

ПОЛТАВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет інженерно-технологічний

Кафедра галузевого машинобудування

Пояснювальна записка

до *дипломної роботи* на здобуття ступеня вищої освіти «магістр»
на тему: «Удосконалення технологічного процесу відновлення робочих поверхонь
з'єднань вальниць»

Виконав: здобувач вищої освіти за
освітньо-професійною програмою
Технології і засоби механізації
сільськогосподарського виробництва
спеціальності 208 Агроінженерія
ступеня вищої освіти «магістр» групи 3
Камалетдінов Тимур Альбертович
Керівник: Біловод О. І.
Рецензент: Лапенко Г. О.

Полтава – 2021 року

ВСТУП

Актуальність теми: Конкурентоспроможність вітчизняної продукції на світовому ринку значною мірою визначається її ціною. Значну частку у формуванні ціни продукції становлять витрати на підтримку сільськогосподарської техніки в працездатному стані..

Відновлення зношених деталей дозволяє значно знизити витрати на ремонт машин і устаткування, підвищити його надійність. Досвід передових підприємств показує, що відновлення зношених деталей сучасними прогресивними технологіями дозволяє значно скоротити простої машин і устаткування, збільшити міжремонтний термін служби, зменшити витрату запасних частин. Накопичений значний позитивний світовий і вітчизняний досвід відновлення зношених деталей, відновлювального ремонту і модернізації старої автотракторної та іншої техніки.

Розробка нових методів ремонту, перспективних технологій відновлення з використанням сучасних конструкційних і функціональних матеріалів є важливою складовою модернізації ремонтного виробництва підприємств АПК. Створюються умови для підвищення надійності сільськогосподарської техніки, скорочення матеріальних витрат на технічний сервіс, підвищення конкурентоспроможності сільськогосподарської продукції на зовнішньому і внутрішньому ринках збуту.

Вартість корпусних деталей істотно впливає на розмір коштів, витрачених при ремонті автотракторної техніки. Основною причиною є їх висока ціна, в порівнянні з іншими типовими деталями. Ці деталі є базовими, ресурсними деталями, що визначають в основному термін служби всього агрегату.

Знос посадочних отворів під підшипники є найбільш поширеним дефектом корпусних деталей. При цьому порушується співвісність і паралельність валів, виникає перекіс зубчастих коліс, кілець підшипників. У зубчастих колесах, навантажених крутним моментом 100 Н·м, при збільшенні перекосу від 0,05 до

0,2 мм тиск в зоні контакту зубів підвищується в 1,35 рази (від 23 до 31 Н/мм²), що значно скорочує залишковий ресурс коліс [4...5].

Зазор посадки підшипника в 0,02 мм, в порівнянні з посадкою з натягом, скорочує ресурс підшипника від 40 до 50% [6].

Зношування посадочних отворів під підшипники в корпусних деталях відбувається через фретінг-корозію [7 ... 11]. Посадочні отвори під підшипники в корпусних деталях відновлюють встановленням додаткової деталі, електродуговим наплавленням, електроконтактною приварюванням сталеві стрічки, залізненням, електромеханічним осаджуванням, електроіскровою обробкою [13 ... 36]. Однак перераховані вище способи не забезпечують фретінгостійкості відновлених посадочних отворів.

Способи відновлення полімерними матеріалами запобігають фретінг-корозії посадочних місць підшипників і багаторазово підвищують ресурс підшипникових вузлів [38 ... 57]. Собівартість відновлення посадочних отворів в корпусних деталях герметиком 6Ф нижче в порівнянні з наплавленням в 11,4 рази, з залізненням - в 9,4 рази [38].

Розвиток вітчизняної хімічної промисловості супроводжується постійним випуском нових перспективних полімерних матеріалів різного призначення. Формується сприятливе середовище для розробки високоефективних технологій відновлення, які забезпечують підвищення ресурсу корпусних деталей, надійності сільськогосподарської техніки, скорочення витрат на технічний сервіс.

Мета дослідження. Розробка технології механізованого нанесення полімерних покриттів на підшипники кочення, що забезпечує підвищення точності і довговічності посадок підшипників при відновленні корпусних деталей сільськогосподарської техніки методом ремонтних розмірів.

Об'єктом дослідження. Полімерні покриття, посадки підшипників в корпусних деталях, відновлені полімерними покриттями.

Предметом дослідження. Усадка полімерних покриттів різної в'язкості, залежності розмірів полімерних покриттів від параметрів режиму занурення і нанесення.

Методика досліджень передбачає використання теорії ймовірності та надійності, методів математичного аналізу і системного підходу.

Наукова новизна полягає в отриманні моделі формування покриття з розчину еластомеру на обертовому зовнішньому кільці підшипника.

Практична значимість полягає в розробленій технології та технологічній оснастці для механізованого нанесення полімерних покриттів на підшипники кочення.

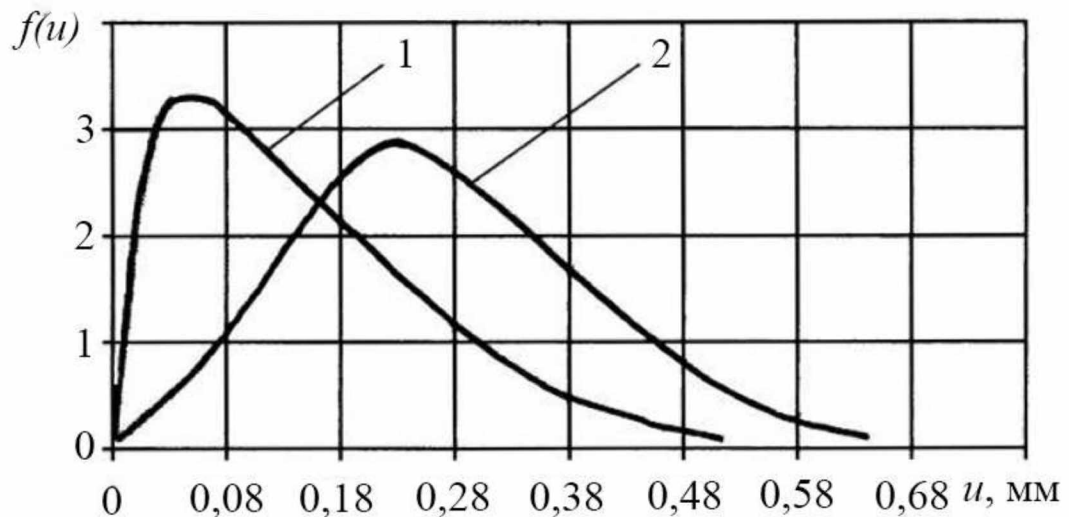
1. СТАН ПИТАННЯ ТА ВИБІР НАПРЯМУ ДОСЛІДЖЕНЬ

1.1 Аналіз технологій відновлення посадок підшипників кочення в корпусних деталях

Вартість корпусних деталей істотно впливає на розмір коштів, витрачених при ремонті автотракторної техніки. Основною причиною є їх висока ціна, в порівнянні з іншими типовими деталями.

Корпусні деталі є базовими деталями і тому визначають в основному ресурс всього агрегату [60 ... 65]. Від 61 до 90% корпусних деталей вибраковується і направляється на відновлення через знос посадочних отворів під підшипники [62]. Основною причиною зношування посадочних отворів є фретінг-корозія [7 ... 11, 112 ... 115].

В роботі [40] мікрометражем встановлено, що з досліджених картерів коробок передач перекіс осей отворів вище допустимих значень має місце в 83%, непаралельність в 79% від усієї вибірки (рис. 1.1).



1 - не паралельність осей посадочних отворів картера; 2 - перекіс цих осей [40]

Рисунок 1.1 - Розподіл відхилень осей посадочних отворів картера під підшипники первинного і вторинного валів і блоку шестерень проміжного валу

Також досліджена залежність швидкості зношування підшипників від зазору посадки і перекосу підшипників в корпусі коробки передач трактора класу 3 тс [60]. Автор встановив, що зазор посадки підшипника в 0,3 мм збільшує швидкість зношування підшипників від 1,25 до 1,35 рази. Із зростанням зазору посадки підшипника від 0,4 до 0,8 мм швидкість зношування збільшується від 1,67 до 1,75 рази.

Посадочні отвори під підшипники в корпусних деталях відновлюють встановленням додаткової деталі, електродуговим наплавленням, електроконтактним приварюванням сталеві стрічки, залізненням, електромеханічним осаджуванням, електроіскровою обробкою [1, 12 ... 37]. Однак перераховані вище способи не забезпечують фретінгостійкість відновлених посадочних отворів.

Способи відновлення полімерними матеріалами запобігають фретінг-корозії посадочних місць підшипників і багаторазово підвищують ресурс підшипникових вузлів [48 ... 59].

Для відновлення посадок підшипників в корпусних деталях полімерними матеріалами використовують три способи [38, 41, 58]:

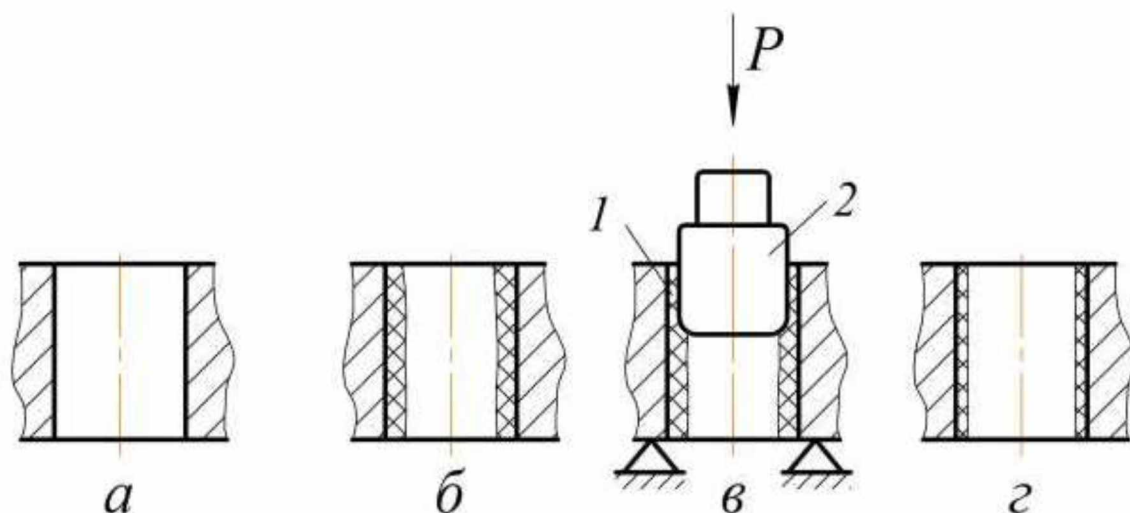
1 - нанесення полімерного композиційного матеріалу на зношену поверхню отвору і формування отвору під номінальний розмір;

2 - фіксація зовнішнього кільця підшипника в зношеному отворі за допомогою адгезії;

3 - нанесення покриття з розчинів еластомерів на зношену поверхню отвору без формування і запресовування в неї підшипника.

В ремонтній практиці розроблена технологія відновлення посадочних отворів в корпусних деталях епоксидними композиціями в якій реалізується перший спосіб [66]. Технологія включає наступні операції: очищення поверхні посадочного отвору, її знежирення, приготування епоксидної композиції, нанесення шару композиції 1...1,5 мм на підготовлену поверхню отвору, часткове затвердіння (до пластичного стану), калібрування під заданий розмір і форму,

остаточне затвердіння композиції, зняття напливів, візуальний контроль якості покриття (рисунок 1.3).



а - підготовлений зношений отвір; б - отвір з частково кристалізованими покриттям з епоксидної композиції; в - калібрування отвору з покриттям; 1 - епоксидна композиція; 2 - калібр; г - покриття епоксидною композицією після повного затвердіння [62]

Рисунок 1.2 - Послідовність етапів відновлення калібруванням корпусної деталі

Вище переліченими способами відновлюють зношені посадочні отвори підшипників в корпусах водяного насоса, коробок передач, роздавальних коробок, в кришках розподільних шестерень двигунів і т.д.

Для калібрування отворів з полімерним покриттям використовують механічні або гідравлічні преси, вертикально-розточувальні і свердлильні верстати, а також калібри заданих розмірів.

Пристрій калібру показано на рисунку 1.2, в. Калібр має закруглену західну частина. Калібр виготовляють з урахуванням припуску на калібрування (припуск враховує усадку полімерного матеріалу), який для конкретних складів епоксидних композицій, розміру відновлюваних отворів, умов калібрування необхідно визначати дослідним шляхом. Робочі поверхні калібрів хромують,

шліфують і полірують. На їх поверхні проточують одну - дві масляних канавки (при малій висоті калібру цих канавок не роблять). Щоб уникнути прилипання епоксидної композиції робочу поверхню калібру перед калібруванням змащують тонким шаром масла.

При переміщенні калібру уздовж осі отвору усуваються відхилення від правильної геометричної форми, отвору надається остаточний розмір, шар полімерного матеріалу ущільнюється.

Після калібрування відновлювану деталь витримують при кімнатній температурі протягом 10 год або при 60°C - 2 год, якщо для затвердіння використовували поліетиленполіамін. У разі використання затверджувача гарячого затвердіння деталь після калібрування витримують при температурі 50 С - 2 год, потім при 100°C - 1 год і 150°C - 1 год.

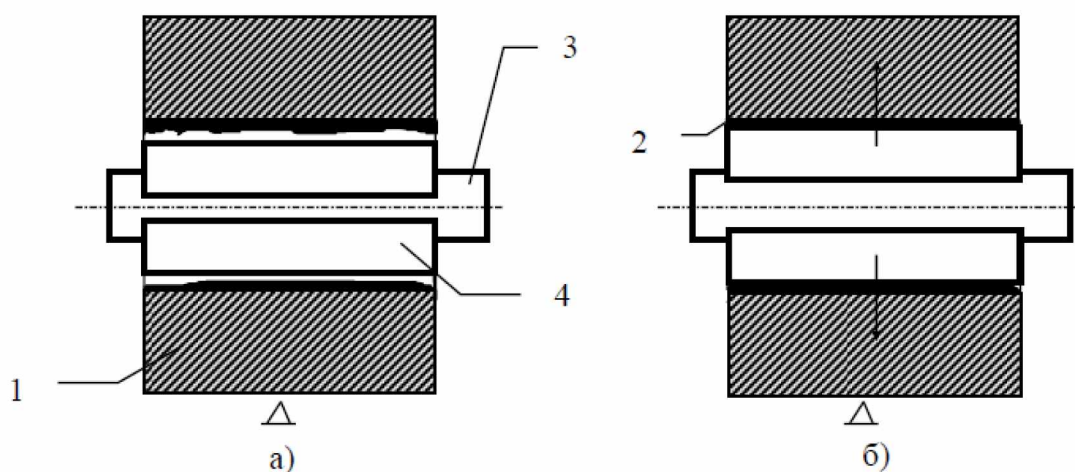
Далі деталь охолоджують разом з термошафою зі швидкістю 1 град/хв. Діаметр відновленого отвору вимірюють після повного охолодження деталі.

До недоліків способу відносяться:

1. Вплив усадки на остаточний розмір отвору з полімерним покриттям, тому що повне (остаточне) затвердіння полімерного покриття проводять після його калібрування. Залежно від точності приготування полімерної композиції, в'язкості полімерного покриття в момент її калібрування усадка може набувати різних значень, вносячи тим самим похибку в остаточний розмір отвору з полімерним покриттям.

2. Необхідність використання наповнювачів, які формують необхідні тиксотропні властивості.

Також існує спосіб відновлення посадочних отворів корпусних деталей розмірним калібруванням. Для реалізації способу розроблений полімерний композиційний матеріал на основі анаеробного герметика АН-6В: герметик - 100 м.ч., тальк - 20 м.ч., бронзова пудра - 2 м.ч. Зношений отвір шліфують до металевого блиску і знежирюють. Далі наносять полімерний композиційний матеріал (ПКМ) на поверхню отвору, після чого вводять оправку 3 з розсувними кільцями 4, які знаходяться в стислому стані (рис. 1.3).



а) оправка з кільцями в стислому стані; б) калібрування полімерної композиції розтискати кільцями; 1 - корпусна деталь; 2 - шар полімерної композиції; 3 - оправка; 4 - розсунуті півкільця [40]

Рисунок 1.3 - Схема формування полімерної композиції на поверхні зношеного отвору корпусних деталей

Введені в отвір кільця розтискають на певний розмір, що забезпечує калібрування полімерного покриття. По завершенні процесу затвердіння ПКМ кільця переводять в стислий стан і оправлення виводять з отвору.

Даний спосіб не усуває вплив усадки на остаточний розмір отвору з полімерним покриттям. В процесі експлуатації підшипникового вузла клейовий шов нагрівається до температури 70 ... 90°C, з цієї причини полімерна матриця дополімеризується, тобто відбувається полімеризація на велику глибину. З цієї причини розмір відновленого отвору змінюється.

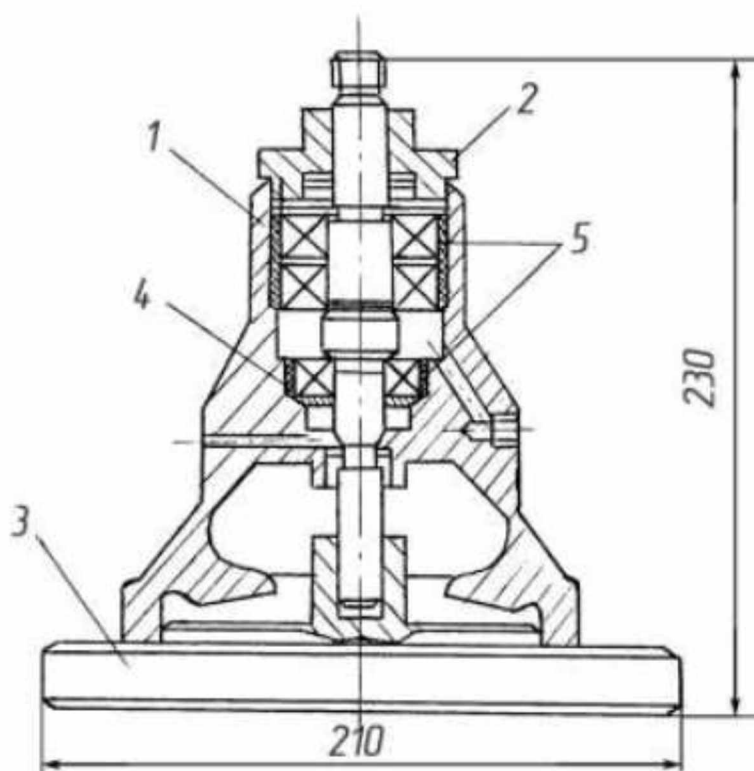
При відновленні посадок підшипників в корпусних деталях адгезивами в якості останніх використовують анаеробні герметики, акрилові клеї і композиційні матеріали на їх основі [67 ... 73].

