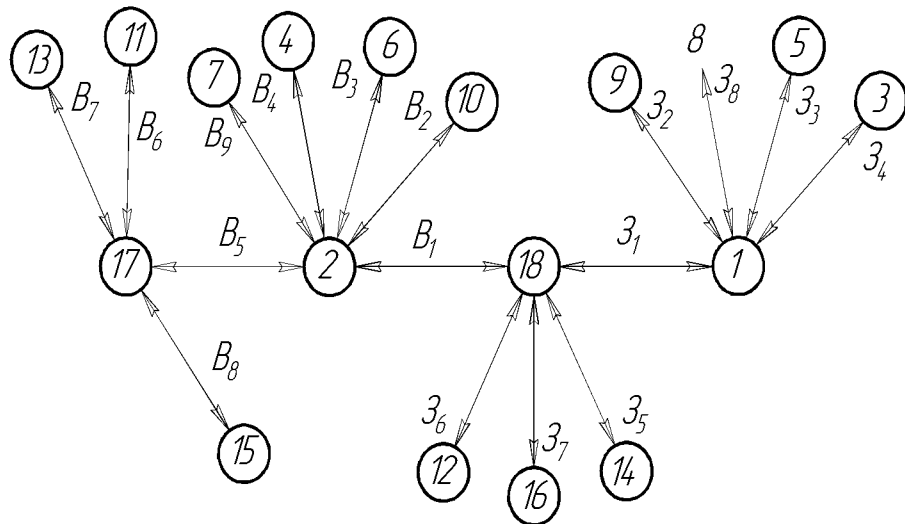


Рисунок 3.6 – Похідний граф-дерево

Граф, складений із конструкторських розмірів та припусків називається вихідним графом (деревом).

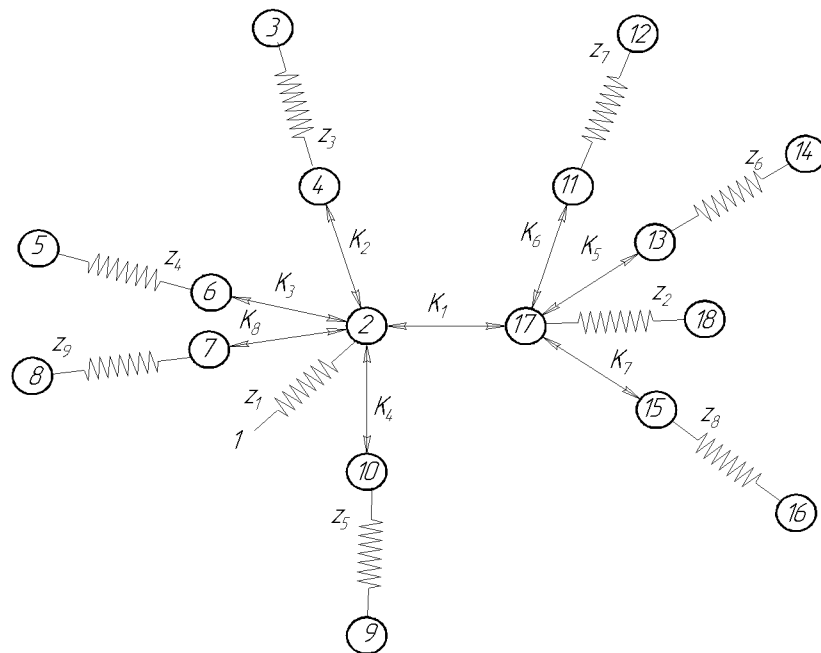


Рисунок 3.7 – Вихідний граф-дерево

Суміщений граф представляє собою графічне зображення ТП механічної обробки.

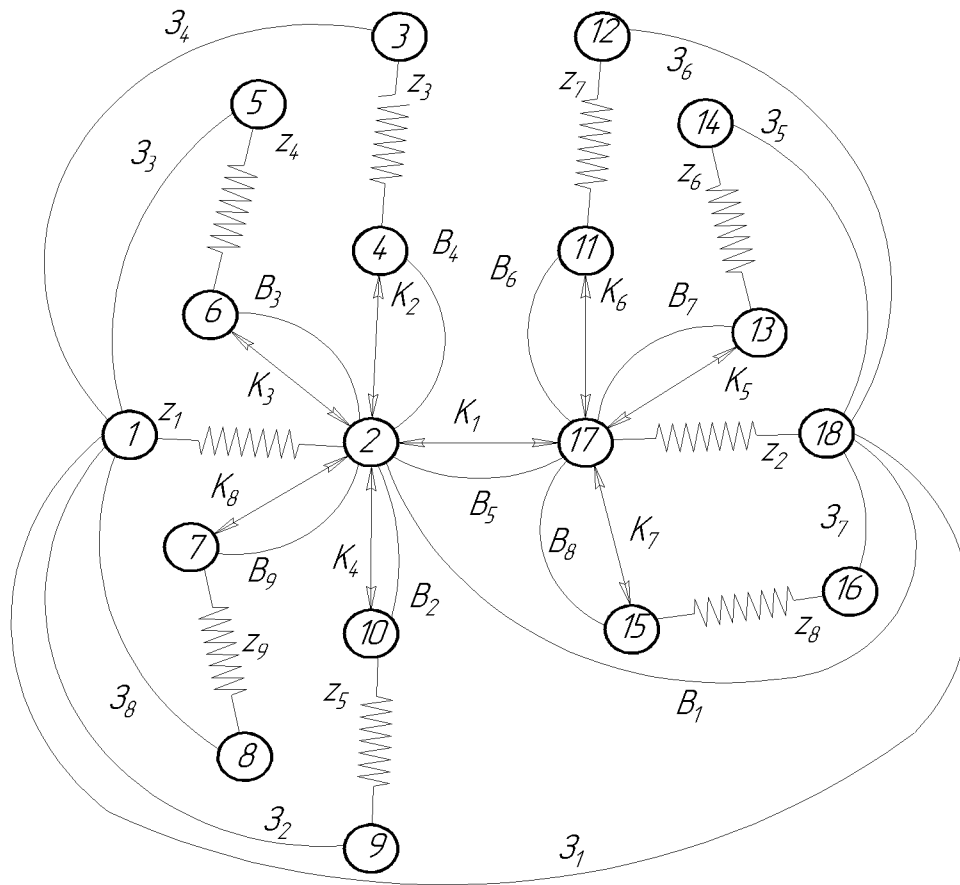


Рисунок 3.8 – Суміщений граф-дерево

3.4.5.5. Визначення проміжних мінімальних припусків на механічну обробку плоских поверхонь

Проміжні мінімальні припуски визначаємо нормативним способом згідно таблиць. Дані припусків зводимо в таблицю 4.3.

Таблиця 3.10 Параметри припусків заготовки

Припуски	Z_1	Z_2	Z_3	Z_4	Z_5	Z_6	Z_7	Z_8	Z_9
Z_{\min}	1,7	1,7	1,2	1,2	1,5	1,5	1,5	1,2	1,2

Таблиця 3.11 - Рівняння технологічних розмірних ланцюгів

№ n/n	Розрахункові рівняння	Вихідні рівняння	Невідомий розмір
1	$B_1 - K_1 - Z_2 = 0$	$B_1 = K_1 + Z_2$	B_1
2	$B_2 - K_4 = 0$	$B_2 = K_4$	B_2
3	$B_3 - K_3 = 0$	$B_2 = K_3$	B_3
4	$B_4 - K_2 = 0$	$B_4 = K_2$	B_4
5	$B_5 - K_1 = 0$	$B_5 = K_1$	B_5
6	$B_6 - K_6 = 0$	$B_6 = K_6$	B_6
7	$B_7 - K_5 = 0$	$B_7 = K_5$	B_7
8	$B_8 - K_7 = 0$	$B_8 = K_7$	B_8
9	$B_9 - K_8 = 0$	$B_9 = K_8$	B_9
10	$Z_1 - K_1 - Z_1 - Z_2 = 0$	$Z_1 = K_1 + Z_1 - Z_2$	Z_1
11	$Z_2 - K_4 - Z_1 + Z_5 = 0$	$Z_2 = K_4 + Z_1 - Z_5$	Z_2
12	$Z_3 - K_3 - Z_1 + Z_4 = 0$	$Z_3 = K_3 + Z_1 - Z_4$	Z_3
13	$Z_4 - K_2 - Z_1 + Z_3 = 0$	$Z_4 = K_2 + Z_1 - Z_3$	Z_4
14	$Z_5 - K_5 - Z_2 + Z_6 = 0$	$Z_5 = K_5 + Z_2 - Z_6$	Z_5
15	$Z_6 - K_6 - Z_2 + Z_7 = 0$	$Z_6 = K_6 + Z_2 - Z_7$	Z_6
16	$Z_7 - K_7 - Z_2 + Z_8 = 0$	$Z_7 = K_7 + Z_2 - Z_8$	Z_7
17	$Z_8 - K_8 - Z_1 - Z_9 = 0$	$Z_8 = K_8 + Z_1 + Z_9$	Z_8

3.4.5.6 Визначення технологічних розмірів, розмірів вихідної заготовки, максимальних припусків, корекція (за необхідністю) допусків технологічних розмірів і (або) маршруту механічної обробки.

Відповідно до визначених вище технологічних рівнянь визначимо для кожного розміру цього межі:

- $B_1 - K_1 - Z_2 = 0;$

$$B_{1\min} = K_{1\max} + Z_{2\min} = 194 + 1,7 = 195,7 \text{ (MM)};$$

$$B_{1\max} = B_{1\min} + T(B_1) = 195,7 + 0,46 = 196,16 \text{ (MM)};$$

$$B_4 = 195,93^{\pm 0,23} \text{ (MM)}.$$

$$2. B_2 - K_4 = 0;$$

$$B_{2\min} = K_{4\max} = 55 \text{ (MM)};$$

$$B_{2\max} = B_{2\min} + T(B_2) = 55 + 0,3 = 55,03 \text{ (MM)};$$

$$B_3 = 55^{\pm 0,15} \text{ (MM)}.$$

$$3. B_3 - K_3 = 0;$$

$$B_{3\min} = K_{3\max} = 45 \text{ (MM)};$$

$$B_{3\max} = B_{3\min} + T(B_3) = 45 + 0,25 = 45,25 \text{ (MM)};$$

$$B_2 = 45,125^{\pm 0,125} \text{ (MM)}.$$

$$4. B_4 - K_2 = 0;$$

$$B_{4\min} = K_{2\max} = 38 \text{ (MM)};$$

$$B_{4\max} = B_{4\min} + T(B_4) = 38 + 0,25 = 38,25 \text{ (MM)};$$

$$B_2 = 38,125^{\pm 0,125} \text{ (MM)}.$$

$$5. B_5 - K_1 = 0;$$

$$B_{5\min} = K_{1\max} = 194 \text{ (MM)};$$

$$B_{5\max} = B_{5\min} + T(B_5) = 194 + 0,46 = 194,46 \text{ (MM)};$$

$$B_5 = 194,23^{\pm 0,23} \text{ (MM)}.$$

$$6. B_6 - K_6 = 0;$$

$$B_{6\min} = K_{6\max} = 65,37 \text{ (MM)};$$

$$B_{6\max} = B_{6\min} + T(B_6) = 65,37 + 0,3 = 65,67 \text{ (MM)};$$

$$B_6 = 65,52^{\pm 0,15} \text{ (MM)}.$$

$$7. B_7 - K_5 = 0;$$

$$B_{7\min} = K_{5\max} = 53 \text{ (MM)};$$

$$B_{7\max} = B_{7\min} + T(B_7) = 53 + 0,3 = 53,03 \text{ (MM)};$$

$$B_7 = 53,15^{\pm 0,15} \text{ (MM)}.$$

$$8. B_8 - K_7 = 0;$$

$$B_{8\min} = K_{7\max} = 27 \text{ (MM)};$$

$$B_{8\max} = B_{8\min} + T(B_8) = 27 + 0,21 = 27,21 \text{ (MM)};$$

$$B_8 = 27,105^{\pm 0,105} \text{ (MM)}.$$

$$9. B_9 - K_8 = 0;$$

$$B_{9\min} = K_{8\max} = 49 \text{ (MM)};$$

$$B_{9\max} = B_{9\min} + T(B_9) = 49 + 0,25 = 49,25 \text{ (MM)};$$

$$B_9 = 49,125^{\pm 0,125} \text{ (MM)}.$$

$$10. 3_1 - K_1 - Z_1 - Z_2 = 0;$$

$$3_{1\min} = K_{1\max} + Z_{1\min} + Z_{2\min} = 194 + 1,7 + 1,7 = 197,4 \text{ (MM)};$$

$$3_{1\max} = 3_{1\min} + T(3_1) = 197,4 + 2,9 = 200,3 \text{ (MM)};$$

$$3_1 = 198,85^{\pm 1,45} \text{ (MM)}$$

$$11. 3_2 - K_4 - Z_1 + Z_5 = 0;$$

$$3_{2\min} = K_{4\max} + Z_{1\min} - Z_{5\min} = 55 + 1,7 - 1,5 = 55,2 \text{ (MM)};$$

$$3_{2\max} = 3_{2\min} + T(3_2) = 55,2 + 1,9 = 57,1 \text{ (MM)};$$

$$3_2 = 56,15^{\pm 0,95} \text{ (MM)}$$

$$12. 3_3 - K_3 - Z_1 + Z_4 = 0;$$

$$3_{3\min} = K_{3\max} + Z_{1\min} - Z_{4\min} = 45 + 1,7 - 1,2 = 45,5 \text{ (MM)};$$

$$3_{3\max} = 3_{3\min} + T(3_3) = 45,5 + 1,6 = 47,1 \text{ (MM)};$$

$$3_3 = 46,3^{\pm 0,8} \text{ (MM)}$$

$$13. 3_4 - K_2 - Z_1 + Z_3 = 0;$$

$$3_{4\min} = K_{2\max} + Z_{1\min} - Z_{3\min} = 38 + 1,7 - 1,2 = 38,5 \text{ (MM)};$$

$$3_{4\max} = 3_{4\min} + T(3_4) = 38,5 + 1,6 = 40,1 \text{ (MM)};$$

$$3_4 = 39,3^{\pm 0,8} \text{ (MM)}$$

$$14. 3_5 - K_5 - Z_2 + Z_6 = 0;$$

$$3_{5\min} = K_{5\max} + Z_{2\min} - Z_{6\min} = 53 + 1,7 - 1,5 = 53,2 \text{ (MM)};$$

$$3_{5\max} = 3_{5\min} + T(3_5) = 53,2 + 1,9 = 55,1 \text{ (MM)};$$

$$3_5 = 54,15^{\pm 0,95} \text{ (MM)}$$

$$15. 3_6 - K_6 - Z_2 + Z_7 = 0;$$

$$3_{6\min} = K_{6\max} + Z_{2\min} - Z_{7\min} = 65,37 + 1,7 - 1,5 = 65,57 \text{ (MM)};$$

$$3_{6\max} = 3_{6\min} + T(3_6) = 65,57 + 1,9 = 67,47 \text{ (MM)};$$

$$3_6 = 68,52^{\pm 0,95} \text{ (MM)}$$

$$16. 3_7 - K_7 - Z_2 + Z_8 = 0;$$

$$Z_{7\min} = K_{7\max} + Z_{2\min} - Z_{8\min} = 27 + 1,7 - 1,2 = 27,5 \text{ (мм)};$$

$$Z_{7\max} = Z_{7\min} + T(Z_7) = 27,5 + 1,3 = 28,8 \text{ (мм)};$$

$$Z_7 = 28,15^{+0,65} \text{ (мм)}$$

$$17. Z_8 - K_8 - Z_1 - Z_9 = 0;$$

$$Z_{8\min} = K_{8\max} + Z_{1\min} + Z_{9\min} = 49 + 1,7 + 1,2 = 51,9 \text{ (мм)};$$

$$Z_{8\max} = Z_{8\min} + T(Z_8) = 51,9 + 1,6 = 53,5 \text{ (мм)};$$

$$Z_1 = 52,7^{+0,8} \text{ (мм)}.$$

Висновки з розмірного аналізу.

Отже визначено технологічні розміри при механічній обробці, припуски та розміри заготовки, на їх основі можна розробляти технологічний процес та усю документацію пов'язану із ним.

3.4.6. Визначення припусків і технологічних розмірів на механічну обробку циліндричної поверхні $\varnothing 52 \left(\begin{smallmatrix} +0,03 \\ 0 \end{smallmatrix} \right)$

Елементи припуску

Визначення значень R і T проводимо відповідно до рекомендацій наведених в [1], враховуючи, що для заготовки дані параметри рівні 150 і 200 відповідно. При свердлінні та попередньому розточуванні приймаємо $R_z = T = 50$ мкм, а на наступному переході відповідно 50 мкм, при чистовому розточуванні $R_z = 20$ мкм, $T = 25$ мкм.

