

УДК 631. 186

Підвищення ефективності ремонту шестеренних насосів шляхом вдосконалення технологічного процесу їх ремонту. Гнатів Богдан Миколайович – Кафедра експлуатації та технічного сервісу імені професора Олександра Семковича – Дубляни, Львівський НУП – 2024. 66 с. – Рис. 17. – Табл. 5. – 31 джерело.

В дипломній роботі було проведено аналіз конструкції насосів типу НШ, способів і методів відновлення робото здатного стану. Аналіз показав, що майже всі деталі насоса мають нерівномірний характер зносів, який в основному обумовлюється відповідним характером навантаження цих деталей, величини зносів поверхонь веденої шестірні та спряжених з нею поверхонь втулок та корпусу в 1,2-1,5 разів більші за зноси поверхонь ведучої шестірні та поверхонь спряжених з нею деталей.

Аналіз проведених теоретичних досліджень дозволив визначити оптимальні положення шестерень в колодязях корпусу при ремонті, при яких відбувається розвантаження підшипників веденої шестірні та вирівнювання навантажень на обох шестернях.

На основі проведених досліджень запропонована ресурсозберігаюча технологія ремонту насосів НШ-У (на прикладі насоса НШ32-У) шляхом розточування колодязів корпусів на окремих ділянках обмежених кутом 50° та зміщення перешліфованих під ремонтний розмір шестерень у визначених в роботі напрямках.

Також були розроблені заходи з охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях.

Ключові слова: насос, корпус, методи ремонту, радіальний зазор і т.д.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
1. СТАН ПРОБЛЕМИ, ВПЛИВ ЗНОСІВ СПРЯЖЕНИХ ДЕТАЛЕЙ НА ПРАЦЕЗДАТНІСТЬ НАСОСА.....	9
1.1. Загальна характеристика та особливості конструкції насосів типу НШ-У.....	9
1.2. Аналіз спрацьованого стану деталей насосів.....	11
1.3. Аналіз існуючих методів ремонту насосів типу НШ-У.....	13
1.4 Аналіз існуючих способів відновлення корпусів.....	17
1.5. Висновки.....	21
2. МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ.....	22
2.1. Загальна методика досліджень.....	22
2.2. Методика експериментальних досліджень.....	22
2.2.1. Методика визначення спрацьованого стану деталей насоса.....	22
2.2.2. Методика експериментального визначення втрат рідини через радіальний зазор між вершинами зубців шестерень та стінками корпусу....	25
3. ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	28
3.1. Теоретичне визначення втрат робочої рідини через радіальний зазор.....	28
3.2. Висновки.....	37
4. РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	38
4.1. Результати дослідження спрацьованого стану деталей насоса.....	38
4.2. Експериментальне визначення об'єму втрат рідини через радіальний зазор.....	41
4.2.1. Визначення об'єму втрат через концентричний радіальний зазор	41
4.3 Технологічний процес ремонту насосів НШ32-У методом зменшених ремонтних розмірів.....	45
4.4 Висновки.....	49

5. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ...	50
5.1. Вимоги безпеки до території приміщень, обладнання і виробничих процесів ремонтних майстерень.....	50
5.2. Аналіз робочих місць за критеріями безпеки праці.....	51
5.3. Дослідження небезпечних виробничих факторів.....	52
5.3.1. Електробезпека.....	53
5.3.2. Пожежна безпека.....	53
5.4 Безпека в надзвичайних ситуаціях.....	53
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	62
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	63

ВСТУП

У наш час в країні виготовляється і працює велика кількість різного виду тракторів, комбайнів та інших машин, які обладнані гідравлічними системами. Нові машини стають все більш енергонасиченими, здатними виконувати цілий ряд технологічних операцій і комплектуватися різними допоміжними пристроями, основна частина яких монтується на тракторі, а виконавча - на сільськогосподарській машині.

Одночасно зі створенням нових систем машин підвищеного функціонального призначення не менш важливою є задача суттєвого підвищення показників їх надійності. Разом з тим велика частка сучасної техніки, яка використовується в сільському господарстві - нагально потребує ремонту. Тільки зареєстровані позапланові простої різних сільгоспмашин складають 35% при проведенні просапних робіт та 50% на збиранні врожаю, від всього часу роботи машини. Низька надійність машин призводить до великої витрати коштів на виготовлення запасних частин та ремонт. Так, із загальних виробничих потужностей, які займаються виготовленням та підтримкою сільськогосподарської техніки в працездатному стані, лише 22% припадає на долю підприємств, що виробляють їх, а інші 78% виробничих потужностей належать підприємствам, які ремонтують і виготовляють запасні частини до них.

Підвищення довговічності машин - одна з актуальних проблем підтримання сільськогосподарської техніки у працездатному стані. Питання підвищення довговічності невід'ємно пов'язані з вивченням процесів спрацювання деталей машин в умовах експлуатації з розробкою технологічних способів їх ремонту та теоретичного обґрунтування цих способів за умов використання зношених та відновлених деталей.

Актуальність теми. Шестеренний насос є основним вузлом гідравлічної системи сільськогосподарських машин, від його стану багато в чому залежить ефективність її роботи. Найбільшого поширення в гідросистемах

сільськогосподарських машин здобули шестеренні насоси типу НШ-У. Разом з простотою конструктивної схеми та відсутністю необхідності в регулюванні під час експлуатації, насосам даного типу притаманні ряд недоліків, які пояснюються особливостями їх конструкції. При спрацюванні основних деталей насоса ці фактори, набувають критичного значення і обумовлюють непрацездатний стан насоса. Існуючі технології ремонту насосів типу НШ-У та відновлення їх деталей не в повній мірі відповідають актуальним вимогам сьогодення. Це або праце- та енергомісткі методи відновлення, які прагнуть довести параметри зношених деталей до номінальних, наприклад, методи пластичного деформування, порошкової металургії та зварювання, які потребують до того ж високої культури виробництва, що не поступається машинобудівним підприємствам. Найбільш простим і недорогим методом ремонту гідронасосів є метод ремонтних розмірів, який дозволяє при мінімальних витратах відремонтувати насос. Але не зважаючи на ряд безумовних переваг, які відрізняють метод зменшених ремонтних розмірів від інших, йому притаманні деякі недоліки, зокрема, ресурс відремонтованих насосів за цією технологією складає 45...51% від ресурсу нового насоса.

Насоси, відремонтовані за цією технологією, за основними технічними показниками та надійністю, поступаються відремонтованим за іншими технологіями. Основні протиріччя, які притаманні всім відомим методам зменшених ремонтних розмірів, полягають у наступному:

- ресурсозберігаюча технологія відновлення одних з найбільш складних елементів насоса - шестерень, що виготовляються з цементованої сталі за підвищеним квалітетом точності, шляхом перешліфування під зменшений ремонтний розмір, обумовлює необхідність використання складної енерго - та трудомісткої технології ремонту спряжених з шестернями деталей насоса - корпусу та втулок;

- існуючі технології відновлення корпусів не в повній мірі використовують потенційні можливості, закладені при їх виготовленні;

- застосування маловитратної технології відновлення корпусів розточуванням під збільшений ремонтний розмір не дає бажаного результату, через зменшення деформаційної стійкості стінок колодязів, що обумовлено недостатнім теоретичним вивченням змін в конструкції останнього під час ремонту.

Існуючі протиріччя пояснюються особливостями насосів даного типу, працездатність і довговічність яких багато в чому визначається формою і розмірами радіального зазору між вершинами зубців шестерень та стінками корпусу насоса.

Мета і задачі дослідження. Метою дослідження було підвищення ефективності ремонту шестеренних насосів НШ-У шляхом вдосконалення технологічного процесу їх ремонту методом зменшених ремонтних розмірів.

Для досягнення поставленої мети в роботі було розв'язано наступні задачі:

- визначення основних причин втрат насосами працездатного стану та дослідження впливу спрацьованого стану спряжених деталей на довговічність і надійність насоса;

- дослідження впливу величини і форми радіального зазору на об'єм втрат робочої рідини через цей зазор;

- розробка технологічного процесу ремонту насосів методом зменшених ремонтних розмірів шляхом зміщення вузла качання.

1. СТАН ПРОБЛЕМИ, ВПЛИВ ЗНОСІВ СПРЯЖЕНИХ ДЕТАЛЕЙ НА ПРАЦЕЗДАТНІСТЬ НАСОСА

1.1. Загальна характеристика та особливості конструкції насосів типу НШ-У

Досвід експлуатації шестеренних насосів типу НШ, які є головною складовою частиною окремої гідравлічної системи як сільськогосподарських машин, так і гідросистем самохідних комбайнів, показує, що конструкція насосів відрізняється простотою і не потребує протягом всього строку роботи ніякого технічного догляду.

Широке розповсюдження у народному господарстві в наш час знайшли шестеренні насоси [4-5,7] наступних марок: модернізовані уніфіковані насоси НШ-32У, НШ-46У та НШ-50У [4-5,7]; насоси НШ-10Е та НШ-6Т, аналогічні насосам НШ-У і відрізняються тільки габаритами та конструкцією опорних втулок, які виготовляються попарно в одному блоці.

Разом з тим, конструктивна схема насосів НШ-У ще повністю себе не вичерпала. Так, на заводі тракторних агрегатів у м. Вінниці шляхом оптимізації форми посиленій корпус насоса та впроваджені у виробництво насоси НШ-46У та НШ-50У з робочим тиском 14 МПа [4-5,7], а на Кіровоградському ВАТ "Гідросила" випускаються насоси НШ-32У другого виконання, розраховані на тиск 14...17.5 МПа. та четвертого виконання НШ32М-4, які можуть створювати тиск до 20 МПа.

Аналізуючи конструктивні особливості шестеренних насосів типу НШ-У приходимо до наступного [12]:

1. Розрізняють робочі органи трьох типів: статор (корпус насоса 2), ротори (ведуча 3 та ведена 4 шестерні) та замикачі (кришка 1. верхні 5 і нижні 6 втулки) (рис. 1.1).

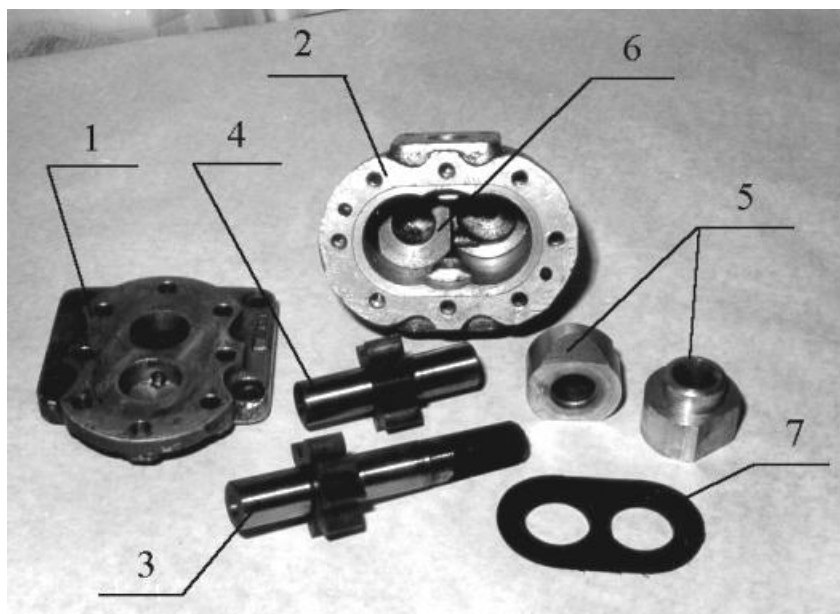


Рисунок 1.1 – Основні деталі насоса типу НШ-У2 1 - кришка: 2 - корпус: 3 - ведуча шестірня; 4 - ведена шестірня; 5 - верхні рухомі втулки: 6 - нижні втулки; 7 - гумовий ущільнювач.

Вал ведучої шестірні ущільнюється саморухомим каркасним ущільнювачем з опорними та стопорними кільцями. Для розмежування зони високого тиску від зони низького тиску у проточках кришки встановлюються O-подібні гумові ущільнювачі 7 (див, рис. 1.1). Торці втулок, розташовані з боку кришки, знаходяться під дією високого тиску в кільцевій порожнині, яка з'єднана із порожниною нагнітання насоса.

2. Герметичне відділення порожнини нагнітання від порожнини всмоктування відбувається шляхом одночасного замикання за допомогою статора, роторів і замикачів.

3. Ведуча шестірня 3 знаходиться в постійному зачепленні з веденою 4, передаючи їй обертальний рух.

4. Об'ємна подача насоса залежить від геометричних розмірів його активних елементів - шестерень і швидкості обертання вала насоса, а також від об'єму втрат рідини з зони нагнітання до зони всмоктування. При цьому тиск, що розвивається насосом визначається жорсткістю і міцністю його деталей і, в

першу чергу, корпуса 2 та підшипників 5 і 6, а також величиною зазорів в спряженнях насоса.

5. Робочий процес насоса супроводжується об'ємними втратами, які обумовлені відсутністю повної герметичності між порожнинами нагнітання та всмоктування і перетіканням рідини, що нагнітається через зазори в спряженнях насоса.

1.2. Аналіз спрацьованого стану деталей насосів

Оскільки з технологічної точки зору всі деталі насоса складають один розмірний ланцюг, то спрацювання одних неминує спричиняють спрацювання інших. Найбільш «слабким місцем» насосів НШ-У є підшипники ковзання, а саме опорні втулки, які додатково виконують роль торцевих замикачів. Спрацюванню підлягають всі без винятку робочі поверхні втулок; які сприймають - гідроабразивне, абразивне, ерозійне та кавітаційне спрацювання [10].

Так, має місце значне спрацювання по робочих торцях втулок, особливо по перемичці між діаметром цапф і границею діаметра западин зубців шестерень, який складає в середньому 0,05 мм [16]. Відбувається зминання втулок, особливо верхніх, з боку всмоктування по зовнішньому діаметру, що спричинено як змінними навантаженнями в радіальному напрямку, так і впливом биття приводу. Величина зминання складає 0,02...0,05 мм [26].

Під дією пульсуючого радіального навантаження відбувається зминання опорних торців нижніх втулок, яке досягає величини 0,5 мм. Просідання вузла качання на величину до 1,2 мм [19,21,23] супроводжується асиметричним розташуванням шестерень відносно центрів отворів всмоктування та нагнітання, і спричиняє зменшення КОП насоса за рахунок виникнення додаткового опору на лініях всмоктування та нагнітання і збільшення втрат робочої рідини через гумові ущільнювачі.

Основними дефектами шестерень, які потрапили до ремонту є спрацювання цапф і вершин зубців по діаметру, спрацювання шестерні по

ширині, а зубців - за евольвентним профілем. Робочі поверхні шестерень сприймають абразивне спрацювання [20,24,28].

Знос шестерень за зовнішнім діаметром носить рівномірний характер і відноситься до абразивного спрацювання. Наслідком зношування є зменшення зовнішнього діаметру шестерень та збільшення товщини зубців у їх вершинах [20,24,28]. Як наслідок нерівномірного спрацювання шестерень по товщині, торці стають неплоскими. Це сприяє збільшенню втрат через торцеві зазори, не дивлячись на наявність механізму автокомпенсації [20,24,28].