Основою анаеробних герметиків є полімеризаційні з'єднання акрилового ряду, як правило діметілакрилові ефіри поліалкіленгліколю, що володіють високою швидкістю перетворення в просторово зшиті полімери. Анаеробні герметики мають хорошу адгезію до чорних і кольорових металів. Матеріали є

реактопластами і з цієї причини відрізняються високою стійкістю до дії води, масел, палива, органічних розчинників, кислот, лугів та інших хімічних речовин. По завершенні полімеризації анаеробні герметики зберігають експлуатаційні властивості в діапазоні від -60 до $+150^{\circ}\text{C}$ [74].

З анаеробних герметиків, для відновлення нерухомих з'єднань підшипників, найбільш широко відомі такі герметики як АН-6, АН-6В, АН-6К, АН-103, УГ-7, УГ-8, УГ-11 [38, 41, 52, 53, 55, 68, 75].

Для відновлення посадок підшипників в корпусних деталях адгезивами необхідні центруючі пристосування. На рисунку 1.4 показано центруючі пристосування для склеювання корпусу водяного насоса і підшипників 304, 305 [55, 77].



1 - корпус водяного насоса; 2 - кришка пристосування; 3 - корпус пристосування; 4,5 - адгезив [55, 77]

Рисунок 1.4 - Центруюче пристосування для склеювання корпусу водяного насоса двигуна ЗМЗ-53 з підшипниками на валу

Однак при відновленні посадок підшипників в агрегатах трансмісії виникає проблема із забезпеченням співвісності деталей, що склеюються. Досить складно зафіксувати у вертикальному положенні вал з підшипниками і шестернями, виникають питання при виборі технологічних баз та ін. З цієї причини забезпечення співвісності осей посадочних отворів з осями підшипників в агрегатах трансмісії - це суттєва технологічна проблема, яка стримує розвиток відновлення посадок корпусних деталей адгезивами.

Третій спосіб відновлення посадок підшипників реалізований в технології відновлення посадочних отворів корпусних деталей герметиком 6Ф. Розчин еластомеру пошарово наносять пензлем у вигляді покриття на зношену поверхню посадочного отвору в корпусній деталі. Після нанесення покриття, його витримують при підвищеній температурі 150°C і часу витримки в 3 год [38].

Багаторічний досвід практичного застосування при ремонті техніки показав високу ефективність технології відновлення герметиком 6Ф. Відновлення посадочних отворів під підшипники герметиком 6Ф забезпечує багаторазове збільшення ресурсу корпусних деталей. До недоліків технології можна віднести відносно не високу точність розмірів відновлених отворів через усадку полімерного матеріалу при термічній обробці, ручний спосіб нанесення, що обумовлює невисоку продуктивність процесу.

Герметик 6Ф є продуктом суміщення каучуку марки і смоли на основі заміщеного фенолу. Покриття відрізняються високою адгезією до чорних і кольорових металів, а також володіє хімічною стійкістю [48, 50, 51].

Випуск герметика 6Ф припинений і натомість розробник випустив його аналог - лак Ф-40. Відмінність в агрегатному стані. Лак Ф40С випускається у вигляді готового до застосування розчину. Це значно спрощує використання матеріалу при відновленні. Лак Ф-40 (ТУ 6-06-246-92) являє собою розчин композиції каучуку і модифікованої фенольної смоли в органічному розчиннику [78]. Еластомер для реалізації розливають у вигляді розчину в пластикові ємності різного об'єму. В даний випуск еластомеру Ф-40 припинено і випускається його модифікація Ф-40С.

Таким чином, найбільш технологічним є спосіб відновлення посадочних отворів в корпусних деталях, оснований на нанесенні полімерного покриття на зношену поверхню отворів. Однак існуючі технології передбачають ручне нанесення матеріалу і не виключають усадку полімерного матеріалу при затвердінні, що обумовлює невисоку точність розмірів відновлених отворів.

Пропонується відновлювати посадки підшипників в корпусних деталях методом ремонтних розмірів [58]. Посадочні отвори в залежності від зносу розточують під три ремонтних розміри

$$D_{\text{рем1}} = D_{\text{ном}} + 0,1 \text{ мм}; \quad D_{\text{рем2}} = D_{\text{ном}} + 0,15 \text{ мм}; \quad D_{\text{рем3}} = D_{\text{ном}} + 0,2 \text{ мм};$$

де $D_{\text{рем1}}$, $D_{\text{рем2}}$, $D_{\text{рем3}}$ - перший, другий і третій ремонтні розміри; $D_{\text{ном}}$ - номінальний діаметр отвору.

Оброблений отвір комплектують новим підшипником, на зовнішнє кільце якого, нанесено полімерне покриття з розчину еластомеру відповідної товщини, що забезпечує нерухомість з'єднання. Так як при експлуатації відновленої корпусної деталі буде зношуватися тільки полімерне покриття, отвір, оброблений під ремонтний розмір, зношуватися більше не буде. Завдяки цьому ресурс посадочних отворів, а, отже, і корпусних деталей значно зросте.

Для виключення впливу усадки полімерного матеріалу при затвердінні і забезпечення заданих розмірів полімерного покриття пропонується покриття після нанесення на підшипник термічно обробляти та потім піддавати механічній обробці різанням.

1.2 Аналіз способів механізованого нанесення полімерних покриттів при відновленні посадочних місць підшипників кочення

Полімерні покриття наносять на посадочні місця підшипників вручну пензлем, відцентровим способом (корпусні деталі), обливанням і зануренням і формуванням покриття за допомогою ракеля (вали).

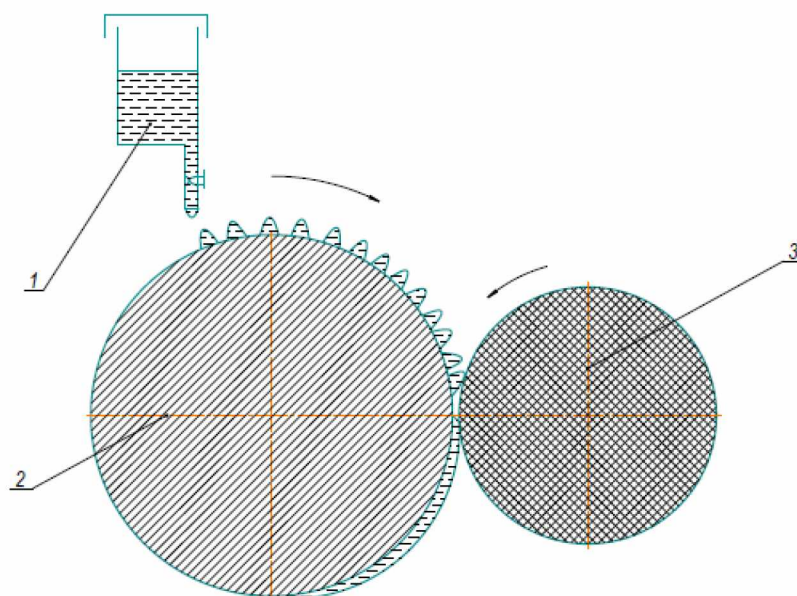
Нанесення покриттів відцентровою заливкою з розчинів еластомерів проводять на установці, що складається з токарно-гвинторізного верстата 1К62,

планшайби та заливного пристрою. Планшайба кріпиться оправкою в патроні верстата.

За рахунок відцентрової сили формується гладке, рівномірне по товщині полімерне покриття. Після демонтажу підшипник витримують в сушильній шафі при температурі 150°C протягом 3 год.

Спосіб відцентрової заливки добре показав себе при відновленні посадочних отворів в підшипникових щитах електродвигунів, проте застосувати його при відновленні посадочних отворів корпусів коробок передач, роздавальних коробок не просто через складну конфігурацію корпусних деталей, а також розташування осей отворів.

Спосіб нанесення полімерного покриття на деталі типу «вал» представлений на рисунку 1.5 [41]. На обертіву деталь 1 подають з ємності 2 дозовану кількість розчину полімеру. Для отримання покриття заданої товщини на певній відстані від деталі встановлюють ролик 3. При контакті ролика з в'язким полімером покриття реалізується тертя кочення. Внаслідок цього поверхня покриття виходить гладкою, без задирок. Ролик 3 і деталь 1 обертаються в зустрічному напрямку. Зазор 0,05 мм між деталлю і роликом встановлюють за допомогою супорта і металевого щупа.

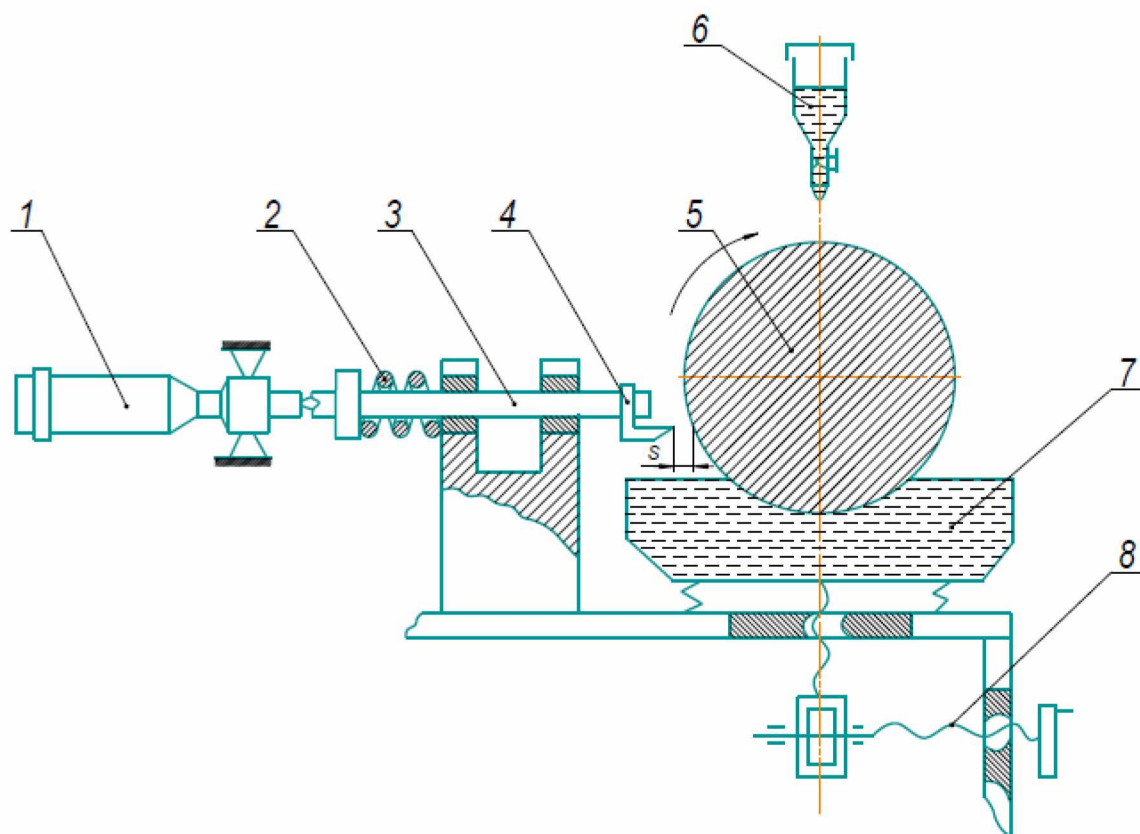


1 - бачок; 2 - деталь; 3 - ролик з фторопласту [41]

Рисунок 1.5 - Спосіб нанесення полімерного покриття на деталі типу «вал»

Однак застосування даного способу утруднено складністю забезпечення заданої точності при виготовленні фторопластового ролика. Якщо в лабораторних умовах для нанесення покриття на одну деталь спосіб показав себе досить добре, то для умов промислового виробництва, коли потрібно одночасно формувати покриття кількох деталей типу «вал» це є складним. Також спотворення геометричних розмірів ролика призводить до його биття і формуванню рівної товщини полімерного покриття.

Існує технологія відновлення герметиком посадочних місць підшипників на валах [48]. Деталі типу "вал" відновлюють зануренням і обливанням з використанням ракеля. Принципова схема установки для нанесення покриттів з розчинів полімерів зануренням і обливанням показана на рисунку 1.6.



1 - мікрометрична головка; 2 - пружина; 3 - штанга; 4 - ракель; 5 - деталь; 6 - бачок; 7 - ванна; 8 - гвинтовий механізм; S - зазор між ракелем і деталлю [48]

Рисунок 1.6 - Схема установки для нанесення покриттів з розчинів полімерів зануренням і обливанням

Нанесення покриттів зануренням і обливанням проводять на установці, що складається з ванни 7 для занурення і бачка 6 для обливання деталі, електроприводу, обертання від якого передається деталі 5, гвинтового механізму 8 для регулювання положення ванни 7 по висоті і механізму регулювання товщини покриття. Останній включає ракель 4, штангу 3, мікрометричну головку 1 і пружину 2. Ракель розташований нижче осі деталі на $(0,2 \dots 0,3d_{\text{дет.}}$. Зазор S між ракелем і деталлю встановлюють за допомогою мікрометричної головки.

При нанесенні покриттів зануренням деталей занурюють в розчин полімеру на глибину 2...3 мм. Після декількох обертів деталі навколо своєї осі ванну 7 опускають так, щоб деталь не торкалася розчину. Для запобігання стікання розчину деталь обертають навколо своєї осі 5...8 хв.

При нанесенні покриттів, наприклад, на шийку валу її поверхню обливають розчином полімеру з бачка 6. Деталь робить кілька обертів навколо своєї осі. Потім подачу розчину припиняють, і деталь обертається 5...8 хв для запобігання стікання розчину.

Перед нанесенням покриттів зануренням і обливанням з регулюванням їх товщини ракелем 4, останній встановлюють на відстані S від поверхні деталі 5. Під час нанесення покриттів ракель знімає зайвий розчин полімеру, вирівнює покриття і забезпечує заданий діаметр деталі. Після цього ракель відводять і деталь обертають навколо своєї осі 5...8 хв.

При нанесенні п'яти шарів з просушуванням кожного з них можна отримати полімерне покриття товщиною до 0,26 мм.

Недолік даного способу полягає в тому, що при формуванні покриття ракелем утворюються задири на поверхні полімеру, відбувається налипання полімеру на ріжучої кромки ракеля і тим самим не забезпечується необхідна шорсткість і точність покриття. Після термічної обробки герметика розмір (товщина) покриття змінюється на величину усадки полімерного матеріалу. Усадка залежить від в'язкості розчину полімеру, геометричних розмірів деталі, умов затвердіння і визначити її розрахунками важко.

Найбільш підходящим з розглянутих способів є останній спосіб. З урахуванням усунення недоліків способу, описаних раніше, пропонується наносити покриття зануренням підшипника в ванну з розчином полімерного матеріал. Покриття має формуватися рівномірним за рахунок обертання підшипника і течією полімерного розчину під дією сили тяжіння.

1.3 Огляд полімерних матеріалів по оброблюваності різанням і способи їх механічної обробки

Пластмаси - неметалеві матеріали, що включають в свій склад синтетичні високомолекулярні смоли з добавками з наповнювачів, пластифікаторів, барвників та інших речовин, які надають пластмасам задані властивості. По своїй поведінці під дією температури пластмаси ділять на два види: термопласти і реактопласти. Термопласти, перебуваючи в твердому стані при кімнатній температурі, при нагріванні понад 70...100°C переходять в пластичний стан без будь-яких хімічних перетворень, а при охолодженні знову тверднуть. Реактопласти при нагріванні не розм'якшуються і не змінюють своїх властивостей. При нагріванні вище критичної температури для даного матеріалу вони починають обвуглюватися, горіти [85].

Перевагами пластмас є: задовільна міцність, високі теплоізоляційні властивості, шумопоглинаючі і демпфуючі властивості, корозійна стійкість, можливість фарбування в різні кольори.

Пластмаси мають ряд недоліків: відносно низьку теплостійкість, повзучість, старіння під впливом температури, світла і вологи, анізотропні властивості.

Працездатність пластмасових деталей зберігається в діапазоні температур від - 60 до + 200°C. Спеціальні марки пластмас зберігають працездатність до температури + 350°C. Пластмаси мають більш значну повзучість ніж метали. Старіння пластмас під впливом зовнішніх чинників характеризується інтенсивністю і первинні властивості в результаті знижуються до 15...30%.

Таким чином, сформовані загальні особливості пластмас при обробці різанням [86]:

1) схильність до сколювання при точінні внаслідок чого виникає викришування оброблюваної поверхні на вході і виході інструмента, збільшується шорсткість. Щоб уникнути цього ріжучий клин інструменту повинен мати великі значення передніх і задніх кутів. Підвищений знос ріжучого інструменту є причиною збільшення шорсткості обробленої поверхні;

2) анізотропія властивостей пластмаси і підвищені абразивні властивості деяких пластмас, викликають інтенсивний знос і перешкоджає отриманню обробленої поверхні з низькою шорсткістю. Наприклад, знос різців при точінні склотекстоліту перевищує знос при обробці сталей 30, 50 і чавуну;

3) низька теплопровідність пластмас є причиною зменшення тепловідведення із зони різання, що призводить до інтенсивного нагріву ріжучого інструменту, оплавлення, задирам, руйнування обробленої поверхні. При механічній обробці реактопластів виникає інтенсивне пилоутворення, що вимагає використання спеціальних відсмоктувальних пристроїв;

4) використання охолоджуючої рідини (ОР) часто неможливо через гігроскопічність деяких пластмас або внаслідок утворення пасти з пилу, яка потрапляє на інструмент, ускладнюючи обробку або налипає на поверхні деталей верстата. Найбільш часто для охолодження при обробці пластмас застосовують стиснене повітря;

5) пружна деформація пластмасових деталей в ході обробки, підвищений коефіцієнт лінійного розширення пластмас, інтенсивний знос різців ускладнює отримання розмірів деталей високої точності.