Сумарне значення просторових відхилень для заготовки даного типу визначається по формулі:

$$\rho_3 = \sqrt{\rho_{жол}^2 + \rho_{зм}^2 + \rho_{ц}^2}, \text{ [мкм]} \quad (3.10)$$

$$\rho_{жол} = \sqrt{(\Delta_K d)^2 + (\Delta_K l)^2} = \sqrt{(0,7 \cdot 52,03)^2 + (0,7 \cdot 42)^2} = 46,8 \text{ (мкм)},$$

де d, l – діаметр і довжина оброблювальної поверхні деталі;

$\Delta_k = 0,7$ – питома кривизна заготовки [2].

При визначенні $\rho_{зм}$ в даному випадку слід брати до уваги точність розміщення базових поверхонь, які використовуються при даній схемі установки і отриманих на попередніх операціях, відносно оброблюваної в даній установці поверхні.

$$\rho_{зм} = \sqrt{\left(\frac{\delta_1}{2}\right)^2 + \left(\frac{\delta_2}{2}\right)^2} = \sqrt{400^2 + 600^2} = 360,55 \text{ (мкм)}$$

$$\rho_{\text{ц}} = \sqrt{\left(\frac{\delta_3}{2}\right)^2 + 0,25^2} = 1,23 \text{ (мкм)},$$

де $\delta_3 = 3,0$ мм – допуск поверхні, що використовуються в якості базових на комбінованих операціях для штампованих заготовок даної групи та ступені важкості.

$$\text{Тоді } \rho_3 = \sqrt{46,8^2 + 360,55^2 + 1,23^2} = 365,188 \text{ (мкм)}.$$

При подальших переходах механічної обробки:

$$\rho_n = k \cdot \rho_{n-1} \text{ [мкм]} \quad (3.11)$$

$$\rho_1 = 0,06 \cdot 367,188 = 21,91 \text{ (мкм)}$$

$$\rho_2 = 0,02 \cdot 367,18 = 7,3 \text{ (мкм)}$$

На основі отриманих вище даних проводимо розрахунок мінімальних значень міжопераційних припусків, користуючись формулою:

$$2Z_{\min} = 2 \left(R_{Z_{i-1}} + T_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2} \right) \text{ [мм]} \quad (3.12)$$

де ε_1 – похибка установки при чорновому точінні

Похибка установки при попередньому точінні:

$$\varepsilon_y = \sqrt{\varepsilon_{\delta}^2 + \varepsilon_3^2 + \varepsilon_{np}^2}, [\text{мкм}] \quad (3.13)$$

де ε_{δ} – похибка базування;

ε_3 – похибка закріплення;

ε_{np} – похибка пристосування.

$$\varepsilon_{np} = \sqrt{\varepsilon_{\text{виг}}^2 + \varepsilon_{\text{зн}}^2 + \varepsilon_{\text{уст}}^2}, [\text{мкм}] \quad (3.14)$$

При обробці даної поверхні $\varepsilon_{\delta} = 0$, $\varepsilon_3 = 110$ мкм, $\varepsilon_{\text{виг}} = 0$, $\varepsilon_{\text{уст}} = 0$. [2].

$$\varepsilon_{np} = \frac{1}{6}T = \frac{1}{6}50 = 8,33 (\text{мкм}).$$

$$\varepsilon_1 = \sqrt{0 + 110^2 + 8,33^2} = 110,3 (\text{мкм}).$$

ε_2 – похибка установки при чистовому точінні.

$$\varepsilon_2 = 0,05 \cdot \varepsilon_1 + \varepsilon_{\text{інд}}, [\text{мкм}] \quad (3.15)$$

$\varepsilon_{\text{інд}} = 0$ – тому що чорнове та чистове точіння проводиться на одному установі.

$$\varepsilon_2 = 0,05 \cdot 110 = 5,5 (\text{мкм}).$$

Мінімальний припуск:

Свердління:

$$2Z_{1\text{min}} = 2(200 + 150 + \sqrt{365,188^2 + 110,3^2}) = 2 \cdot 731 (\text{мкм})$$

Попереднє розточування:

$$2Z_{2\text{min}} = 2(50 + 50 + \sqrt{21,91^2 + 110,3^2}) = 2 \cdot 212 (\text{мкм})$$

Остаточне розточування:

$$2Z_{4\min}=2(20+25+\sqrt{7,3^2+5,5^2})=2\cdot 54 \text{ (мкм)}$$

Розрахункові розміри

При остаточному розточуванні маємо отримати розмір вказаний на креслені:

$$D = 52.03 \text{ (мм)}$$

Наступні розміри отримуємо послідовним відніманням розрахункового мінімального припуску кожного технологічного переходу. Таким чином отримуємо:

$$\text{Для остаточного розточування: } D_1 = 52.03 - 2 \cdot 0.054 = 51,922 \text{ (мм)}$$

$$\text{для попереднього розточування: } D_2 = 51,922 - 2 \cdot 0.212 = 51,498 \text{ (мм)}$$

$$\text{для заготовки: } D_3 = 51,498 - 2 \cdot 0.731 = 50,037 \text{ (мм)}$$

Значення допусків кожного переходу приймаються по таблицям відповідно до квалітету того чи іншого виду обробки:

Для остаточного розвертування допуск складає 30 мкм, відповідно для 7 квалітету; для попереднього розточування, відповідно для 8 квалітету, 12 квалітету допуск відповідно рівний – 100 і 300 мкм та для заготовки, що має 16 квалітет точності, допуск складає 1900 мкм.

Граничні розміри

Максимальні граничні розміри отримуються по розрахунковим розмірам заокругленим до точності допуску відповідного переходу.

Мінімальні граничні розміри визначаються шляхом віднімання від найбільших граничних розмірів допусків відповідних переходів.

$$\text{Тобто: } 50,037 - 1,9 = 48,137 \text{ (мм); } 51,498 - 0,3 = 51,198 \text{ (мм);}$$

$$51,922 - 0,1 = 51,822 \text{ (мм); } 52,03 - 0,03 = 52 \text{ (мм).}$$

Мінімальні граничні значення припусків Z_{\min} рівні різниці найбільших граничних розмірів виконуваного і попереднього переходів, а максимальне значення Z_{\max} – відповідно різниця найменших граничних розмірів.

Отже, для остаточного розточування:

$$2Z_{\min 4} = 52,03 - 52 \text{ мм} = 30 \text{ (мкм)}$$

$$2Z_{\max 4} = 52 - 51,822 = 178 \text{ (мкм)}$$

для попереднього розточування:

$$2Z_{\min 3} = 52 - 51,6 = 400 \text{ (мкм)}$$

$$2Z_{\max 3} = 51,822 - 51,198 = 1624 \text{ (мкм)}$$

для попереднього розточування:

$$2Z_{\min 2} = 51,6 - 51,16 = 440 \text{ (мкм)}$$

$$2Z_{\max 2} = 51,198 - 48,137 = 3061 \text{ (мкм)}$$

Всі результати проведених розрахунків записано в таблицю 3.12.

Таблиця 3.12 – Розрахунок припусків та граничних розмірів по технологічним переходам на обробку отвору $\varnothing 52 \begin{smallmatrix} +0.03 \\ 0 \end{smallmatrix}$

Технологічні переходи обробки поверхні $\varnothing 52$	Елементи припуску, мкм			Розрахунковий припуск, $2Z_{\min}$	Розрахунковий розмір, d_p	Допуск, δ мкм	Граничний Розмір		Граничні значення припусків	
	R_z	T	ρ				d_{\min}	d_{\max}	$2Z_{\max}$	$2Z_{\min}$
заготовка	150	200	21,9			1900	48,137	52,03		
розточування попереднє	50	50	14,6	2·781	51,922	300	51,198	51,922	3061	440
розточування попереднє	50	50	7,3	2·211	51,498	100	51,822	51,498	1624	400
розточування остаточне	20	25	–	2·54	50,037	30	52	50,037	176	30
Ітого									4861	870

Загальні припуски $Z_{0\min}$ і $Z_{0\max}$ визначаємо сумуючи проміжні припуски:

$$2Z_{0\min} = 440 + 400 + 30 = 870 \text{ (мкм)};$$

$$2Z_{0\max} = 3061 + 1624 + 176 = 4861 \text{ (мкм)}.$$

3.4.7 Визначення режимів різання при різних методах обробки

Результати проведених розрахунків режимів різання наведені в таб.3.13

Таблиця 3.13 – Визначення режимів різання

Елементи режимів різання	Стадії обробки											
	Чорнова						Напівчистова					
	№ поверхні											
	005	010	015	020	025	030	005	010	015	020	025	030
Глибина різання t , мм	5,5	2,2	2,58	2,4	5,5	19,5	1,0	1,3	1,3	1,4	1,0	0,21
Табличне значення подачі $S_{от}$, мм/об	0,17	0,4	0,4	0,73	0,17	0,4	0,14	0,27	0,27	0,49	0,14	0,86
Прийняте значення подачі S_o , мм/об	0,17 2	0,40 5	0,40 5	0,74	0,17 2	0,46	0,17 2	0,27 4	0,27 4	0,49 7	0,17 2	1,32
Табличне значення швидкості різання v_m , м/хв.	208	203	203	172	208	18,4	208	228	228	185	208	128
Скорегована швидкість різання v , м/хв.	254, 8	248, 7	248, 7	210, 7	254, 8	21,3	254, 8	279, 3	279, 3	226, 6	254, 8	156, 8
Фактична частота обертів n_{ϕ} , $хв^{-1}$	2000	1150	1650	750	2000	450	2000	1400	2000	800	2000	2200
Фактична швидкість різання v_{ϕ} , м/хв	220	252, 8	259	235, 5	220	28,2 6	220	307, 7	314	251, 2	220	138, 16
Табличне значення потужності N , кВт	7,3	7,5	7,5	8,9	7,3	2,15	7,3	5,7	5,7	8,2	7,3	12
Фактичне значення потужності N , кВт	5,33	6,53	6,7	8,53	5,33	2,31	5,33	5,38	5,5	7,79	5,33	9,07
Подача за хвилину $S_{хв}$, мм/об	344	102, 4	668, 25	555	344	207	344	383, 6	548	397, 6	344	2232

3.4.8 Визначення норм часу

Норми часу визначаємо згідно формули :

$$T_{шк} = T_0 \cdot \varphi_k, [\text{хв}] \quad (3.16)$$

Штучний час визначаємо за формулою

$$T_{шт} = t_0 + t_b + t_{т.обс.} + t_{о.обс.} + t_{отд.} \quad (3.17)$$

Час на вимірювання і контроль деталі перекривається основним часом.
Штучно-калькуляційний час визначаємо за формулою

$$T_{шк} = T_{шт} + T_{п.з.}/n \quad (3.18)$$

Оперативний час:

$$t_{оп} = t_0 + t_{вс} \quad (3.19)$$

Таблиця 3.14 – Норми часу по операціям

Операція 005 – токарна					
№	Переходи	$T_0 \cdot 10^{-3}$, хв.	T_0 , хв.	φ_k	$T_{шк}$, хв.
1	Точити пов. 1, 12 попередньо	$0,037(D^2 \cdot l)$	$0,037 \cdot (70^2) 10^{-3} = 0,18$ $0,037 \cdot (48^2) 10^{-3} = 0,087$	1,98	6,04
2	Центрувати отвір 11, 13	–	–		
3	Точити пов. 1, 12 остаточно	$0,052(D^2 \cdot l)$	$0,052 \cdot (70^2) 10^{-3} = 0,25$ $0,052 \cdot (48^2) 10^{-3} = 0,12$		
4	Точити пов. 2 попередньо	0,18dl	$0,18 \cdot 52 \cdot 48 \cdot 10^{-3} = 0,45$		
5	Точити пов. 2 попередньо	0,18dl	$0,18 \cdot 52 \cdot 48 \cdot 10^{-3} = 0,45$		
6	Точити пов. 2 остаточно	0,18dl	$0,18 \cdot 52 \cdot 48 \cdot 10^{-3} = 0,45$		
7	Точити канавку 3, пов. 8 однократно, 9 попередньо	0,18dl 0,18dl 0,18dl	$0,18 \cdot 52 \cdot 10^{-3} = 0,009$ $0,18 \cdot 52,5 \cdot 10^{-3} = 0,0094$ $0,18 \cdot 20 \cdot 20 \cdot 10^{-3} = 0,072$		
8	Точити пов. 9 остаточно, 10 однократно	0,18dl	$0,18 \cdot 20 \cdot 20 \cdot 10^{-3} = 0,072$ $0,18 \cdot 19 \cdot 32 \cdot 10^{-3} = 0,109$		
9	Точити пов. 4 однократно	0,18dl	$0,18 \cdot 56 \cdot 10^{-3} = 0,01$		
10	Точити пов. 7, 8 однократно	0,17dl	$0,17 \cdot 70 \cdot 15 \cdot 10^{-3} = 0,18$ $0,17 \cdot 62 \cdot 55 \cdot 10^{-3} = 0,58$		
11	Точити фаски 4, 5 однократно	0,17dl	$0,17 \cdot 52 \cdot 10^{-3} = 0,009$ $0,17 \cdot 70 \cdot 10^{-3} = 0,012$		
Сума			3,05		

Продовження табл. 3.14

Операція 010 – токарно-револьверна з ЧПК					
№	Переходи	$T_0 \cdot 10^{-3}$, хв.	T_0 , хв.	Φ_k	$T_{шк}$, хв.
1	Точити пов. 1,2 однократно, 3 попередн	$0,052(D^2 \cdot l)$ 0,18dl	$0,052 \cdot 48^2 \cdot 10^{-3} = 0,12$ $0,18 \cdot 47 \cdot 36 \cdot 10^{-3} = 0,3$ $0,18 \cdot 4 \cdot 36,5 \cdot 10^{-3} = 0,026$	1,98	6,4
2	Точити по контуру поверхні 4, 5 однократно	0,18dl	$0,18 \cdot 53 \cdot 36 \cdot 10^{-3} = 0,34$ $0,18 \cdot 37,2 \cdot 10^{-3} = 0,007$		
3	Нарізаємо різь на поверхні 3	0,4dl	$0,4 \cdot 36 \cdot 47 \cdot 10^{-3} = 0,68$		
4	Точити пов. 6 попередньо	0,18dl	$0,18 \cdot 24 \cdot 30 \cdot 10^{-3} = 0,13$		
5	Точити пов. 6 попередньо	0,18dl	$0,18 \cdot 24 \cdot 30 \cdot 10^{-3} = 0,13$		
6	Точити пов. 6 остаточно, 7, 11 однократно	0,18dl	$0,18 \cdot 24 \cdot 30 \cdot 10^{-3} = 0,13$ $0,18 \cdot 30,5 \cdot 10^{-3} = 0,005$ $0,18 \cdot 30,5 \cdot 10^{-3} = 0,005$		
7	Точити поверхні 10, 13 попередньо	0,17dl	$0,17 \cdot 27 \cdot 47 \cdot 10^{-3} = 0,2$ $0,17 \cdot 118 \cdot 48 \cdot 10^{-3} = 0,96$		
8	Точити поверхні 10, 13 попередньо	0,17dl	$0,17 \cdot 27 \cdot 47 \cdot 10^{-3} = 0,2$ $0,17 \cdot 118 \cdot 48 \cdot 10^{-3} = 0,96$		
9	Точити поверхні 10 остаточно, 12 однократно	0,17dl	$0,17 \cdot 27 \cdot 47 \cdot 10^{-3} = 0,2$ $0,17 \cdot 14 \cdot 10^{-3} = 0,002$		
Сума			3,25		
Операція 015 – фрезерна з ЧПК					
№	Переходи	$T_0 \cdot 10^{-3}$, хв.	T_0 , хв.	Φ_k	$T_{шк}$, хв.
1	Фрезерувати пов. 1 однократно	6l	$6 \cdot 8 \cdot 10^{-3} = 0,048$	1,84	0,88
Сума			0,48		
Операція 020 – фрезерна з ЧПК					
№	Переходи	$T_0 \cdot 10^{-3}$, хв.	T_0 , хв.	Φ_k	$T_{шк}$, хв.
1	Фрезерувати пов. 1 однократно	6l	$6 \cdot 12 \cdot 10^{-3} = 0,072$	1,84	1,32
Сума			0,72		
Операція 025 – Свердлильна					
№	Переходи	$T_0 \cdot 10^{-3}$, хв.	T_0 , хв.	Φ_k	$T_{шк}$, хв.
1	Свердлити отвір 1 однократно	0,52dl	$0,52 \cdot 3 \cdot 14,5 \cdot 10^{-3} = 0,022$	1,72	0,05
2	Свердлити отвір 2 однократно	0,52dl	$0,52 \cdot 3 \cdot 5 \cdot 10^{-3} = 0,008$		
Сума			0,03		
Операція 030 – Шліфувальна					
№	Переходи	$T_0 \cdot 10^{-3}$, хв.	T_0 , хв.	Φ_k	$T_{шк}$, хв.
1	Шліфувати поверхні 1 попередньо.	0,07dl	$0,07 \cdot 48 \cdot 118 \cdot 10^{-3} = 0,4$	2,1	1,68
2	Шліфувати поверхні 1 остаточно.	0,07dl	$0,07 \cdot 48 \cdot 118 \cdot 10^{-3} = 0,4$		
Сума			0,8		
Операція 035 – Шліфувальна					
№	Переходи	$T_0 \cdot 10^{-3}$, хв.	T_0 , хв.	Φ_k	$T_{шк}$, хв.
1	Шліфувати поверхні 1 попередньо.	0,1dl	$0,1 \cdot 48 \cdot 118 \cdot 10^{-3} = 0,56$	2,1	1,18
Сума			0,56		