В таблиці 1.3 наведені результати досліджень різних авторів відносно величин зносів поверхонь шестерень насосів типу НШ-У.

Конструктивна схема насоса НШ-У виконана таким чином, що останній за довжиною є нерівножорстким. Крім того, однобічна дія гідравлічних сил з боку камери нагнітання призводить до характерного спрацювання корпусу. Так основним для корпусу є спрацювання його колодязів по зовнішньому діаметру та довжині. Дія змінного за величиною радіального навантаження призводить до спрацювання торців нижніх втулок, що викликає знос кільцевих поверхонь дна колодязів корпусу з боку камери нагнітання до 0,05 мм [22,14].

Таблиця 1.3. Величини зносів поверхонь шестерень насосів типу НШ-У

Марка насоса	Знос цапф, мм	Знос шестерень за зовнішнім діаметром, мм	Знос шестерень за шириною, мм	Знос зубців за евольвентним профілем, мм
НШ-32У НШ-46У	не більш 0,06	0,16	0,16...0,32	-
НШ-32У НШ-46У	0,018...0,2 2	0,088	ведуча 0,12 ведена 0,08	ведуча<0,092 ведена<0,119
НШ-32У НШ-46У	0,025	0,047	0,059	-
НШ-32У НШ-46У	0,043	0,137	0,278	-

Згідно експериментальних досліджень [1,2] деформація стінок корпусу в зоні розташування верхніх рухомих втулок у 2...4 рази більша в за деформацію корпусу в зоні розташування нижніх втулок. Така деформація сприяє виникненню клиноподібних зазорів у спряженнях «втулки - корпус» і тим самим збільшенню об'ємів втрат робочої рідини з камери нагнітання, а, отже, і збільшенню величини гідроабразивного зносу стінок корпусу з боку камери нагнітання. Величина зносу в зоні розташування верхніх втулок досягає 80 мкм, а в зоні розташування нижніх втулок - 20 мкм [2]. Крім того під дією робочого навантаження відбувається остаточне деформування корпусу (збільшення розмірів колодязів, які не відновлюють своє початкове значення при знятті навантаження) на величину до 0,008 мм уздовж малої осі в більшу сторону та уздовж великої осі до 0,005 мм в менший, що збільшує величини зазорів у спряженнях насоса [2].

Найбільше спрацювання корпусу відбувається в спряженні «колодязь корпусу - вершини зубців шестерень» з боку камери всмоктування. Величина зносу досягає значень 0,25...0,30 мм [2,3].

Підводячи підсумок слід зазначити, що в більшості робіт недостатньо суворий науковий підхід до вивчення питання стосовно величини зносу елементів насосів, а наведену інформацію слід вважати наближеною. Мало уваги приділяється величині зносів корпусів, хоча і на цей час корпус залишається найбільш дорогою складовою частиною насоса і технологічний процес відновлення його пов'язаний із значними витратами коштів та часу при відносно низькій ефективності.

1.3. Аналіз існуючих методів ремонту насосів типу НШ-У

Аналіз відомих методів ремонту насосів НШ-У показав, що всі існуючі методи ремонту можна класифікувати за способом відновлення радіального зазору [14,17]. Така класифікація можлива завдяки наступним факторам:

1) величина і форма радіального зазору в основному визначають, під час експлуатації насоса, зазори в інших спряженнях, а, отже і обумовлюють строк служби насоса;

2) відновлення величини радіального зазору є найбільш складним;

3) зазори в інших спряженнях приводяться до технологічно необхідних виготовленням нових втулок;

4) саме стан спряження «вершини зубців - корпус» суттєво впливає на працездатність і надійність насоса.

Використовуючи наведені фактори, всю різноманітність відомих методів ремонту можна класифікувати за схемою, яка наведена на рис. 1.4. Перша група методів - це методи ремонту насосів без відновлення основних його деталей [14]. Ці способи придатні для здійснення ремонту насосів, що втратили свою працездатність через незначні неполадки, викликані в основному нещільністю ущільнюючих деталей. Насоси можуть бути відновлені або заміною гумо-технічних виробів, або ж усуненням інших незначних пошкоджень. Метод в цьому випадку відрізняється високою ефективністю, оскільки не вимагає значних витрат.

Але кількість насосів, які потребують такого ремонту не перевищує 10... 15% від загальної кількості насосів, що потрапили до ремонту.

Сутність методу номінальних розмірів [2] полягає в комплексному відновленні шестерень за всіма параметрами, тим самим створюються передумови для відновлення радіального і торцевого зазорів, а також зазору в спряженні "корпус - втулки". Відновлюючи колодязі корпуса і втулки до номінальних розмірів, ми забезпечуємо достатні умови для відновлення зазорів в усіх спряженнях насоса за виключенням спряження зубців шестерень за евольвентним профілем.

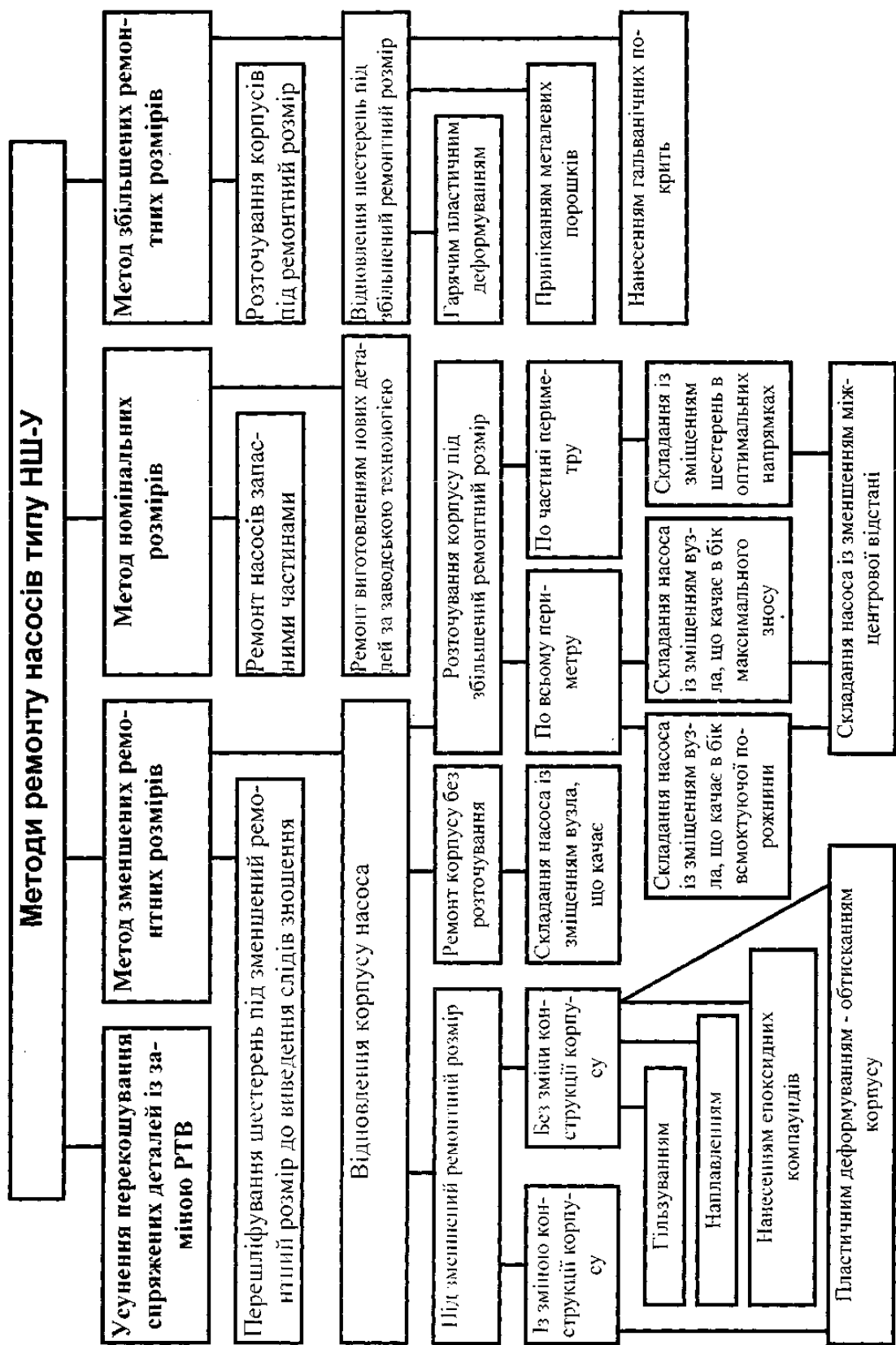


Рисунок 1.4 – Класифікація методів ремонту насосів НШ-У

Це єдиний поки що метод, який дозволяє відновити об'ємну подачу насоса. Крім того, негативним у даному методі є висока складність ремонту, а висока трудомісткість і собівартість, необхідність використання спеціального обладнання значно стримують поширення цього методу.

Метод збільшених ремонтних розмірів відрізняється тим, що забезпечує підвищення об'ємної подачі насоса навіть у порівнянні із способом номінальних розмірів [2]. Це стає можливим при відновленні шестерень під збільшений ремонтний розмір. Відновлення корпусу насоса зводиться в цьому випадку до розточування його колодязів до видалення слідів зношення і тому відрізняється низькою собівартістю. Відновлення шестерень може бути здійснено пластичним деформуванням [2], припіканням металевих порошків [3] або нанесенням гальванічних покриттів [30,31].

До недоліків цього методу слід віднести відносно велику складність та собівартість відновлення шестерень, при всіх вищезазначених технологіях, порівняно з виготовленням нових шестерень. Крім того розточування корпусу насоса значно зменшує переріз стінок корпусу в зоні високого тиску і, тим самим, знижує його опір розтискаючим зусиллям робочої рідини.

Основним методом ремонту, на цей час, залишається метод зменшених ремонтних розмірів [31]. Сутність якого зводиться до перешліфування під найближчий ремонтний розмір шестерень насоса. При цьому відновлення потрібної величини радіального зазору досягається різними способами, наприклад нарощуванням зношених колодязів корпусу або його обтискуванням. Такий ремонт, як підтвердив багаторічний досвід підприємств, які спеціалізуються на ремонті шестеренних насосів, забезпечує післяремонтний їх ресурс не менше 80% від ресурсу нового, а собівартість ремонту складає 50% від собівартості нового.

До переваг методу слід віднести простоту ремонту найбільш складних і відповідальних деталей - шестерень насоса. Недоліками є зниження коефіцієнту об'ємної подачі, що пов'язано із зменшенням робочого об'єму насоса. Крім того,

достатньо трудомістка технологія відновлення корпусу до того ж малоефективна.

Більш простішим і досить ефективним є спосіб зміщення вузла гойдання ексцентричними втулками. Спосіб полягає в тому, що корпуси насосів із зносами до 0,3...0,4 мм розточують під найближчий ремонтний розмір до виведення слідів зносу. Під найближчий ремонтний розмір шліфуються і шестерні насоса. Ущільнення радіального зазору в спряженні "корпус - шестерні" відбувається шляхом зміщення і фіксації шестерень в корпусі поблизу порожнини всмоктування ексцентричними втулками.

Спосіб вигідно відрізняється від інших простотою впровадження, а також низькою трудомісткістю ремонту насосів. Однак способу притаманні і недоліки, які полягають в зниженні ресурсу.

1.4 Аналіз існуючих способів відновлення корпусів

Корпус насоса НШ відрізняється складною формою і водночас високими вимогами до точності виготовлення та шорсткості робочих поверхонь. Особливості робочого процесу насоса обумовлюють несиметричний характер зносу робочих поверхонь корпусу. Так найбільшому зносу підлягає його робоча поверхня в зоні контакту з вершинами зубців з боку камери всмоктування. Такі особливості, а також незначні величини зносів робочих поверхонь необхідно враховувати при виборі способу відновлення корпусу.

Застосування в корпусі насоса сплаву Ал-9 не забезпечує оптимальної довговічності роботи.

Не дивлячись на окремі технологічні процеси ремонту і значну кількість досліджень, проведених в даному напрямку, до цього часу існує багато невирішених питань і, передусім, це відноситься до способів відновлення корпусів насосів НШ-У.

Існуючі технологічні процеси відновлення корпусів в основному передбачають використання не зношеної порожнини нагнітання замість по-

рожнини всмоктування; встановлення металевих вставок (гільзування) на поверхнях колодязів корпусу з наступним їх розточуванням; нанесення клеєвої суміші на стінки і дно колодязів корпусу з наступним їх розточуванням; обтискування корпусу під великим тиском з наступним розточуванням корпусу та відливання нових корпусів з матеріалу зношених.

Одним з поширених на цей час є спосіб ремонту корпусів під номінальний розмір - відливанням з матеріалу спрацьованих [29] із дотриманням, під час наступної механічної обробки технологічних розмірів нового корпусу. Спосіб характеризується можливістю комплектування новими, або відновленими під номінальний розмір шестернями, що зумовлює відновлення ОП та КОП відремонтованих насосів до номінального значення.

Поширення способу стримується наявністю досить складної технології, яка передбачає використання великої кількості вторинної сировини різного хімічного складу, складного обладнання та створенням шкідливих умов праці.

Відновлення корпусів насосів обтискуванням проводять в спеціальному пристрої. Обтискування проводять на пресі з зусиллям 1000 кН. Величина деформації корпусу обмежується спеціальним пуансоном, який встановлюється в корпусі і має форму колодязів. Корпус насоса перед обтискуванням нагрівають до температури 480...500° С і витримують 30...60 хв. Після обтискання корпус підлягає зміцненню та наступному штучному старінню протягом 4 годин при температурі 100... 120 °С.

До переваг способу слід віднести: високу економічну ефективність, оскільки відсутні витрати на додаткові матеріали; помірну трудомісткість робіт; підвищення жорсткості корпусу; мале розширення корпусу насоса у поясі верхніх втулок і біля дна; збільшення ресурсу роботи насоса.

Зменшення міжцентрової відстані на 0,35 мм у відновлених корпусів повідношенню до нових дозволяє повністю компенсувати втрату робочого об'єму, пов'язану із зменшенням розміру шестерень по зовнішньому діаметру. До недоліків слід віднести дороге термічне обладнання та обладнання для

штампування, шкідливі умови праці, складну наступну механічну обробку.

При відновленні корпусів введенням додаткових деталей використовують гільзи виготовлені з сірого чавуну, сплавів алюмінію Ал-5, Ал-9 тощо. Гільзи ллють в металевій формі-кокілю, яка нагріта до температури 250...300 °С. Відлиті гільзи встановлюють у попередньо розточений корпус насоса, який змазаний епоксидним клеєм; сушіння проводять в термошафі. Кінцевою операцією є механічна обробка.

До недоліків способу слід віднести: високу трудомісткість, додаткове використання матеріалів, менший ресурс роботи відновленого корпусу у порівнянні з іншими способами відновлення. Крім того застосування в якості вставок алюмінію Ал-5, Ал-9 не забезпечує оптимальної довговічності насосів [2].