Оброблюваність полімерів різанням оцінюють їх здатністю легше чи важче піддаватися обробці різанням. Для кількісної оцінки оброблюваності полімерів найбільше застосування отримав критерій оцінки за швидкістю різання - коефіцієнт відносної оброблюваності.

Пластмаси класифікують на шість груп оброблюваності різанням [85]. До першої групи оброблюваності відносять термопласти без наповнювача, мають

відносно однорідні властивості і найбільш легко оброблювані різанням. При точінні таких матеріалів утворюється безперервна стружка і досягається низька шорсткість обробленої поверхні.

До другої групи відносять термопласти (полістирол, фторопласт) з металевим порошковим наповнювачем. Такі матеріали легко обробляються різанням, але через наявність металевих порошоків, є особливості в процесі обробки і в призначенні ріжучого інструменту.

До третьої групи відносять реактопласти категорії пінопластів і поропластів. Ці матеріали мають високу пористість, є найбільш легкими і їх обробка стандартним ріжучим інструментом неможлива. При обробці застосовують інструменти спеціальної конструкції, які мають великі передні кути, малі кути загострення, виключено використання ОР.

До четвертої групи відносять реактопласти з порошковим наповнювачем типу деревного борошна, які надають інтенсивну абразивну дію на ріжучий клин інструменту. При різанні виникає переривчаста, дуже роздроблена стружка, є схильність до сколювання кромek оброблюваних поверхонь.

До п'ятої групи оброблюваності відносять реактопласти з волокнистим наповнювачем, наприклад скловолокно АГ-4В. Завдяки волокнистих наповнювачів, такі матеріали, погано обробляються і мають інтенсивну абразивну дію на ріжучий інструмент.

До шостої групи належать реактопласти з листовим і шаруватим наповнювачем. Матеріали відрізняються анізотропними властивостями і діляться на дві підгрупи. Текстоліти і гетинакси, які не мають абразивних компонентів, відносно легко обробляються. Склотекстоліти, органо-і боропластики, мають високі абразивні властивості і погано обробляються з усіх видів пластмас.

Обробка пластмас різними видами механічної обробки дозволяє отримати необхідну точність розмірів і шорсткість поверхні деталей. Максимально високу точність розмірів (від 6 до 8 квалітету) і мінімальну шорсткість обробленої поверхні ($R_a = 0,16 \dots 1,25$ мкм) отримують при шліфуванні, чистовому точінні,

розточуванні і розгортанні. При свердлінні і фрезеруванні виходить більш висока шорсткість і менша точність розмірів оброблених поверхонь.

Розглянемо в якості можливих способів обробки полімерних покриттів Ф-40С шліфування і точіння, їхні переваги й недоліки.

Шліфування пластмас забезпечує: високу точність розмірів (6...8 квалітет); низьку шорсткість обробленої поверхні ($R_a = 0,16 \dots 0,63$ мкм); видалення задирів, рисок, штрихів; надання обробленої поверхні прозорості і блиску та ін.

З усіх видів абразивної обробки пластмас для полімерних покриттів Ф-40С найбільш придатні кругле шліфування і безцентрове шліфування. При круглому шліфуванні пластмасових заготовок використовують абразивні круги діаметром від 200 до 500 мм.

При шліфуванні термопластів і не наповнених реактопластів використовують кола з чорного або зеленого карбіду кремнію. У разі обробки пластмас з порошковим наповнювачем використовують кола з нормального білого електрокорунду.

Пластмаси шостої групи оброблюваності, які мають високі абразивні властивості, обробляють кругами з натуральних і синтетичних алмазів. Внаслідок низької теплостійкості пластмас, відбувається активне злипання останніх з зернами і зі зв'язкою шліфувального круга. Це призводить до інтенсивного засолення кола, і як наслідок, виникнення на поверхні різання пропалів, що є недопустимим.

Безцентрове шліфування застосовують для обробки реактопластів. Процес проводять на шліфувальних металообробних верстатах. Щоб виключити інтенсивне забивання пір кіл, останні активно охолоджують емульсією. При безцентровому шліфуванні гетинакса, текстоліту, стеклотекстолита, забезпечується низька шорсткість поверхні і висока точність розмірів, проте на увазі використання охолоджувальної рідини, після шліфування деталей слід обов'язково висушити стисненим повітрям. Це необхідно з огляду на те, що без сушіння матеріал деталі активно поглинає охолоджуючу рідину і змінює свої розміри (розбухає).

Таким чином, шліфування полімерних матеріалів має істотний недолік - засолювання шліфувального круга, і як наслідок необхідність застосування в процесі обробки охолоджуючої рідини. Остання внаслідок гігроскопічності полімерних матеріалів, негативним чином впливає на точності характеристики полімерного покриття і його довговічність.

Як згадувалося вище, чистове точіння пластмас забезпечує 6...8 квалітет і низьку шорсткість обробленої поверхні. З урахуванням того, що глибина різання полімерного покриття Ф-40С становить $t = 0,1...0,3$ мм чистове точіння цілком придатне для таких покриттів. Так еластомер Ф-40С відноситься до полімерних матеріалів першої групи оброблюваності, слід очікувати отримання безперервної зливної стружки, високої точності розмірів і низької шорсткості обробленої поверхні. Слід особливо відзначити, що відпадає, як у випадку з шліфуванням, необхідність в охолоджуючій рідині, яка негативним чином впливає на точнісні характеристики полімерного покриття і його довговічність.

Висновки

Вартість корпусних деталей істотно впливає на розмір коштів, витрачених при ремонті автотракторної техніки. Основною причиною є їх висока ціна, в порівнянні з іншими типовими деталями. Корпусні деталі є базовими деталями і тому визначають в основному ресурс всього агрегату. Від 61 до 90% корпусних деталей вибраковується і направляється на відновлення через знос посадочних отворів під підшипники.

Найбільш технологічним є спосіб відновлення посадочних отворів в корпусних деталях, оснований на нанесенні полімерного покриття на зношену поверхню отворів. Однак існуючі технології передбачають ручне нанесення полімерного покриття, не враховують усадку полімерного матеріалу при затвердінні, що обумовлює невисоку точність розмірів відновлених отворів.

Метою роботи є розробка технології механізованого нанесення полімерних покриттів на підшипники кочення, що забезпечує підвищення точності і

довговічності посадок підшипників при відновленні корпусних деталей сільськогосподарської техніки методом ремонтних розмірів.

На основі проведеного аналізу сформульовані наступні завдання досліджень:

- розробити модель формування покриття з розчину еластомеру на обертовому зовнішньому кільці підшипника;
- дослідити усадку полімерних покриттів різної в'язкості, параметри режиму занурення деталей в розчин еластомеру і параметри полімерних покриттів після нанесення;
- розробити технологію відновлення посадочних отворів корпусних деталей еластомером і оцінити її техніко-економічну ефективність.

2. МЕТОДИКА Й ОСНОВНІ МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1 Загальна методика проведення досліджень

Об'єкти досліджень в даній роботі:

- плівки і покриття з розчину еластомеру Ф-40С;
- ріжучий інструмент - різець ВК-8;
- посадки підшипників в корпусної деталі, відновлені еластомером Ф-40С.

Лак Ф-40С є розчином композиції каучуку і модифікованої фенольної смоли в органічному розчиннику [78].

Еластомер Ф-40С реалізується в рідкому вигляді (у вигляді розчину) розлитим в пластикові ємності різного об'єму. До складу еластомеру Ф-40С входять:

- 1) смола ФКУ (феноло-формальдегідні смола на основі заміщеного фенолу вінілацетиленової структури) - 8 мас.%;
- 2) каучук синтетичний марки СКН-40С - 12 мас.%;
- 3) ацетон технічний, ГОСТ 2768-84 - 80 мас.%.

Еластомер Ф-40С є прозорою рідиною коричневого кольору, яка має такі характеристики:

- масова частка сухого залишку - 20%;
- міцність зв'язку зі сталлю при зсуві при 20⁰С не менше - 5,0 МПа.

Щоб забезпечити зазор в з'єднанні «підшипник - отвір», останній розточуються під необхідний розмір.

Для вимірювання діаметра отворів використовували індикаторний нутромір ІН-100 (ГОСТ 868-72) з індикаторною головкою, ціна поділки якої становить 0,001 мм.

Розміри полімерних покриттів і діаметр підшипників вимірювали важільними скобами підвищеної точності СРП-25 і СР100 (ГОСТ 11098-75) з ціною поділки 0,001 і 0,002 мм відповідно.

В ході досліджень використовували сучасне вимірювальне та випробувальне обладнання, прилади промислового виробництва, стенди, установки і пристосування.

2.2 Методика дослідження усадки еластомеру

Для дослідження усадки полімерних покриттів, використовували розчини еластомеру Ф-40С різної в'язкості: $\nu = 3157; 329 \text{ і } 160 \text{ мм}^2/\text{с}$. Необхідну в'язкість забезпечували додаванням ацетону (ГОСТ 2768-84) в концентрований розчин еластомеру Ф-40С.

В'язкість розчину еластомеру Ф-40С $\nu = 3157 \text{ мм}^2/\text{с}$ контролювали візкозиметром типу ВНЖ (ГОСТ 10028-81). Візкозиметр капілярний скляний типу ВНЖ призначений для визначення кінематичної в'язкості непрозорих рідин. В'язкість розчину еластомеру Ф-40С $\nu = 329 \text{ і } 160 \text{ мм}^2/\text{с}$ контролювали візкозиметром типу ВПЖ-2 (ГОСТ 10028-81).

Зразки для дослідження усадки представляли собою затверділі плівки, нанесені на підкладку, з розчинів еластомеру в'язкістю $\nu = 3157; 329 \text{ і } 160 \text{ мм}^2/\text{с}$.

Форма плівок прямокутна, розміри $60 \times 15 \text{ мм}$. Підкладка являє собою пластину з фторопласту 4. Розміри підкладки $200 \times 160 \times 4 \text{ мм}$. На підкладку накладали рамку-трафарет, виготовлену з оцинкованого листа товщиною $0,5 \text{ мм}$, сталі 08пс (ГОСТ 14918-80). Розміри рамки трафарету $180 \times 140 \times 0,5 \text{ мм}$. У рамці-трафареті прорізали п'ять вікон розмірами $62 \times 17 \text{ мм}$. Вікна в рамці-трафареті пошарово заповнювали розчином еластомеру Ф-40С, використовуючи кисть. Кожен шар покриття просуvalи протягом 10 хв при температурі 23°C .

Далі зразки витримували при температурі 23°C протягом 24 год , після чого плівки вирізали лезом з рамки-трафарету. Граничне відхилення розмірів плівок по довжині і ширині не перевищувало $\pm 0,1 \text{ мм}$. Товщину плівок вимірювали важільною скобою підвищеної точності СРП- 25 (ГОСТ 11098-75) з ціною поділки $0,001 \text{ мм}$.

2.3 Методика дослідження параметрів режиму занурення деталей в розчин еластомеру

Дослідження параметрів режиму занурення деталей в розчин еластомеру Ф-40С виконували на установці для нанесення на підшипники покриттів з розчину еластомеру Ф-40С (рис. 2.1).

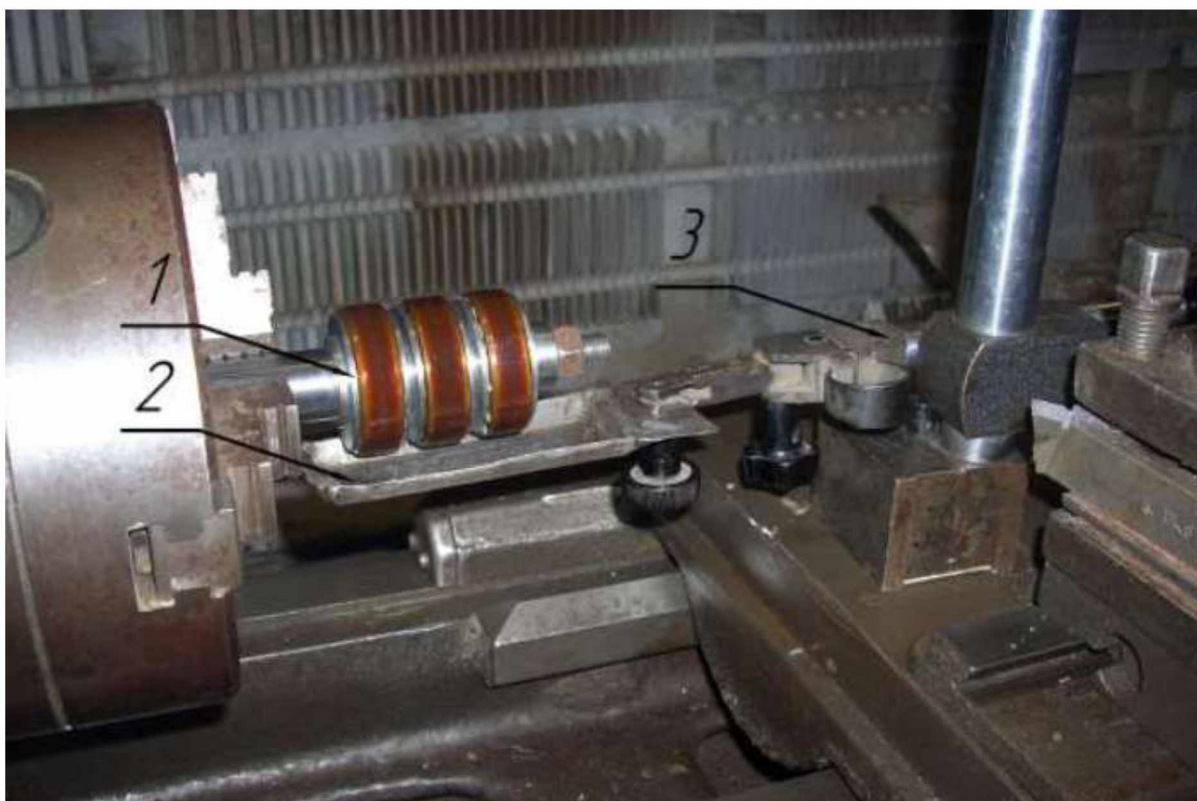


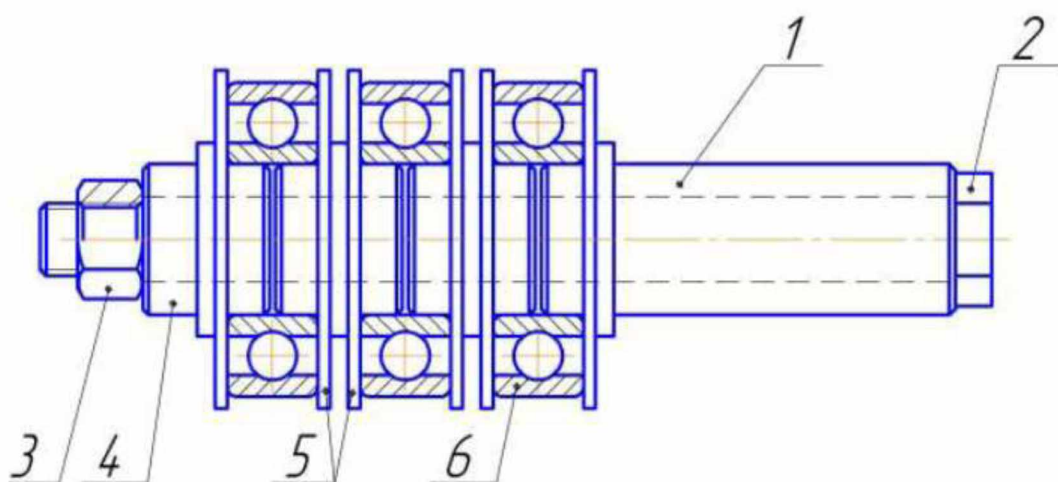
Рисунок 2.1 – Загальний вигляд установки для нанесення полімерних покриттів

Установка змонтована на базі токарного верстата 1К62 і включає в себе центруючу складальну оправку 1, ванночку для полімерного розчину 2 і стійку магнітну 3.

Ванну для полімерного розчину виготовили з листа Ст. 3, товщиною 2,0 мм. Спочатку виготовили розгортку ванночки, потім краї ванночки загнули і з'єднали між собою газовим зварюванням.

Стійка магнітна МВ-В призначена для кріплення ванночки і її переміщення по висоті при зануренні підшипників кочення в полімерний розчин. Кріпиться стійка магнітом до основи супорта токарно-гвинторізного верстата 1К62.

Центруюча складальна оправка служить для центрування і складання підшипників (рис. 2.2).



1 - вал; 2 - болт стяжний; 3 - гайка підтискна; 4 – центруючий валик; 5 - шайба притискна; 6 - підшипник

Рисунок 2.2 - Центруюча складальна оправка

У зібраному вигляді вона вставляється в патрон токарного верстата, який обертає її при нанесенні полімерного покриття. Оправка складається з порожнього валу 1 хвостовик, якого кріпиться в патроні токарного верстата, болта стяжного 2, який вставляється в отвори валу, підтискної гайки 3, стягуючої три центруючих валика 4 на валу. Права та ліва крайні ступені центруючого валу входять по перехідній посадці у внутрішні кільця суміжних підшипників на половину ширини посадочного місця, забезпечуючи тим самим центрування підшипників.

Спочатку кріпили ванночку в магнітній стійці на необхідній висоті (висота повинна забезпечувати занурення підшипників в полімерний розчин на глибину 2 мм).

Центруючу складальну оправку з трьома підшипниками вставляли в патрон токарного верстата і включали обертання із заданою швидкістю. Потім наливали в ванночку до позначки рівня розчин еластомеру необхідної в'язкості.