3.4.9 Розрахунок кількості верстатів та коефіцієнтів їх завантаження

Таблиця 3.15 – Розрахунок кількості верстатів

№ опер.	Назва операції	$T_{шк}, \text{хв}$	Кількість верстатів розрахункова	Прийнята кількість
005	Токарна з ЧПК	6,04	$C_p = \frac{8746 \cdot 6,04}{60 \cdot 4060} = 0,21$	1
010	Токарно-револьверна з ЧПК	6,4	$C_p = \frac{8746 \cdot 6,4}{60 \cdot 4060} = 0,23$	1
015	Фрезерна з ЧПК	0,88	$C_p = \frac{8746 \cdot 0,88}{60 \cdot 4060} = 0,03$	1
020	Фрезерна з ЧПК	1,32	$C_p = \frac{8746 \cdot 1,32}{60 \cdot 4060} = 0,047$	1
025	Свердлильна	0,05	$C_p = \frac{8746 \cdot 0,05}{60 \cdot 4060} = 0,002$	1
030	Шліфувальна	1,68	$C_p = \frac{8746 \cdot 1,68}{60 \cdot 4060} = 0,06$	1

Розраховуємо коефіцієнт завантаження обладнання:

де C_p – кількість розрахункового обладнання;

$C_{пр}$ – кількість прийнятого обладнання.

$$\text{Операція 005: } \eta_3 = \frac{0,21}{1} = 0,21; \quad \text{Операція 010: } \eta_3 = \frac{0,23}{1} = 0,23;$$

$$\text{Операція 015: } \eta_3 = \frac{0,03}{1} = 0,03; \quad \text{Операція 020: } \eta_3 = \frac{0,047}{1} = 0,047;$$

$$\text{Операція 025: } \eta_3 = \frac{0,002}{1} = 0,002; \quad \text{Операція 030: } \eta_3 = \frac{0,06}{1} = 0,06;$$

$$\text{Операція 035: } \eta_3 = \frac{0,042}{1} = 0,042.$$

Графік завантаження обладнання показаний на рисунку 3.8

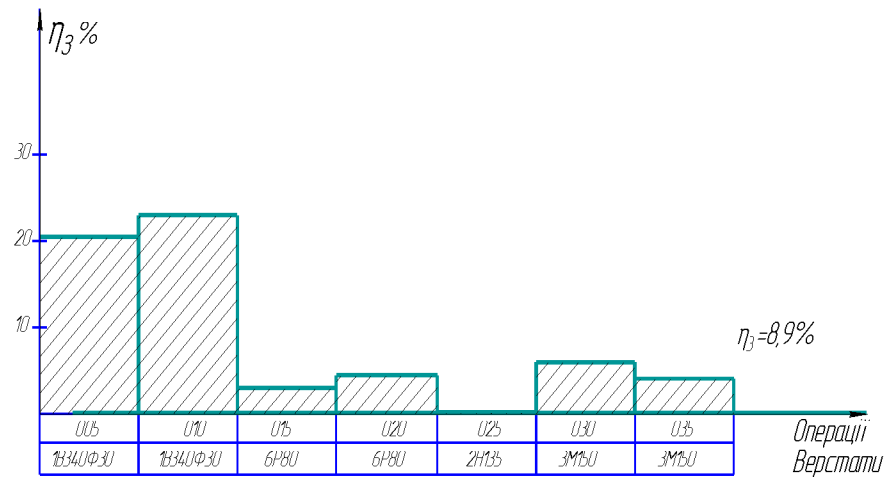


Рисунок 3.9 Графік завантаження обладнання

Оскільки, $\eta_3=8,9\%$, то η_3 не відповідає умовам середньосерійного виробництва, тобто потрібно довантажити верстати додатковими деталями.

Розраховуємо коефіцієнт завантаження обладнання по основному часу

$$\eta_{оз} = \frac{t_{осн}}{T_{шт.к}}, \quad (3.17)$$

$$\text{Операція 005: } \eta_3 = \frac{3,05}{6,04} = 0,505; \quad \text{Операція 010: } \eta_3 = \frac{3,25}{6,4} = 0,508;$$

$$\text{Операція 015: } \eta_3 = \frac{0,48}{0,88} = 0,545; \quad \text{Операція 020: } \eta_3 = \frac{0,72}{1,32} = 0,545;$$

$$\text{Операція 025: } \eta_3 = \frac{0,03}{0,05} = 0,6; \quad \text{Операція 030: } \eta_3 = \frac{0,8}{0,68} = 0,476;$$

$$\text{Операція 035: } \eta_3 = \frac{0,56}{1,18} = 0,474.$$

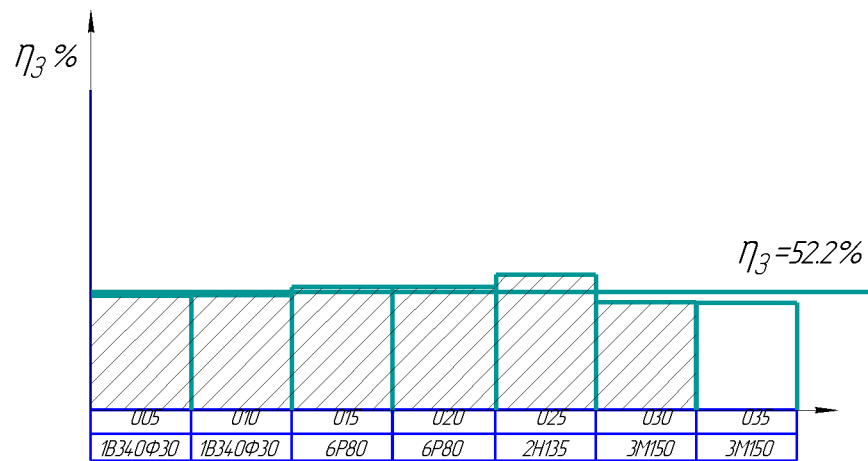


Рисунок 3.10 – Графік використання обладнання по основному часу

4 ЕКОНОМІЧНА РОЗДІЛ

4.1 Розрахунок кошторису капітальних витрат на к розробку конструкції і технологічного процесу виготовлення машини [1]

4.1.1 Розрахунок основної заробітної плати розробників

Основна заробітна плата розробників, яка розраховується за формулою:

$$Z_o = \frac{M}{T_p} \cdot t \text{ [грн] ,} \quad (4.1)$$

де М - місячний посадовий оклад конкретного розробника (дослідника), грн.

T_p - число робочих днів в місяці. Приблизно $T_p = 21 \div 22$,

t - число днів роботи розробника (дослідника).

Для розробки конструкції і технології виготовлення даної машини необхідно приблизно 2 тижні, тобто 10 робочих днів.

Для керівника проекту основна заробітна плата складатиме:

$$Z_o = \frac{5500}{21} \cdot 10 = 809,5 \text{ (грн.)}$$

Аналогічно розраховуємо заробітну плату інших розробників за формулою 4.1. Результати розрахунків зведено до таблиці 4.1.

Таблиця - 4.1. Результати розрахунків основної заробітної плати.

№	Найменування посади	Місячний посадовий оклад, грн.	Оплата за робочий день, грн	Число днів роботи	Витрати на заробітну плату, грн
1	Керівник проекту	5500	261,9	10	2619
2	Інженер-технолог	4500	214,2	15	2142
3	Інженер-конструктор 1 категорії	4500	214,2	15	2142
Всього:					6903

4.1.2 Витрати на основну заробітну плату робітників:

Витрати на основну заробітну плату робітників (Z_p) розраховуються на основі норм часу, які необхідні для виконання технологічних операцій по виготовленню одного виробу:

$$Z_p = \sum_1^n t_i \cdot C_i \cdot K_c \text{ [грн.]},$$

де t_i - норма часу (трудомісткість) на виконання технологічної операції, годин;

n - число робіт по видах та розрядах;

K_c - коефіцієнт співвідношень, який установлений в даний час; Генеральною тарифною угодою між Урядом України і профспілками $K_c = 1 \div 5$.

C_i - погодинна тарифна ставка робітника відповідного розряду, який виконує відповідну технологічну операцію, грн./год.

C_i визначається за формулою:

$$C_i = \frac{M_m \cdot K_i}{T_p \cdot T_{zm}} \text{ [грн./год]}, \quad (4.2)$$

Таблиця 4.2- Розрахунок основної заробітної плати робітників

Найменування робіт	Трудомісткість, н.-годин	Розряд роботи	Погодинна тарифна ставка, грн.	Величина оплати, грн.
Фрезерні	20	3	38	760
Токарні	30	3	38	1140
Слюсарні	120	4	41,5	4980
Зварювальні	10	3	38	380
Монтажні	10	3	38	380
Налагоджувальні	3	3	38	114
Всього				7754

де M_H - мінімальна місячна оплата праці, грн., $M_H = 4173$ грн.;
 K_i - тарифний коефіцієнт робітника відповідного розряду та професії;
 T_p - число робочих днів в місяці, приблизно $T_p = 21 \div 22$;
 $T_{зм}$ - тривалість зміни, $T_{зм} = 8$ годин.

4.1.3 Розрахунок додаткової заробітної плати

Додаткова заробітна плата розраховується, як 10 % від основної заробітної плати всіх робітників і розробників:

$$Z_d = 0,1 \cdot (6903 + 7754) = 1465,7 \text{ (грн.)}$$

4.1.4 Нарахування на заробітну плату розробників та робітників, які приймали участь в розробці нового технологічного рішення

Нарахування на заробітну плату розробників та робітників складають: 36,3% від суми основної та додаткової заробітної плати:

$$H_{зп} = (6903 + 7754 + 1465,7) \cdot 0,363 = 5965,4 \text{ грн.}$$

4.1.5. Розрахунок амортизаційних витрат

В спрощеному вигляді амортизаційні відрахування по кожному виду обладнання можуть бути розраховані за формулою:

$$A = \frac{Ц \cdot H_a}{100} \cdot \frac{T}{12} \text{ [грн..]}, \quad (4.3)$$

де $Ц$ – балансова вартість обладнання, грн.;
 H_a – річна норма амортизаційних відрахувань для даного виду обладнання, %;
 T – термін використання обладнання, місяці.

Таблиця 4.3 – Витрати на амортизацію обладнання

Найменування обладнання	Балансова вартість, грн.	Норма амортизації, %	Термін використання, міс.	Величина амортизаційних відрахувань, грн.
Комп'ютер	3000	60	1	150
Верстат токарний 16К20	20000	24	1	400
Верстат вертикально-фрезерний 6Р10	18000	24	1	360
Верстат вертикально-свердлильний 2Н125	15000	24	1	300
Всього				1210

4.1.6 Розрахунок витрат на матеріали

Витрати на матеріали розраховуються по кожному виду матеріалів за формулою:

$$M = \sum_1^n H_i \cdot C_i \cdot K_i - \sum_1^n B_i \cdot C_b \text{ [грн..]}, \quad (4.4)$$

де H_i - витрати матеріалу i -го найменування, кг. (гр.);

C_i - вартість матеріалу i -го найменування, грн/кг. (на одиницю маси заготовки);

K_i - коефіцієнт транспортних витрат, $K_i = 1,1 \div 1,15$;

B_i - маса відходів i -го найменування, кг. (гр.);

C_b - ціна відходів i -го найменування, грн/кг.;

n - кількість видів матеріалів.

Для виготовлення даного виробу підприємство використовує сталі конструкційні якісні. Всі марки якісної конструкційної сталі мають приблизно однакову ціну, тому можна прийняти, що використовується одна марка сталі:

$$M = 110 \cdot 14,26 \cdot 1,1 - 15 \cdot 6 = 726 - 90 = 1636 \text{ (грн.)}$$

4.1.7 Розрахунок витрат на комплектуючі

Витрати на комплектуючі K , що були використані на розробку нового технічного рішення, розраховуються за формулою:

$$K = \sum_1^n H_i \cdot C_i \cdot K_i \text{ [грн..]}, \quad (4.5)$$

де n – кількість видів комплектуючих;

H_i – кількість комплектуючих i -го виду, шт.;

C_i – покупна ціна комплектуючих i -го виду, грн.;

K_i – коефіцієнт транспортних витрат, $K_i = 1, 1, \dots, 1, 15$.

Зроблені, за формулою (4.5), розрахунки зводимо до таблиці 4.4.

Таблиця 4.4 – Витрати на комплектуючі

Найменування комплектуючих	Кількість	Ціна за штуку, грн.	Сума, грн.
Електродвигун	1	650	650
Пас	1	20	20
Підшипник	16	4	64
Віброопора	4	10	40
Ніж	23	3	69
Болт	155	0,09	13,95
Гайка	134	0,05	6,7
Шайба	149	0,03	4,47
Всього			868,2

4.1.8 Витрати на силову електроенергію

Витрати на силову електроенергію розраховуються за формулою:

$$B_e = B \cdot \Pi \cdot \Phi \cdot K_{\Pi}, \quad (4.6)$$

де B - вартість 1 кВт-години електроенергії; (Згідно постанови НКРЕКП №1827 для категорії споживачів електроенергії 1-го класу напруги ПАТ «Вінницяобленерго» в четвертому кварталі 2018 року встановлено тариф

180,897 коп/кВт без ПДВ). Таким чином в розрахунках буде враховуватись ціна електроенергії $V = 2,17$ грн./кВт.

P - установлена потужність обладнання;

Φ - фактична кількість годин роботи обладнання при виконанні технологічних операцій;

K_{Π} - коефіцієнт використання потужності. $K_{\Pi} < 1$, приймаємо 0,8.

За формулою (4.6) визначаємо витрати на електроенергію.

Для фрезерного верстата моделі 6P10:

$$V_e = 2,17 \cdot 4 \cdot 30 \cdot 0,8 = 205,44 \text{ (грн.)}$$

Для токарного верстата моделі 16K20:

$$V_e = 2,17 \cdot 11 \cdot 20 \cdot 0,8 = 376,64 \text{ (грн.)}$$

Для вертикально-свердлильного верстата 2H125

$$V_e = 2,17 \cdot 2,5 \cdot 30 \cdot 0,8 = 128,4 \text{ (грн.)}$$

Дані розрахунку зведемо до таблиці 4.5.

Таблиця 4.5 – Витрати на силову електроенергію

Найменування обладнання	Потужність одиниці верстату, кВт	Час роботи обладнання годин	Витрати на силову електроенергію грн.
Токарний 16K20	11	20	376,64
Вертикально-фрезерний верстат 6P10	4	30	205,44
Вертикально-свердлильний 2H125	2,5	30	128,4
Всього			710,48

4.1.9 Розрахунок інших витрат

Інші витрати I_B охоплюють: загально виробничі витрати (витрати на управління організацією, оплата службових відряджень, витрати на утримання, ремонт та експлуатацію основних засобів, витрати на опалення, освітлення, водопостачання, охорону праці тощо), адміністративні витрати (проведення зборів, оплата юридичних та аудиторських послуг, витрати на зв'язок тощо), витрати на збут (витрати на рекламу. Перепідготовку кадрів

тощо), та інші операційні витрати (штрафи, пеня, неустойка, матеріальна допомога, втрати від знецінення товарів тощо).

Інші витрати доцільно прийняти як 200% від основної заробітної плати розробників і робітників, тобто в даному випадкові вони становитимуть:

$$I_B = (6903+7754) \cdot 2 = 29314 \text{ (грн.)}$$

4.1.10 Визначення сумарних витрат на розробку машини

Капітальні вкладення визначаються, як сума всіх вище перерахованих витрат:

$$B = Z_o + Z_p + Z_d + H_{зп} + A + M + K + B_e + I_B \text{ [грн]}, \quad (4.7)$$

Підставляємо значення у формулу (4.7) і отримуємо:

$$B = 6903 + 7754 + 1465,7 + 5965,4 + 1210 + 735 + 868,2 + 710,5 + 29314 = 54925,8 \text{ (грн.)}$$

4.2 Розрахунок технологічної собівартості одиниці нової розробки [1]

4.2.1 Розрахунок витрат на матеріали

Витрати на матеріали визначаються, як сума витрат по кожному з видів матеріалів, за формулою (4.4).

Для виготовлення даного виробу підприємство використовує сталі конструкційні якісні. Всі марки якісної конструкційної сталі мають приблизно однакову ціну, тому можна прийняти, що використовується одна марка сталі:

$$M = 125 \cdot 6 \cdot 1,1 - 15 \cdot 6 = 825 - 90 = 636 \text{ (грн.)}$$

4.2.2 Розрахунок вартості комплектуючих

Витрати на комплектуючі К, що були використані на розробку нового технічного рішення, розраховуються за формулою (4.5). Отримані розрахунки зводимо до таблиці 4.6.