Широке розповсюдження знайшов спосіб відновлення працездатності насосів НШ-32У зміщенням шестерень [17]. При цьому зношені колодязі корпусу розточуються до діаметру $55,6^{+0,02}$ мм (для насосів НШ-32У). За різними технологіями відновлення шестерні зміщують в різних напрямках. Шестерні в запропонованому способі відновлюються під збільшений ремонтний розмір, що передбачає розточування корпусу під зменшений ремонтний розмір. В інших роботах [10,14,16,17], автори вважають за доцільне зміщувати шестерні вздовж малої осі симетрії корпусу до порожнини низького тиску.

До переваг способу слід віднести дуже просту технологію відновлення корпусів, яка не потребує використання дорогих матеріалів та складного обладнання; але завдяки зменшенню перерізу стінок корпусу в зоні високого тиску, під час експлуатації відбуваються значні деформації останнього, які сприяють збільшенню внутрішніх втрат в насосі за рахунок збільшення зазорів в спряженнях.

У ремонтному виробництві в останній час використовуються різні способи електроконтактного нанесення матеріалів на робочі поверхні деталей, компенсуючих величину зносу. При відновленні корпусів наплавленням їх спочатку нагрівають до 200...220 °С. Після наплавлення корпус піддають

термічній обробці по режиму Т6 (загартування + старіння). Наступну механічну обробку проводять за технологією ГОСНИТИ. Для наплавлення використовують дріт діаметром 1,6...2 мм з алюмінієвих сплавів АМг5, АМг6, АМг7, Д-20 и В-92, який попередньо піддається хімічному очищенню. До переваг способу відносять: можливість зміни механічних властивостей наплавленого шару та доступність способу. Недоліки полягають у значному використанні матеріалу для наплавлення та великих витратах енергії.

Спосіб відновлення корпусів методом деформування під час кристалізації металу гільзи. Сутність його полягає у відновленні спрацьованих поверхонь заливанням рідкого сплаву АЛ-9 між стінками відновлюваної та оформлюючої деталі з пресуванням його під час кристалізації [23].

До переваг способу слід віднести збільшення щільності та герметичності, усунення ліквіації, поліпшення фізико-механічних властивостей корпусу. Основним недоліком запропонованого методу є використання складної технології та обладнання, шкідливі умови праці.

Всі наведені способи мають одну спільну рису: відновлення корпусу здійснюється за умови збереження його конструктивних особливостей, а саме суцільності стінок та днища корпусу.

Отже, всі існуючі технології мають свої переваги і недоліки. Ремонт корпусів насосів за всіма вищенаведеними способами (окрім виготовлення нового та відновлення обтискуванням) не призводить до відновлення експлуатаційного ресурсу корпусу у порівнянні з новим насосом. Пояснюється це збільшенням внутрішніх втрат за рахунок утворення нового спряження «корпус - гільза».

Розточування корпусу під збільшений ремонтний розмір призводить до збільшення деформацій стінок за рахунок зменшення поперечного перерізу. Застосування ж технології обтискання корпусу потребує дорогого обладнання.

На наш погляд, корпуси насосів із зносами до 0,3 мм ще в достатній мірі володіють потрібною експлуатаційною надійністю, що дозволяє їм з

незначними технічними переробками в подальшому задовольняти своє функціональне призначення. При цьому слід відмовитися від традиційного погляду на корпус, як на «оболонку» для розташування шестерень та втулок. Саме взаємне положення корпусу та роторів обумовлює строк служби насоса в цілому за рахунок утворення різної форми радіального зазору - основного спряження, відповідального не тільки за навантаження на підшипники насоса, а й на величини зазорів у інших спряженнях. Недооцінювання цього факту при ремонті насосів (наприклад у існуючій технології зміщення вузла качання), незважаючи на короткочасне відновлення подачі відремонтованого насоса, призводить до зменшення довговічності відремонтованих насосів в 3 рази порівняно з новими.

1.5. Висновки

1. Насос - найбільш навантажений вузол гідравлічної системи є разом з тим і найменш надійним її агрегатом.

2. Недостатня увага, яка приділяється основній частині насоса - корпусу, зумовлює високу собівартість ремонту останніх за існуючими способами при помірно низькій ефективності. Пояснюється це тим, що жоден з відомих способів не враховує особливості конструкції насосів та пов'язані з цим особливості спрацювання корпусів; всі вони спрямовані на безумовне відновлення, а не на повне використання потенційних можливостей закладених у корпус при виготовленні.

2. МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1. Загальна методика досліджень

Для досягнення поставленої мети необхідно реалізувати загальний комплексний метод, який охоплює наступну програму досліджень:

1. Визначення величини зносу спряжених деталей насоса, які визначають величину і впливають на форму радіального зазору.

2. Теоретичне визначення характеру зміни тиску в радіальному зазорі, величини і кута дії результуючого навантаження в залежності від величини і форми цього зазору між камерами нагнітання і всмоктування та проведення експериментальних досліджень цих параметрів, які, в основному, визначають працездатний стан насоса.

3. Вибір технологічного процесу ремонту шестеренних насосів типу НШ-У ресурсозберігаючим способом зменшених ремонтних розмірів.

2.2. Методика експериментальних досліджень

2.2.1. Методика визначення спрацьованого стану деталей насоса

При вивченні спрацьованого стану корпусів та втулок насосів НШ-У використовувався вибірковий метод. Для отримання репрезентативної вибірки, тобто тієї, що зображує пропорції генеральної сукупності всіх деталей ремонтного фонду, ми вважаємо її випадковою. Випадкову вибірку вибираємо таким способом, який не має ніякого відношення по досліджуваним признакам і забезпечує кожному окремому члену генеральної сукупності однакову можливість потрапити у вибірку.

Після розбирання та миття проводили мікрометраж деталей насоса. Схеми дефектування корпусів та втулок наведено на рис. 2.1 та рис. 2.2.

В таблиці 2.1 наведено вимірювальний інструмент для визначення величини зносів, який вибирався згідно до точності виготовлених поверхонь корпусів і втулок, а також можливих величин їх зносів.

Всі виміри проводилися відповідно до рекомендацій ДСТУ 8.051:2009 [8], а показники точності вимірів відповідно до ДСТУ 8.011-81 [23].

Особливість методики дефектування корпусів та втулок полягала у тому, що для створення цілісної моделі спрацьованої деталі проводилися виміри всіх поверхонь спочатку однієї деталі, а лише потім переходили ли до дефектування іншої.

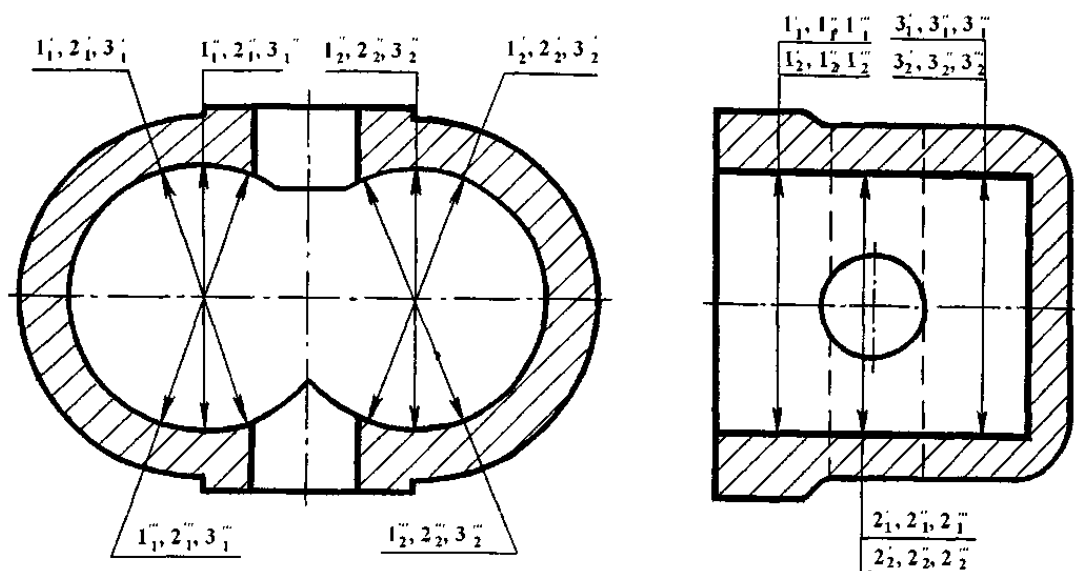


Рисунок 2.1 – Схеми дефектування корпусів

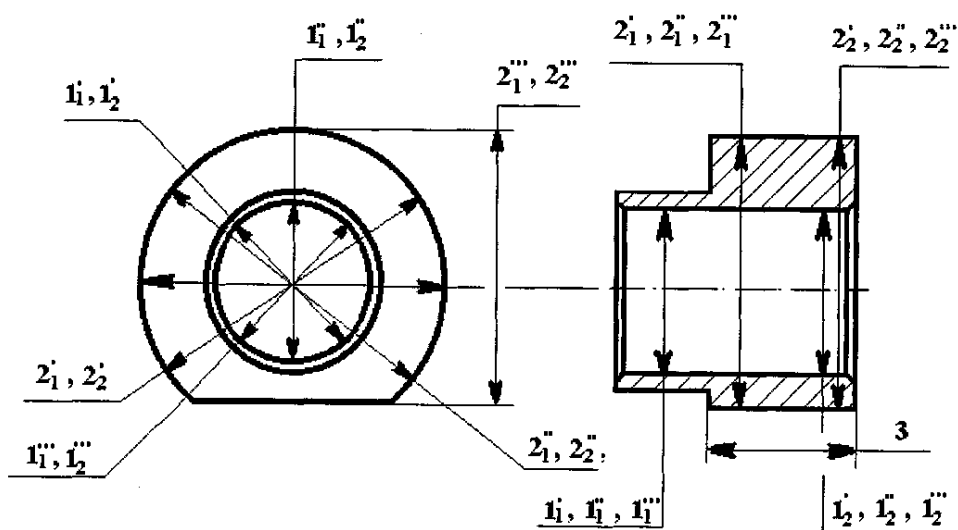


Рисунок 2.2 – Схема дефектування втулок

Таблиця 2.1 – Вимірювальний інструмент та розміри основних елементів корпусів та втулок, знос яких в значній мірі впливає на КОП насоса

Найменування дефекту	Вимірювальний інструмент	Розміри, мм		
		Номінальний	Допустимий в спряженні	Допустимий для ремонту
1	2	3	4	5
Корпус				
Знос колодязів за діаметром	Нутромір індикаторний НИ 50-100 ГОСТ 868-82 Індикатор ИЧ 02 кл.І ГОСТ 577-88	59,5	59,6	59,7
Знос колодязів корпусу за глибиною	Штангенциркуль ШЦ-1-125-0,1 ГОСТ 166-80	36,0	36,15	36,2
Відхилення від площини	Плита для вивірення, набір щупів	0,05	0,1	0,15
Втулка				
Знос за зовнішнім діаметром	Мікрометр МК 50-75-1 ГОСТ 6507-88 Скоба 8113-0059 II ГОСТ 18361-83	55,0	-	-
Знос за внутрішнім д-ром	Калібр пробка 8133-0208 Е8 ГОСТ 14810-89	20 Е8	20,1	20,2
Знос втулки за висотою	Мікрометр МК 20-30-1 ГОСТ 6507-88	27,95	-	-

Таким чином отримували значення зносів всіх поверхонь кожної окремої деталі, що надалі дозволило шукати взаємозв'язок між величинами зносу поверхонь корпусів, шестерень та втулок.

Величину зносу елементів корпусу знаходили за залежністю:

$$I = K_H - K_I \quad (2.1)$$

де K_H - гранично допустимий розмір елемента нової деталі, мм;

K_I - розмір елемента зношеної деталі, мм.

Аналіз результатів досліджень спрацьованого стану спряжених деталей насосу проводили за допомогою апарату теорії ймовірності та математичної статистики.

Обробка та аналіз експериментальних даних проводилися із застосуванням пакету математичних програм «MathCAD 9,0».

2.2.2. Методика експериментального визначення втрат рідини через радіальний зазор між вершинами зубців шестерень та стінками корпусу

В реальному насосі визначення втрат робочої рідини через радіальний зазор між камерами нагнітання та всмоктування є досить проблематичним. Це пов'язано з тим, що втрати рідини відбуваються через всі спряження насоса і неможливо відокремити радіальні втрати від усіх інших. Тому для визначення втрат у спряженні "вершини зубців - корпус" був розроблений пристрій, в якому моделювався процес перетікання робочої рідини через радіальний зазор.

За умови достовірності проведення експерименту та наближення отриманих результатів до об'єму втрат, у реальному насосі пристрій було спроектовано так, що всі його конструкційні розміри були співвіднесені до розмірів основних елементів насосу НШ-32У2.

Пристрій дозволяє дослідити об'єм втрат робочої рідини через:

- концентричний та ексцентричний радіальні зазори за умови застосування різних моделей тіла обертання: циліндричної поверхні (циліндру) та зубчастої поверхні (шестірні);

- концентричний радіальний зазор при різних величинах цього зазору.

Під виразом "точка контакту" мається на увазі така точка корпусу, яка знаходиться на стінці його колодязі, і характеризується мінімальною величиною зазору у спряженні "вершини зубців - колодязь корпусу".

За умови подібності процесів, що відбуваються на ведучій та веденій шестернях, процес перетікання рідини через радіальний зазор моделювався для однієї шестірні.

Пристрій встановлювали на стенді КИ-4200. Схему підключення пристрою наведено на рис. 2.4. Методика проведення експерименту полягала в наступному: у корпус встановлювали концентрично розташовану шестерню (або циліндр) 2 (див. рис. 2.4), після чого весь пристрій герметично закривали кришкою 5. Ущільнення зазору "корпус - кришка" здійснювали за допомогою гумової прокладки. Глибину розточки корпусу 1 було зроблено таким чином, щоб виключити втрати рідини через зазори між торцевими поверхнями кришки, корпусу та шестернею (циліндром). Таким чином, єдиним зазором - був концентричний радіальний зазор між корпусом та шестернею (циліндром).

Відокремлення зони високого тиску від зони низького відбувалося за рахунок встановлення пластини 4, яка одночасно виконувала роль фіксатора взаємного розташування корпусу з шестернею (циліндром) та відокремлювача. До камери нагнітання за допомогою гнучких шлангів підводилася робоча рідина під тиском 17,5 МПа. Робочий тиск створювався за допомогою іншого насоса НШ32-У, який було закріплено на стенді КИ-4200 і вимірювався манометром. Зливний отвір пристрою було з'єднано за допомогою гнучких шлангів з мірним баком, в який і надходила робоча рідина. Кількість рідини, що перетікала радіальним зазором визначалася за певний час, який складав 2 хвилини, а потім розраховувалася кількість рідини, що перетікає зазором за 1 секунду. Зміну величини радіального зазору досягали за рахунок встановлення шестерень (циліндрів) з різними зовнішніми діаметрами.