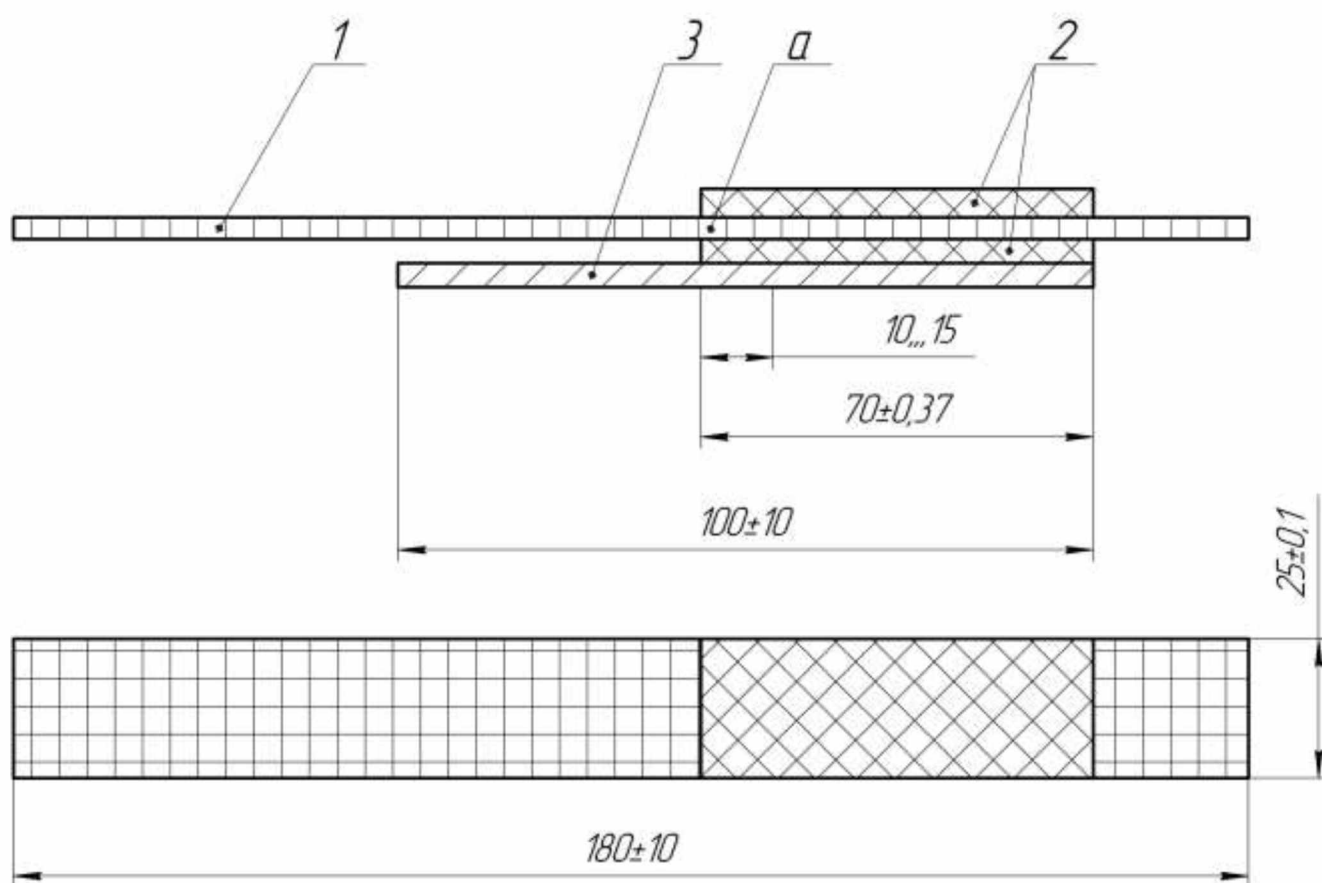
Для експерименту використовували розчини еластомеру Ф-40С різної в'язкості: 3157; 329 і 160 мм²/с. Кількість обертів підшипників у ванні з полімерним розчином становило $N_{об} = 1; 2; 3; 4; 5$ і 6. Через задану кількість обертів підшипників у ванні з полімерним розчином, ванночку опускали і продовжували обертання протягом 10 хв при температурі 23°C.

Далі обертання шпинделя припиняли, центруючу складальну оправку з підшипниками виймали з патрона і розбирали. Підшипники з полімерним покриттям витримували протягом 24 год при температурі 23°C, після чого вимірювали важільною скобою СР-100 (ГОСТ 11098-75) з ціною поділки 0,002 мм діаметр, розраховували товщину полімерного покриття і її середнє значення.

2.4 Методика дослідження властивостей полімерних покриттів

Для оцінки адгезії полімерних покриттів з розчину еластомеру Ф-40С досліджували міцність зв'язку полімерного покриття з металевою підкладкою при його відшаруванні [104]. Металевою підкладкою були пластини розміром 100x25x3 мм. Матеріал пластин - сталь 45, шорсткість поверхні $R_a = 0,63$.

На підкладку пошарово пензлем наносили покриття з розчину еластомеру Ф-40С. Потім на нього поклали металеву сітку №07 (ГОСТ 3826-82) і на сітку пошарово наносили покриття з розчину еластомеру Ф-40С (рисунок 3.13).



1 - сітка металева; 2 - полімер; 3 - підріз полімерного покриття [59]

Рисунок 2.3 - Зразок для дослідження адгезії покриттів з розчину еластомеру

Для експерименту використовували розчини еластомеру Ф-40С різної в'язкості. Розрахункова довжина з'єднання сітки з пластиною становила 70 мм. Термічну обробку зразків при температурі $T = 180^{\circ}\text{C}$ протягом $t = 3$ год проводили в сушильній шафі СНОЛ-3.5, яка оснащений електронним терморегулятором (рис. 2.4). Після термічної обробки зразки піддали кондиціонуванню при стандартній атмосфері 23°C протягом 16 год.



Рисунок 2.4 - Сушильна шафа і підшипники з полімерним покриттям після термічної обробки

Зусилля відшаровування полімерного покриття від металевої підкладки визначали на розривній машині УМД-10 (рис. 2.5). Повторність в дослідах п'ятиразова. Результатом прийнято середнє значення випробувань зразків в досліді.



Рисунок 2.5 – Загальний вигляд розривної машини УМД-10

В ході досліджень обробку покриттів з еластомеру Ф-40С вели різцем ВК-8 з оптимальним значенням переднього кута $\gamma = 15^\circ$, заднього кута $\alpha = 25^\circ$; головного кута в плані $\varphi = 45^\circ$; допоміжного кута $\varphi_1 = 15^\circ$; радіуса при вершині різця $r = 0,5\text{мм}$. Глибина різання становила $t = 0,2\text{ мм}$, подача $S = 0,02; 0,05 \text{ і } 0,08\text{ мм/об}$, частота обертання шпинделя токарного верстата 1К62 $n = 1000; 1500 \text{ і } 2000\text{ хв}^{-1}$.

Ресурс посадок підшипників в корпусних деталях, відновлених еластомером Ф-40С, досліджували на стенді, який призначений для динамічного навантаження підшипникових вузлів. Циклічне навантаження на підшипникові вузли створює електромеханічний вібратор, який за конструкцією є асинхронний короткозамкнений електродвигун. Коливання з навантаженням створюють дебаланси, встановлені на передній і задній ступенях валу вібратора.

3. РЕЗУЛЬТАТИ ТЕОРЕТИЧНИХ І ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1 Модель формування покриття зануренням з розчину еластомеру на обертовому зовнішньому кільці підшипника

Розглянемо основні етапи формування полімерного покриття на зовнішній поверхні підшипника кочення (рис. 3.1).

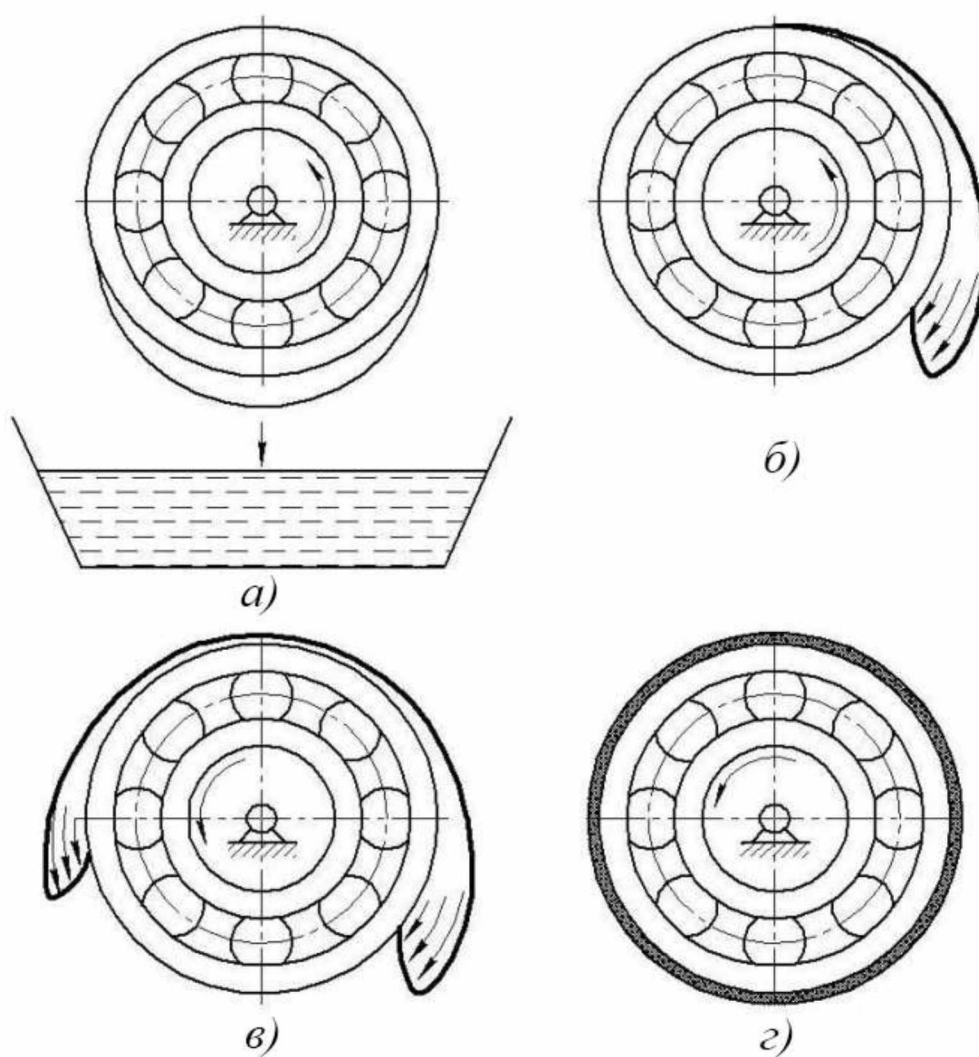


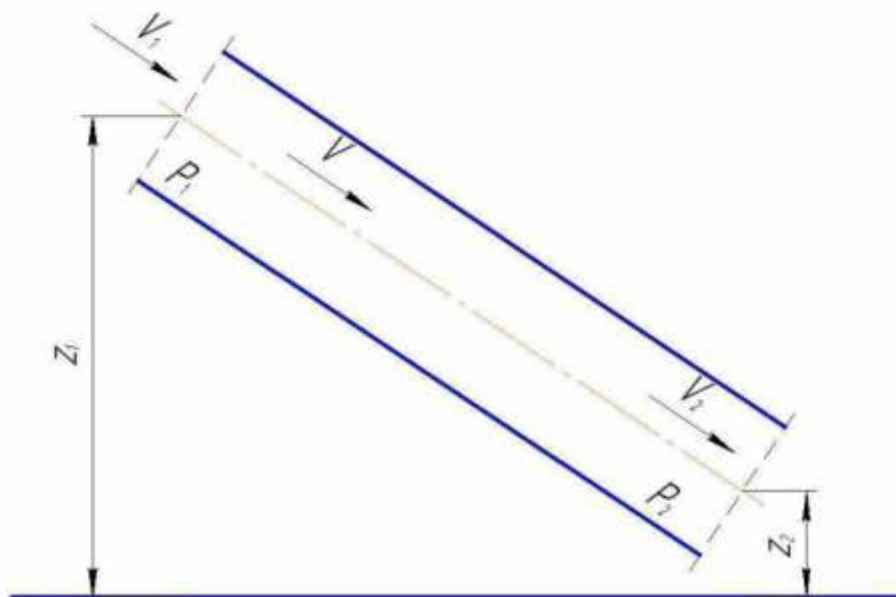
Рисунок 3.1 - Розподіл рідкого полімерного шару по поверхні зовнішнього кільця при обертанні підшипника [82]

Спочатку підшипник занурюють у ванну з розчином полімеру на глибину в кілька мм. Підшипнику надають три - чотири оберти, після чого ванну опускають (рисунок 3.1, а). Внаслідок контакту, на зовнішньому кільці підшипника утворюється шар рідини (розчину полімерного матеріалу) певної товщини [92].

Під дією сили тяжіння в нижній частині підшипника утворюється наріст рідини. Завдяки обертанню відбувається його перерозподіл по поверхні з четвертого в перший квадрант (рисунок 3.1, б), потім в другий, і далі в третій квадранти (рисунок 3.1, в). При обертанні з оптимальною швидкістю через кілька обертів на зовнішньому кільці формується покриття рівної товщини.

Виходячи з геометричних розмірів підшипника, реологічних властивостей розчину полімерного матеріалу, необхідно визначимо гідравлічні характеристики трубопроводу прямокутного перетину по якому тече рідина і формується шар рівномірної товщини.

Розглянемо розміщення підшипника відносно площини порівняння. Підшипник закріплений за допомогою оснастки в патроні токарного верстата. Вісь підшипника збігається з віссю шпинделя. Відстань від верхньої точки поверхні зовнішнього кільця до площини порівняння являє собою геометричний напір Z_1 в перерізі 1-1. Відстань від нижньої точки поверхні зовнішнього кільця до площини порівняння являє собою геометричний напір Z_2 в перерізі 2-2. Уявімо поверхню зовнішнього кільця підшипника по якому тече потік рідини як трубопровід прямокутного перетину з малим радіусом кривизни по довжині (рис. 3.2).



Z - геометричний напір в перетинах 1-1 і 2-2; P_1, P_2 - тиск в перетинах 1-1 і 2-2; V_1, V_2 - середня швидкість потоку в перетинах 1-1 і 2-2

Рисунок 3.2 - Трубопровід прямокутного перетину малої кривизни по довжині

Запишемо рівняння Бернуллі для потоку реальної рідини [93]

$$Z_1 + \frac{P_1}{\gamma} + \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} = Z_2 + \frac{P_2}{\gamma} + \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} + h_{w1-2}, \quad (3.1)$$

де Z_1, Z_2 - геометричний напір в перетинах 1-1 і 2-2; $\frac{P_1}{\gamma}, \frac{P_2}{\gamma}$ - п'єзометричний тиск в перетинах 1-1 і 2-2; $\frac{\alpha_1 V_1^2}{2g}, \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g}$ - швидкісний напір в перетинах 1-1 і 2-2; h_{w1-2} - загальні втрати напору; P_1, P_2 - тиск в перетинах 1-1 і 2-2; α_1, α_2 - коефіцієнти кінетичної енергії, що враховують фактичну швидкість потоку в перетинах 1-1 і 2-2; γ - питома вага рідини; g - прискорення вільного падіння.

Рідина рухається по руслу (зовнішній поверхні підшипника) самопливом, тому виконується умова

$$P_1 = P_2 = P_{атм}, \quad (3.2)$$

де $P_{атм}$ - атмосферний тиск.

Запишемо рівняння нерозривності потоку рідини [94]

$$\frac{Q_1}{Q_2} = \frac{W_2}{W_1}. \quad (3.3)$$

де W_1, W_2 - живий перетин потоку в перетинах 1-1 і 2-2.

Виходячи з умови рівної товщини покриття, маємо рівність

$$h_1 = h_2 = \dots h_n,$$

де h_1, h_2, h_n - товщина полімерного покриття в перетинах 1-1, 2-2, ... n-n.

Відповідно має місце рівність $W_1 = W_2$. Тоді відповідно до рівняння (3.3) отримаємо рівність

$$Q_1 = Q_2. \quad (3.4)$$

З урахуванням рівності (3.2) і (3.4), формула (3.1) набуде вигляду

$$Z_1 = Z_2 = h_{w1-2}. \quad (3.5)$$

Як впливає з формули (3.5) загальні втрати напору рівні різниці геометричних напорів Z_1 і Z_2 .

Визначимо перепад тисків P_f (втрати тиску на тертя - різниця тисків, яка витрачається на подолання опору тертя при русі рідини від перетину 1-1 до перетину 2-2)

$$P_f = h_{w1-2} \cdot \rho \cdot g. \quad (3.6)$$

де ρ - щільність рідини.

Перетворимо схему ламінарної течії потоку в зазорі між двома паралельними плоскими стінками [93] до нашого випадку. Виконаємо переріз подумки зовнішнього кільця підшипника по вертикалі і представимо праву половину як брус малої кривизни. Зовнішня поверхня бруса є дном, а обмежувальні шайби з обох сторін бічними стінками русла, тобто остання є прямокутним трубопроводом перетином $h \times B$ - (h - висота, B - ширина трубопроводу, що дорівнює ширині кільця підшипника).

Початок координат розмістимо на поверхні зовнішнього кільця підшипника, яка контактує з потоком рідини (розчином полімерного матеріалу).

Розглянемо два нормальних поперечних перетину потоку 1-1 і 2-2, розміщених на відстані l (рис. 3.3).