Таблиця 4.6 – Витрати на комплектуючі

Найменування комплектуючих	Кількість	Ціна за штуку, грн.	Сума, грн.
Електродвигун	1	650	650
Пас	1	20	20
Підшипник	16	4	64
Віброопора	4	10	40
Ніж	23	3	69
Болт	155	0,09	13,95
Гайка	134	0,05	6,7
Шайба	149	0,03	4,47
Всього			868,2

4.2.3 Витрати на силову електроенергію

Витрати на силову електроенергію розраховуються за формулою (4.6)

Для Фрезерного верстата моделі 6P10:

$$V_e = 2,17 \cdot 4 \cdot 30 \cdot 0,8 = 205,44 \text{ (грн.)}$$

Для токарного верстата моделі 16K20:

$$V_e = 2,17 \cdot 11 \cdot 20 \cdot 0,8 = 376,64 \text{ (грн.)}$$

Для вертикально-свердильного верстата 2H125

$$V_e = 2,17 \cdot 2,5 \cdot 30 \cdot 0,8 = 128,4 \text{ (грн.)}$$

Дані розрахунку зведемо до таблиці 4.7.

Таблиця 4.7 – Витрати на силову електроенергію

Найменування обладнання	Потужність одиниці верстату, кВт	Час роботи обладнання годин	Витрати на силову електроенергію, грн.
Токарний 16K20	11	20	376,64
Вертикально-фрезерний верстат 6P10	4	30	205,44
Вертикально-свердильний 2H125	2,5	30	128,4
Всього			710,48

4.2.4 Витрати на основну заробітну плату робітників:

Витрати на основну заробітну плату робітників (Z_p) розраховуються на основі норм часу, які необхідні для виконання технологічних операцій по

виготовленню одного виробу і визначається за формулою (4.2). Результати розрахунків зводимо до таблиці 4.8.

Таблиця 4.8- Розрахунок основної заробітної плати робітників

Найменування робіт	Трудомісткість, н.-годин	Розряд роботи	Погодинна тарифна ставка, грн.	Величина оплати, грн.
Фрезерні	10	3	38	380
Токарні	8	3	38	304
Слюсарні	30	4	41,5	1245
Зварювальні	4	3	38	152
Монтажні	8	3	38	304
Налагоджувальні	2	3	38	76
Всього				2461

4.2.5 Розрахунок додаткової заробітної плати

Додаткова заробітна плата розраховується, як 10 % від основної заробітної плати всіх робітників:

$$Z_d = 0,1 \cdot 2461 = 246,1 \text{ (грн.)}$$

4.2.6 Нарахування на заробітну плату розробників та робітників, які приймали участь в розробці нового технологічного рішення

Нарахування на заробітну плату розробників складають: 36,3% від суми основної та додаткової заробітної плати:

$$H_{зп} = (2461 + 246,1) \cdot 0,363 = 982,6 \text{ (грн.)}$$

4.2.7 Розрахунок загальновиробничих витрат

Загальновиробничі витрати (витрати на управління організацією, оплата службових відряджень, витрати на утримання, ремонт та експлуатацію основних засобів, витрати на опалення, освітлення, водопостачання, охорону праці тощо), адміністративні витрати (проведення зборів, оплата юридичних та аудиторських послуг, витрати на зв'язок тощо), витрати на збут (витрати на

рекламу. Перепідготовку кадрів тощо), та інші операційні витрати (штрафи, пеня, неустойка, матеріальна допомога, втрати від знецінення товарів тощо).

Інші витрати доцільно прийняти як 200% від основної заробітної плати робітників, тобто в даному випадку вони становитимуть:

$$I_B = 2461 \cdot 2 = 4922 \text{ (грн.)}$$

4.2.8 Визначення собівартості одиниці продукції

$$S_B = 636 + 868,2 + 710,48 + 2461 + 246,1 + 982,6 + 4922 = 10826,38 \text{ (грн.)}$$

4.3 Розрахунок ціни реалізації нової розробки [1]

Визначення ціни реалізації об'єкта розробки здійснюється на підставі аналізу ступеня конкурентності ринку.

У випадку нашої розробки ринок є конкурентним, тому ціну реалізації можна визначити за формулою:

$$Ц_p = Ц \cdot B_2 \text{ [грн]}, \quad (4.7)$$

де $Ц$ – типова ринкова ціна на аналогічну продукцію, $Ц \approx 12.000$ грн;

B_2 – узагальнений коефіцієнт якості нового виробу, що визначається за формулою:

$$B_2 = \sum_{i=1}^n \alpha_i \cdot \beta_i, \quad (4.8)$$

де n – число найважливіших технічних показників, які впливають на якість нової розробки. Для нашої розробки розглядається два показника: маса і продуктивність роботи машини;

α_i – коефіцієнт, що враховує значимість i -го технічного показника в загальній якості розробки. Для нашої розробки $\alpha_1 = 0,7$ (продуктивність роботи), $\alpha_2 = 0,3$ (маса машини);

β_i – відносне значення i -го технічного показника в загальній якості нової розробки. Значення β_i розраховуються за формулами:

$$\beta_i = \frac{I_2}{I_1}, \quad (4.9)$$

для показників, зростання яких говорить про підвищення якості розробки (продуктивність роботи). I_2 та I_1 – чисельні значення i -го технічного показника якості відповідно для нової розробки «2» та для аналога «1».

$$\beta_i = \frac{I_1}{I_2}, \quad (4.10)$$

для показників, зростання яких говорить про погіршення якості розробки (маса машини).

Підставляємо значення α_i та β_i з формул (4.9) і (4.10) у формулу (4.8) і отримуємо:

$$B_2 = \frac{900}{1200} \cdot 0,7 + \frac{330}{95} \cdot 0,3 = 1,566.$$

За формулою (4.7) визначаємо ціну реалізації:

$$Ц_p = 12000 \cdot 1,566 = 18720(\text{грн.})$$

4.4 Розрахунок чистого прибутку [1]

Прибуток можна визначити за формулою:

$$\Pi = \left[C_p - \frac{(C_p - MP) \cdot f}{100} - S_B - \frac{q \cdot S_B}{100} \right] \cdot \left[1 - \frac{h}{100} \right] \cdot N \text{ [грн.]} \quad (4.11)$$

де C_p – ціна реалізації одиниці нового виробу, грн.;

MP – вартість матеріальних та інших ресурсів, які були придбані виробником для виготовлення одиниці нового виробу, $MP=(0,4\dots0,6)C_p$, грн.

Приймаємо $MP=0,5C_p$;

f – зустрічна ставка податку на додану вартість, $f=16,67\%$;

S_B – виробнича собівартість одиниці нового виробу, грн.;

q – норматив адміністративних витрат, %. Рекомендоване значення $q=5\dots10\%$. Приймаємо $q=8\%$;

h – ставка податку на прибуток, %. $h = 30\%$;

N – число виробів, які планується реалізувати за рік, шт.

Підставляємо вище перераховані величини у формулу (4.11) і отримуємо:

$$\Pi = \left[18720 - \frac{(18720 - 9360) \cdot 16,67}{100} - 10826 - \frac{8 \cdot 10826}{100} \right] \cdot \left[1 - \frac{30}{100} \right] \cdot 45 = 172242 \text{ (грн.)}$$

4.5 Розрахунок терміну окупності [1]

Термін окупності розробки виробу визначається за формулою:

$$T_o = \frac{B}{\Pi} \quad (4.12)$$

Підставляємо значення у формулу (4.12) і отримуємо:

$$T_o = \frac{54925,8}{172242} = 0,318 \text{ роки.}$$

Тобто термін окупності складає приблизно 4 місяці, що є дуже позитивним показником, оскільки бажаний термін окупності повинен складати менше трьох років.

4.6 Розрахунок експлуатаційних витрат [1]

4.6.1 Заробітна плата обслуговуючого персоналу

Заробітна плата розраховуємо за формулою:

$$Z_{\text{обс}} = N_p \cdot T \cdot \Phi_e \cdot \beta [\text{грн}], \quad (4.13)$$

де N_p – число робітників, що обслуговують виріб;

T – погодинна тарифна ставка оплати праці робітника, грн./год.;

Погодинна тарифна ставка T визначається за формулою:

$$T = \frac{M}{T_p \cdot T_{зм}} [\text{грн./год}], \quad (4.14)$$

де M – місячна заробітна плата працівника, $M=3000$ грн;

T_p – число робочих днів у місяці; $T_p \approx 22$ дні;

$T_{зм}$ – тривалість зміни, $T_{зм}=8$ год.;

Φ_e – ефективний фонд часу роботи робітника за рік, $\Phi_e = 1700$ год;

β – частка часу, який витрачає робітник на обслуговування виробу в загальному часі своєї роботи, оскільки робітник може обслуговувати одразу 2 машини, то $\beta=0,5$.

З формули (4.14) визначаємо погодинну тарифну ставку:

$$T = \frac{3000}{22 \cdot 8} = 17 (\text{грн./год})$$

Далі за формулою (4.13) визначаємо заробітну плату, яка буде однаковою, як для аналога, так і для нової розробки:

$$Z_{\text{обс}} = 1 \cdot 17 \cdot 1700 \cdot 0,5 = 28900 \text{ (грн./рік)}$$

4.6.2 Розрахунок додаткової заробітної плати

Додаткова заробітна плата розраховується, як 10 % від основної заробітної плати всіх робітників і розробників:

$$Z_{\text{д}} = 0,1 \cdot (28900) = 2890 \text{ грн.}$$

4.6.3 Нарахування на заробітну плату розробників та робітників, які приймали участь в розробці нового технологічного рішення
Нарахування на заробітну плату розробників складають: 36,3% від суми основної та додаткової заробітної плати:

$$H_{\text{зп}} = (28900 + 2890) \cdot 0,363 = 3179 \text{ (грн.)}$$

4.6.4 Витрати на силову електроенергію

При живленні виробу від електромережі витрати на силову електроенергію визначаються за формулою (4.6):

V – вартість 1 кВт-години електроенергії. $V = 2,17$ грн/кВт;

Π – установлена потужність виробу, кВт. Потужність аналога складає 0,75кВт, нової розробки – 0,55 кВт.

Φ – фактична кількість годин роботи виробу за рік. Оскільки машина працює у три зміни, то $\Phi = 5100$ год.;

K_{Π} – коефіцієнт використання потужності, $K_{\Pi} \approx 0,6$ для обох розробок.

На основі перерахованих значень визначаємо експлуатаційні витрати для аналога (1) і нової розробки (2):

$$V_{e1} = 2,17 \cdot 0,75 \cdot 5100 \cdot 0,6 = 8300,25 \text{ грн.}$$

$$V_{e2} = 2,17 \cdot 0,55 \cdot 5100 \cdot 0,6 = 6086,85 \text{ грн.}$$

4.6.5 Розрахунок амортизаційних відрахувань

Амортизаційні відрахування розраховуються за формулою (4.3). Норма амортизації для машин складає 24%.

Розраховуємо річну норму амортизації для аналога:

$$A_1 = \frac{12500 \cdot 24}{100} = 3000 \text{ грн./рік.}$$

Розраховуємо річну норму амортизації для нової розробки:

$$A_1 = \frac{10826 \cdot 24}{100} = 2598,24 \text{ грн./рік.}$$

4.6.6 Розрахунок витрат на поточний ремонт

До витрат на поточний ремонт відносяться витрати на заміну зношених частин обладнання. До частин, що зношуються, відносяться ножі.

Витрати на поточний ремонт визначаються за формулою:

$$P = \sum_{i=1}^n \left(\frac{B \cdot N}{T} \right) \cdot \Phi + Z_p, [\text{грн}] \quad (4.15)$$

де B – вартість однотипних елементів, що замінюються протягом, грн.;

N – кількість однотипних елементів, що замінюються протягом року, шт;

T – середній строк дії однотипних елементів, що замінюються протягом року, годин;

Φ – кількість годин роботи розробки за рік. $\Phi = 5100$ год.;

Z_p – заробітна плата окремо найнятих робітників для проведення ремонтних робіт, грн./рік.

Визначена у таблиці (4.4) вартість ножів складає 3 грн. Кількість ножів, що використовуються для аналога і нової розробки різні: для аналога – 30

шт., для нової розробки – 23 шт. Середній строк експлуатації ножів для обох розробок складає приблизно 1000 год. Для заміни ножів не потребується кваліфікований персонал, тому заробітна плата окремо найнятих робітників не враховується.

На основі вище перерахованих даних за формулою (4.15) визначаємо витрат на поточний ремонт аналога (1) і нової розробки (2):

$$P_1 = \frac{3 \cdot 30}{1000} \cdot 5100 = 459 \text{ грн./рік.}$$

$$P_2 = \frac{3 \cdot 23}{1000} \cdot 5100 = 352 \text{ грн./рік.}$$

4.6.7 Розрахунок інших витрат

Інші витрати можуть складати 5...10% від загальної суми усіх попередніх витрат. Визначаємо витрати для аналога (1) і для нової розробки (2):

$$I_1 = (4343,5 + 434,3 + 1767,8 + 826,2 + 3000 + 459) \cdot 0,08 = 866,4 \text{ грн./рік;}$$

$$I_2 = (4343,5 + 434,3 + 1767,8 + 605,9 + 2558 + 382) \cdot 0,08 = 753 \text{ грн./рік.}$$

4.6.8 Розрахунок експлуатаційних витрат

Експлуатаційні витрати визначаються, як сума всіх попередніх статей витрат:

$$E_1 = 28900 + 2890 + 3179 + 8300 + 3000 + 459 + 866,4 = 47594 \text{ грн./рік;}$$

$$E_2 = 28900 + 2890 + 3179 + 6086 + 1880 + 382 + 753 = 44260 \text{ грн./рік.}$$

4.7 Визначення економічного ефекту на експлуатаційних витратах для споживача від експлуатації нової розробки [1]

Економічний ефект можна визначити за формулою:

$$\Delta E = \left(\frac{E_1}{B_1} - \frac{E_2}{B_2} \right) \cdot B_2, \quad (4.16)$$

де E_1 і E_2 – експлуатаційні витрати при використанні існуючого технічного рішення і нової розробки, відповідно, грн./рік;

B_1 і B_2 – узагальнений коефіцієнт якості аналога (приймається рівним 1) і нового виробу.

Значення отримані в пунктах (4.3 і 4.6.8) підставляємо у формулу (4.16):

$$\Delta E = \left(\frac{47594}{1} - \frac{44260}{1,566} \right) \cdot 1,566 = 30272 \text{ (грн./рік)}$$

4.8 Визначення економічного ефекту для споживача на ціні реалізації [1]

Економічного ефекту на ціні реалізації визначається як різниця ціни реалізації аналога і нової розробки:

$$\Delta Ц = 12500 - 10826 = 1674 \text{ грн.}$$

На основі проведених розрахунків можна зробити висновок, що використання нової розробки є економічно вигідним, як для споживача так і для підприємства, що виготовляє дані пристрої.

5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

Промисловість створює всі матеріальні блага, що використовуються людиною, проте саме існування промислових об'єктів створює загрозу для життя і трудової діяльності персоналу, що керує процесом промислового виробництва. Тому для забезпечення захисту людей і зменшення ризику травматизму на виробництві була створена система охорони праці.

Охорона праці є дуже важливим фактором для будь-якої промисловості, оскільки не існує абсолютно безпечних виробництв. Метою охорони праці є створення умов, що забезпечують, максимальне зниження ризику виникнення небезпечних, для життя і здоров'я працівника, ситуацій.

Небезпечні умови праці стають причиною втрати працездатності, тимчасової, або повної. Такі проблеми є важливим суспільною питанням, адже втрата працездатності, або навіть смерть, працівника є причиною важких соціальних і матеріальних негараздів для всієї сім'ї, членом якої є ця людина.

Дуже важливим є питання охорони праці в галузі машинобудування у наш час. Це викликано постійним прискоренням темпів виробництва. Збільшення швидкостей роботи машин, що викликає негативні стани у психології людини, такі як перевтома, викликана посиленою концентрацією уваги, стан монотонії, викликаний виконанням однотипної роботи на протязі довгого часу, що викликає втрату уваги і т.д. Елементи, що обертаються і рухаються є причиною травматизму. Використання верстатів викликає небезпеку ураження електричним струмом. Різний пил, у тому числі абразивний, використання розчинів і рідин для змашування, охолодження, хімічної обробки чи фарбування деталей викликають отруєння і руйнування дихальної системи.

Особливо гостро проблеми охорони праці стоять у нашій державі. Відсутність належного контролю за організацією виробництва сприяє поганому рівню організації системи ОП на підприємствах. В умовах гострої

кризи працівників робочих спеціальностей проблеми ОП на робочих місцях є питанням не тільки окремо взятого підприємства, а й держави в цілому. Тому вміння і розуміння правильної організації охорони праці є невід'ємною частиною освітнього процесу для будь-якого майбутнього спеціаліста, не лише в галузі машинобудування.