Максимальна величина радіального зазору визначалася за результатами обробки даних (визначалися зноси поверхонь деталей, які впливають на величину радіального зазору). При проведенні експерименту величину радіального зазору змінювали в межах від 0,10 до 0,30 мм через кожні 0,04 мм.

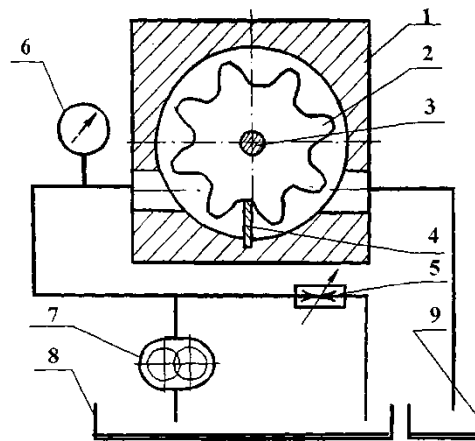


Рисунок 2.3 – Схема підключення пристрою для визначення об'єму втрат робочої рідини через радіальний зазор: 1 - корпус приладу; 2 - шестірня; 3 - вісь; 4 - відокремлювач; 5 - запобіжний клапан; 6 - манометр; 7 - насос; 8 - бак з робочою рідиною; 9 - мірна ємкість.

3. ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ

Відновлення об'ємної подачі шестеренних насосів - основні задачі, які потребують ефективного розв'язання при визначенні оптимального способу ремонту. Як було зазначено в розділі 1 основними причинами зменшення цих показників є об'ємні втрати робочої рідини з камери нагнітання. На цей час не існує чіткої загальної картини впливу величини втрат робочої рідини через основний - радіальний зазор. Постійна зміна цього зазору обумовлена особливостями конструкції та характеру робочого процесу насоса. Але при всьому цьому вплив величини і форми радіального зазору на величини об'ємних втрат з камери нагнітання вивчено недостатньо.

Крім того, на довговічність насосів в значній мірі впливають такі показники, як величини навантажень шестерень. Вони впливають на стан підшипників і визначають загальний стан насоса. Суттєвий вплив на величину і напрямок дії результуючого навантаження шестерень оказує величина рівнодіючої перехідної зони, яка в свою чергу залежить від величини втрат робочої рідини через радіальний зазор.

Таким чином, форма радіального зазору між вершинами зубців шестерень та стінками колодязів корпусу в основному визначає працездатний стан насоса. Отже, більш детальне дослідження впливу величини і форми радіального зазору на об'ємні втрати та навантаження підшипників, надасть змогу впровадити конструктивні зміни, які дозволять більш ефективно використовувати потенційні можливості конструктивної схеми НЩ-У.

3.1. Теоретичне визначення втрат робочої рідини через радіальний зазор

Конструктивно всі деталі насоса виконані з допусками, наявність яких призводить до того, що між всіма спряженими деталями в процесі експлуатації є зазори. Неминуче зношування робочих органів всіх типів: статора (корпусу),

роторів (шестерень) та замикачів (опорних втулок) призводить до збільшення зазорів у спряженнях, особливо, у спряженні вершин зубців з поверхнею корпусу - так званому радіальному зазорі. При цьому відбувається перерозподіл загальних втрат робочої рідини в насосі. Оскільки насоси типу НШ-У мають гідравлічну компенсацію торцевих зазорів, то зношування торців втулок і шестерень не повинно суттєво впливати на зміну об'єму втрат робочої рідини через це спряження. Однак, величина і форма радіального зазору зумовлюють такий характер зміни тиску в перехідній зоні, який може привести до заклинювання рухомих втулок. Це призводить до різкого збільшення втрат робочої рідини через зазор у спряженні «торці шестерень - торці втулок» і знешкоджує систему компенсації торцевих зазорів.

Зміна величини і часу дії навантаження на ротори насоса обумовлена створенням тиску в камері нагнітання та характером робочого процесу машини і залежить від багатьох факторів. Вона є однією з причин виникнення різного за величиною і формою радіального зазору між вершинами зубців шестерень та стінками корпусу. Тому для отримання повної картини процесу, який відбувається в насосі під час роботи, слід теоретично дослідити вплив величини і форми радіального зазору на величину загальних навантажень підшипників та об'ємні втрати з камери нагнітання. Об'ємні втрати знаходяться у прямій залежності з розподілом тиску та зміною форми зазору в перехідній зоні.

Зазначимо, що характер впливу величини і форми радіального зазору треба знати не тільки тому, що насос не має компенсації у цьому спряженні, а й тому, що саме цей зазор в значній мірі впливає на збільшення втрат у інших спряженнях.

Для визначення впливу вказаного зазору використано фізичну модель руху рідини в дугоподібній щілині із малими розмірами. Було прийнято, що рух рідини зумовлено різницею тисків на вході та виході з насоса і описується рівнянням Нав'є-Стокса [6, 25].

Частковий розв'язок диференційного рівняння Рейнольдса [6], дозволяє визначити величину втрат рідини через зазор між ротором, що обертається і стінками корпусу насоса. Для усталеної течії рідини величина втрат Q , (cm^3/c) визначається виразом:

$$Q_1 = \left(P_H \cdot \frac{\delta_p^3}{12\mu l} - \omega \cdot \frac{\delta_p R_e}{2} \right) \cdot b \quad (3.1)$$

де, P_H - тиск у камері нагнітання, Па;

δ_p - радіальний зазор між стінками корпусу і вершинами зубців, см;

R_e - радіус вершин зубців, см;

μ - коефіцієнт динамічної в'язкості робочої рідини, Па-с;

ω - кутова швидкість обертання шестірні, c^{-1} ;

b - ширина шестірні, см;

l - довжина дуги, яка утворює радіальну щілину, см.

Т.М. Башта [5] (3.1) пропонує перетворювати дещо в іншу залежність. При цьому мається на увазі те, що тіло обертання має зубчасту, тобто переривчасту поверхню, а тому в знаменник формули (3.1) він рекомендує підставляти замість загальної довжини дуги ущільнення радіального зазору – l_1 - сумарну довжину дуг S_e зубців шестерень, які знаходяться в контакті з поверхнею корпусу насоса в перехідній зоні (див. рис. 3.1 а).

Тоді формула для визначення втрат рідини через радіальну щілину набуває вигляду:

$$Q_2 = \left(P_H \cdot \frac{\delta_p^3}{12\mu S_e Z_k} - \frac{\omega R}{2} \delta_p \right) \cdot b \quad (3.2)$$

де, Z_k - кількість зубців, що знаходяться в перехідній зоні між камерами нагнітання і всмоктування;

S_e - сумарна довжина дуг зубців шестірні, що знаходяться в зоні ущільнення, см.

В новому насосі величина радіального зазору між вершинами зубців шестерень та корпусом (так званий технологічний зазор) складає $\delta_p = 8,5 \cdot 10^{-3}$ см. В процесі експлуатації відбувається неминучий знос підшипників ковзання, і як

наслідок, зношування колодязів корпусу та вершин зубців шестерень. Величина радіального зазору при цьому може досягти значень $\delta_p = 0,025$ см.

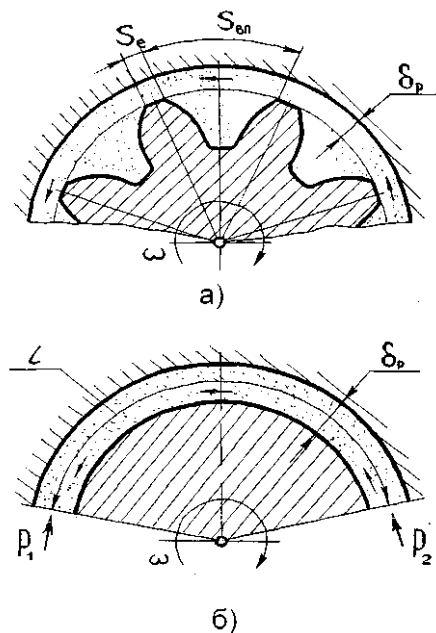


Рисунок 3.1 – Розрахункова схеми для визначення довжини радіального зазору

Порівняльні графіки втрат рідини визначені за формулами (3.1) та (3.2) наведені на рис. 3.2.

Об'єм рідини, що нагнітається насосом за один оберт до камери нагнітання визначений теоретично, складає:

$$Q_0 = 2\pi b \left[R_e^2 - r^2 - k \frac{t_0^2}{12} \right] \quad (3.3)$$

де R_e - радіус вершин зубців шестірні, см;

r - радіус початкового кола шестірні, см;

t_0 - основний крок зачеплення, см.

З умов на дефектування відомо, що насос відправляють до ремонту, якщо його об'ємна подача складає менше 80% від теоретичної подачі. Тобто, насос потребує ремонту вже при значенні величини об'ємної подачі (ОП) меншої за 25,195 см³/об. При цьому втрати рідини через різні спряження складатимуть: $Q=31,494 - 25,195 = 6,299$ см³/об.

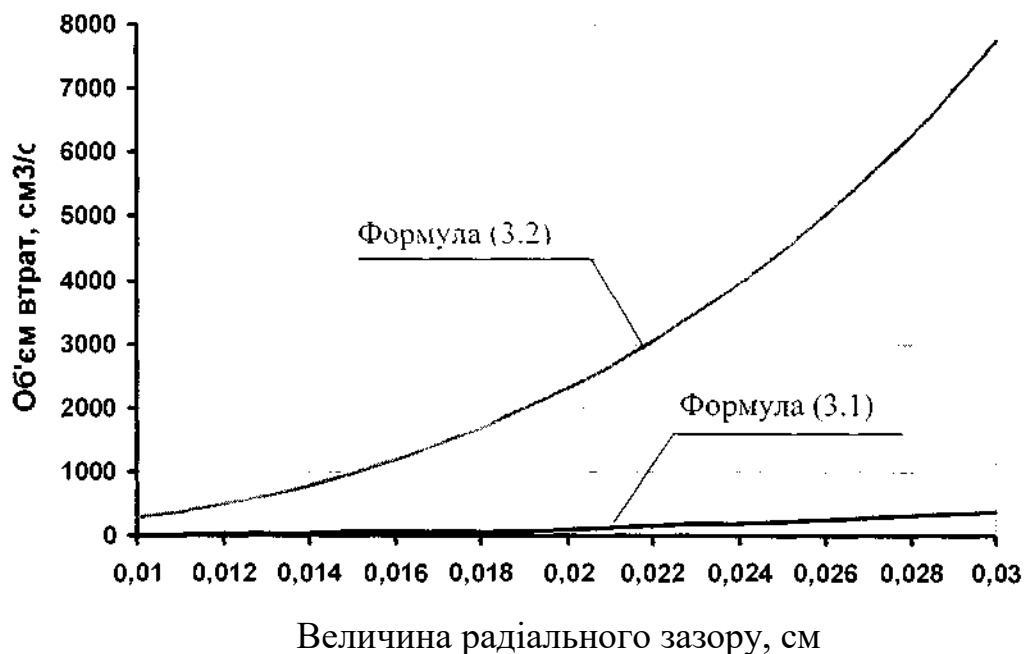


Рисунок 3.2 – Залежність об'ємних втрат робочої рідини через радіальний зазор між вершинами зубців шестерень та корпусом насоса, визначених за формулами (3.1) та (3.2)

Гранично допустиме значення величини радіального зазору, при якому ОП падає до критичної величини ($25,195 \text{ см}^3/\text{об}$), складає:

- при обчисленні за формулою (3.1) - 0,027 см;
- при обчисленні за формулою (3.2) - 0,009 см.

Зауважимо, що наведені результати величини критичних зазорів, розраховано за умови втрат рідини з камери нагнітання лише через радіальний зазор.

Порівнюючи вказані величини приходимо до висновку, що формула (3.2) не зовсім адекватно відображає залежність втрат робочої рідини через радіальну щілину. Вже при значенні зазору, який майже не відрізняється від технологічного, об'ємна подача насоса падає до значень, при яких насос потребує ремонту. Якщо ж врахувати втрати рідини через інші спряження, то стає зрозумілим, що похибка формули стає ще більшою. Пояснюється це

наступним. Згідно Т.М. Башті перетікання рідини відбувається тільки на ділянках між вершинами зубців та стінками корпусу насоса. Але при обертанні шестерень (див. рис.(3.1 а) їх западини заповнюються робочою рідиною під певним тиском, що дозволяє вважати об'єм рідини в між-зубцевій западині однорідним і розглядати тіло обертання не як зубчасте тіло, а як циліндричне, покрите шаром масла (молекули робочої рідини за рахунок міжмолекулярних сил взаємодіють з вершинами зубців (рис. 3.1 б) і утворюють на них шар рідини. При цьому розподіл швидкостей руху окремих шарів рідини в поперечному перерізі в зоні А буде таким самим, як і в зоні Б (див. рис. 3.3). А отже при визначенні об'єму рідини, що перетікає радіальним зазором доцільно брати всю довжину цього зазору, а не сумарну кількість довжин зубців шестерень, які знаходяться в перехідній зоні.

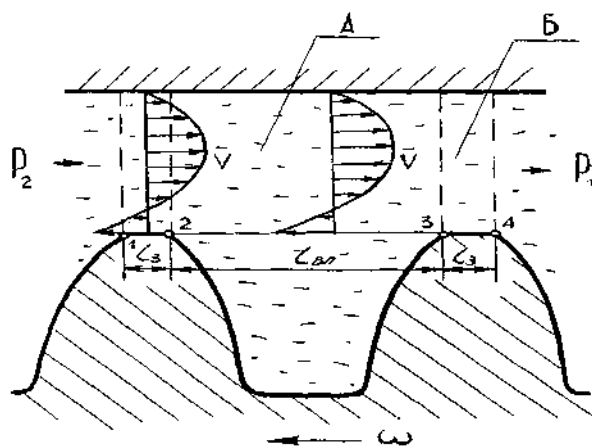


Рисунок 3.3 – Розподіл швидкостей робочої рідини, що перетікає радіальним зазором з камери нагнітання до камери всмоктування

Неточність формули (3.2) дає підстави для теоретичної перевірки можливості застосування формули (3.1).

Розглянемо більш детально процес, який відбувається в перехідній зоні між камерами нагнітання та всмоктування. На рис. 3.4. наведена схема руху рідини, розташованої між чотирма стінками: однією рухомою та трьома нерухомими.

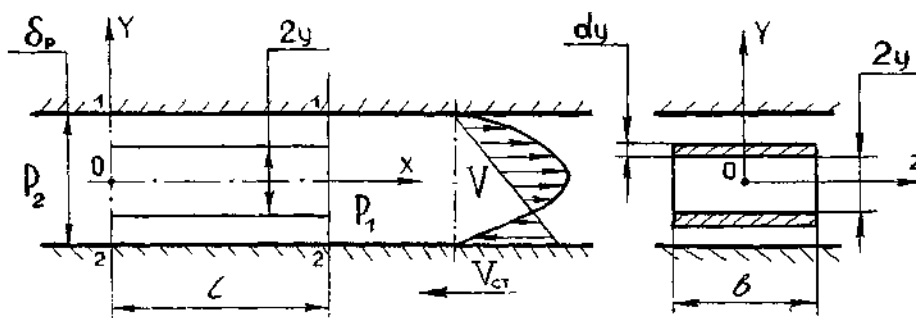


Рисунок 3.4 – Схема руху рідини в радіальному зазорі

Згідно роботи [5] при малій величині зазору, що мають місце в шестеренних насосах, рух рідини підкоряється умовам ламінарної течії. Розглянемо таку течію в зазорі між двома стінками, відстань між якими дорівнює 5 (рис. 3.4). Початок координат розташуємо в середині зазору, спрямувавши вісь Ox вздовж течії, а вісь Oy - по нормалі до стінок.