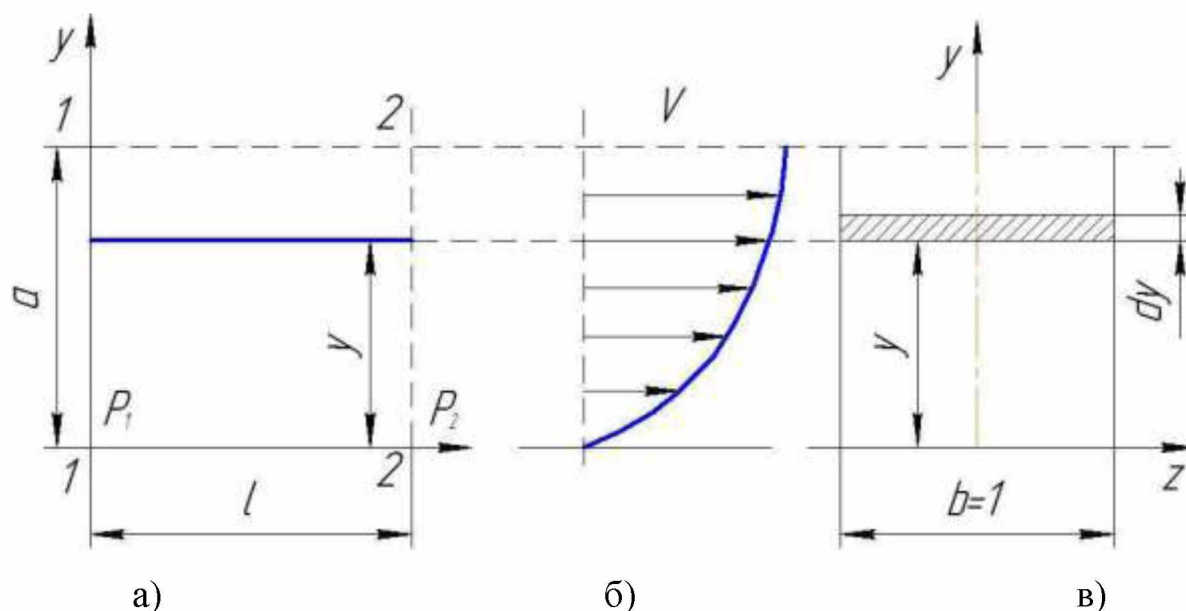


Рисунок 3.3 - Схема для розгляду ламінарної течії рідини на поверхні зовнішнього кільця підшипника під дією перепаду тиску

Ширину потоку приймемо рівною одиниці. Обсяг рідини між перетинами 1-1 і 2-2 буде мати форму прямокутного паралелепіпеда розмірами $l \times y \times 1$.

Умова рівномірного руху виділеного (розглянутого) обсягу потоку уздовж осі O_x матиме вигляд

$$yP_f = \mu \left(\frac{d\vartheta}{dy} \right) l. \quad (3.7)$$

де μ - динамічний коефіцієнт в'язкості рідини, Па·с; $\frac{d\vartheta}{dy}$ - градієнт швидкості, y - нормаль до поверхні потоку, м; l - відстань між перетинами 1-1 і 2-2.

Відповідно до (3.7) збільшення швидкості $d\vartheta$ з приростом координати dy матиме вигляд

$$d\vartheta = \frac{P_f}{\mu l} y dy. \quad (3.8)$$

Проінтегрувавши вираз (2.8) отримаємо

$$\vartheta = \frac{P_f}{2\mu l} y^2 + C. \quad (3.9)$$

При $y = 0$, $\vartheta = 0$, тоді $C = 0$.

В кінцевому результаті отримаємо

$$\vartheta = \frac{P_f}{2\mu l} y^2. \quad (3.10)$$

Визначимо витрату q , що припадає на одиницю ширини потоку

$$dq = \vartheta dS = \frac{P_f}{2\mu l} y^2 dS. \quad (3.11)$$

Проінтегрувавши вираз (3.11) отримаємо

$$q = \frac{P_f}{2\mu l} \int_0^a y^2 dS = \frac{P_f}{2\mu l} \left(\frac{y^3}{3} \right) = \frac{P_f a^3}{6\mu l}. \quad (3.12)$$

Виразимо втрату тиску на тертя через повну витрату $Q = qb$ в зазорі шириною $b \neq 1$

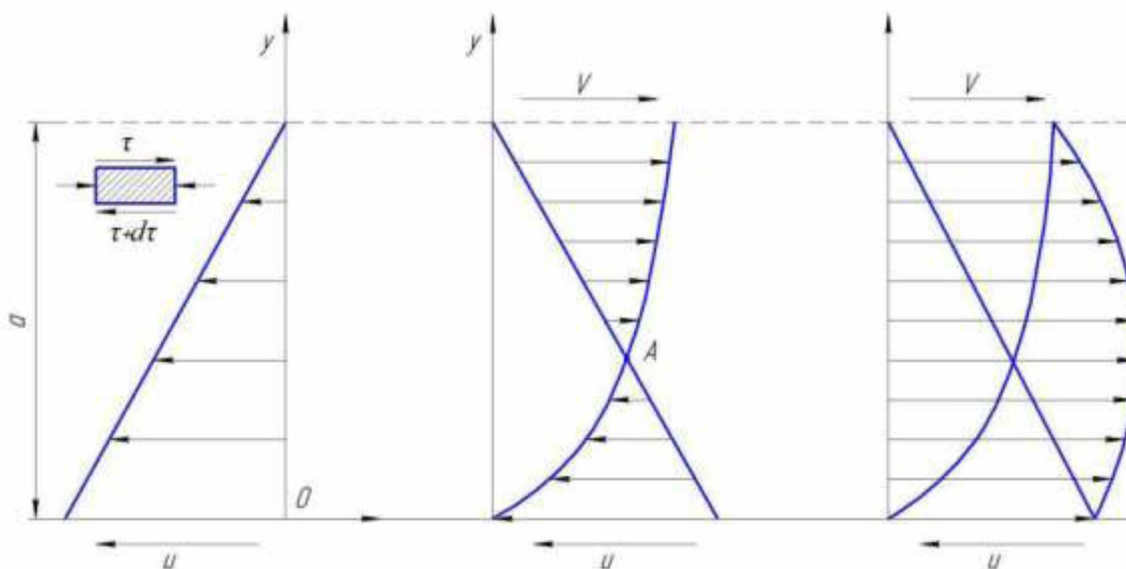
$$P_f = \frac{6\mu l Q}{a^3 b}. \quad (3.13)$$

При обертанні зовнішнього кільця підшипника його поверхню захоплює за собою рідину, при цьому виникає фрикційний безнапірний рух. Виділимо в цьому потоці елемент і розглянемо умови рівноваги (рис. 3.4).

Так як тиску P , прикладений до лівої і правої гранях елемента однаковий, то для рівноваги сил необхідно, щоб дотичні напруження на нижній і верхній гранях були однакові, тобто $\tau = \text{const}$

$$\tau = -\mu \frac{d\vartheta}{dy} = C. \quad (3.14)$$

Знак «-» тому, що при $dy > 0, d\vartheta < 0$.



а) під час руху русла; б) при зустрічному русі русла і потоку рідини; в) при русі русла і потоку рідини в одному напрямку

Рисунок 3.4 - Профілі швидкостей в потоці

Проінтегрувавши формулу (3.14) отримали

$$\vartheta = -\left(\frac{c}{\mu}\right)y + C_1. \quad (3.15)$$

Визначимо c і C_1 , виходячи з умов на кордонах потоку:

при $y = 0, \vartheta = u, C_1 = u$; при $y = a, \vartheta = 0, c = \frac{\mu u}{a}$.

Підставивши c і C_1 в формулу (3.15) отримали

$$\vartheta = -\frac{\mu u}{a} \frac{y}{\mu} + u = u - \frac{uy}{a} = u \left(1 - \frac{y}{a}\right). \quad (3.16)$$

Витрата рідини q , що припадає на одиницю ширини зазору визначили по середній швидкості

$$dq = \vartheta dS = u \left(1 - \frac{y}{a}\right) dy. \quad (3.17)$$

Після перетворень формули (2.17) отримали

$$q = u \int_0^a \left(1 - \frac{y}{a}\right) dy = u \left(1 - \int_0^a dy - \int_0^a \frac{y}{f} dy\right) = u \left[y - \frac{1}{a} \left(\frac{y^2}{2}\right)\right] = \frac{ua}{2}. \quad (3.18)$$

З урахуванням перепаду тиску в рідині закон розподілу швидкостей, залежно від напрямку руху (обертання) русла (зовнішнього кільця підшипника), буде мати вигляд [95]

$$g = g_z \pm g_u = \frac{P_f}{2\mu l} y^2 \pm u \left(1 - \frac{y}{a} \right). \quad (3.19)$$

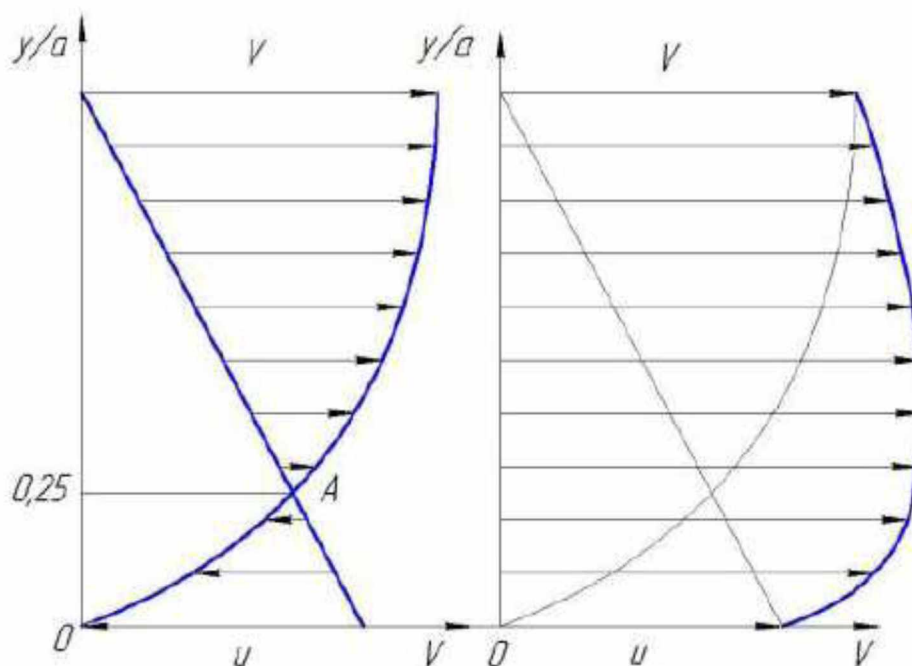
де g_z і g_u - швидкості шарів рідини за рахунок геометричного напору і фрикційного безнапірного руху.

Знак «+» при збігу напрямку потоку рідини з напрямком руху русла (зовнішнього кільця підшипника). Знак «-» при протилежних напрямках потоку рідини і руху русла (зовнішнього кільця підшипника).

Слід зазначити, що формування полімерного покриття здійснюється в першому і четвертому квадрантах, тобто на ділянках де має місце зустрічний рух потоку рідини і русла.

Проаналізуємо профіль швидкостей при зустрічному русі потоку рідини і русла (рис.3.5, б). У точці А швидкість потоку дорівнює 0. Нижче точки А шар рідини рухається в напрямку руху русла за рахунок фрикційного безнапірного руху. Вище точки А, шар рідини рухається в напрямку руху потоку за рахунок перепаду тиску P_f . Шар розчину полімерного матеріалу на рівні т. А має найкращі умови для полімеризації.

Профіль швидкості відрізняється відносною рівномірністю і максимальна швидкість потоку відносно невелика.



а) при зустрічному русі русла і потоку рідини; б) при русі русла і потоку рідини в одному напрямку

Рисунок 3.5 - Профілі швидкостей в потоці при відношенні $\frac{y}{a}$

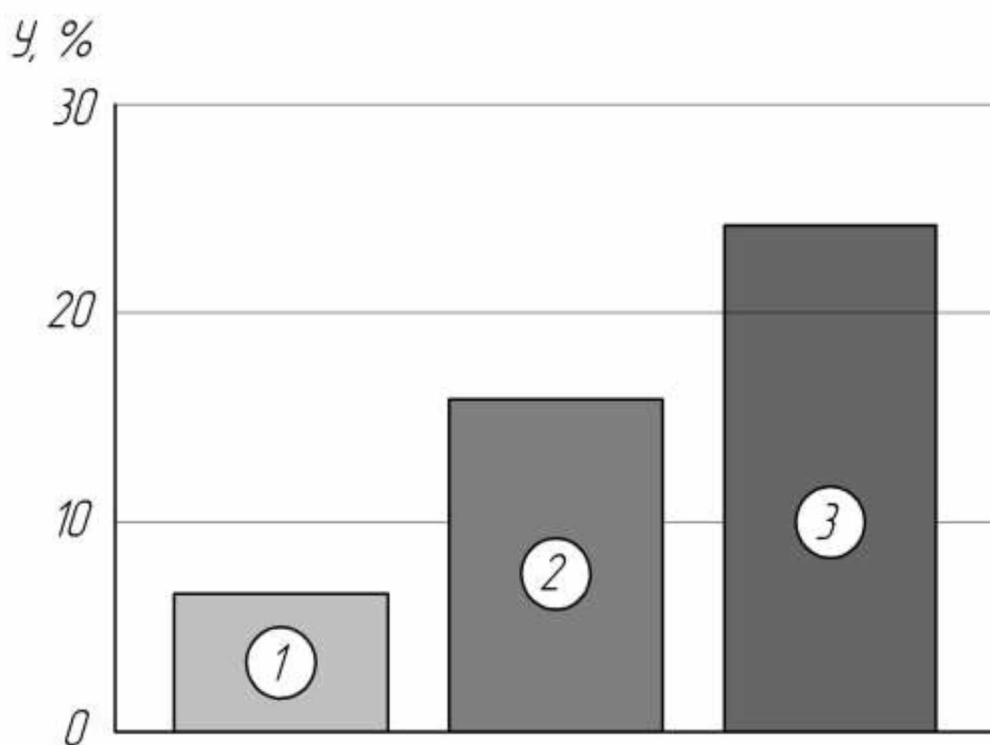
При зменшенні висоти потоку до $\frac{y}{a}=0,75$ над т. А буде рух шару рідини товщиною близько 0,17 від висоти a . Умови для полімеризації шару можна вважати сприятливими, тому що т. А знаходиться в приповерхневих шарах потоку, що забезпечить інтенсивне випаровування розчинника і, відповідно полімеризацію еластомеру. Імовірність стікання розчину в поверхні підшипника в третьому квадранті виключена, тому що швидкість для цього профілю має співвідношення $u=3,81g$, тобто швидкість руху русла в 3,81 раз повинна перевищувати швидкість g . Перетин потоку, при цьому, матиме мінімальний розмір.

3.2 Дослідження усадки полімерного покриття

Усадка полімерного матеріалу має істотну роль у формуванні розмірів полімерного покриття після затвердінні. Тому на початковому етапі досліджень

вивчали усадку полімерних покриттів, нанесених з розчинів еластомеру різної в'язкості, результати чого представлені на рисунку 3.6.

Як видно з рисунка 3.6 мінімальну усадку $U = 7\%$ має покриття, нанесене з розчину еластомеру Ф-40С в'язкістю $\nu = 3157 \text{ мм}^2/\text{с}$. Зі зменшенням в'язкості до $329 \text{ мм}^2/\text{с}$ усадка полімерного покриття після затвердіння збільшується в 2,14 рази і становить $U = 15\%$. Максимальне значення усадки $U = 24\%$ має полімерне покриття, нанесене з розчину еластомеру Ф-40С в'язкістю $\nu = 160 \text{ мм}^2/\text{с}$. Це в 1,6 і 3,43 рази більше в порівнянні з усадкою полімерних покриттів, нанесених з розчину еластомеру Ф-40С в'язкістю $\nu = 329$ і $3157 \text{ мм}^2/\text{с}$, відповідно.



1 - при в'язкості $\nu = 3157$; 2 - при в'язкості $\nu = 329$; при в'язкості $\nu = 16 \text{ мм}^2/\text{с}$

Рисунок 3.6 - Усадка U полімерних покриттів, нанесених з розчинів еластомеру Ф-40С різної в'язкості

В'язкість розчину еластомеру Ф-40С визначається концентрацією ацетону. При максимальній в'язкості розчину еластомеру Ф-40С $\nu = 3157 \text{ мм}^2/\text{с}$ в розчині

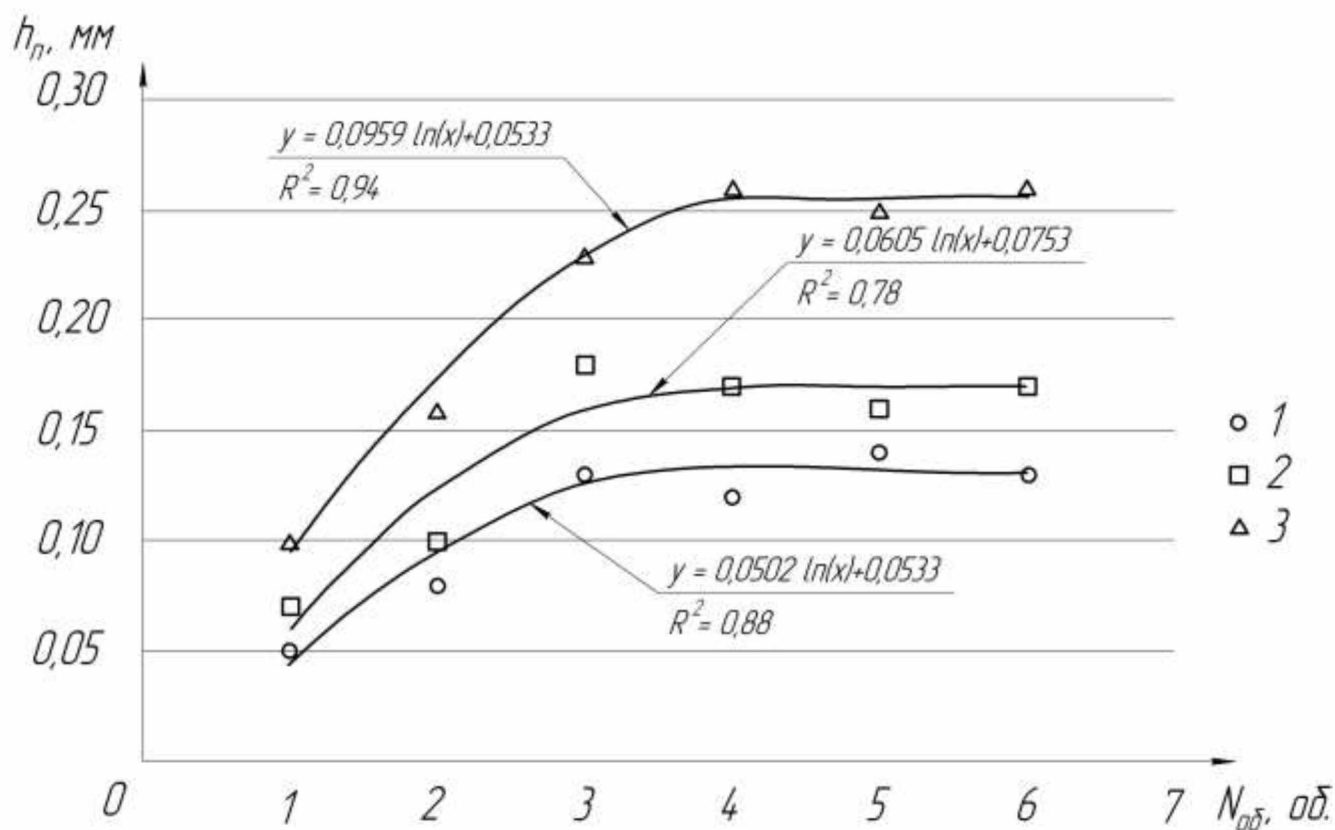
міститься мінімальна кількість ацетону, яке повинно випаруватися. Тому усадка полімерного матеріалу після затвердіння має мінімальне значення. Відповідно в розчині еластомеру Ф-40С в'язкістю $\nu = 160 \text{ мм}^2/\text{с}$ концентрація ацетону максимальна і тому його полімерне покриття після затвердіння має найбільше значення усадки. Таким чином, зі зменшенням в'язкості розчину еластомеру Ф-40С усадка полімерного покриття після затвердіння збільшується до 3,43 рази, що пояснюється великою кількістю випарованого ацетону з розчину.