Предметом проектування є машина для розрізання хлібобулочних виробів. Машина має ряд рухомих елементів, у тому числі ножі для розрізання, які можуть бути небезпечними для людини-оператора, що працює з цією машиною. Елементи машини приводяться у рух за допомогою електричного двигуна, що є загрозою ураження електричним струмом.

Загалом у даному розділі розглядається організація ОП при обслуговуванні розробленої машини. Проектом пропонується розробка ряду технічних рішень по захисту робочого персоналу від ураження шкідливими чинниками, викликані роботою машини та її обслуговуванням. Визначення умов праці в приміщенні, де використовуються машини та перевірка їх відповідності нормативним документам, що регламентують мікроклімат у виробничих приміщеннях. На завершення розділу «безпека життєдіяльності» розглядається організація пожежної безпеки, а саме заходи запобігання пожежі та протипожежного захисту.

5.1 Технічні рішення, щодо безпечної експлуатації об'єкта

5.1.1 Конструктивні заходи безпеки

Як видно з конструкції (наведеної у п. 2.2), машина має ряд рухомих елементів: це рамки на яких встановлені ножі і елементи приводу, що приводять у рух рамки. Оскільки ножі викликають велику небезпеку для оператора при розрізанні хліба, то передбачено ряд заходів, що убезпечать оператора від випадкового потрапляння в зону різання.

Передбачений механізм подачі хліба у зону різання. Механізм забезпечує подачу хліба до ножів і притискання хліба до столу, що забезпечує якісне і

рівномірне розрізання хліба. Механізм виключає взаємодію оператора з хлібом в момент розрізання хліба.

Проектом також передбачена сталева загорожа, яка закриває механізм різання з усіх боків. Вона представляє собою сталеві пластини встановлені на рамі таким чином, щоб мінімізувати доступ до ножів і забезпечити простір лише для вільного проходження хліба певного розміру. Встановлені по бокам рами великі пластини забезпечують неможливість випадкової взаємодії з іншими елементами приводу, що рухаються. Іншим важливим елементом захисту, що забезпечує огороження, є захист від крихт, що розлітаються з великою швидкістю, в процесі різання, у різні боки. Крихти можуть потрапляти в органи дихання і в очі, що є дуже небезпечним для людини, тому захист від їх розлітання є важливим технічним рішенням в системі охорони праці.

Також проектом передбачений захист від вібрацій, що виникають при роботі машини. Постійні вібрації можуть нанести шкоду організму людей і машинам, що у цеху. Тому для зменшення вібрацій, при роботі, на ніжках машини встановлені віброопори – вони забезпечують не тільки поглинання вібрацій, але й дозволяють відрегулювати горизонтальність положення машини.

5.1.2 Заходи електробезпеки

5.1.2.1 Характеристика мережі і категорії умов праці [12]

Як і на більшості промислових підприємств України для живлення обладнання електричним струмом використовується чотирипроводова трифазна електромережа з глухо заземленим проводом.

Величина напруги для трифазної чотирипроводною мережі складає 380x220 В, тобто між фазна напруга складає 380В, а фазна - 220.

За напругою електроустановка, що використовується відноситься до категорії установок з напругою до 1000В.

За режимом нейтралі - з глухо заземленою нейтраллю.

За місцем розташування – закрита, тобто розміщена в приміщенні.

За категорією небезпечності приміщення відноситься до приміщень без підвищеної безпеки, тобто:

- приміщення є сухим (вологість повітря менше 60%);
- приміщення не є гарячим (температура повітря менше 35°C);
- приміщення не запилене;
- приміщення не має хімічно активної, або органічної середовища, що може руйнувати ізоляцію, або струмопровідні частини обладнання.

5.1.2.2 Технічні рішення із запобігання електротравмам від контакту з нормально струмопровідними елементами електроустаткування

Для запобігання контакту з нормально струмопровідними елементами електроустаткування передбачені технічні рішення для забезпечення повної ізоляції електропроводки і захист її від випадкового пошкодження. Для цього ізольована електропроводка підводиться до верстатів у спеціальних трубах діаметром 3/4', а в середині верстата проводка проходить до електродвигуна у сталевому рукаві.

5.1.2.3 Технічні рішення із запобігання електротравмам при переході напруги на нормально неструмопровідні елементи електроустаткування

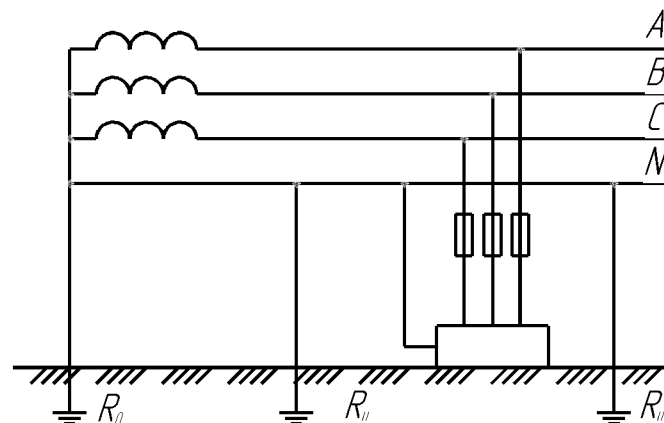


Рисунок 5.1 – Схема занулення електричного обладнання у трифазній мережі

Для запобігання ураженню при переході напруги на нормально не струмопровідні елементи устаткування проектом передбачене захисне занулення. Захисне занулення повинно викликати коротке замикання на одній із фаз і таким чином, після виходу з ладу одної із фаз, зняти напругу із нормально не струмопровідних елементів машини. Схема занулення наведена на рис. 5.1.

5.1.2.4 Електрозахисні засоби

Додатковими електрозахисними засобами для робітника, що обслуговує машину, проектом передбачено використання дерев'яних решіток, чи гумових килимків, під ногами робітника. Це забезпечить ізоляцію робітника від підлоги і убезпечить від проходження через нього електричного струму у випадку переходу напруги на нормально неструмоведучі частини обладнання.

5.2 Технічні рішення з гігієни праці та виробничої санітарії

5.2.1 Мікроклімат

Відповідно до ГОСТ 12.1.005-88 [13] нормуються такі показники, як температура, швидкість руху повітря і відносна вологість, а також інтенсивність теплових випромінювань при наявності джерел теплових випромінювань (на гарячому виробництві). Оскільки при технологічному процесі не використовуються джерела теплового випромінювання, то проектом не передбачений захист від теплових випромінювань.

Інші показники нормуються у відповідності до категорії важкості робіт. Обслуговування розробленої машини відноситься до робіт середньої важкості, а саме до категорії ІІа (робота оператора характеризується постійним стоянням чи ходінням, а також перенесенням малих вантажів – маса батона складає приблизно 750г).

Оскільки обслуговування машини потребує постійної присутності оператора, а підприємство (Тульчинський хлібзавод) працює у 3 зміни, то проектом передбачається розгляд параметрів мікроклімату для постійного робочого місяця.

Параметри мікроклімату відповідно до ГОСТ 12.1.005-88 наведені у таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 - Параметри мікроклімату згідно до ГОСТ 12.1.005-88

Період року	Оптимальні			Допустимі		
	t, °C	W,%	V, м/с	t, °C	W,%	V, м/с
Теплий	21-23	40-60	0,3	18-27	до 75	0,2-0,4
Холодний	18-20	40-60	0,2	17-23	75	до 0,3

Інтенсивність теплового опромінення працюючих від нагрітих поверхонь технологічного обладнання не повинна перевищувати 140 Вт/м² при опроміненні не більше 25% поверхні тіла.

Для забезпечення необхідних за нормативами параметрів мікроклімату проектом передбачена (відповідно до СНиП 2.04.05-84) штучна вентиляція приміщення і водяне централізоване опалення (для підтримання температури в холодний період року).

5.2.2 Склад повітря робочої зони

Відповідно до ГОСТ 12.1.005-88 [13] склад повітря характеризується граничнодопустимими концентраціями (ГДК).

Підчас протікання технологічного процесу розрізання хліба виникає хлібний пил (його можна порівняти до борошняного) у незначних концентраціях.

Його ГДК відповідно до ГОСТ 12.1.005-88 складає 6 мг/м³.

Оскільки концентрація завислих частинок хлібного пилу в повітрі робочої зони менша за ГДК, то єдиним рішенням передбаченим проектом є

встановлення штучної вентиляції, що дозволить зменшити кількість завислих частинок пилю у повітрі.

5.2.3 Виробниче освітлення

5.2.3.1 Природне освітлення [12]

Відповідно до природне освітлення нормується коефіцієнтом освітлення (КПО). Оскільки освітлення в приміщенні, передбаченому проектом лише бокове, то в цьому випадку буде нормуватись мінімальне значення КПО – e_{\min} . Відповідно до СНиП II-4-79 КПО нормується залежно від розряду робіт і світлового поясу.

Тульчин відноситься до світлового поясу IVб (південніше 50° і північніше 40° північної широти). Категорія роботи при обслуговуванні хліборізальної машини – VIIа (постійний нагляд за ходом технологічного процесу).

Стандарт визначає КПО для III-го поясу світлового клімату. Для визначення КПО поясу IVб необхідно врахувати коефіцієнти світлового (с) та сонячного (m) клімату:

$$e_{IVa} = e_{III} \cdot m \cdot c. \quad (5.1)$$

За СНиП II-4-79 вибираємо значення коефіцієнтів світлового та сонячного клімату: $m=0,9$; $c=0,7$ (при умові, що вікна цеху виходять на південь) КПО $e_{III}=0,3\%$, нормативна освітленість повинна складати 75 лк для розряду робіт VIIа.

Отримані значення коефіцієнтів світлового та сонячного клімату і КПО підставляємо у формулу (5.1) і отримуємо:

$$e_{IVa} = 0,3 \cdot 0,9 \cdot 0,7 = 0,189\%.$$

Для забезпечення нормативного значення e_{\min} проектом передбачені вікна в бокових стінах цеху.

5.2.3.2 Штучне освітлення

СНиП II-4-79 визначає нормативи освітленості E в люксах.

Для якісного проходження технологічного процесу розрізання хліба (розряд робіт VIIa) достатньо загального освітлення приміщення із значенням освітленості 75 лк [12].

Для забезпечення наведеного значення освітленості проектом передбачене використання люмінесцентних ламп для загального освітлення. Лампи повинні бути встановлені під стелею у кількості необхідній для забезпечення значення освітленості 75 лк.

5.2.4 Виробничий шум

Відповідно до [12] нормуються допустимі рівні звукового тиску L , дБ та допустимі рівні звуку L_A , дБА, в залежності від характеру робіт, що виконуються в даному приміщенні.

Для умов, що виникають при виконанні розрізання хліба, тобто спостереження за технологічним процесом, допустимі рівні звукового тиску і допустимі рівні звуку наведені у таблиці 5.2.

Таблиця 5.2 – Допустимі рівні звукового тиску і рівні звуку для постійного широкосмугового шуму

Характер робіт	Допустимі рівні звукового тиску (дБ) в стандартизованих октавних смугах зі середньгеометричними частотами (Гц)									Допустимий рівень звуку, дБА
	32	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Роботи на постійних робочих місцях у виробничих приміщеннях	107	95	87	82	78	75	73	71	69	80

Основними джерелами шуму при роботі машини є рухомі частини, тобто система приводу і рамки з ножами.

Оскільки основними джерелами шуму у механічних системах є вузли що мають дисбаланс, або биття, то конструкцією машини передбачене використання двох рамок з ножами замість одної. Використання двох рамок збалансовує механізм різання і забезпечує плавну, а отже і майже безшумну роботу машини в цілому.

5.2.5 Виробничі вібрації

Відповідно до [12] нормуються допустимі значення віброшвидкості (м/с) чи віброприскорення (м/с²), або логарифмічні рівні віброшвидкості L, дБ в залежності від частоти коливань, їх виду, напрямку і часу дії на протязі зміни.

Джерелами вібрації в конструкції машини можуть виступати частини, що рухаються. Допустимі значення середньоквадратичної віброшвидкості та логарифмічні рівні віброшвидкості, для умов роботи з даною машиною наведені у таблиці 5.3.

Таблиця 5.3 – Допустимі рівні вібрації на постійних робочих місцях

Вид вібрації	Октавні смуги з середньгеометричними частотами, Гц					
	2	4	8	16	31,5	63
Загальна вібрація на постійних робочих місцях у виробничих приміщеннях	$\frac{1,3^*}{108}$	$\frac{0,45}{99}$	$\frac{0,22}{93}$	$\frac{0,2}{92}$	$\frac{0,2}{92}$	$\frac{0,2}{92}$

* В чисельнику вказане середньоквадратичне значення вібрації, м/с·10⁻², в знаменнику – логарифмічні рівні вібрації, дБ.

Для зменшення дії вібрацій на працюючих конструкцією передбачено встановлення двох рамок, що забезпечує збалансованість системи і

використання віброопор на ніжках машини. Ці засоби дозволяють мінімізувати вібрації, що виникають при роботі машини.

5.2.6 Виробничі випромінювання

При реалізації технологічного процесу розрізання хлібобулочних виробів не виникає жодних випромінювань, тому проектом не розглядається будь-який захист від виробничих випромінювань.

5.3 Пожежна безпека

При проходженні технологічного процесу розрізання хлібобулочних виробів не використовуються будь-які горючі чи вибухонебезпечні речовини. Устаткування також не викликає підвищених температур при роботі чи відкритого полум'я.

На основі вище зазначених даних можна зробити висновок, що приміщення, що використовується відноситься до категорії Д (тобто немає горючих речовин, чи матеріалів у гарячому стані).

5.3.1 Технічні рішення системи запобігання пожежі

Оскільки з трьох необхідних факторів горіння при даному технологічному процесі відсутні два: горюча речовина і джерело запалювання (відкритий вогонь чи гарячі об'єкти), то проектом не передбачається будь-яких заходів по запобіганню пожежі.

5.3.2 Технічні рішення системи протипожежного захисту

Для визначення заходів протипожежного захисту спочатку необхідно визначити ступінь вогнестійкості. Будівля, що використовується для розміщення даного виробництва відноситься до II ступеня вогнестійкості, оскільки будівля побудована з цегли і має залізобетонні перекриття. Протипожежні характеристики конструкцій будівель II ступеня вогнестійкості наведені в таблиці 5.4.

Таблиця 5.4 – Мінімальні межі вогнестійкості будівельних конструкцій і максимальні межі розповсюдження полум'я по них для різних ступенів вогнестійкості будівель за СНиП 2.01.02-85

Ступінь вогнестійкості будівлі	Стіни				Колони	Сходові площадки, балки, майданчик сходових клітин	Плити, настили, (з утеплювачем), інші несучі	Елементи перекриттів	
	Несучі	Самонесучі	Зовнішні несучі	Внутрішні несучі (перегородки)				Плити, настили, прогони	Балки, ферми, арки, рами
II	$\frac{2}{0}$	$\frac{1}{0}$	$\frac{0,25}{0}$	$\frac{0,25}{0}$	$\frac{2}{0}$	$\frac{1}{0}$	$\frac{0,75}{0}$	$\frac{0,25}{0}$	$\frac{0,25}{0}$

У чисельнику вказуються межі вогнестійкості будівельних конструкцій (год), у знаменнику – межі розповсюдження полум'я по них (см).

Для приміщень категорії Д вибухо- та пожежонебезпечності у будівлях II ступеня вогнестійкості не нормуються, або не обмежуються такі показники як: допустима кількість поверхів і площа одного поверху, мінімальна відстань між будівлями та спорудами і найбільша відстань до евакуаційного виходу.

Для приміщень категорії Д вибухо- та пожежонебезпечності у будівлях II ступеня вогнестійкості за СНиП 2.01.02-85 нормується кількість людей на 1 м ширини евакуаційного виходу і складає 260 чоловік на 1 м ширини виходу.

Виходячи з описаних вище характеристик приміщень можна прийняти такі технічні рішення системи протипожежного захисту:

- безпосередньо у приміщенні, де працюють машини не передбачається встановлення вогнегасника чи пожежного щита, або стенду, оскільки ймовірність загоряння дуже мала і площа приміщення складає 52,2м²;

- в одному з сусідніх приміщень повинен бути передбачений вогнегасник типу ОУ-5 на відстані не більше 70 м від дільниці, на поверсі повинно бути передбачено не менше 2-х вогнегасників;

- на поверсі повинен бути розташований пожежний щит, проте його розташування наближене до цеху, де випікають хліб, оскільки там більша ймовірність пожежі.

5.4 Розрахунок природного освітлення у приміщенні, де експлуатуються розроблені машини

Розрахунок природного освітлення в приміщенні цеху з розрізання хлібобулочних виробів за наступними вихідними даними:

- глибина – 5,8 м;
- ширина - 9 м;
- висота - 2,5 м;
- висота світлових проїомів – 1,5 м;
- ширина світлових проїомів - 2 м;
- кількість світлових проїомів – 2.