Візьмемо два нормальних поперечних перерізи потоку на відстані l один від одного і розглянемо потік одиничної ширини. Виділимо об'єм рідини у формі прямокутного паралелепіпеду, розташованого симетрично відносно осі Ox між вибраними поперечними перерізами потоку із розмірами сторін $l \times 2y \times b$.

Умовою рівномірного руху рідини виділеного об'єму вздовж осі Ox буде наступна:

$$yP_{TP} = -\mu \left(\frac{dv}{dy} \right) l \quad (3.4)$$

Знак «-» обумовлений протилежним напрямком градієнту швидкості і сил опору рідини.

Розподіл, швидкостей руху окремих шарів рідини за умови, що процес перетікання відбувається під дією перепаду тиску і протилежно рухомій стінці, описується рівнянням:

$$v = \frac{P_{TP}}{2\mu l} \cdot \left(\frac{\delta_p^2}{4} - y^2 \right) b - \left(\frac{1}{2} - \frac{y}{\delta_p} \right) \cdot ub \quad (3.5)$$

де $P_{TP} = P_n - P_{вс}$ - перепад тисків на вході та виході з насоса; Па;

δ_p - величина радіального зазору, см;

y - змінна величина радіального зазору. Елементарний об'єм втрат рідини дорівнює:

$$dQ = v \cdot 2dy \quad (3.6)$$

Підставляючи (3.5) у (3.6) маємо:

$$dQ = \left[\frac{P_{TP}}{2\mu l} \cdot \left(\frac{\delta_p^2}{4} - y^2 \right) b - \left(\frac{1}{2} - \frac{y}{\delta_p} \right) \cdot ub \right] \cdot 2 \cdot dy \quad (3.7)$$

Повний об'єм втрат рідини через зазор розмірами $1 \times 2 \times b$ визначаємо інтегруванням виразу (3.7):

$$Q = \frac{P_{TP}}{\mu l} \cdot b \cdot \int_0^{\delta_p} \left(\frac{\delta_p^2}{4} - y^2 \right) - \left(\frac{1}{2} - \frac{y}{\delta_p} \right) \cdot u \cdot dy \quad (3.8)$$

Після інтегрування остаточно одержуємо формулу:

$$Q = \left(P_H \cdot \frac{\delta_p^3 \cdot \omega \cdot R_e}{12\mu l} \right) \cdot b \quad (3.9)$$

де $P_H \cdot \frac{\delta_p^3}{12\mu l}$ - напірна складова;

$\omega \cdot \frac{\delta_p R_e}{4}$ фрикційна складова.

ω - кутова швидкість обертання шестерень; c^{-1} ;

R_e - радіус вершин зубців шестерень, см.

Порівнюючи (3.9) з формулою (3.1) бачимо, що вони відрізняються величиною фрикційної складової. Відзначимо також, що ця величина у 2 рази менша від аналогічної, наведеної у формулі (3.1), що впливає на визначення об'єму втрат робочої рідини, яка перетікає радіальним зазором.

Аналіз вищенаведеної залежності (3.9) показує, що на практиці величина об'єму втрат рідини через радіальний зазор, за виключенням величини цього зазору, залежить від величини в'язкості робочої рідини, яка під час роботи насоса може змінюватися (мається на увазі залежність в'язкості від температури). На рис. 3.5 наведено графічну залежність зміни об'єму втрат робочої рідини в залежності від в'язкості.

Так при зміні величини в'язкості від $\mu = 0,015 \dots 0,050 \text{ Па}$ об'ємні втрати визначені за формулою (3.9) зростають більше ніж у 2 рази, що свідчить про значний вплив розглянутого фактору на величину об'ємних втрат насоса через радіальний зазор при постійній величині цього зазору.

Нами розглянуто загальний випадок, коли зазор є постійною величиною. Але в реальному насосі зазор набуває ексцентричної форми під дією тиску рідини з боку камери нагнітання (в незношеному насосі за рахунок зміщення шестерень до стінок корпусу, ще більше підсилюючись в процесі експлуатації за рахунок зносу останніх).

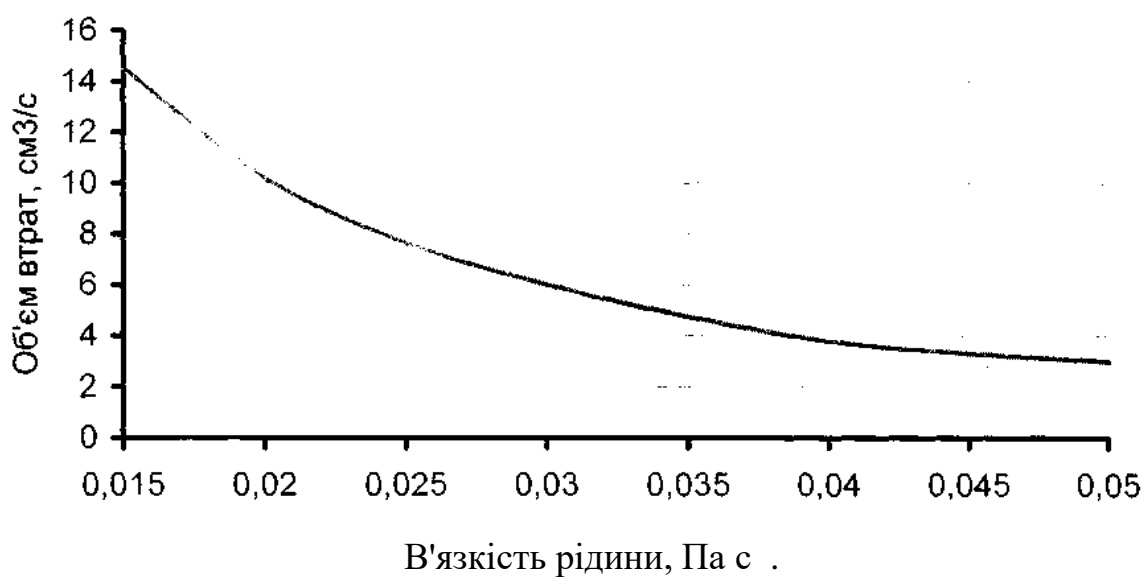


Рисунок 3.5 – Залежність об'єму втрат рідини від в'язкості

Це призводить до різкого зменшення величини зазору в одній точці і збільшення в інших, а отже більш точною моделлю втрат робочої рідини, що перетікає з камери нагнітання до камери всмоктування є модель наявності ексцентричної форми радіального зазору.

3.2. Висновки

1. Визначено вирішальний вплив величини і форми радіального зазору на об'єм втрат рідини з камери нагнітання.

2. Уточнено аналітичну залежність по визначенню втрат робочої рідини через радіальний зазор між вершинами зубців та стінками колодязю корпусу.

3. Отримано математичну залежність, яка дозволяє визначити характер зміни тиску в перехідній зоні між камерами нагнітання та всмоктування, в залежності від геометричних розмірів деталей насоса, властивостей робочої рідини та робочого процесу насоса.

4. РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

4.1. Результати дослідження спрацьованого стану деталей насоса

Відомо, що для встановлення ремонтних розмірів деталі та вибору способу відновлення робочої поверхні, необхідно знати не тільки її розміри, матеріал, технічні вимоги, а й величину зносу.

Найбільш відповідальним, як за навантаження на деталі насоса, так і за величини об'ємних втрат, є радіальний зазор. У зв'язку із цим виникла необхідність експериментально дослідити та проаналізувати величини зносів деталей, безпосередньо впливають на величину цього зазору.

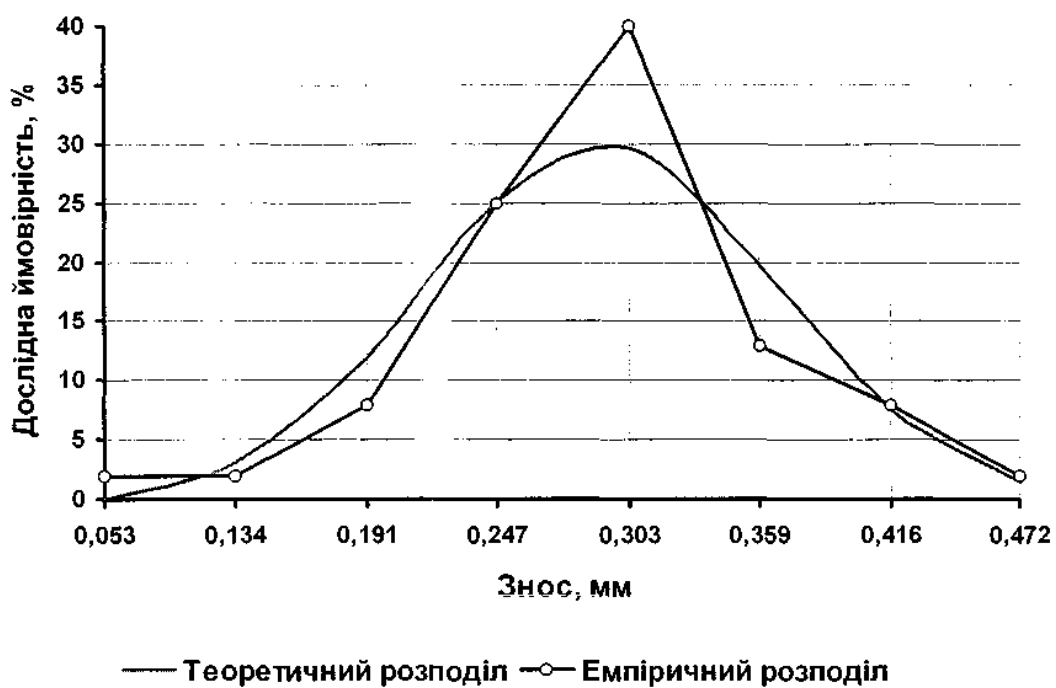
Як було зазначено в пункті 3.2, величину радіального зазору визначають корпус, шестірні та втулки насоса, які утворюють наступні спряження: «корпус - шестірня», «корпус - втулка», «втулка - цапфа шестірні». Характерною особливістю всіх перелічених деталей є нерівномірність розподілу зносів по окремих поверхнях згідно особливостей конструкції та характеру роботи насоса.

За наведеною методикою було проведено визначення величин зносів 50 деталей - для отримання достовірної картини спрацьованого стану насоса.

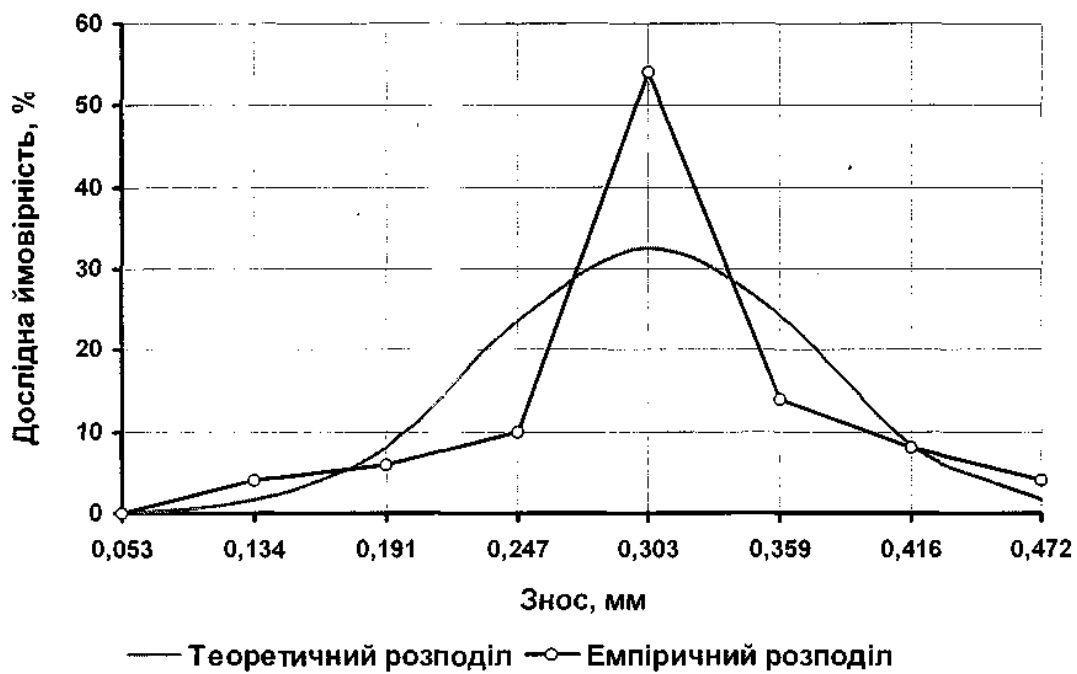
Залежності експериментально визначеного розподілу величин зносів колодязів корпусу з теоретично обчисленими, наведено на рис. 4.1. Дослідження проводилися з метою визначення величини радіального зазору між вершинами зубців та стінками корпусу ведучої та веденої шестерень, та величин зносів колодязів корпусів.

Аналіз графіків, наведених на рис 4.1. показав, що найбільша величина зносу спостерігається на поверхнях таких деталей:

- колодязь корпусу веденої шестірні з боку камери всмоктування;



а)



б)

Рисунок 4.1 – Криві розподілу зносів колодязя корпусу насоса в спряженнях з: а) ведучою шестірнею; б) веденою шестірнею.

- вершини зубців веденої шестірні;
- цапфа ведучої шестірні в місті спряження з верхньою втулкою;
- верхня втулка ведучої шестірні в місці спряження з цапфою;
- верхня втулка веденої шестірні в місці спряження з корпусом.

За результатами експериментального дослідження величини зносів було побудовано гістограму розподілу частоти виникнення радіального зазору між вершинами зубців шестерень та стінками корпусу (рис. 4.2).