3.3 Дослідження параметрів режиму занурення деталей в розчин еластомеру

На наступному етапі досліджень вивчимо, яким чином змінюється товщина полімерного покриття зі збільшенням кількості обертів підшипника в ванні з розчином еластомеру Ф-40С різної в'язкості.

Дослідження показали (рис.3.7), що зі збільшенням кількості обертів підшипника до $N_{об} = 3$ у ванні з полімерним розчином в'язкістю $\nu = 160 \text{ мм}^2/\text{с}$ товщина полімерного покриття $h_{п}$ зростає. При $N_{об} = 1$ товщина полімерного покриття складає $h_{п} = 0,05 \text{ мм}$. Після двох обертів підшипника товщина полімерного покриття збільшується в 1,6 рази і становить $h_{п} = 0,08 \text{ мм}$. При $N_{об} = 3$ товщина полімерного покриття складає $h_{п} = 0,13 \text{ мм}$. Це в 1,63 і 2,6 рази більше в порівнянні з товщиною полімерного покриття, отриманих при $N_{об} = 2$ і 1, відповідно.

При кількості обертів підшипника більше трьох товщина полімерного покриття стабілізується. Тому в ванні з полімерним розчином в'язкістю $\nu = 160 \text{ мм}^2/\text{с}$ підшипник обертати більше трьох обертів недоцільно.



1 – при в'язкості $\nu = 160$; 2 – при в'язкості $\nu = 329$; 3 – при в'язкості $\nu = 3157 \text{ мм}^2/\text{с}$

Рисунок 3.7 – Залежність товщини полімерного покриття h_n від кількості обертів $N_{об}$ підшипника в ванні з розчином еластомеру Ф-40С різної в'язкості

Товщина полімерного покриття після занурення підшипника в розчин еластомеру Ф-40С в'язкістю $\nu = 329 \text{ мм}^2/\text{с}$ і обертання $N_{об} = 1$ склала $h_n = 0,07 \text{ мм}$. Після двох обертів підшипника товщина полімерного покриття збільшилася в 1,4 рази і склала $h_n = 0,10 \text{ мм}$. При $N_{об} = 3$ товщина полімерного покриття склала $h_n = 0,18 \text{ мм}$. Це в 1,8 і 2,57 рази більше в порівнянні з товщиною полімерного покриття, отриманих при $N_{об} = 2$ і 1, відповідно. При кількості обертів підшипника більше трьох товщина полімерного покриття стабілізувала свої значення. Тому в ванні з полімерним розчином в'язкістю $\nu = 329 \text{ мм}^2/\text{с}$ підшипник слід обертати протягом трьох обертів.

Аналогічна залежність спостерігається при обертанні підшипника в ванні з розчином еластомеру Ф-40С в'язкістю $\nu = 3157 \text{ мм}^2/\text{с}$. При $N_{об} = 1$ товщина

полімерного покриття складає $h_{\text{п}} = 0,10$ мм. Після двох обертів підшипника товщина полімерного покриття збільшується в 1,6 рази і становить $h_{\text{п}} = 0,16$ мм. При $N_{\text{об}} = 3$ товщина полімерного покриття складає $h_{\text{п}} = 0,23$ мм. Це в 1,43 і 2,3 рази більше в порівнянні з товщиною полімерного покриття, отриманих при $N_{\text{об}} = 2$ і 1, відповідно. Товщина полімерного покриття стабілізує свої значення ($h_{\text{п}} = 0,26$ мм) при кількості обертів підшипника в ванні більше чотирьох. Тому в ванні з полімерним розчином в'язкістю $\nu = 3157$ мм²/с підшипник обертати більше чотирьох обертів недоцільно.

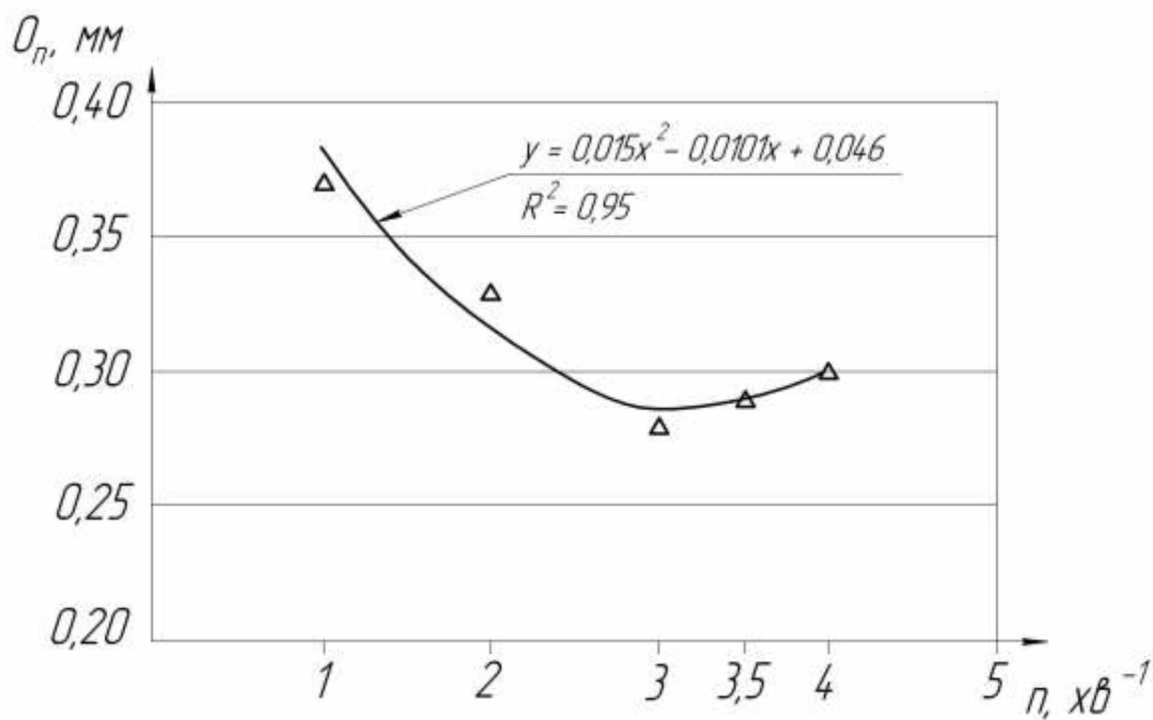
Таким чином, рекомендована кількість обертів підшипника в ванні з розчином еластомеру Ф-40С $n = 3 \dots 4$ оберти, так як при цьому товщина полімерного покриття стабілізує свої значення.

3.4 Дослідження параметрів та властивостей полімерних покриттів

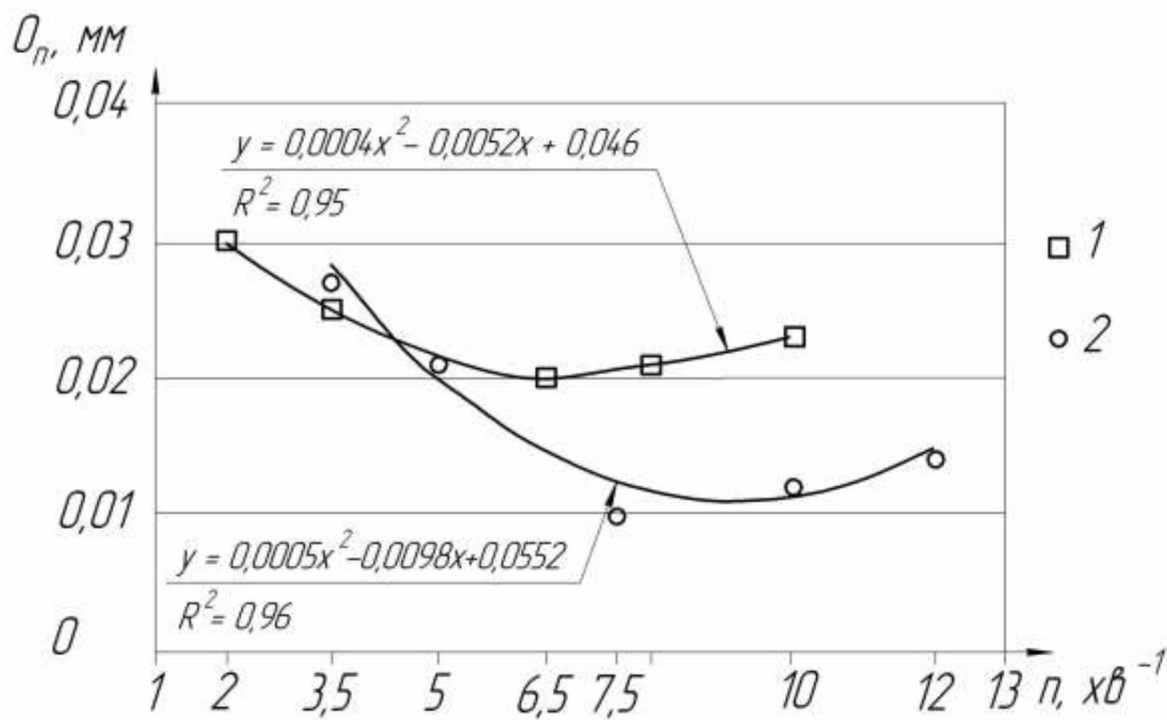
Дослідження залежності овалоподібності і конусоподібності покриття від швидкості обертання підшипника представлені на рисунках 3.8 і 3.9.

На рисунку 3.8, а) показано зміна овалоподібності, а на рисунку 3.9, а) конусоподібності $K_{\text{п}}$ покриття, нанесеного з розчину еластомеру Ф-40С в'язкістю 3157 мм²/с, при збільшенні частоти обертання підшипника n при частоті обертання $n = 1 \text{ хв}^{-1}$, як згадувалося раніше, мають місце значні підтікання полімерного розчину в першому і четвертому квадрантах колу зовнішнього кільця підшипника. Тому покриття відрізняється значною нерівномірністю по товщині і довжині. Овалоподібність і конусоподібність покриття мають максимальні значення і становлять: $O_{\text{п}} = 0,037$ мм, $K_{\text{п}} = 0,019$ мм.

При частоті обертання $n = 2 \text{ хв}^{-1}$ мають місце незначні підтікання полімерного розчину в четвертому квадранті кола підшипника. Нерівномірність покриття по товщині і довжині менше, овалоподібність покриття знизилася в 1,12 рази, конусоподібність 1,19 рази і становили: $O_{\text{п}} = 0,033$ мм, $K_{\text{п}} = 0,016$ мм.



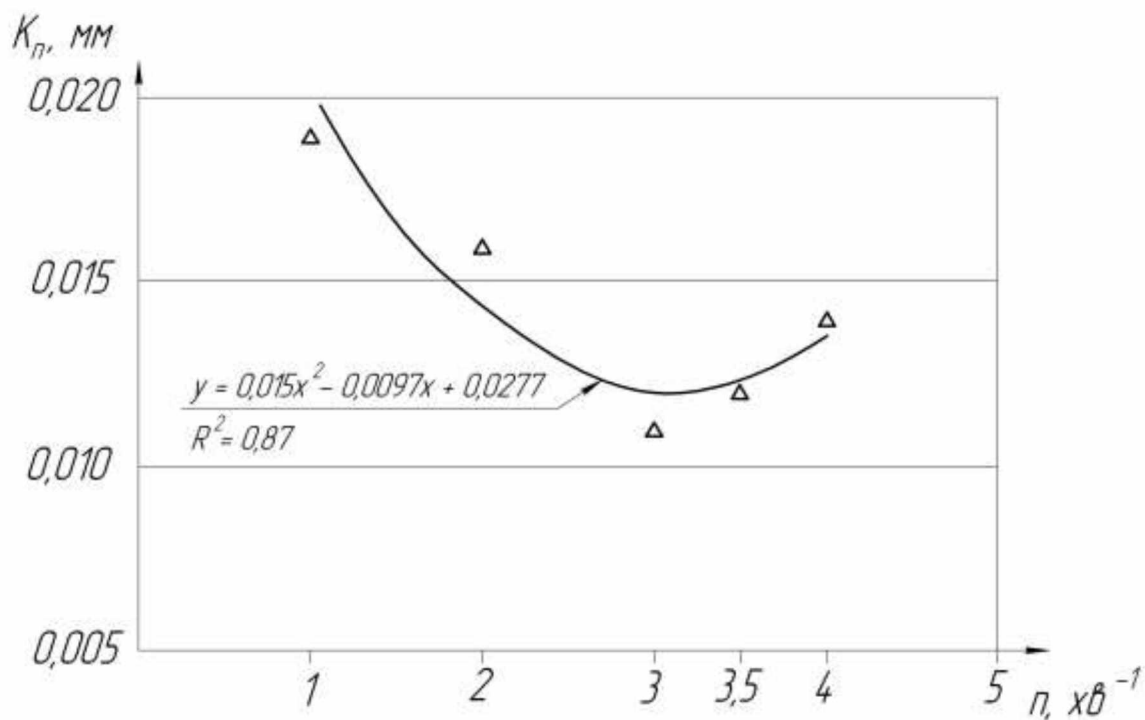
а)



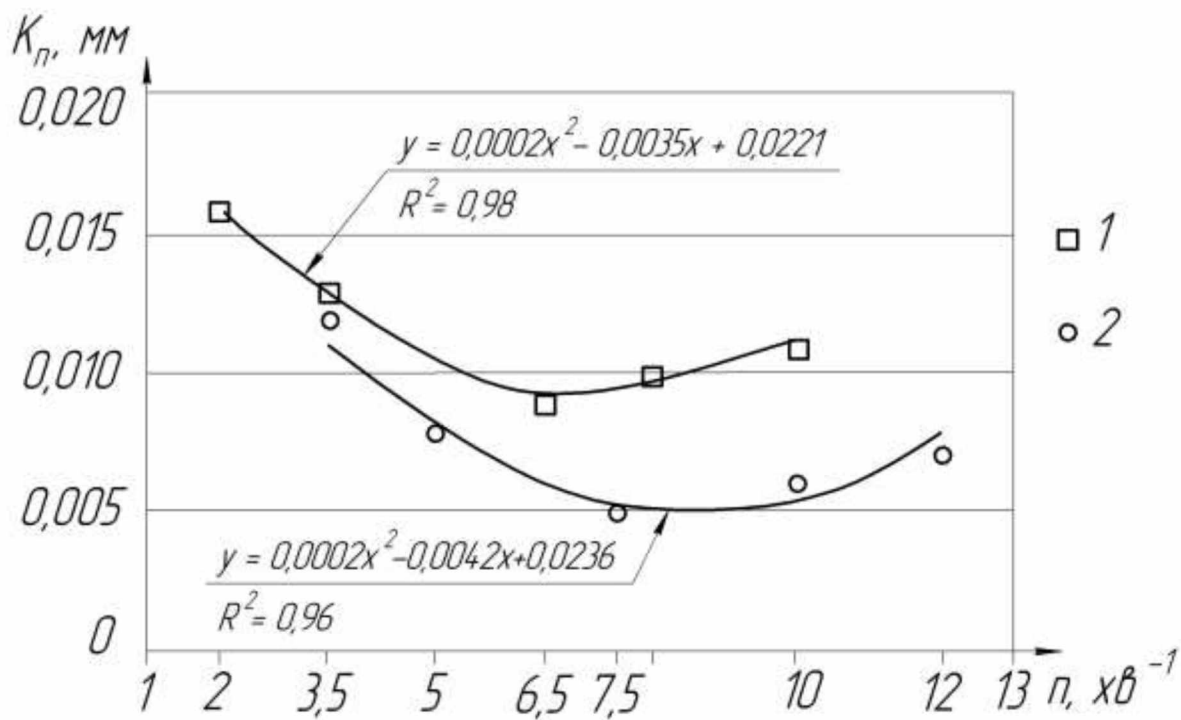
б)

а) при в'язкості $\nu = 3157 \text{ mm}^2/\text{s}$; б) 1 - при в'язкості $\nu = 329 \text{ mm}^2/\text{s}$; 2 - при в'язкості $\nu = 160 \text{ mm}^2/\text{s}$

Рисунок 3.8 - Залежність овалоподібності покриття O_n від швидкості обертання підшипника n



а)



б)

а) при в'язкості $\nu = 3157 \text{ мм}^2/\text{с}$; б) 1 - при в'язкості $\nu = 329 \text{ мм}^2/\text{с}$; 2 - при в'язкості $\nu = 160 \text{ мм}^2/\text{с}$

Рисунок 3.9 - Залежність конусоподібності покриття K_n від швидкості обертання підшипника n

При оптимальній частоті обертання підшипника $n = 3 \text{ хв}^{-1}$ підтікання полімерного розчину відсутні і овалоподібність має мінімальне значення $O_{\Pi} = 0,028 \text{ мм}$, що в 1,18 і 1,32 рази менше овалоподібності покриттів, нанесених при $n = 2$ і 1 хв^{-1} , відповідно. Конусоподібність також має мінімальне значення $K_{\Pi} = 0,011 \text{ мм}$, що в 1,45 і 1,73 рази менше конусоподібності покриттів, нанесених при $n = 2$ і 1 хв^{-1} , відповідно.