Попередній розрахунок площі світлових проїомів проводимо при бічному освітленні приміщення за формулою:

$$S_0 = \frac{e_H \cdot K_3 \cdot \eta_0 \cdot S_n \cdot K_{зд}}{100 \cdot \tau_0 \cdot r_1}, \quad (5.2)$$

де S_0 - площа світлових проїомів при бічному освітленні;

S_n - площа полу приміщення, $S_n = 9 \cdot 5,8 = 52,2\text{м}$;

e_H - нормативне значення КПО, $e_H = 1,26$;

K_3 - коефіцієнт запасу за СНиП II-4-79, приймаємо 1,3;

η_0 - світлова характеристика вікон, приймаємо 7,5.

$K_{зд}$ - коефіцієнт, який враховує затемнення вікон навпроти стоячими будівлями; приймаємо 1,2;

τ_0 = - загальний коефіцієнт світло пропускання.

$$\tau_0 = \tau_1 \cdot \tau_2 \cdot \tau_3 \cdot \tau_4 \cdot \tau_5 \quad (5.3)$$

де τ_1 - коефіцієнт світло пропускання матеріалу, приймаємо 0,9, оскільки вид світлопропускаючого матеріалу - органічне скло;

τ_2 - коефіцієнт, що враховує втрати світла в рамах світлопройому, приймаємо $\tau_2 = 0,6$, оскільки рами для вікон подвійні окремі.

τ_3 - коефіцієнт, що враховує втрати світла у несучих конструкціях, при бічному освітленні дорівнює, $\tau_3 = 1$;

τ_4 - коефіцієнт, що враховує втрати світла у сонцезахисних пристроях, при регулюючих жалюзях і шторах, $\tau_4 = 1$;

τ_5 - коефіцієнт, що враховує втрати світла у захисній сітці, $\tau_5 = 1$;

r_1 - коефіцієнт, що враховує підвищення КПО, приймаємо = 1,3.

Підставляємо значення у формулу (5.3) і отримуємо:

$$\tau_0 = 0,9 \cdot 0,6 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,9 = 0,486$$

Далі розраховуємо S_0 за формулою (5.2)

$$S_0 = \frac{1,26 \cdot 1,3 \cdot 7,5 \cdot 1,2 \cdot 52,2}{100 \cdot 0,486 \cdot 1,3} = 47,63 (\text{м}^2)$$

Розрахунок коефіцієнта природного освітлення при бічному освітленні виконуємо за формулою:

$$e_p^{\delta} = E_{\delta} \cdot q \cdot r_1 \cdot \frac{\tau_0}{K_s}, \quad (5.4)$$

де E_{δ} - геометричний КПО в розраховує мій точці, який враховує пряме світло неба і визначається за формулою:

$$E_{\sigma} = 0,01 \cdot (n_1 \cdot n_2), \quad (5.5)$$

де n_1 - кількість променів на поперечному перерізі (визначається по графіку І А.М. Данилюка), $n_1 = 3$.

n_2 - кількість променів у плані приміщення перерізі (визначається по графіку І А.М. Данилюка), $n_2 = 13$.

q - коефіцієнт, що враховує нерівномірну яскравість захмареного неба, приймаємо 0,7.

Підставляємо значення формули (5.5) у формулу (5.4) і отримуємо:

$$e_p^{\sigma} = 0,01 \cdot 23 \cdot 3 \cdot 0,7 \cdot 1,3 \cdot \frac{0,486}{1,3} = 0,23\%.$$

Дане значення задовольняє нормативне природне освітлення, (визначене у пункті 5.2.3.1) $e_{I\alpha} = 0,189\%$.

Схема розрахункового приміщення зображена на рис. 5.2.

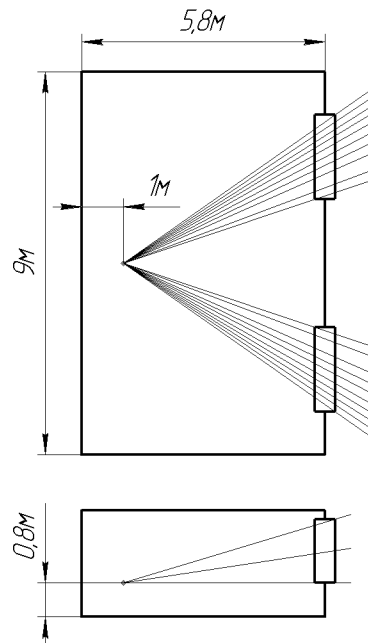


Рисунок 5.2 – Схема приміщення, що розраховується

ВИСНОВКИ

В ході виконання магістерської кваліфікаційної роботи була реалізована задача розробки та дослідження конструкції

Проведене техніко-економічне обґрунтування теми магістерської роботи вказує на високу економічну доцільність розробки машини. Порівняння з уже існуючими аналогами вказує на економічну перевагу нової розробки в порівнянні з аналогом. Використання нової розробки може забезпечити прибуток, як для розробника і виробника, так і для користувача даною машиною.

В розділі безпеки життєдіяльності описані конструктивні заходи, щодо захисту робітника від травм, викликаних рухомими частинами машини, під час її роботи, чи ураження електричним струмом. Обґрунтовані організаційні заходи, щодо захисту робітників від шкідливостей, що виникають в ході реалізації технологічного процесу по розрізанню хлібобулочних виробів

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Вариатор (Hypertronic CVT) описание и принцип работы [электроний ресурс] // Nissan Primera Club. — Режим доступа : <http://www.autoreview.ru:80/knowhow/n0100/extroid.htm?phraseid=68801>, <http://www.primeraclub.ru/forum/index.php?PHPSESSID=c9cfe1c2959c41e4ac7b2571c71e3fed&topic=801>.
2. Вариатор (Hypertronic CVT) описание и принцип работы [электроний ресурс] // Nissan Primera Club. — Режим доступа до журн.: http://www.nbu.gov.ua/article_s/2003/03klinko.htm, http://www.autoreview.ru:80/knowhow/n0100/extroid.htm?phrase_id=68801, <http://www.primera-club.ru/forum/index.php?PHPSESSID=c9cfe1c2959c41e4ac7b2571c71e3fed&topic=801.0>
3. Все об автомобилях ХОНДА [электроний ресурс] // "Авто-драйв". № 1, 09.01.2007. — Режим доступа до журн.: <http://www.hondamotor.ru>
4. sibavtoinform [электроний ресурс] //. — Режим доступа до журн.: <http://www.sibavtoinform.ru/asp/Articles.aspx?noparma=ziwk&Module=forum&SM=&Gid=34&Mode=view>
5. Сайт газеты «Авторевю» [электроний ресурс] // "Газета АВТОРЕВЮ". 2007. — Режим доступа до журн.: <http://www.autosport.ru/archive/2007/03/>; japcar.ru, ru.wikipedia.org, autogear.ru, autoreview.ru, history.nissan.co.jp
6. Власенко С.А. Динамическая модель прямолинейного движения легкого транспортного средства с автоматическим клиноременным вариатором с учетом не идеальности ремня: Дис. канд. техн. наук.: 05.02.02 / Власенко Сергей Александрович — М., 2006. — 226 с.
7. Логутенок Э.П. и др. Сфера применения и особенности конструкции зарубежных малогабаритных тракторов. // "Тракторы и сельхозмашины", № 1, 1981. - С. 30-32.
8. Richard F. Stieg, Wm. Spencer Worley Belt - driven CVT is 85 % efficient. // "Automotive Engineering", 90, № 7, 1982. - p. 36 – 40

9. РД 37.034.001-86 Проектирование автоматических вариаторов трансмиссий легких моторизованных транспортных средств. Руководящие материалы, г. Серпухов, 1986
10. Снегоходы (мотонарты). Автоматические клиноременные вариаторы. Проектирование, испытание, доводка. Методические рекомендации. — АПОМ, Андроновский дизельный завод, 1984. - 76 с.
11. Пронин Б.А., Петров М.С., Мартыхин Ю.М., Рождественский В.В. Характеристики автоматических трансмиссий с клиноременным вариатором. Автомобильная промышленность, № 7, 1978. - С. 21-23.
12. А.с № 1614944 от 12 августа 1990 г. Бесступенчатая трансмиссия транспортного средства /Петров М.С., Лукьянов А.С., Баловнев Н.П., Туравинов А.Б.
13. Снакин Р.Ф. Исследование, выбор схемы и определение основных параметров бесступенчатой передачи для автомобиля особо малого класса: Автореф. дис. канд. техн. наук. М., 1982. – 23 с.: ил.
14. Баловнев Н.П. Исследование динамики автоматического клиноременного вариатора мототранспортного средства: Автореф. дис.канд. техн. наук. М., 1979. – 22 с.
15. Пронин Б.А., Петров М.С., Баловнев Н.П. Уравнения движения автоматического клиноременного вариатора мототранспортного средства // Автомобильная промышленность, № 9, 1979. - С. 15-18
16. Архангельский Г.В. Динамика машинных агрегатов с автоматическим клиноременным вариатором. Деп. в УкрТИ-18.01.90-№56-Ук.90-1990. - 78 с
17. Баловнев Н.П., Власенко С.А. К вопросу моделирования клинового ремня вариатора // IX международная научно-техническая конференция по динамике и прочности автомобиля. Материалы конференции. М.: МГТУ "МАМИ", 2005. - С. 26-30
18. Баловнев Н.П. Метод проектирования клиноременных вариаторов мототранспортных средств с учетом их динамики // Международный научный симпозиум. Научно-техническая конференция

"Автотракторостроение. Промышленность и высшая школа". Тезисы докладов. М.: МГТУ "МАМИ", 1999. - С. 38-39

19. Михеев С.С. Конструкция и оптимизация параметров автоматического клиноременного вариатора мототранспортных средств: Автореф. дис. канд. техн. наук. Владимир, 1998. – 23 с.

20. Мартыхин Ю.М. Методика тягово-динамического расчета мототранспортного средства с автоматическим клиноременным вариатором в силовой передаче.-Серпухов: ВНИИмотопром, 1975. - 18 с.

21. Дерунов Г.П. Установление параметров и характеристик автоматических клиноременных вариаторов обеспечивающих повышение их работоспособности: Автореф. дис. канд. техн. наук. М., 1984. – 18 с.

22. Давыдов А.Д. Исследование процесса торможения автомобиля двигателем на скользкой дороге: Дис. канд. техн. наук. М., 1979. – 163 с.

23. Мартыхин Ю.М. Характер взаимодействия клинового ремня со шкивами вариатора в переходом режиме.- В кн. .: Бесступенчато-регулируемый передачи. Ярославль, 1976. – с 11-15.

24. Сайт "УСА" - это крупнейшая в г.Кирове и Кировской области специализированная организация по поставкам и оптово-розничной реализации различной резиновой продукции [электроний ресурс]. — Режим доступу: <http://www.usa.kirov.ru/index.php?id=55>.

25. Сайт фірми Дюпон [электроний ресурс]. — Режим доступу: http://www2.dupont.com/Kevlar/en_US/assets/downloads/KEVLAR_Technical_Guide.pdf

26. Пронин Б.А. Клиноременные и фрикционные передачи и вариаторы – М.: МАШГИЗ, 1960. – 334 с

27. Пронин Б.А., Ревков Г.А. Бесступенчатые клиноременные и фрикционные передачи (вариаторы) – 2-е изд., перерб. и доп. - М.: Машиностроение, 1967. – 404с

28. Вирабов Р.В. Тяговые свойства фрикционной передачи. - М.: Машиностроение, 1982. – 264 с.: ил.

29. Вирабов Р.В., Чепурной С.И. Тяговые свойства клиноременной передачи.// Вестник машиностроения, № 4, 1981.
30. Верницкий В.В. Исследование нагрузочной способности ременных передач различных типов с учетом упругих характеристик ремней: Автореф. дис. канд. техн. наук. М., 1977. – 23 с
31. Гутьяр Е.М. К исследованию клиноременного вариатора. Труды МИМЭСХ том X, 1959. – С. 29-46
32. Галаджев Р.С. Исследование деформаций клинового ремня методом электротензометрирования. Труды НПИ., 1964— 172 с
33. Мартынов В.К. Прикладная теория передач трением гибкой связью. «Проблемы машиностроения и автоматизации», 1993. -- С. 21 – 32
34. Цедров В.С. Основы механики гибкой нити.- М., Машгиз, 1990 -- 172 с.
35. Петров Н.П. Влияние трения при работе упругим ремнем, //«Известия СПб Технологического института», 1983.
36. Жуковский Н.Е. О скольжении ремня на шкивах, полное собр. соч., т. VIII, ОНТИ, 1937. – С. 19
37. Поляков В.С. Клиноременные передачи. М.: МАШГИЗ, 1947.
38. Мартыхин Ю.М. Осевые усилия на шкивах клиноременных передач. //Труды ВНИМОТОпрома. – Серпухов, вып. №10, 1975. - 60 с.
39. Верницкий В.В. Исследование нагрузочной способности ременных передач различных типов с учетом упругих характеристик ремней: Автореф. дис. канд. техн. наук. М., 1977. – 23 с.
40. Вирабов Р.В. Тяговые свойства фрикционной передачи. - М.: Машиностроение, 1982. – 264 с.: ил
41. Чепурной С.И. Исследование механизма взаимодействия клинового ремня со шкивами: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. М., 1981. – 16 с.
42. Шакуров Д.К. Разработка методик расчета и проектирования клиноременного вариатора для транспортных машин с двигателями малой мощности: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. Ижевск, 2004. – 27 с.
43. Андреев А.В. Передача трением. М., Машиностроение, 1978. -- 215 с.

44. Анкудинов Д.Т. Расчет приводных клиноременных передач: Учеб. пособие / Анкудинов Д.Т., Калентьев В.А., Кулиничев А.Ф.. – Екатеринбург, 1997. – 115 с.: ил.
45. Мартынов В.К. Исследование динамики автоматического клиноременного вариатора мототранспортного средства: Дис. канд. техн. наук. М., 1979. – 204 с.
46. Абрамов Е.И., Колесничко К.П., Маслов В.Т. Элементы гидропривода . – Справочник. К., Техніка, 1977. – 320
47. Belt for CVT passes 52.000 – mile fest "Machine Design", March 21, 1985, p.8
48. Sliding pins shift CVT speeds. Kumm Industries Inc DOE/NACA."Machine Design", April 25, 1985, p.40
49. Patent Brietan № 1200668. Infinitely variable cone pulley transmission. Int. Cl. F16h 9/18.
50. Patent Nederland №175096. Traplos variable drijf iemoverbrenging met hydraulische dzukredgeling var de xydelluhgse sandrukkrach op de dijfriem of schakelbaut. Int. Cl/ F16 11/02
51. Заявка Японії № 117696. Гідравлічна система керування варіатором. М. Кл. F16 h 11/02
52. Заявка Японії № 117294. Система керування варіатором. М. Кл. F16 h 11/17
53. Пурдик В.П. Динамика системы дистанционного управления клинореме-нным вариатором молотильного барабана зерноуборочного комайна в режиме регулировя: Дис. канд. техн. наук.: 05.02.02 / Пурдик Виктор Петрович – Винница, 1986. – 208 с.
54. Patent USA № 4380444. Variable ratio belt drive. Int. Cl. F16h 55/56
55. Изаксон Х.И. Зерноуборочные комбайны «Нива», «Колос». М.—Колос, 1980. – 416 с
56. Кубанская государственная зональная машиноиспытательная станция. Комбайн зерноуборочный самоходный "Енисей КЗС 960-01"/Протокол

испытаний № 07-88-2005 (4060112), от 16 декабря 2005 г./ -- СОАО "ПО Красноярский завод комбайнов" — 28 с.

57. Patent Franse № 2351325. Transmission a variation continue a courroie. Int. Cl. F16h 9/12

58. Цабанська-Плачкевич Катажина. Вільні та вимушені коливання неодорідних в'язкопружних механічних систем: Автореф. дис. дтн тех. наук. 05.02.09 [Електронний ресурс]; Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут" К., 2003. – 25 с

59. Мохамед С.А. Альджарат. Підвищення показників динамічної якості приводу головного руху верстата із обертовим гідроприводом затиску: Автореф. дис. ... канд. тех. наук. 05.03.01 [Електронний ресурс]; Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут" К., 2005. – 19 с.

60. Муль О.В. Аналіз автоколивальних процесів в складних неперевно-дискретних системах: Автореф. дис. ... канд. фіз.мат. наук. 01.05.04 [Електронний ресурс]; Ін-т косм. дослідж. НАНУ та НКАУ. — К., 2000. — 20 с. — укр. (<http://www.nbu.gov.ua/ard/2000/00movsns.zip>)

61. Логвиненко К.С. Підвищення якості перехідних процесів складних електромеханічних систем кранових механізмів: Автореф. дис.. канд. техн. наук: 05.09.03 [Електронний ресурс] /; Одес. нац. політехн. ун-т. — О., 2003. — 20 с. — укр. (<http://www.nbu.gov.ua/ard/2003/03lksskm.zip>)

62. Немировський І.А. и др. Гидроприводы сельскохозяйственных машин. — К., Техника, 1979, — 139с.