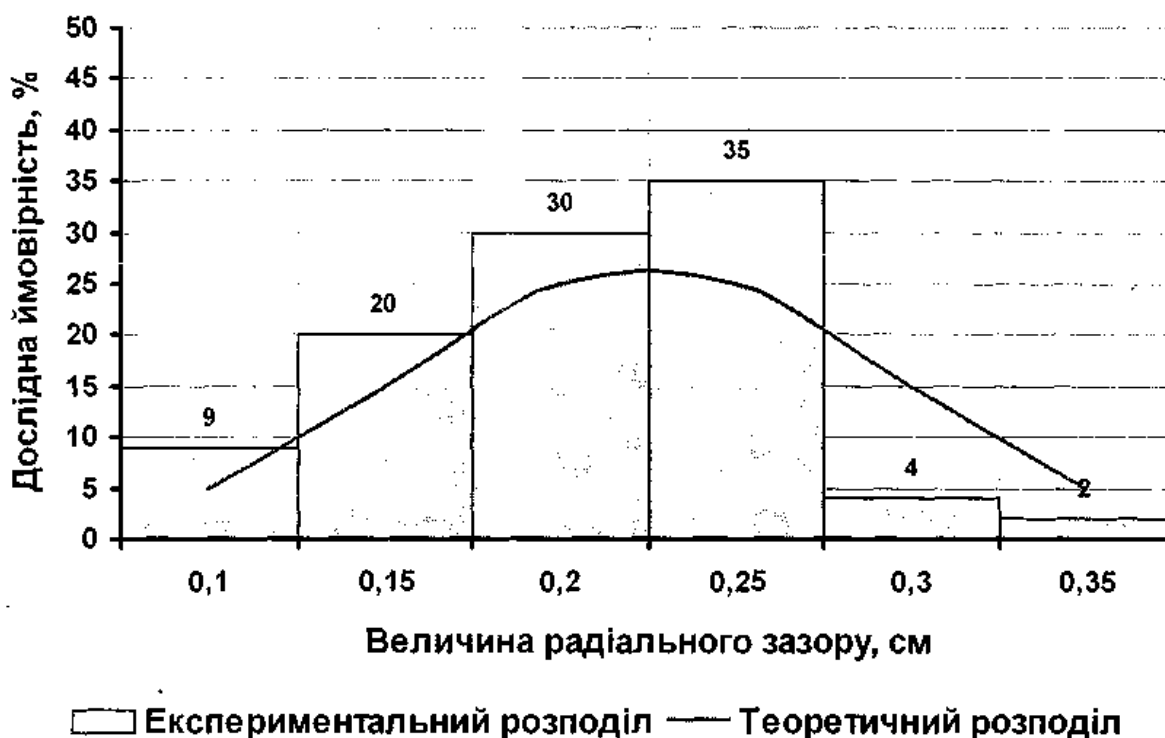


Рисунок 4.2 – Гістограма розподілу дослідної ймовірності виникнення радіального зазору за його величиною

Аналіз гістограми дає підстави стверджувати, що при зношуванні величини радіального зазору знаходяться в межах 0,1 - 0,35 мм, з найбільш поширеною величиною $5 = 0,25$ мм. Зауважимо, що стан спрацювання деталей визначався для насосів, які потрапили до ремонту вперше.

4.2. Експериментальне визначення об'єму втрат рідини через радіальний зазор

4.2.1. Визначення об'єму втрат через концентричний радіальний зазор

Експериментальні дослідження склалися з двох частин:

1. Згідно з методикою, розглянутою у пункті 2.2.2 були визначені об'єми втрат робочої рідини через концентричні радіальні зазори у спряженні «колодязь корпусу - циліндр» та «колодязь корпусу - шестірня» з метою визначення об'єму робочої рідини, що перетікає з камери нагнітання до камери всмоктування через радіальний зазор концентричної форми. Сконструйований пристрій, в якому імітувався процес перетікання рідини через зазор, утворений вершинами зубців та стінками корпусу, дозволяв визначити реальні величини втрат робочої рідини тільки через цей зазор, оскільки вплив зазорів інших спряжень було виключено.

Проведені експериментальні дослідження давали змогу оцінити ефективність застосування формул (3.2) та (3.6) при визначенні об'єму рідини, що втрачається з камери нагнітання через радіальний зазор.

При проведенні теоретичних розрахунків в'язкість робочої рідини вважали постійною і такою, що відповідала температурі 323-333 °К (стандартний температурний режим роботи насоса). При експериментальному визначенні об'єму втрат рідини через радіальний зазор для отримання достовірних результатів була проведена експериментальна оцінка величини в'язкості робочої рідини (масло М10В₂ ГОСТ 26191-84), з метою виключення впливу величини останньої на розбіжність результатів теоретичних та експериментальних досліджень.

В'язкість визначали при трьох значеннях температур: $t_1 = 298^\circ \text{ К}$ (початкова температура), $t_2 = 328^\circ \text{ К}$ (робоча температура) та $t_3 = 348^\circ \text{ К}$ (гранично допустима температура). За результатами визначення в'язкості

робочої рідини будували тарувальний графік (рис. 4.3), який дозволяв більш точно оцінити в'язкість масла в залежності від температури.

Виходячи з графіка (рис. 4.3) можна оцінити температуру масла при якій його в'язкість буде $\mu = 0,018 \text{ Па} \cdot \text{с}$. Ця температура складає $t = 338 \text{ С}$. А тому при експериментальному визначенні об'єму втрат робочої рідини через радіальний зазор, в ньому підтримували температуру $T_{\text{роб}} = 338 \pm 5^{\circ}$ в межах похибки $\Delta t = \pm 5^{\circ} \text{ К}$.

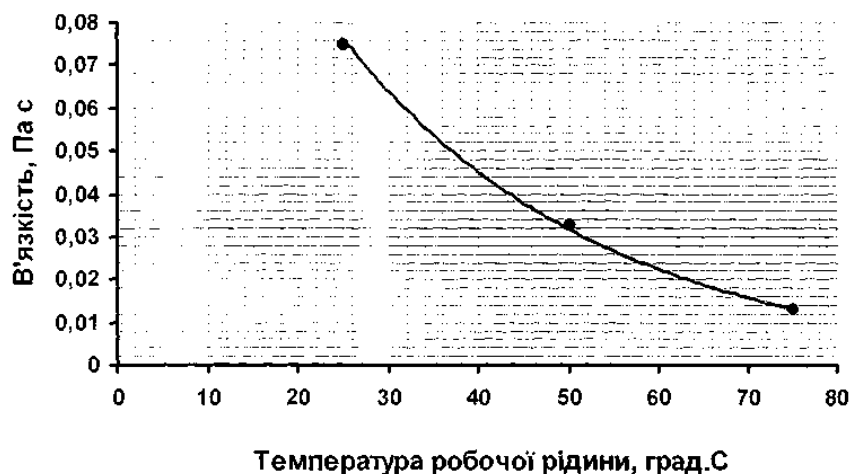


Рисунок 4.3 – Залежність в'язкості масла М10В₂ від температури

На першому етапі експериментальних досліджень, згідно з розробленою методикою було проведено визначення об'єму втрат робочої рідини через радіальний зазор, утворений різними спряженими поверхнями: «колодязь корпусу - циліндр» та «колодязь корпусу - шестірня». Результати проведення експерименту наведено в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Об'єм втрат робочої рідини через радіальний зазор в спряженнях «колодязь корпусу - циліндр» та «колодязь корпусу - шестірня»

№ п/п	Середня величина радіального зазору, см	Середній об'єм втрат в спряженні «корпус - циліндр» Q_2 , $\text{см}^3/\text{с}$	Середній об'єм втрат в спряженні «корпус - шестірня» Q_1 , $\text{см}^3/\text{с}$	Відновна зміна об'ємів втрат ΔQ , %
1	0,01	12,2	11,6	5,4
2	0,02	104,5	98,8	5,8
3	0,03	240,1	225,6	6,4

Аналіз даних свідчить про те, що при визначенні об'єму втрат рідини через радіальний зазор, за довжину цього зазору слід приймати всю довжину зони між камерами нагнітання та всмоктування. На всьому інтервалі зміни величини радіального зазору різниця між об'ємами втрат в спряженнях «корпус - циліндр» та «корпус - шестірня» не є суттєвою, і обмежена лише похибкою обробки експериментальних даних.

Пояснити це можливо так: під час обертання шестірні, її западини заповнюються робочою рідиною, яка знаходиться під певним тиском, що надає можливості розглядати шестірню як однорідне циліндричне тіло обертання.

На другому етапі експериментальних досліджень, згідно з розробленою методикою було проведено експериментальне визначення об'єму втрат робочої рідини з камери нагнітання до камери всмоктування через радіальний зазор між вершинами зубців шестірні та корпусом насоса. Результати експериментальних досліджень наведені в таблиці 4.2. Для порівняння експериментальних результатів з теоретичними на рис. 4.4 подані залежності втрат робочої рідини через радіальний зазор визначені теоретично та експериментально.

Таблиця 4.2 – Результати визначення об'ємів втрат через концентричний радіальний зазор

№ п/п	Величина зазору, см	Середній експериментальний об'єм втрат $Q_{\text{екс}}$, см ³ /с	Відносна зміна величини об'єму ΔQ , %
1	0,01	16,2	16
2	0,014	50,7	14
3	0,018	86,1	4
4	0,022	152,9	5
5	0,026	230,8	5
6	0,030	297,2	6

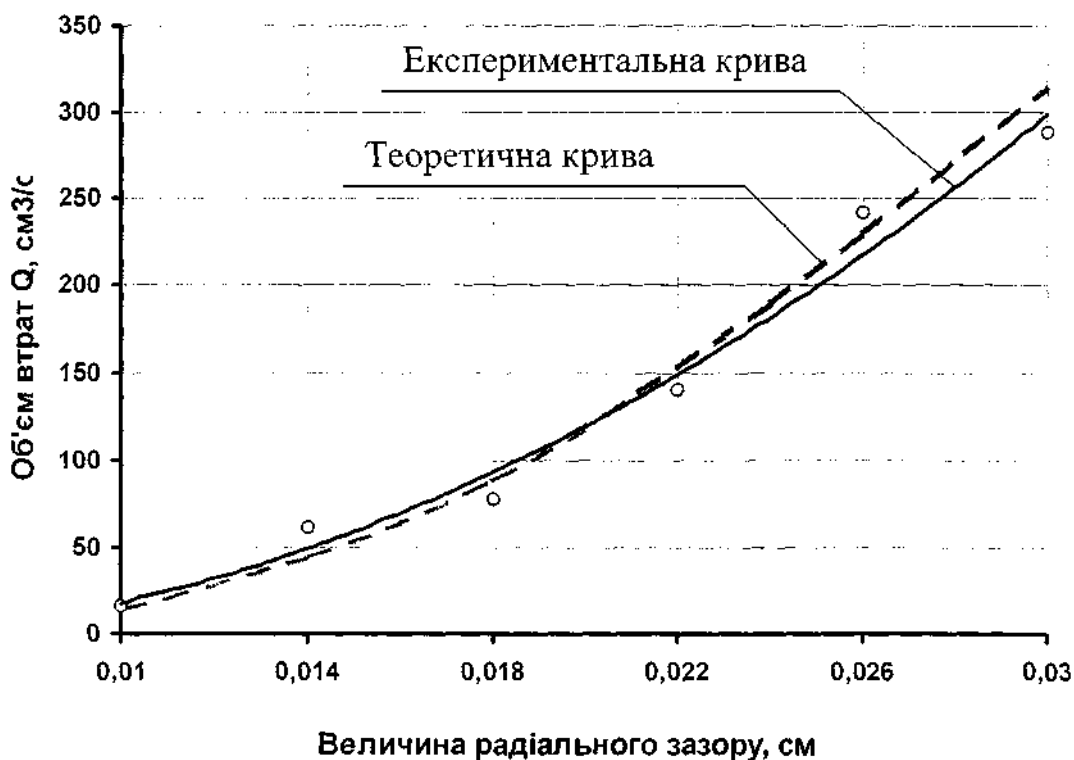


Рисунок 4.4 – Порівняльні залежності втрат робочої рідини через радіальний зазор, визначені теоретично та експериментально

Аналізуючи наведені на рис. 4.4 графічні залежності, бачимо, що різниця між значеннями втрат, визначених експериментальним шляхом і теоретичним шляхом, є невеликою. Досить помітна різниця (більше 15%) експериментально визначених величин втрат над теоретичними при малих величинах зазору пояснюється наближеннями змодельованого процесу перетікання рідини у розробленому пристрої.

Таку формулі доданок $-\frac{\omega R}{4} \delta_{p,exp}$ визначає об'єм рідини, що переноситься з камери всмоктування до камери нагнітання при обертанні шестерень. При малих величинах радіального зазору, порядку 0,08 - 0,15 мм величина цього доданку є досить вагомою величиною і складає до 10% напірної складової. В розробленому пристрою, з метою виключення втрат робочої рідини через інші (крім радіального) зазори величиною фрикційних втрат було знехтувано. В середньому, за підрахунками, відносна похибка знаходиться в межах $\Delta Q = 10\%$.

4.3 Технологічний процес ремонту насосів НШ32-У методом зменшених ремонтних розмірів

Технологічний процес ремонту гідронасосів складається з комплексу операцій, частина яких виконується в певній технологічній послідовності, а частина паралельно. Найбільша тривалість операцій, що виконуються послідовно, носить назву критичного шляху і визначає тривалість знаходження насосів в ремонті. Збільшення часу виконання будь-якої критичної операції веде до відстрочення всього комплексу робіт, а це беззаперечно впливає на техніко-економічну ефективність ремонту.

Аналіз даних дає підстави стверджувати, що «критичною деталлю» є корпус гідронасоса, а «критичними операціями» - операції, на яких в тому чи іншому стані перебуває корпус.

Метою запропонованого технологічного процесу ремонту є підвищення ефективності ремонту насосів НШ32-У методом зменшених ремонтних розмірів. Це забезпечується:

- зменшенням собівартості ремонту насосів, що досягається скороченням довжини «критичного шляху» ремонту корпусів, за рахунок застосування маловитратної технології розточування окремих ділянок та можливості повторного їх використання;
- збільшенням довговічності відремонтованих насосів, за рахунок зменшення питомих навантажень на ротори насоса, що позитивно впливає не тільки на надійність підшипників ковзання, а й на зменшення зносів спряжених деталей насоса та підвищення КОП.

Технологічний процес ремонту насосів типу НШ-У у вигляді блок-схеми наведено на рис. 4.5.