Зі збільшенням частоти обертання підшипника до $n = 3,5$ і $4,0 \text{ хв}^{-1}$ умови рівномірного розподілу полімерного розчину по поверхні підшипника погіршуються. Швидкість безнапірного руху нижніх шарів потоку полімерного розчину перевищує швидкість верхніх шарів рухомих в протилежному напрямку під дією геометричного напору. З цієї причини овалоподібність покриття збільшилася до $O_{\Pi} = 0,029$ і $0,030 \text{ мм}$, а конусоподібність до $K_{\Pi} = 0,012$ і $0,014 \text{ мм}$ при частоті обертання підшипника $n = 3,5$ і $4,0 \text{ хв}^{-1}$ відповідно.

Тому для забезпечення рівномірної товщини полімерного покриття з розчину еластомеру Ф-40С в'язкістю $3157 \text{ мм}^2/\text{с}$ формування покриття слід проводити при частоті обертання підшипника $n = 3 \text{ хв}^{-1}$.

Подібний характер мають залежності овальності O_{Π} і конусоподібності покриття K_{Π} , нанесеного з розчину еластомеру Ф-40С в'язкістю $329 \text{ мм}^2/\text{с}$, при збільшенні частоти обертання підшипника n .

Для забезпечення рівномірної товщини полімерного покриття з розчину еластомеру Ф-40С в'язкістю $329 \text{ мм}^2/\text{с}$ формування покриття слід проводити при частоті обертання підшипника $n = 6,5 \text{ хв}^{-1}$. Як випливає з рисунків 3.8, б і 3.9 б покриття, нанесене з розчину еластомеру Ф-40С в'язкістю $160 \text{ мм}^2/\text{с}$ має найбільш рівномірне покриття, мінімальну овалоподібність і конусоподібність. Однак і тут при недостатній частоті обертання $n = 3,5 \text{ хв}^{-1}$, як згадувалося раніше, має місце підтікання полімерного розчину з поверхні зовнішнього кільця підшипника. Овалоподібність і конусоподібність покриття мають максимальні значення: $O_{\Pi} = 0,027 \text{ мм}$, $K_{\Pi} = 0,012 \text{ мм}$.

При частоті обертання $n = 5 \text{ хв}^{-1}$ також має місце підтікання полімерного розчину. Нерівномірність покриття по товщині і довжині менше, овалоподібність

покриття знизилася в 1,3 рази, конусоподібність 1,5 рази і становлять: $O_{\Pi} = 0,21$ мм, $K_{\Pi} = 0,008$ мм.

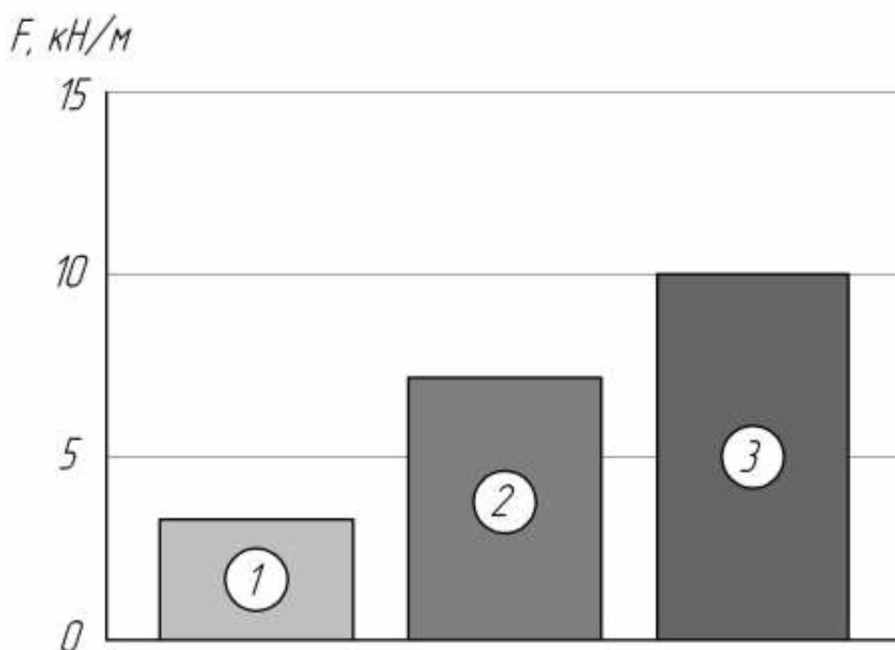
При оптимальній частоті обертання підшипника $n = 7,5$ хв⁻¹ підтікання полімерного розчину відсутні і овальність має мінімальне значення $O_{\Pi} = 0,010$ мм, що в 2,1 і 2,7 рази менше овалопоподібності покриттів, нанесених при $n = 5$ і $3,5$ хв⁻¹, відповідно. Конусоподібність також має мінімальне значення $K_{\Pi} = 0,005$ мм, що в 1,6 і 2,4 рази менше конусоподібності покриттів, нанесених при $n = 5,0$ і $3,5$ відповідно.

Для забезпечення рівномірної товщини полімерного покриття з розчину еластомеру Ф-40С в'язкістю 160 мм²/с формування покриття слід проводити при частоті обертання підшипника $n = 7,5$ хв⁻¹.

Таким чином, щоб отримати полімерне покриття достатньої товщини для відновлення посадочних отворів в корпусних деталях, слід нанести чотири шари з розчину еластомеру Ф-40С в'язкістю $\nu = 160$ мм²/с, три шари розчину еластомеру Ф-40С в'язкістю $\nu = 329$ мм²/с або два шари розчину еластомеру Ф-40С в'язкістю 3157 мм²/с.

Адгезія полімерного покриття відіграє важливе значення в забезпеченні високої довговічності відновленої посадки підшипника, так як перешкоджає відшарування покриття при експлуатаційних навантаженнях.

На рисунку 3.10 показані результати дослідження адгезії полімерних покриттів, нанесених з розчину еластомеру Ф-40С в'язкістю $\nu = 160$; 329 і 3157 мм²/с. Як впливає з малюнка мінімальну адгезію $F = 3,32$ кН/м має покриття з розчину еластомеру Ф-40С в'язкістю $\nu = 3157$ мм²/с. Покриття з розчину еластомеру Ф-40С в'язкістю $\nu = 329$ мм²/с має більш високу адгезію $F = 7,18$ кН/м, що в 2,16 рази перевищує попередній показник. Максимальну адгезію $F = 10,1$ кН/м має покриття з розчину еластомеру Ф-40С в'язкістю $\nu = 160$ мм²/с, що в 1,4 і 3,1 рази вище адгезії покриттів, нанесених з розчину еластомеру Ф-40С в'язкістю $\nu = 329$ і 3157 мм²/с.



1 – при в'язкості $\nu = 3157$; 2 – при в'язкості $\nu = 329$; при в'язкості $\nu = 160$ мм²/с

Рисунок 3.10 – Адгезійна міцність покриттів F еластомеру Ф-40С

Адгезія визначається значною мірою змочуванністю, яка істотно залежить від в'язкості полімерного матеріалу. З цієї причини найбільш високу адгезію має покриття, нанесене з розчину еластомеру Ф-40С в'язкістю $\nu = 160$ мм²/с. Тому для забезпечення високої адгезії рекомендується наносити полімерні покриття з розчину еластомеру Ф-40С в'язкістю $\nu = 160$ мм²/с.

Висновки

1. Для забезпечення рівної товщини полімерного покриття параметри безнапірного фрикційного руху слід вибрати таким чином, щоб забезпечувалося співвідношення $0,75 < \frac{y}{a} < 0,9$.

2. Щоб отримати полімерне покриття достатньої товщини для відновлення посадочних отворів в корпусних деталях, слід нанести чотири шари з розчину еластомеру Ф 40С в'язкістю $\nu = 160$ мм²/с, три шари розчину еластомеру Ф-40С в'язкістю $\nu = 329$ мм²/с або два шари розчину еластомеру Ф-40С в'язкістю 3157 мм²/с.

4. РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО РЕАЛІЗАЦІЇ РОЗРОБОК У ВИРОБНИЦТВІ

4.1. Екологічна експертиза

Екологічна експертиза в Україні - вид науково-практичної діяльності спеціально уповноважених державних органів, еколого-експертних формувань та об'єднань громадян, що ґрунтується на міжгалузевому екологічному дослідженні, аналізі та оцінці передпроектних, проектних та інших матеріалів чи об'єктів, реалізація і дія яких може негативно впливати або впливає на стан навколишнього природного середовища та здоров'я людей, і спрямована на підготовку висновків про відповідність запланованої чи здійснюваної діяльності нормам і вимогам законодавства про охорону навколишнього природного середовища, раціональне використання й відтворення природних ресурсів, забезпечення екологічної безпеки.

Метою екологічної експертизи є запобігання негативному впливу антропогенної діяльності на стан навколишнього природного середовища та здоров'я людей, а також оцінка ступеня екологічної безпеки господарської діяльності та екологічної ситуації на окремих територіях і об'єктах.

Об'єкти, суб'єкти, види екологічної експертизи висвітленні у законі України «Про екологічну експертизу» (9.02.1995р.).

Екологічна експертиза може бути державна, громадська та інша.

Державна екологічна експертиза проводиться експертними підрозділами чи спеціально створюваними комісіями спеціально уповноваженого центрального органу виконавчої влади з питань екології та природних ресурсів та його органів на місцях на основі принципів законності, наукової обґрунтованості, комплексності, незалежності, гласності та довгострокового прогнозування.

Для участі в проведенні державної екологічної експертизи можуть залучатися відповідні органи державного управління України, представники науково-дослідних, проектно- конструкторських, інших

установ та організацій, вищих навчальних закладів, громадськості, експерти міжнародних організацій.

Висновок державної екологічної експертизи після затвердження спеціально уповноваженим центральним органом виконавчої влади з питань екології та природних ресурсів є обов'язковим для виконання.

Позитивний висновок державної екологічної експертизи є підставою для відкриття фінансування всіх програм і проектів.

Реалізація програм, проектів і рішень без позитивного висновку державної екологічної експертизи забороняється.

Громадська екологічна експертиза здійснюється незалежними групами спеціалістів з ініціативи громадських об'єднань, а також місцевих органів влади за рахунок їх власних коштів або на громадських засадах.

Громадська екологічна експертиза проводиться незалежно від державної екологічної експертизи.

Висновки громадської екологічної експертизи можуть враховуватися органами, які здійснюють державну екологічну експертизу, а також органами, що заінтересовані у реалізації проектних рішень або експлуатують відповідний об'єкт.

Інші екологічні експертизи можуть здійснюватися за ініціативою заінтересованих юридичних і фізичних осіб на договірній основі із спеціалізованими еколого-експертними органами і формуваннями.

Завданням екологічної експертизи є:

а) визначення екологічної безпеки господарювання та іншої діяльності, яка може нині або в майбутньому прямо або посередньо негативно вплинути на стан навколишнього середовища;

б) встановлення відповідності передпроектних, передпланових, проектних та інших рішень вимогам законодавства про охорону навколишнього середовища;

в) оцінка повноти й обґрунтованості передбачуваних заходів щодо охорони навколишнього природного середовища та здоров'я населення, яка

здійснюється Міністерством охорони навколишнього природного середовища разом із Міністерством охорони здоров'я України.

Об'єктом даної екологічної експертизи є досліджувана технологія відновлення нерухомих підшипникових з'єднань полімерними матеріалами.

При ремонті і відновленні деталей основними факторами, що впливають на оточуюче середовище є:

- металевий пил, що утворюється при обробці деталей на токарних, шліфувальних, хонінгувальних верстатах;
- різноманітні хімічні речовини та їх розчини, що використовуються при відновленні деталей шляхом нанесення покриттів;
- шум та вібрація при роботі металообробних верстатів та ін.

Дана технологія порівняно із традиційним способом дозволяє

1) зменшити потрапляння в навколишнє середовище металевих частинок, які утворюються при відновленні іншими способами та скорочує тривалість технологічного процесу;

2) збільшити міжремонтний ресурс відновлених деталей, що сприяє зменшенню забруднення навколишнього середовища при їх відновленні.

4.2. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях

4.2.1. Актуальність проблеми безпеки людини у виробничому середовищі та при надзвичайних ситуаціях

Охорона праці в нашій країні охоплює заходи по подальшому полегшенні умов праці на основі механізації важких і шкідливих виробничих процесів, широкому впровадженню сучасних засобів охорони праці, усуненню причин, що породжують травматизм і професійні захворювання робітників. Вона тісно пов'язана з умовами праці.

Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях в умовах сільського виробництва – важливе завдання, вирішення якого забезпечить нормальні умови праці працівниками сільського господарства. Це заходи по подальшому поліпшенню і оздоровленню умов праці, широкому впровадженню сучасних засобів безпеки, усуненню причин, що породжують травматизм, створенню на виробництві необхідних гігієнічних і санітарно-побутових умов.

Кожна людина і, безперечно, людина з вищою освітою повинна усвідомлювати важливість питань уникнення ризиків у житті та праці.

Україна в освітньому плані приєдналася до Європейської програми навчання з ризиків FORM-OSE. Безпека життя та праці сьогодні формується як меганаука, без якої людство приречене на значні втрати.

Умови праці – це складне об'єктивне суспільне явище, що формується в процесі трудової діяльності під впливом взаємопов'язаних факторів соціально-економічного характеру, які впливають на здоров'я, працездатність людини, на її відношення до праці та ступінь задоволення від неї, на ефективність праці та інші економічні результати виробництва. Вони характеризуються оціночними показниками мікроклімату, наявністю в робочій зоні шкідливих та небезпечних виробничих факторів, психофізичним та естетичними елементами діяльності працівників господарства.

Охорона життя та здоров'я громадян у процесі їх трудової діяльності, створення безпечних та нешкідливих умов праці є одним з найважливіших державних завдань. Успішне вирішення цього завдання значною мірою залежить від належної підготовки фахівців усіх освітньо-кваліфікаційних рівнів з питань охорони праці.

З часу виникнення людської цивілізації кожна людина дбала про власну безпеку та безпеку своїх близьких так само, як і людству доводилось дбати про безпеку свого існування. Людська цивілізація досягає все більшої могутності, а проблема безпеки її існування стає все більш гострою. Актуальність проблеми охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях в світі значно зросла на

початку третього тисячоліття. Сьогодні ця проблема стала пріоритетною для світової цивілізації.

4.2.2. Вимоги безпеки при нанесенні полімерних покриттів

При нанесенні полімерних покриттів на робочі поверхні робітник має справу з різноманітними пристроями та обладнанням.

Основними технічними засобами охорони праці в цьому випадку є захисні пристрої.

Для запобігання захоплення, удару робочими механізмами всі види передач різних верстатів і установок, які використовуються при відновленні гільз і нанесенні покриттів повинні мати огорожувальні пристрої - кожухи, щити, екрани, козирки, планки, бар'єри (суцільні та сітчасті).

Крім того застосовують: блокувальні пристрої (механічні, електронні, електричні, пневматичні, гідравлічні), пристрої, до яких відносяться системи захисту від ураження електричним струмом, пристрої сигналізації.

Для безпеки експлуатації при нормальному режимі роботи електроустановок необхідно забезпечити захисне заземлення.

При виявленні нагріву тертьових деталей, появі гару або диму верстат потрібно негайно зупинити і приступити до гасіння пожежі наявними засобами, викликати пожежну команду. Двигун, що загорівся, або електропроводку необхідно гасити сухим піском або вогнегасником (вуглекислотним або порошковим). При значному поширенні пожежі, коли його не можна ліквідувати наявними на ділянці засобами, робітники будуть евакуюватися через заздалегідь передбачену необхідну кількість дверей.

Запропоновано пристосування для нанесення полімерних покриттів на поверхні зношених деталей. Характерною особливістю є використання різноманітних хімічних речовин.

Робота з такими речовинами створює небезпеку отруєнь, опіків та професійних захворювань. Вдихання шкідливих речовин призводить до ураження

верхніх дихальних шляхів і загальнотоксичного впливу. Попадання кислот і лугів на шкіру може викликати подразнення або опік. Тому необхідно працювати в спеціальній захисній формі.

Поряд з хімічними небезпечними і шкідливими факторами технологічний процес характеризується і фізичними факторами: шумом, вібрацією, запиленістю та ін.

Щоб захистити працюючих від запиленості, шуму і вібрації потрібно встановити в приміщенні вентиляцію, кондиționери, звукоізолюючі кожухи, екрани, стіни, перетинки, які виготовляють із щільного матеріалу.

Також для працівників повинні проводитись всі потрібні інструктажі і навчання з охорони праці, повинен бути журнал з проведення інструктажів, з відповідними замітками.

4.2.3. Аналіз формування травмонебезпечних ситуацій

Всяке порушення аналітичної цілості організму або його функцій внаслідок дії на людину, дії будь-якого небезпечного фактору визначається як травма.

Аналіз небезпечних умов, які існують чи виникають безпосередньо на виробництві показав, що їх можна поділити на групи, які:

- характеризують стан або рівень безпеки виробничого обладнання або певного робочого місця, конструктивні недоліки конкретного вузла чи машини;
- спонукають працюючого допускати помилки у процесі роботи, низька кваліфікація працюючого та рівень знань з охорони праці;
- створюють можливість проникнення працюючого у небезпечну зону в наслідок відсутності відповідного контролю за дотриманням правил з охорони праці, та інші.