Додатки

Додаток А

Вінницький національний технічний університет
Факультет машинобудування та транспорту
Кафедра технологій та автоматизації машинобудування

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ТАМ

д.т.н., професор Л.Г.Козлов

(наук. ст., вч.зв., ініціали та призв.)

(підпис)

« ____ » _____ 2019 р.

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

на магістерську кваліфікаційну роботу

УДОСКОНАЛЕННЯ ПРИВОДУ МОЛОТИЛЬНОГО БАРАБАНУ

ЗЕРНОЗБИРАЛЬНОГО КОМБАЙНА

08-26.МКР.018.00.000.ТЗ

Керівник роботи: к.т.н., доцент каф.ТАМ

(підпис) Пурдик В.П.

Виконавець: студент 2 курсу групи 1ПМ-18м

(підпис) Романюк А.С.

Вінниця 2019

1. Найменування і область застосування
Пристрій призначений для приводу молотильного барабана зернозбирального комбайна

2. Підстави для розробки
Індивідуальне завдання на магістерську роботу, затверджене наказом по ВНТУ № ___ від « ___ » _____ 2019р.

3. Мета та призначення розробки
Метою проекту є удосконалення приводу молотильного барабана зернозбирального комбайна

4. Джерела розробки
Розробка виконується на основі вивчення патентних та науково-технічних матеріалів відомих конструкцій приводів окремих агрегатів зернозбирального комбайна:

1. Павлице В. Т. Основи конструювання та розрахунку деталей машин / Павлице В. Т. Підр. – 2-е вид. перераб. – Львів: Афіша, 2003. – 560 с.
2. Пронин Б.А. Клиноременные и фрикционные передачи и вариаторы – М.: МАШГИЗ, 1960. – 334 с
- 3.Пронин Б.А., Ревков Г.А. Бесступенчатые клиноременные и фрикционные передачи (вариаторы) – 2-е изд., перерб. и доп. - М.: Машиностроение, 1967. – 404с
- 4.Вирабов Р.В. Тяговые свойства фрикционной передачи. - М.: Машиностроение, 1982. – 264 с.: ил.
5. Немировський І.А. и др. Гидроприводы сельскохозяйственных машин. – К., Техника, 1979, –139с.

5. Технічні вимоги

5.1 Показники привода молотильного барабана зернозбирального комбайна:

- потужність - 40 кВт;
- продуктивність – 1000 кг/год.
- частота обертання – 600...1200 об/хв.

5.2 Вимоги до конструкції та експлуатації розробки
– габаритні розміри – 2400x1672x1056 мм;
– транспортно-завантажувальний пристрій та його основні вузли повинні відповідати показникам збереженості та ремонтпридатності.

5.3 Вимоги до надійності
– довговічність – 5000 год;
– напрацювання на відмову – 1500 год.
- ресурс, кількість циклів, млн. – 10

5.4. Вимоги до рівня уніфікації та стандартизації.

При розробці транспортно-завантажувального пристрою необхідно по

можливості максимально використовувати стандартні вироби та уніфіковані деталі для різних вузлів.

6. Економічні показники

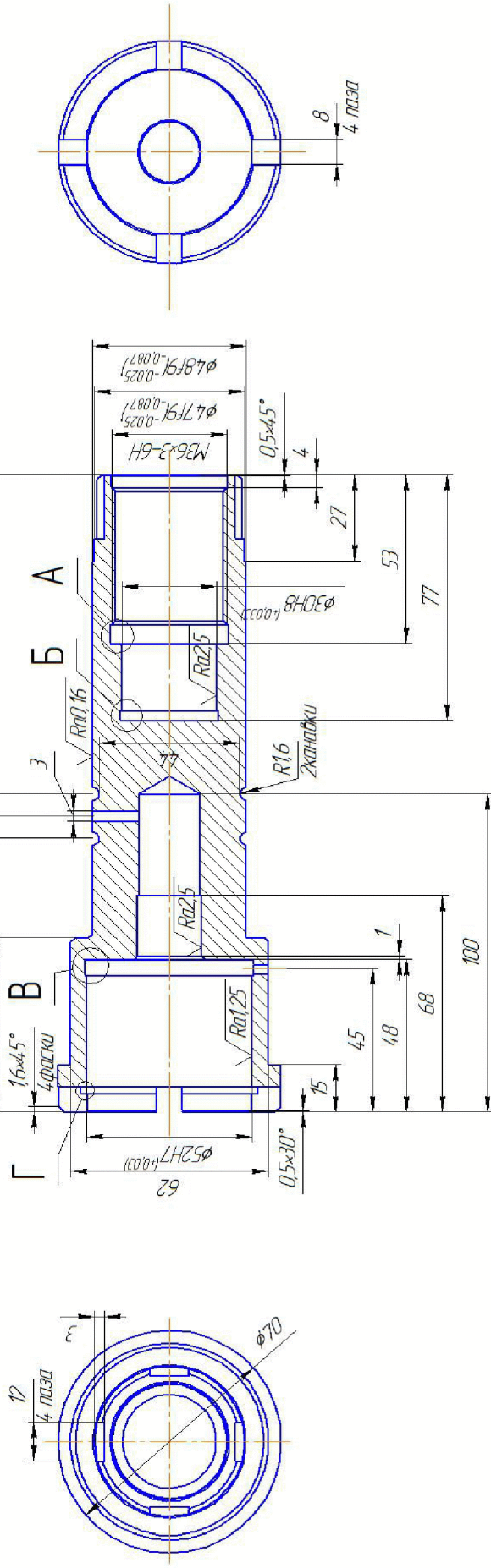
Очікуваний економічний ефект при впровадженні преса у виробництво складає 8206,08 грн. Це дасть змогу окупити вкладені на розробку кошти за 2,5 роки, що менше нормативного терміну окупності, який складає 4 ... 5 років.

7. Стадії і етапи розробки проекту

- 1) техніко-економічне обґрунтування проекту;
- 2) аналіз відомих технічних рішень;
- 3) виконання розрахунково-конструкторського розділу;
- 4) технологічний розділ;
- 5) розробка економічної частини проекту;
- 6) безпека життєдіяльності
- 7) розробка розділу цивільної оборони;

8. Порядок контролю та прийому.

Порядок контролю та прийому магістерської роботи визначається графіком консультацій, попереднього захисту проекту, який затверджується кафедрою ТАМ та остаточного захисту перед ДЕК. Корегування стадій та етапів виконання проекту може проводитись при узгодженні з керівником проекту.

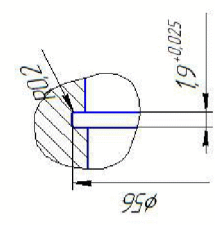
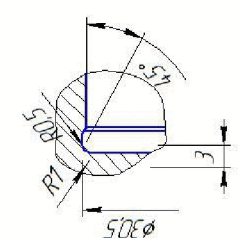
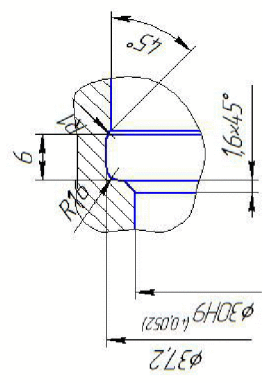


Б (2:1)

А (2:1)

В (2:1)

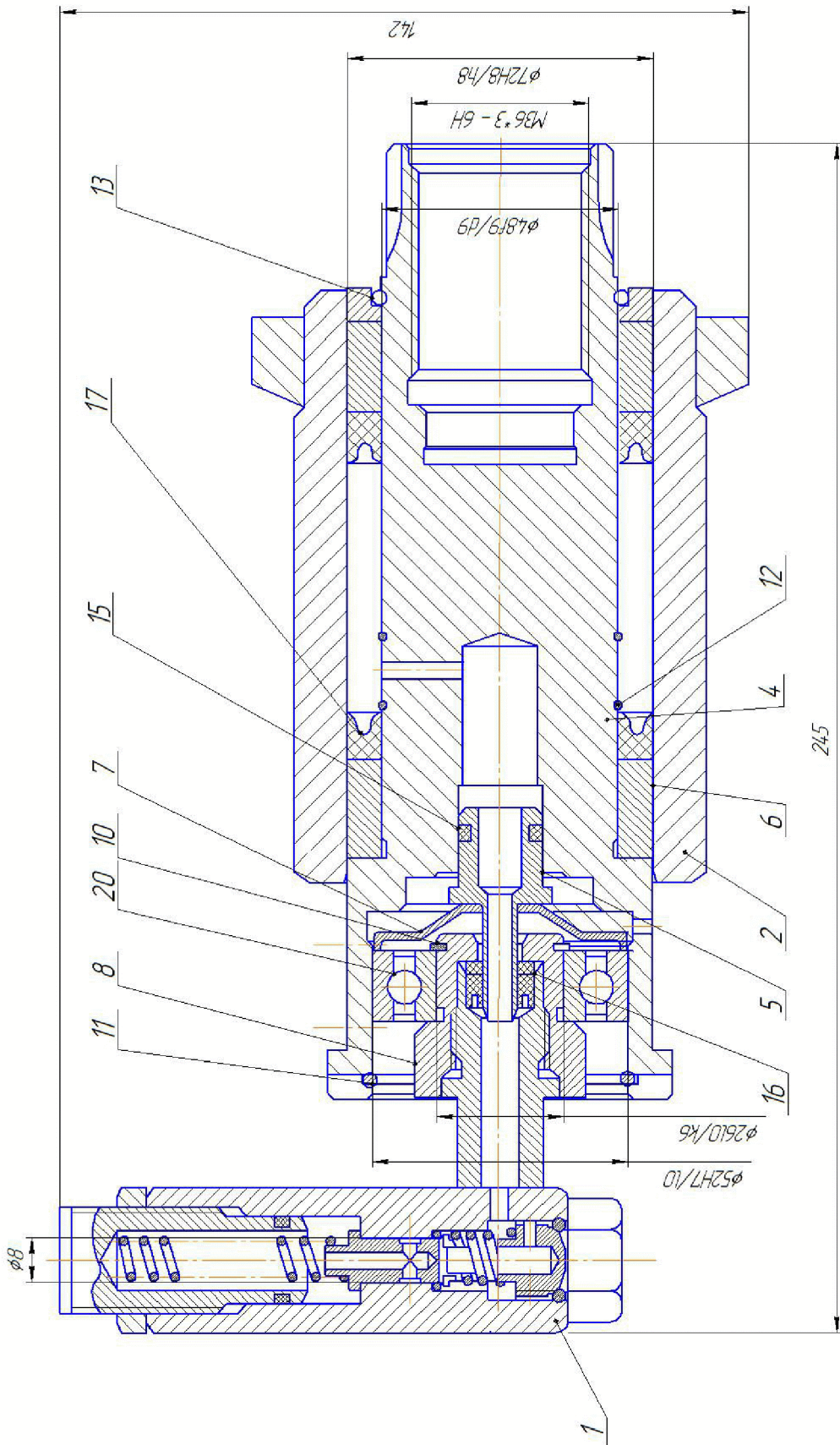
Г (2:1)



1. 260..280 НВ
 2. Невказані граничні відхилення розмірів отворів – Н12. Валів – h12.
- інших $\pm \frac{1}{2} IT12$

08-26.МКР.018.00.001		Лист	Масштаб	Формат	42
Ім'я	ІП	Відом.	Лист	Лист	Лист
Розроб.	Розроб.	Лист	Лист	Лист	Лист
Інженер	Інженер	Лист	Лист	Лист	Лист
Начальн.	Серія	Відом.	Лист	Лист	Лист
Уст.	Автом.	Лист	Лист	Лист	Лист
Шток 46-91.04		ВНТУ, зр. 11М-18М			
Сталь 45 ГОСТ 1050-82					

08-26.МКР.018.01000 СК

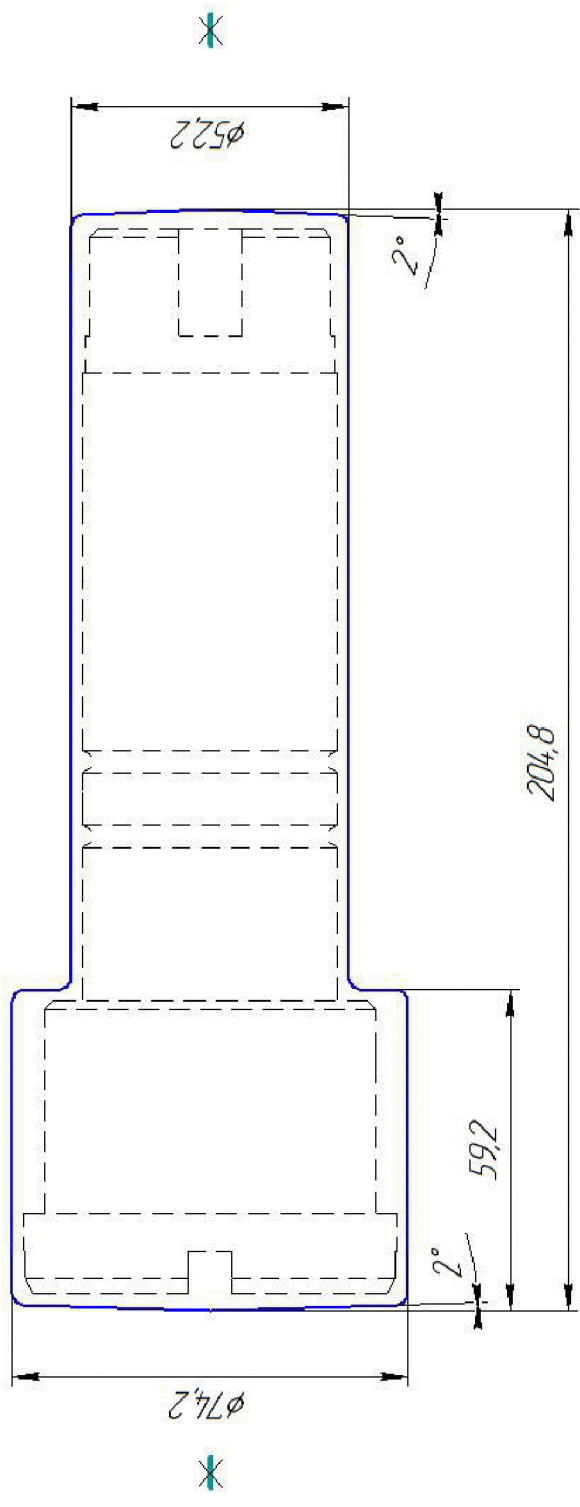


- 1. Максимальный рабочий ход мм - 40
- 2. Номинальный писк МПа - 10,0
- 3. Максимальный писк МПа - 12,5
- 4. Рабочая среда - минеральное масло - М-8Г2; М-10В2; М-10Г2
ГОСТ 8581-78.