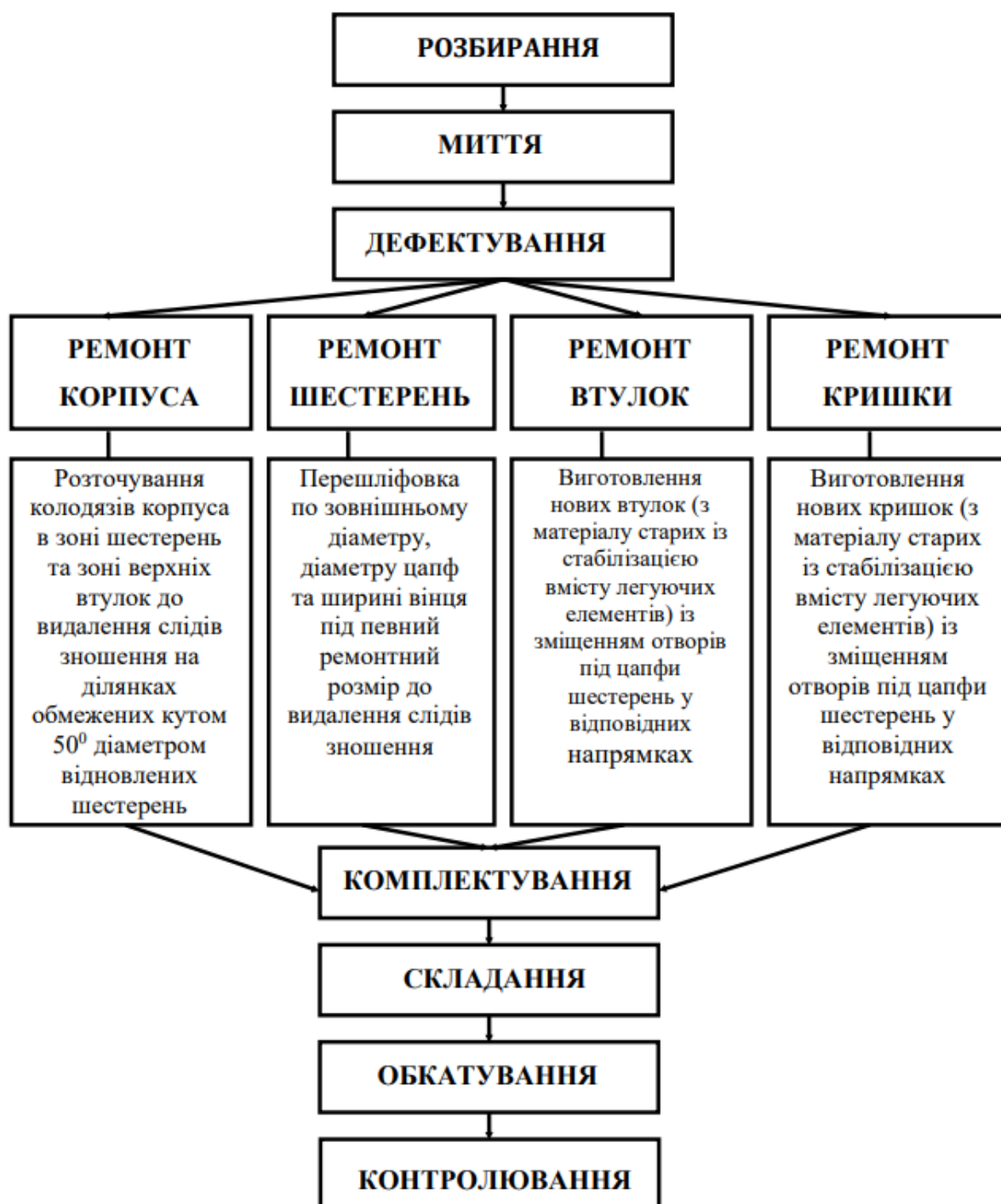


Рисунок 4.5 – Блок-схема технологічного процесу ремонту шестеренних насосів типу НШ-У за запропонованою технологією

Після розбирання і миття деталі насоса потрапляють на дефектування. Дефектування шестерень здійснюють за величиною зносу за зовнішнім діаметром та шириною вінця.

Технологія відновлення шестерень полягає в шліфуванні їх за трьома поверхнями: за зовнішнім діаметром вершин зубців, діаметром цапф та шириною вінця. Ремонтні розміри шестерень в залежності від категорії ремонту наведено в таблиці 4.3.

Таблиця 4.3. Ремонтні розміри шестерень

Категорія ремонту	Зовнішній діаметр вершин зубців, мм	Діаметр цапф, мм	Ширина вінця, мм
Розмір за кресленням	$55_{-0.145}^{-0.080}$	$26_{-0.095}^{-0.080}$	$22^{+0,45}$
P ₁	$54,0_{-0,02}$	$25,8_{+0,005}^{+0,020}$	$21,8_{-0,004}$
P ₂	$54,6_{-0,02}$	$25,7_{+0,005}^{+0,020}$	$21_{-0,04}$
P ₃	$54,4_{-0,02}$	$25,6_{+0,005}^{+0,020}$	$21,5_{-0,004}$

Згідно з проведеними теоретичним розрахункам відновлення корпусів, із зносами до 0,3 мм, можливе розточування окремих ділянок колодязів в зоні розташування шестерень. Глибина розточування визначається категорією шестерень за зовнішнім діаметром, необхідністю видалення зношеного шару та мінімально потрібним кутом розточування, який складає 50°.

Основним критерієм, який було застосовано до відновленого зубчатого зачеплення ведучої та веденої шестерень - збереження коефіцієнту перекриття зубчастого зачеплення в межах $1 < \epsilon < 1,2$, що пов'язано із особливостями конструктивної схеми насосів даного типу. Так коефіцієнт перекриття обумовлює тривалість знаходження зубців шестерень у зачепленні. Збільшення коефіцієнту перекриття $\epsilon > 1,2$ призводить до різкого збільшення навантажень на ротори за рахунок збільшення тиску в запертому об'ємі. Зменшення ж $\epsilon < 1,0$ приводить до збільшення втрат робочої рідини з камери нагнітання до камери всмоктування через міжзубцеве спряження, і тим самим значно знижує ОП та КОП насоса.

Всього розточуванням може бути відновлено 60% корпусів, що потрапили до ремонту. Крім того, запропонована технологія ремонту насоса включає технологію відновлення шестерень, яка не відрізняється від тієї, що застосовується на ремонтних підприємствах. Відновлення ж корпусів може відбуватися за декількома технологіями, тому всі шестерні, відновлені шліфуванням під зменшений ремонтний розмір, можуть бути забезпечені відновленими корпусами, що різко знижує собівартість ремонту насосів. Для шестерень, що відновлюються під номінальний ремонтний розмір, корпуса можуть бути відновлені обтискуванням або відливанням.

Особливістю відновлення втулок є те, що вони зношуються майже по всіх поверхнях. Найбільш розповсюдженими технологіями відновлення втулок є метод їх переплавлення та відливання нових, а також метод пластичного деформування.

Запропонована технологія ремонту насосів передбачає зміщення і фіксацію шестерень у відповідних зонах, що забезпечується за рахунок виготовлення втулок із зміщеними отворами під цапфи шестерень. Крім того, зменшення ширини вінця шестерні потребує застосування збільшених за довжиною втулок. Тому втулки пропонується виготовляти заново, а потім розточувати отвір під цапфи шестерень враховуючи величини показників категорії шестерень - зовнішнього діаметру верхівок зубців, ширини вінця та діаметру цапф шестерень.

Технологія ремонту кришок передбачає виготовлення нових з матеріалу старих з контролюванням вмісту легуючих елементів. Отвори під втулки виготовляються із зміщенням в певних напрямках.

Після відновлення деталі насосів направляються на складання. Перед складанням деталі насоса проходять комплектацію, де вони підбираються за відповідними розмірними групами.

Після складання насоси потрапляють на обкатування та випробування, які є невід'ємною частиною технологічного процесу ремонту насосів. Після об-

катування відбувається контролювання об'ємної подачі та коефіцієнта об'ємної подачі відремонтованих насосів.

4.4 Висновки

1. Експериментальні дослідження по визначенню об'ємів втрат робочої рідини через радіальний зазор між верхівками зубців шестерень та стінками колодязів корпусу насоса підтверджують теоретичні висновки, щодо вирішального впливу величини і форми радіального зазору на об'ємні втрати через цей зазор.

2. Розбіжність між експериментально отриманими і теоретично розрахованими величинами об'ємів рідини, яка перетікає радіальним зазором, складає не більше 10% і обумовлена недосконалістю застосованої методики обробки експериментальних даних.

5. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

Ремонтне виробництво є особливо несприятливим з точки зору техніки безпеки, пожежної безпеки та виробничої санітарії. Це обумовлено тим, що техніка, яка надходить в виробництво є забруднена речовинами, шкідливими для здоров'я людини, горючими матеріалами, а пошкоджені деталі можуть бути причиною травмування. Специфікою ремонтного виробництва є також те, що робітники постійно працюють з різними об'єктами ремонту і виконують різні операції, їх робочі місця, як правило, не є постійними. Дані фактори негативно впливають на умови праці, поліпшення яких є одним із резервів росту її продуктивності та економічної ефективності виробництва, а також подальшого покращення соціального стану і здоров'я працівників.

Проблема поліпшення умов праці безпосередньо пов'язана з санітарно-побутовими умовами, режимом роботи і медичним обслуговуванням працівників, організацією відпочинку, харчування та інших факторів.

Збитків, яких сьогодні завдає виробничий травматизм і професійні захворювання на виробництві, можна позбутися за рахунок розробки спеціальних заходів додержання вимог трудового законодавства, спеціальних нормативних та інших документів, а також впровадження в виробництво найновіших досягнень науки і передового досвіду з охорони праці.

5.1. Вимоги безпеки до території приміщень, обладнання і виробничих процесів ремонтних майстерень

Територія ремонтних майстерень повинна відповідати технологічному процесу ремонтного виробництва та вимогам санітарних норм проектування. Поверхня має бути вирівняна і спланована так, щоб забезпечити відведення стічних вод до водостоків від будівель, майданчиків, проїздів та пішохідних доріжок. Ширина дороги для руху техніки і пішохідні доріжки до майстерні, допоміжних та інших приміщень при односторонньому русі повинна бути на

1,8 м., а при двобічному – на 2,7 м. більша за ширину сільськогосподарської машини. Ширина пішохідної доріжки має бути не менше 1,5 м.

Майданчики для зберігання автомобілів, тракторів, комбайнів та іншої сільськогосподарської техніки повинні бути рівними, з твердим покриттям (асфальт, бетон та ін.).

Виробничі процеси, які супроводжуються забрудненням робочої зони шкідливими речовинами (отруйні гази, пари, пил), треба проводити в окремих приміщеннях, обладнаних вентиляцією.

Підлога в приміщеннях цехів повинна бути щільною, з твердим покриттям, зручним для очищення та ремонту. В приміщеннях, де користуються водою, підлогу влаштовують із похилом до стоку. На оглядових ямах та естакадах треба встановлювати напрямні для колес автомобілів і тракторів, а також обладнувати з двох боків сходи для спуску в ями. На естакадах по всій довжині мають бути поручні висотою не менш як 1 м.

Усі зовнішні входи та виходи, в'їзди у виробничі приміщення обладнують тамбурами для запобігання протягам і тепловими завісами.

Дахи та карнизи будівель у зимовий час треба регулярно очищати від снігу та льоду. Проходи між стелажми, полицями, шафами у складських приміщеннях повинні бути завширшки не менше 1 м.

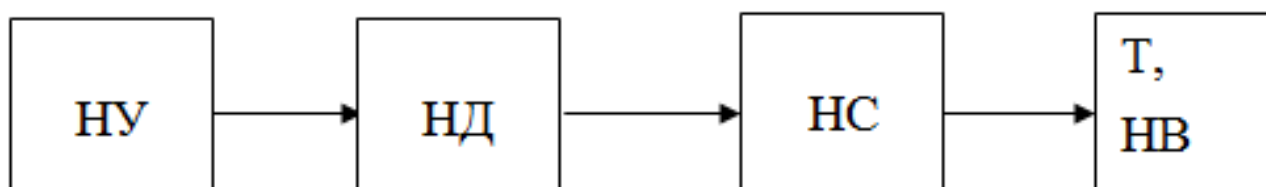
Верстати й обладнання повинні відповідати вимогам: ДСТУ 12.2.003:2004, ДСТУ 12.2.009:2004, а при роботі на верстатах слід керуватися ДСТУ 12.3.025:2004 та правилами техніки безпеки і виробничої санітарії при холодній обробці металів.

5.2. Аналіз робочих місць за критеріями безпеки праці

В теперішній час сільськогосподарське виробництво розпоряджається добре обладнаними стаціонарними і пересувними агрегатами технічного обслуговування і ремонту машинно-тракторного парку. І тому від обслуговуючого персоналу вимагається чітке знання упорядкування

обладнання, пристосовувань і суворого виконання техніки безпеки на довіреній йому ділянці роботи.

При дослідженні робочих місць по критеріях безпеки можна провести загальну схему послідовності можливих ситуацій з моменту виникнення небезпечної умови до появи травми чи захворювання.



НУ – небезпечна умова;

НД – небезпечна дія;

НС – небезпечна ситуація;

Т,НВ – травма, небезпечний випадок.

З приведеної вище схеми ми бачимо, що небезпечна умова і небезпечна дія можуть викликати незалежно одна від другої небезпечну ситуацію, що може привести до небезпечного випадку чи травми. Виникнення тих чи інших небезпечних випадків залежить від характеру технологічних процесів, конструкції, пристосовувань, інструменту.

5.3. Дослідження небезпечних виробничих факторів

Нанесення травм людині в умовах виробництва зумовлено наявністю фізичних і хімічних виробничих факторів. Для дії небезпечного виробничого фактору на працюючого в певних умовах призводить до травми, для забезпечення безпечних умов праці в ремонтній майстерні планується ряд заходів. Насамперед досліджуються небезпечні виробничі фактори, які можуть виникнути на кожному робочому місці, прикладом можуть бути незахищені рухомі частини машин, відкриті струмопровідні елементи обладнання, рухома техніка. На основі цих досліджень проводиться ряд заходів для безпечних умов праці працюючих.

Робочі місця обладнуються плакатами і стендами по техніці безпеки, у відповідні строки проводиться інструктаж.

Складовою частиною безпечних умов на робочих місцях є правильна освітленість, вентиляція, оснащеність робочого місця засобами пожежогасіння, пониженість шуму. Заходи, на покращення умов праці в ремонтній майстерні розподіляються за видами небезпек.

5.3.1. Електробезпека

Недоступність струмопровідних частин обладнання досягається спеціальними огороженнями, встановлення їх на недоступній для людей висоті і застосуванням блокувальних пристроїв. Небезпека дотикання до струмопровідних частин досягається надійною ізоляцією. Для індивідуального захисту працюючих від ураження електричним струмом, дії електричної дуги і електромагнітного поля використовують електрозахисні засоби (ізолюючі шланги, кліщі, ізолюючі рукавиці, гумові калоші, гумові килимки, покажчики напруги).

5.3.2. Пожежна безпека

Робочі місця ремонтної майстерні оснащуються первинними засобами пожежогасіння, біля зварювальних установок, на складах встановлюють іскрозахисні пристрої. Пожежонебезпечні речовини зберігають на спеціальних складах в спеціальній тарі.

5.4 Безпека в надзвичайних ситуаціях

Об'єкти господарської діяльності (народного господарства) – це виробничі підприємства (державні і приватні), організації, установи, навчальні заклади та ін., де найбільш повно вирішується весь обсяг завдань ЦО з питань проведення заходів щодо зменшення ризику виникнення НС і захисту працівників та інших невідкладних робіт в разі їх виникнення.

Цивільна оборона на об'єктах організовується з метою попередньої підготовки до захисту працівників і членів їх сімей в надзвичайних ситуаціях мирного і воєнного часу, здійснення заходів щодо підвищення стійкості роботи об'єкта та своєчасне створення умов для проведення рятувальних і інших невідкладних робіт.

Метою цивільної оборони є [9,13,27]:

- створення надійних гарантій безпечної життєдіяльності населення, техногенної та технологічної безпеки, забезпечення безаварійної роботи на об'єктах підвищеної небезпеки, досягнення високих норм стандартів захисту населення і територій від НС природного, техногенного та воєнного характеру;
- підтримка та сприяння реалізації спільних міжнародних проектів з питань цивільного захисту населення і територій, постійний розвиток і вдосконалення відповідної нормативно-правової бази.