Якщо внаслідок аварії технічної системи виникли травми у людей, то сам випадок травми необхідно розглянути як подію, що є наслідком аварії. Це

стосується тих систем, у яких підсистемами одночасно є машина і людина. Якщо при функціонуванні таких систем з ладу вийшла машина, раптово припинивши свої функції внаслідок руйнування окремих деталей або самої машини, і це привело до значного матеріального збитку, то таке випадкове явище необхідно назвати аварією.

Усі явища, що формують небезпечну ситуацію, мають повну достовірність виникнення, а це означає, що небезпечні умови (НУ), небезпечні дії (НД), небезпечні ситуації (НС) і наслідки таких ситуацій: аварія (А), травма (Т) і сприятлива подія належить до випадкових явищ.

Оскільки при функціонуванні людино-машинних систем такі явища як травми, аварії мають дуже близькі механізми формування та виникнення, у подальшому ці явища будуть описуватись паралельно (рис.4.1).

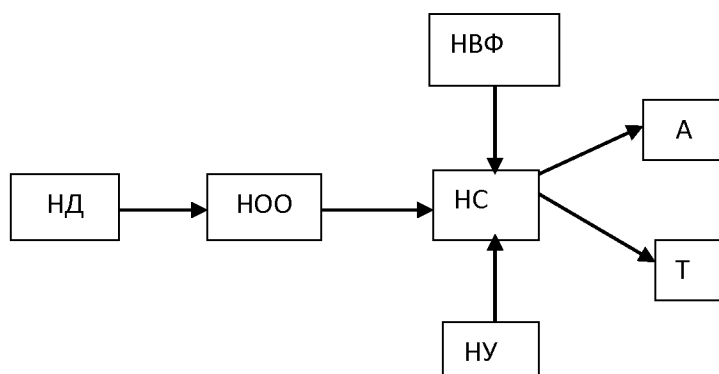


Рисунок 4.1 - Блок-схема формування та виникнення травмонебезпечних аварійних ситуацій: НВФ – небезпечний виробничий фактор; НУ – небезпечні умови; НД – небезпечні дії; НО – небезпечні обставини; НС – небезпечна ситуація; А – аварія; Т – травма.

Основні небезпеки, які виникають під час нанесення зносостійких покриттів на гільзи автотракторних двигунів приведені в табл. 4.1

Таблиця 4.1 - Аналіз процесів формування травмонебезпечних ситуацій в технологічному процесі нанесення покриттів на зношені деталі

Вид робіт, виробничий підрозділ, робоче місце, виробниче обладнання, склад агрегату	Виробнича небезпека			Можливі наслідки	Заходи запобігання небезпечним ситуаціям
	Небезпечна умова НУ	Небезпечна дія НД	Небезпечна ситуація НС		
1	2	3	4	5	6
Приготування розчину для нанесення покриття	Розбризкування, витікання розчину НУ	Працівник доторкнувся до розчину НД	Подразнення, опік хімічними речовинами НС	Травма Т	Провести інструктаж з питань охорони праці. Робота з хімічними речовинами лише у спецодягу.
Нанесення покриття на поверхню деталі	Поява на корпусі верстата електричного струму НУ-1 Робота з рухомими частинами верстата НУ-2	Працівник доторкнувся до корпусу НД-1 Працівник доторкнувся до швидко-обертової частини верстата НД-2	Ураження електричним струмом НС-1 Механічна дія рухомої частини верстата на тіло працівника НС-2	Травма Т	Регулярна перевірка стану заземлення установки та ізоляція проводів. Встановлення захисного обладнання на верстаті. Проведення інструктажу з питань охорони праці

4.2.4. Аналіз формування умов виникнення і розвитку аварій

Ступенева логіко-імітаційна модель виникнення нещасного випадку наведена на рис. 4.2.

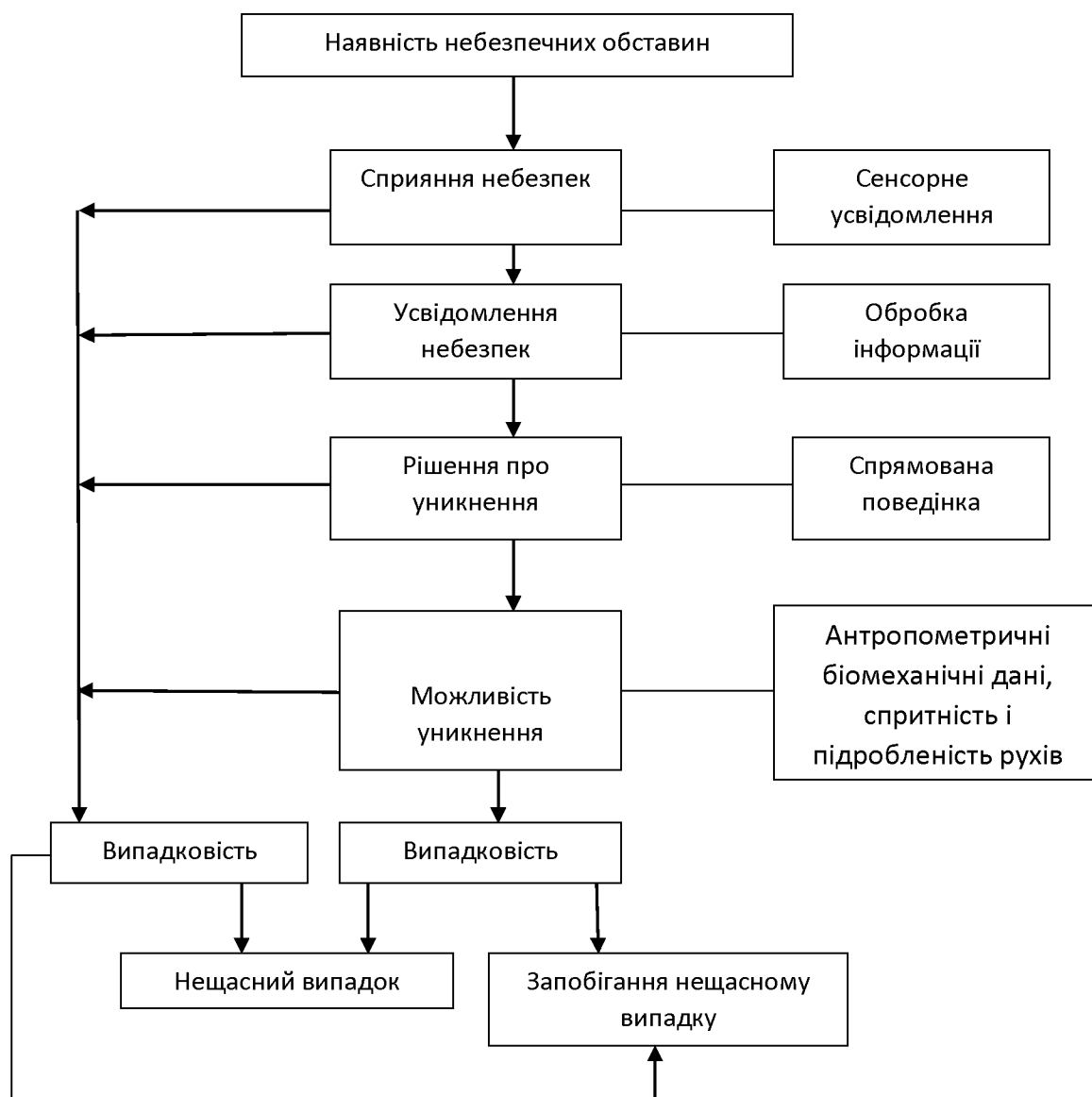


Рисунок 4.2 - Ступенева логіко-імітаційна модель виникнення нещасного випадку

Схема постадійного аналізу умов виникнення і розвитку аварій наведена в табл. 4.2.

Таблиця 4.2 - Схема постадійного аналізу умов виникнення і розвитку аварій

Найменування стадії розвитку аварійної ситуації (аварії)	Основні принципи аналізу умов виникнення (переходу на іншу стадію) аварійної ситуації (аварії та її наслідків)	Способи і засоби попередження, локалізації аварії
Виникнення пожежі	Оцінка й аналіз: можливих масштабів пожежі (площа, кількість горючих продуктів, склад продуктів згоряння, в т. ч. неповного); наявності й ефективності засобів гасіння пожежі; вміння персоналу діяти при ліквідації осередка займання; оперативності й оснащення ДПЧ; наявності і характеристик джерел запалювання	Виключення джерел запалювання; оснащення ефективними засобами гасіння пожежі, засобами сигналізації і зв'язку; дії персоналу і спецпідрозділів щодо рятування людей, гасіння пожежі
Травмування людей	Аналіз кількісних енергетичних характеристик пожежі (енергія випромінювання) та вибуху; наявності і кількість людей в зоні можливого ураження	Рациональне планування промислового майданчика. Розміщення поза межами зони можливого впливу пожежі будівель адміністративного, побутового призначення
Знос, утомленість матеріалу апарата	Перевірка вивченості корозійних властивостей застосовуваних речовин; наявності даних щодо швидкості корозії і зносу; відповідності матеріалу устаткування (трубопроводів), захисного покриття, ущільнювальних матеріалів. Наявності умов для механічного ушкодження устаткування	Застосування обладнання підвищеної надійності, ефективного захисного покриття і захисних пристроїв
Вихід параметрів за критичні значення	Перевірка вивченості властивостей застосовуваних речовин; їх аналіз; виявлення особливо небезпечних речовин; виявлення параметрів, які визначають небезпечність технологічних процесів і їх критичні значення; оцінка достатності оснащення засобами, які виключають вихід параметрів за припустимі межі, їх ефективність, надійність	Дооснащення технологічних процесів засобами контролю, управління й протиаварійного захисту, підвищення їх надійності й ефективності; удосконалення технологічних процесів
Підвищена вібрація	Перевірка надійності й вірності кріплення апаратів, машин, трубопроводів, співосності з'єднань обертових пристроїв	Своєчасне проведення планово-запобіжних ремонтів

4.2.5. Висновки щодо підвищення стану охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуацій

У розділі охорони праці магістерської роботи представлений аналіз загальних питань охорони праці, розглянуто основні шкідливі фактори, що виникають в під час технологічного процесу та їх вплив на організм людини, запропоновано заходи для забезпечення нормальних умов праці:

- 1) для забезпечення безпеки обладнання запропоновані захисні і огорожувальні пристрої;
- 2) для виключення ураження електричним струмом необхідно застосування заземлюючих пристроїв;
- 3) для захисту від небезпечних хімічних речовин – використання спеціального захисного одягу;
- 4) для зменшення запиленості – використання вентиляції, для зменшення шуму і вібрацій – звукоізолюючі засоби;

4.3. Техніко-економічне обґрунтування розробки

Собівартість відновлення адгезивом 1 дм² посадочних місць можна визначається за формулою [32]:

$$C_n = C_{ЗП_{пов}} + C_m, \quad (4.1)$$

де $C_{ЗП_{пов}}$ – заробітна плата виробничих робітників, грн/дм²;

C_m – витрати на матеріали, які використовуються при відновленні 1 дм² посадочних місць, грн/дм².

Повну заробітну плату підраховуємо за формулою:

$$C_{ЗП_{пов}} = C_{нр} + C_d + C_{соц}, \quad (4.2)$$

де $C_{нр}$ і C_d – основна і додаткова заробітна плата виробничих працівників, грн.;

$C_{соц}$ – відрахування із заробітної плати на соціальне забезпечення, грн.

Основну заробітну плату розраховуємо за формулою:

$$C_{\text{нр}} = t_{\text{ср}} \cdot C_{\text{год}} \cdot K_{\text{д}}, \quad (4.3)$$

де $t_{\text{ср}}$ – середня продуктивність відновленні 1 дм^2 посадочних місць, грн/ дм^2 (табл. 5.3);

$C_{\text{год}}$ – годинна ставка робітників, приймаємо $C_{\text{год}}=26,5$ грн.;

$K_{\text{д}}$ – коефіцієнт доплати, приймаємо $K_{\text{д}}=1,2$.

Таблиця 5.3 - Норма часу на відновлення 1 дм^2 поверхні посадочних отворів підшипників кочення в корпусних деталях полімерними матеріалами [13]

Найменування операції	Норма часу, хв/ дм^2
1. Абразивна обробка поверхонь, що склеюються	5
2. Приготування композиції	3
3. Обезжирення поверхонь	3
4. Нанесення композиції	1
5. Складання одиниці з наступним centruванням	2
6. Зняття центруючого пристосування і контроль якості	2
Всього:	16

$$C_{\text{нр}} = 0,25 \cdot 26,5 \cdot 1,2 = 7,95 \text{ грн/дм}^2.$$

Додаткову заробітну плату розраховуємо за формулою:

$$C_{\text{д}} = \frac{(5 \dots 12) \cdot C_{\text{нр}}}{100}. \quad (4.4)$$

Отже,

$$C_{\text{д}} = \frac{10 \cdot 7,95}{100} = 0,8 \text{ грн.}$$

Нарахування в фонд соціального страхування, в фонд безробіття і в пенсійний фонд визначаємо із виразу:

$$C_{\text{соц.}} = \kappa (C_{\text{нр}} + C_{\text{д}}) / 100 , \quad (4.5)$$

де κ – сумарний коефіцієнт нарахування на соціальне страхування, в пенсійний фонд і фонд безробіття.

$$C_{\text{соц.}} = (37 (7,95 + 0,8)) / 100 = 3,2 \text{ грн.}$$

$$C_{\text{ЗГПов}} = 7,95 + 0,8 + 3,2 = 11,95 \text{ грн/дм}^2.$$

Витрати на матеріали, які використовуються при відновленні 1 дм² посадочних місць:

$$C_{\text{м.}} = H_{\text{м}} + Ц_{\text{м}}, \quad (4.6)$$

де $H_{\text{м}}$ – норма витрати матеріалів на 1 дм² посадочних місць, кг/дм²;

$Ц_{\text{м}}$ – ціна одиниці ремонтних матеріалів, грн/кг (табл. 5.4);

Таблиця 5.4 - Вартість матеріалів, що використовуються для відновлення посадочних місць підшипників кочення

Найменування матеріалу	Ціна, грн/кг	Витрата, кг/дм ²	Вартість, грн/дм ²
Полімерний матеріал	12500	0,002	25
Ацетон технічний	75	0,010	0,75
Мікротальк	70	0,0002	0,014
Бронзовий порошок	800	0,00002	0,016
Всього	-	-	25,78

Собівартість відновлення 1 дм² посадочних місць:

$$C_n = 11,95 + 25,78 = 37,73 \text{ грн/ дм}^2.$$

Враховуючи дані ФГ «Олімп» Золочівського району Харківської області» за рік підлягають ремонту дві корпусні деталі тракторів МТЗ-80, одна корпусна

деталь трактора ДТ-75, одна корпусна деталь трактора К-701, одна корпусна деталь тракторів Т-150, дві корпусні деталі автомобілів.

Загальні площі відновлення посадочних отворів в корпусних деталях складальних одиниць трансмісії: МТЗ-80 = 4,6 дм², ДТ-75 = 12,164 дм², К-700 = 13,066 дм², Т-150 = 8,54 дм², ЗІЛ-130 = 9,478 дм².

Загальні річні витрати на відновлення посадочних місць підшипників кочення в корпусних деталях тракторів і автомобілів за новою технологією:

$$Z_n = 2 \cdot 4,6 \cdot 37,73 + 1 \cdot 12,164 \cdot 37,73 + 1 \cdot 13,066 \cdot 37,73 + 1 \cdot 8,54 \cdot 37,73 + 2 \cdot 9,478 \cdot 37,73 = 2335 \text{ грн.}$$

Посадочні місця підшипників кочення в господарствах практично не відновлюють, так як для цього потрібно складне технологічне обладнання та кваліфіковані фахівці, а послугами спеціалізованих ремонтних підприємств господарства не користуються. Тому корпусні деталі зі зношеними посадочними місцями під підшипники замінюються на нові.

Тоді річна економія від впровадження нової технології:

$$C_p = \sum C_d - Z_n, \quad (4.7)$$

де $\sum C_d$ - річні витрати на купівлю нових корпусних деталей з гранично зношеними посадочними місцями підшипників кочення, $\sum C_d = 96900$ грн.

$$\text{Тоді } C_p = 96900 - 2335 = 94565 \text{ грн.}$$

Висновки

Проведена екологічна експертиза свідчить, що запропонована технологія відновлення посадочних поверхонь підшипників кочення є екологічно безпечною.

Виконано аналізу умов виникнення і розвитку травм і аварій, для їх усунення запропоновані наступні заходи: встановлення захисних щитків, блокуючих приладів, заземлення при роботі з металообробними верстатами,

використання спецодягу для приготування технологічних розчинів, проведення регулярних інструктажів з техніки безпеки.

Розраховано річний економічний ефект від впровадження запропонованої технології, що становить 94565 грн.

ВИСНОВКИ ТА ПРОПОЗИЦІЇ

1. Вартість корпусних деталей істотно впливає на розмір коштів, витрачених при ремонті автотракторної техніки. Основною причиною є їх висока ціна, в порівнянні з іншими типовими деталями. Корпусні деталі є базовими деталями і тому визначають в основному ресурс всього агрегату. Від 61 до 90% корпусних деталей вибраковується і направляється на відновлення через знос посадочних отворів під підшипники..

2. Для забезпечення рівномірної товщини полімерного покриття параметри безнапірного фрикційного руху слід вибирати таким чином, щоб забезпечувалося співвідношення $0,75 < \frac{y}{a} < 0,9$.

3. Для отримання полімерного покриття достатньої товщини при відновленні посадочних отворів в корпусних деталях, слід наносити чотири шари з розчину еластомеру Ф 40С в'язкістю $\nu = 160 \text{ мм}^2/\text{с}$, три шари розчину еластомеру Ф-40С в'язкістю $\nu = 329 \text{ мм}^2/\text{с}$ або два шари розчину еластомеру Ф-40С в'язкістю $3157 \text{ мм}^2/\text{с}$.

4. Посадки підшипників з покриттям з еластомеру Ф-40С в корпусних деталях, мають високу довговічність. Рекомендується відновлювати посадкові отвори в корпусних деталях з діаметральним зносом до 0,2 мм.

5. Річний економічний ефект від впровадження запропонованої технології, що становить 94565 грн.