08-26.МКР.018.01000 СК		Лист	Место	Масштаб
Гидроцилиндр		Лист	Лист	2:1
Складовые крепления		Лист	Лист	1
ВНТУ з.р. 1ПМ-18М		Формат А2		

08-26.МКР.018.00.002

Ra 20 (✓)



1. Клас точності – Т3, група сталі – М2, ступінь складності – С3
2. Неказані штампувальні нахили 3...5°, радіуси – 3мм
3. Допустима величина залишкового облою – 4,0 мм
4. Допустимі зміщення по площині розетці штампів – 0,3 мм
5. Неказані допуски радіусів заокруглень – 0,5 мм
6. Допуск радіального діття – 12 мм

08-26.МКР.018.00.002		Шток (штампівка)		Лист	Масса	Масштаб
						2:1
				Лист	Листов	1
				Сталь 45 ГОСТ 1050-88 ВНТУ, зр. ПМ-18М		
Изм.	Лист	№ док.и.	Подп.	Дата		
Разраб.		Ремчик				
Проф.		Пурдик				
Т.контр.						
Н.контр.		Сердюк				
Утв.		Козляб				

Лист пружен

Спроб №

Маршрут механічної обробки деталі "Шток"

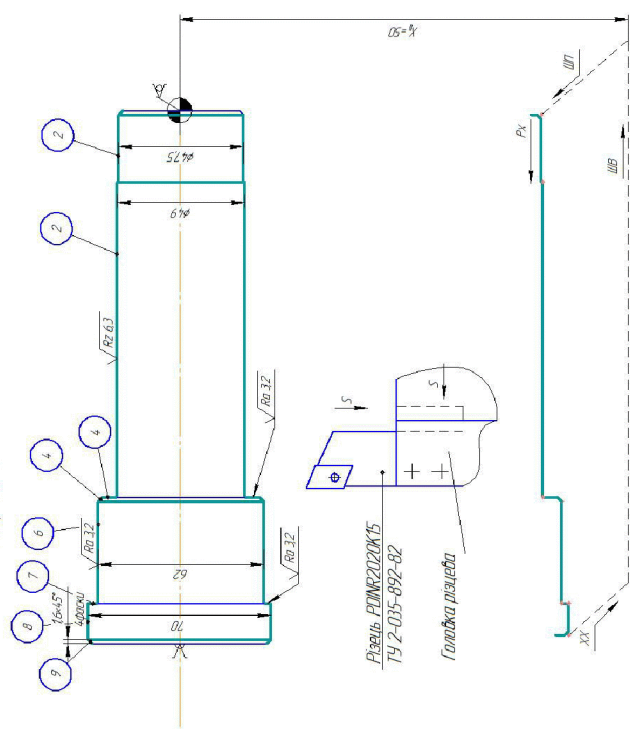
№ п.п	Назва операції: зміст переходу	Схема установлення	Обладнання
005	<p><u>Токарна - з ЧПК</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити і закріпити деталь. 2. Точити поверхню 1 однократно. 3. Свердлити отвір 6 однократно. 4. Розточити передню поверхню 2 в розм. $\varnothing 51\text{мм}$, 5 в розм. $\varnothing 19,5\text{мм}$. 5. Розточити поверхню 2 передньо в розм. $\varnothing 51,5\text{мм}$. 6. Розточити канавки 3,4 однократно. 7. Розточити поверхню 2 остаточно в розм. згідно ескіза. 8. Розточити поверхню 5 остаточно в розм. згідно ескіза. 9. Розточити фаску 7 однократно. 12. Зняти деталь. 		<p>Токарно-револьверний 1В340Ф30</p>
010	<p><u>Токарно-револьверна</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити і закріпити деталь. 2. Точити торець 1 однократно. 3. Свердлитити отвір 2 однократно в розм. $\varnothing 28\text{мм}$. 4. Розточити по контуру поверхні 3 в розм. $\varnothing 33\text{мм}$, 4,5 в розм. згідно ескіза остаточно, 6 в розм. $\varnothing 29\text{мм}$ передньо. 5. Розточити канавки 4,7 однократно в розміри згідно ескіза. 6. Нарізати різь на поверхні 3 в розм. згідно ескіза. 7. Розточити поверхню 6 в розм. $\varnothing 29,5\text{мм}$ передньо. 8. Розточити поверхню 6 остаточно в розм. згідно ескіза. 9. Розточити фаску 9 однократно. 10. Зняти деталь. 		<p>Токарно-револьверний 1В340Ф30</p>
015	<p><u>Токарна з ЧПК</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити і закріпити деталь. 2. Точити по контуру поверхні 2 в розм. $\varnothing 47,5\text{мм}$, 3 в розм. $\varnothing 49\text{мм}$, передньо та пов-хні 4, 7, 1, 5, 9 однократно в розм. згідно ескіза. 3. Точити канавки 10, 11 остаточно. 4. Точити поверхні 2 остаточно в розм. згідно ескіза, пов-хню 3 в розм. $\varnothing 48,25\text{мм}$ передньо. 5. Точити пов-хню 3 остаточно. 6. Зняти деталь. 		<p>Токарний 16К20Ф3</p>

Штук. № 018.01.000 ПЛ
 Назва операції: 005
 Назва деталі: Шток

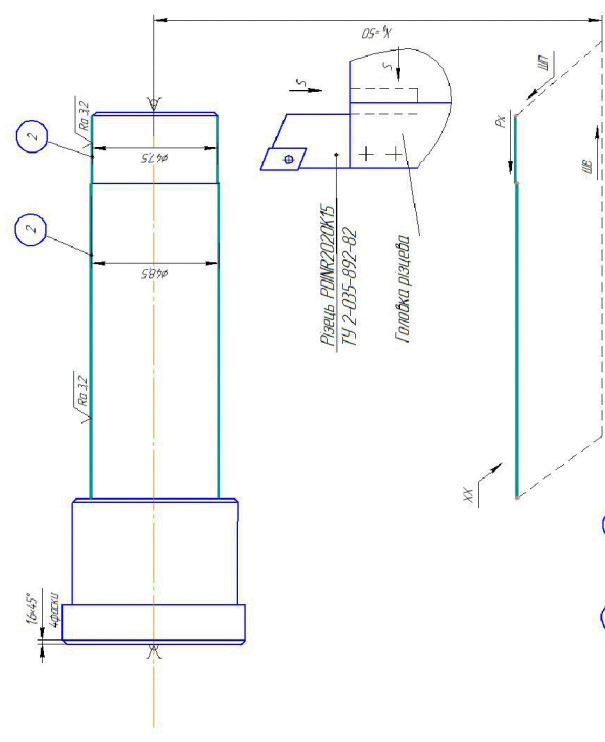
№ п.п	Назва операції: зміст переходу	Технологічний ескіз та схема установки	Обладнання
020	<p><u>Вертикально-фрезерна</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити і закріпити деталь. 2. Фрезерувати пази 1,2 однократно. 4. Зняти деталь. 		<p>Горизонтально-фрезерний 6M83</p> <p>Поворотне пристосування</p>
025	<p><u>Комбінована</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити і закріпити деталь. 2. Фрезерувати шпункові пази 1 однократно. 3. Центрувати отвір 1. 4. Свердлити отвір 1 однократно. 5. Центрувати отвір 2. 6. Свердлити отвір 2 однократно. 7. Зняти деталь. 		<p>Вертикально-фрезерний ЛФ260Ф3 з ділильною головкою що керується від системи ЧПК</p>
030	<p><u>Круглошліфувальна</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити і закріпити деталь. 2. Шліфувати поверхню 1 однократно в розмір згідно ескіза. 3. Зняти деталь. 		<p>Кругло-шліфувальний 3M150</p>
035	<p><u>Круглошліфувальна</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Встановити і закріпити деталь. 2. Полірувати поверхню 1 однократно в розмір згідно ескіза. 3. Зняти деталь. 		<p>Кругло-шліфувальний 3M150</p>

08-26.МКР.0160.1000.П1

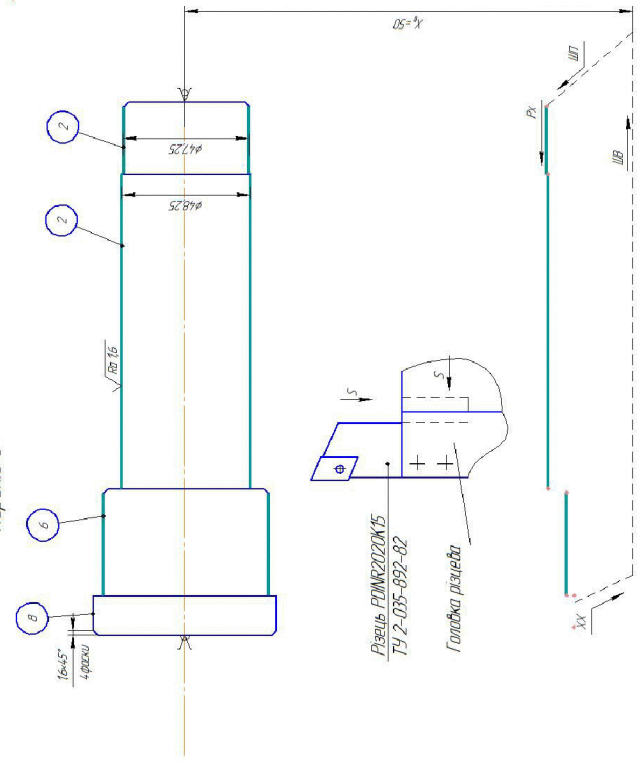
Перехід 2



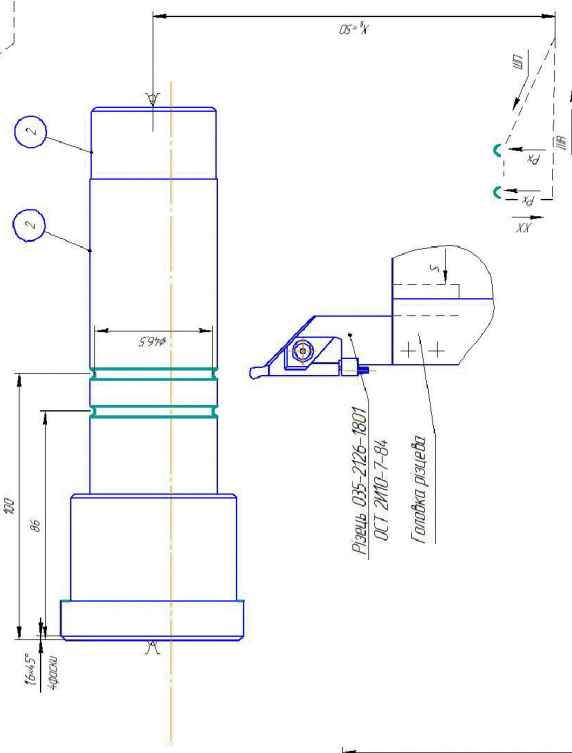
Перехід 4



Перехід 3



Перехід 5



№	Точка контролю	Вимоги	Метод контролю	Частота контролю	Код контролю
5	Точка контролю №11	Відхилення	Візуальний	100%	11
4	Точка контролю №2	Відхилення	Візуальний	100%	11
3	Точка контролю №3	Відхилення	Візуальний	100%	11
2	Точка контролю №4	Відхилення	Візуальний	100%	11

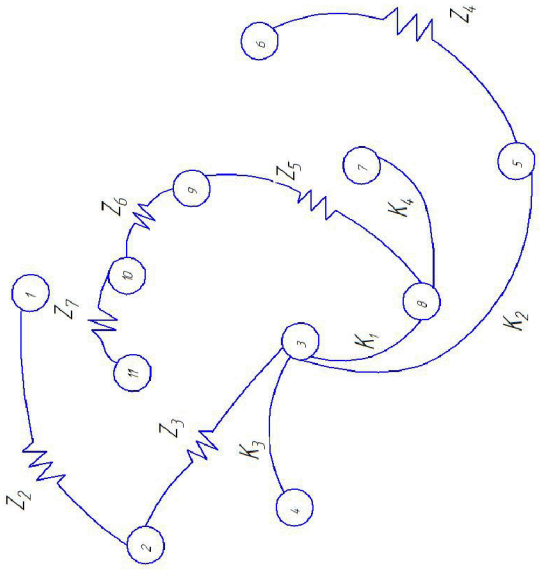
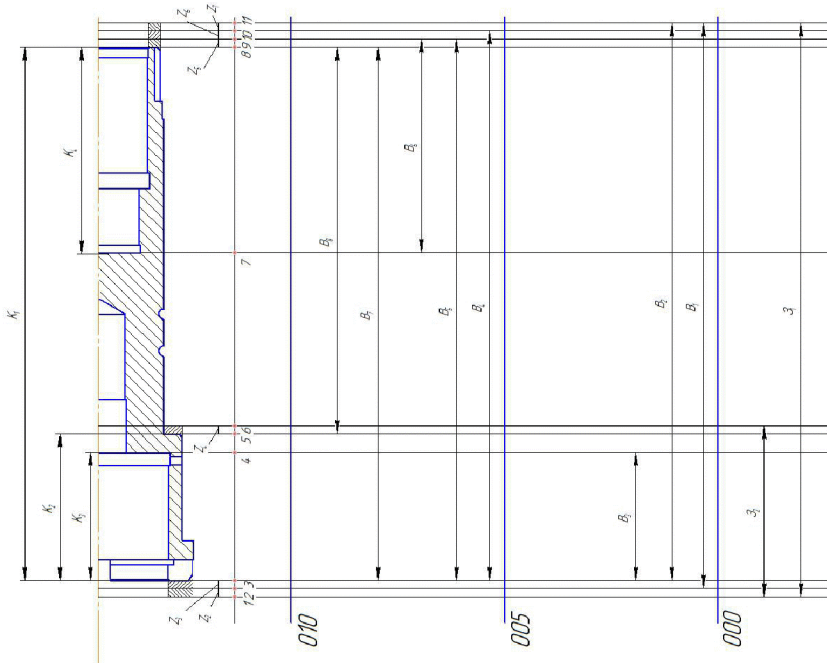
№	Точка контролю	Вимоги	Метод контролю	Частота контролю	Код контролю
1	Точка контролю №1	Відхилення	Візуальний	100%	11
2	Точка контролю №2	Відхилення	Візуальний	100%	11
3	Точка контролю №3	Відхилення	Візуальний	100%	11
4	Точка контролю №4	Відхилення	Візуальний	100%	11
5	Точка контролю №5	Відхилення	Візуальний	100%	11

№	Точка контролю	Вимоги	Метод контролю	Частота контролю	Код контролю
1	Точка контролю №1	Відхилення	Візуальний	100%	11
2	Точка контролю №2	Відхилення	Візуальний	100%	11
3	Точка контролю №3	Відхилення	Візуальний	100%	11
4	Точка контролю №4	Відхилення	Візуальний	100%	11
5	Точка контролю №5	Відхилення	Візуальний	100%	11

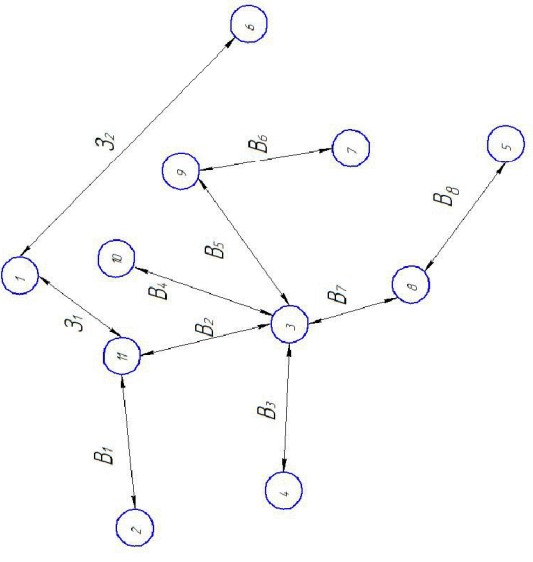
№	Точка контролю	Вимоги	Метод контролю	Частота контролю	Код контролю
1	Точка контролю №1	Відхилення	Візуальний	100%	11
2	Точка контролю №2	Відхилення	Візуальний	100%	11
3	Точка контролю №3	Відхилення	Візуальний	100%	11
4	Точка контролю №4	Відхилення	Візуальний	100%	11
5	Точка контролю №5	Відхилення	Візуальний	100%	11

№	Точка контролю	Вимоги	Метод контролю	Частота контролю	Код контролю
1	Точка контролю №1	Відхилення	Візуальний	100%	11
2	Точка контролю №2	Відхилення	Візуальний	100%	11
3	Точка контролю №3	Відхилення	Візуальний	100%	11
4	Точка контролю №4	Відхилення	Візуальний	100%	11
5	Точка контролю №5	Відхилення	Візуальний	100%	11

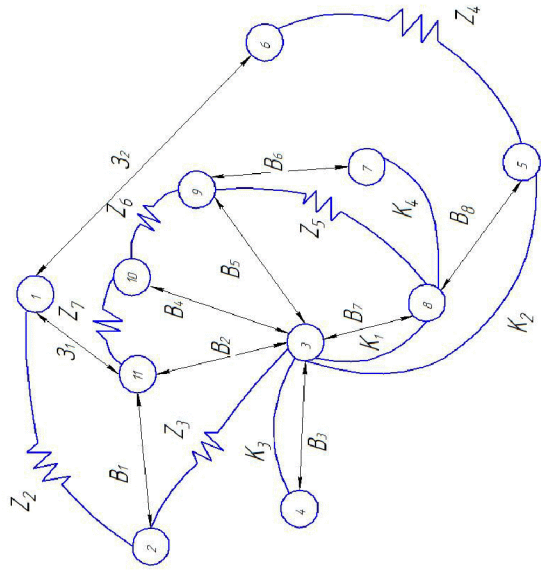
Размірний розрахунок технологічного процесу



Вихідне граф-дерево



Похідне граф-дерево



Суміщене граф-дерево

Розрахунок рівняння	Вихідне рівняння	Розмір що визначається
$B8 - K1 + K2 = 0$	$B8 = K1 - K2$	$B8$
$B7 - K1 = 0$	$B7 = K1$	$B7$
$B6 - K4 - Z5 = 0$	$B6 = K4 + Z5$	$B6$
$B5 - K1 - Z5 = 0$	$B5 = K1 + Z5$	$B5$
$B4 - B5 - Z6 = 0$	$B4 = B5 + Z6$	$B4$
$B3 - K3 = 0$	$B3 = K3$	$B3$
$B2 + Z7 - B1 = 0$	$Z3 = B1 - B2$	$B2$
$B5 + Z6 - B7 = 0$	$Z2 = Z1 - B1$	$B1$
$B2 + Z5 - B5 = 0$	$Z5 = Z1 - B2$	$Z2$
$Z1 - B1 - Z2 = 0$	$Z2 = Z1 - B1$	$Z1$

Припуск	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	Z6	Z7	Z8
Z _{min}	10	10	0,8	0,8	10	0,8	0,8	10

К1		К2		К3		К4	
200	55	48	108720	МКР.018.02.000	ПМ	Розмірний діапазон технологічного процесу	Заст.
200	55	48	108720	МКР.018.02.000	ПМ	Розмірний діапазон технологічного процесу	Заст.
200	55	48	108720	МКР.018.02.000	ПМ	Розмірний діапазон технологічного процесу	Заст.