Спеціалізовані формування цивільної оборони – це складова частина сил цивільної оборони, що призначена для виконання специфічних робіт, пов'язаних з радіаційною та хімічною небезпекою, значними руйнуваннями внаслідок землетрусу, аварійними ситуаціями на нафтогазодобувних промислах, проведення попереджувальних та профілактичних заходів, у тому числі і поза межами України.

Спеціалізовані формування утворюються в залежності від рівня підпорядкування: центрального підпорядкування – центральним органом виконавчої влади з питань надзвичайних ситуацій та у справах захисту населення від наслідків Чорнобильської катастрофи (далі орган з питань НС та ЦНЗ); територіального – місцевою державною адміністрацією, об'єктового – адміністрацією підприємства, установи, організації.

Спеціалізовані формування виконують [9,13,27]:

- рятувальні, аварійні та евакуаційні роботи в осередку ураження і надання медичної допомоги потерпілим безпосередньо на робочому місці або під час евакуації;

- роботи щодо запобігання надзвичайним ситуаціям;
- виробництво, ремонт і технічне обслуговування дихальних апаратів, контрольних приладів, засобів аварійного зв'язку, іншого обладнання для боротьби з наслідками надзвичайних ситуацій.

За окремими договорами спеціалізовані формування:

- виконують роботи неаварійного характеру, спрямовані на посилення протиаварійного захисту потенційно небезпечних об'єктів;
- здійснюють підготовку персоналу потенційно небезпечних об'єктів до дій у надзвичайних ситуаціях;
- виконують завдання гуманітарної та інших видів допомоги, визначених Женевськими конвенціями про захист жертв війни та цивільного населення.

Для реалізації покладених завдань спеціалізовані формування мають у своєму складі оперативні та допоміжні підрозділи, науково-дослідні організації, підприємства.

Структуру оперативних підрозділів, їхній штат і чисельність затверджує, виходячи з рівня управління, відповідний орган державної виконавчої влади, адміністрація підприємства, установи, організації.

Комплектування спеціалізованих формувань ЦО здійснюється за контрактом з числа фахівців, які мають досвід роботи з ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій.

Невоєнізовані формування цивільної оборони – це складова частина сил цивільної оборони, які утворюються на воєнний час в областях, містах, районах, а також на підприємствах, що будуть продовжувати свою виробничу діяльність під час війни, а на мирний час – для проведення рятувальних і інших невідкладних робіт в осередках ураження.

За підпорядкованістю всі невоєнізовані формування ЦО поділяються на територіальні та об'єктові, а за призначенням – на формування загального призначення і формування спеціалізованих служб ЦО.

Територіальні формування утворюються в областях, містах, міських і

сільських районах та підпорядковуються відповідному начальнику ЦО (області, міста, району). Вони залучаються до виконання завдань ЦО при виникненні надзвичайних ситуацій на найбільш важливих об'єктах.

Об'єктові формування утворюються на об'єктах народного господарства, які продовжують свою діяльність в умовах НС, і виконують рятувальні і інші невідкладні роботи на своїх об'єктах.

Формування загального призначення залучаються до проведення рятувальних і інших невідкладних робіт в осередках ураження. До них відносяться[9,13,27]:

- збірні загони (команди, групи);
- збірні загони (команди, групи) механізації робіт;
- рятувальні загони (команди, групи).

Формування спеціалізованих служб ЦО створюються для виконання спеціальних заходів під час проведення рятувальних і інших невідкладних робіт (розвідка, надання медичної допомоги, локалізація і гасіння пожеж, проведення заходів радіаційного і хімічного захисту, ведення аварійно-технічних робіт, забезпечення охорони громадського порядку тощо).

До невоєнізованих формувань цивільної оборони зараховуються працездатні громадяни України (за винятком жінок, які мають дітей віком до 8 років, жінок із середньою та вищою медичною освітою, які мають дітей віком до 3 років, та осіб, які мають мобілізаційні приписи). Зарахування до невоєнізованих формувань не звільняє від основної діяльності.

На цивільну оборону об'єкта покладені такі основні обов'язки:

- оповіщення працівників та членів їх сімей при загрозі виникнення стихійного лиха, катастроф чи воєнних дій;
- забезпечення захисними спорудами працюючої зміни, підтримка в стані постійної готовності захисних споруд ЦО;
- проведення заходів, щодо забезпечення стійкості роботи об'єкта в мирний та воєнний час;

- створення, підготовка і підтримка в постійній готовності сил ЦО об'єкта.

Начальником ЦО об'єкта є його керівник (рис.5.1). Він несе повну відповідальність за забезпечення захисту виробничого персоналу, а на небезпечних об'єктах і населення, яке проживає в небезпечній зоні об'єкта; постійну готовність органів управління, сил і засобів проведення рятувальних та інших невідкладних робіт. Начальник ЦО об'єкта підпорядковується відповідним посадовим особам відомства, у підпорядкуванні якого знаходиться об'єкт, а в оперативному відношенні начальнику ЦО державного органу.

Обов'язками начальника цивільної оборони об'єкта є[9,13,27]:

- організація ЦО та повсякденне керівництво нею;
- організація роботи комісій, що забезпечують цивільний захист особового складу об'єкта;
- організація забезпечення евакуації і розосередження робітників і службовців та членів їх сімей у надзвичайних ситуаціях мирного і воєнного часу;
- забезпечення сховищами працюючої зміни, підтримка в стані постійної готовності захисних споруд ЦО;
- проведення заходів, що забезпечують стійкість роботи об'єкта в мирний та воєнний час;
- створення, підготовка і підтримка в постійній готовності сил ЦО об'єкта;
- організація стійкого управління, зв'язку та оповіщення, керівництво розробкою плану ЦО об'єкта;
- організація навчання особового складу об'єкта та населення, яке проживає в межах зони небезпечного об'єкта;
- керівництво аварійно-рятувальними та іншими невідкладними роботами на об'єкті;

На великих об'єктах призначаються:

- заступник начальника ЦО об'єкта по евакуації і розосередженню робітників та службовців;

- заступник по інженерно-технічній частині.

На всіх об'єктах створюється штаб ЦО, який комплектується з штатних працівників та посадових осіб об'єкта.

Завдання штабів цивільної оборони:

- розробка і своєчасне коригування плану дій органів управління, сил щодо попередження і ліквідації НС;

- підтримання в постійній готовності формувань ЦО до виконання завдань в осередках масового ураження людей, зонах стихійного лиха, аварій і катастроф;

- організація розвідки;

- забезпечення надійного зв'язку з галузевими та територіальними органами управління в системі ЦО;

- розгортання пунктів управління, їх переміщення і охорона;

- забезпечення діяльності сил ЦО, які знаходяться у зонах виникнення надзвичайних ситуаціях.

Для підготовки та проведення аварійно-рятувальних і інших невідкладних робіт на об'єктах, що мають відповідну базу, створюються базові служби цивільної оборони: оповіщення та зв'язку, матеріально-технічного забезпечення, охорони громадського порядку, сховищ та укриттів, аварійно-технічна, транспортна, медична, протирадіаційного та протихімічного захисту. В залежності від специфіки об'єкта і наявності бази можуть створюватись і інші служби ЦО (захисту продовольства, води і т. ін.).

Служба оповіщення та зв'язку створюється на базі вузлів (об'єктів) зв'язку. В обов'язки служби входить: оповіщення керівного, командно-начальницького складу, працівників об'єкта і населення, що проживає поблизу об'єкта про загрозу та виникнення аварій, катастроф та стихійного лиха чи надзвичайних ситуацій воєнного характеру; організація зв'язку і підтримання

його у постійній готовності; ліквідація наслідків аварійних ситуацій на об'єктах зв'язку та в осередках ураження.

Служба матеріально-технічного забезпечення створюється на базі відділу матеріально-технічного забезпечення об'єкта. На неї покладається розробка плану матеріального і технічного забезпечення, повне та своєчасне забезпечення формувань всіма засобами оснащення, організація ремонту техніки і різного майна, підвіз його дільниць робіт, зберігання і облік, забезпечення продовольством, предметами першої необхідності робітників та службовців на об'єктах та в місцях розосередження.

Служба охорони громадського порядку створюється на базі підрозділів відомчої охорони. На неї покладається забезпечення надійної охорони об'єкта, громадського порядку при аваріях, катастрофах, стихійному лихові, при загрозі воєнних дій та під час проведення рятувальних робіт, допомога по своєчасному укриттю працюючих за сигналами ЦО, контролювання режиму світломаскування.

Служба сховищ та укриттів організовується на базі відділу капітального будівництва, житлово-комунального відділу, будівельного цеху. На неї покладається проведення розрахунків сховищ для робітників, службовців і членів їх сімей, забезпечення готовності сховищ та контролювання відповідної їх експлуатації, організація будівництва сховищ найпростішого типу, забезпечення своєчасного заповнення сховищ за сигналами ЦО, участь у рятувальних роботах при завалах сховищ.

Аварійно-технічна служба створюється на базі виробничо-технічного відділу або відділу головного механіка. Ця служба розробляє і здійснює попереджувальні заходи, що підвищують стійкість основних споруд, спеціальних інженерних мереж та комунікацій в надзвичайних ситуаціях, здійснює роботи з локалізації та ліквідації аварій на мережах та комунікаціях об'єкта, спорудах, розбирає завали і рятує людей.

Транспортна служба організовується на базі транспортних відділів,

цехів, гаражів об'єкта. Вона розробляє і здійснює заходи по забезпеченню перевезень, пов'язаних з евакуацією, розосередженням робітників і службовців та доставкою їх до місця роботи, організовує підвезення сил і засобів до осередків ураження, пристосовує транспорт для перевезення робітників і службовців, евакуації уражених, проводить роботи по знезараженню транспорту.

Медична служба організовується на базі медичних пунктів, санітарних частин, поліклінік. На неї покладається забезпечення постійної готовності медичних формувань, організація і проведення санітарно-гігієнічних та профілактичних заходів, надання медичної допомоги потерпілим та евакуація їх у лікувальні установи, здійснення заходів санітарної обробки уражених, медичне забезпечення робітників та службовців і членів їх сімей в місцях розосередження.

Служба протирадіаційного і протихімічного захисту організовується на базі хімічних лабораторій та цехів. На неї покладається розробка і здійснення заходів щодо захисту робітників і службовців, джерел водозабезпечення, харчувальних блоків, складів продовольства від радіоактивних та хімічних речовин, організація та підготовка протирадіаційних, протихімічних формувань, контролювання стану індивідуальних та колективних засобів захисту і спеціальної техніки; організація радіаційного і хімічного спостереження та здійснення дозиметричного контролю за опроміненням особового складу.

Начальниками служб призначаються керівники підрозділів, відділів, лабораторій, на базі яких розгортається служба.

Для досягнення злагодженості в роботі керівного та командно-начальницького складу, формувань, робітників та службовців об'єкта в цілому при виконанні заходів щодо запобігання і реагування на надзвичайні ситуації техногенного та природного характеру, відновлення життєдіяльності об'єкта та ведення заходів з ЦО, проводяться об'єктові тренування [9,13,27].

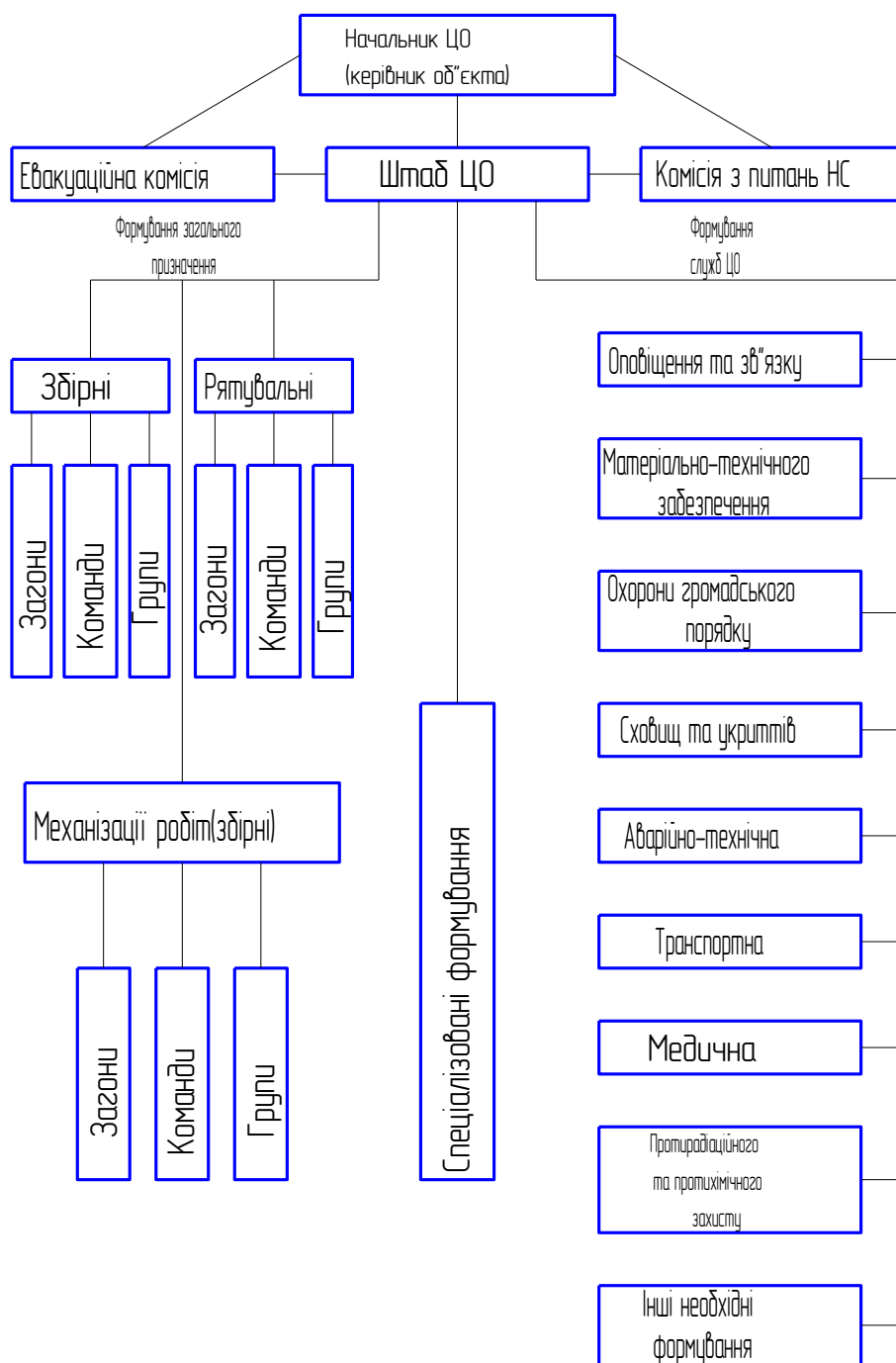


Рисунок 5.1 – Організаційна структура цивільної оборони на об'єкті

Організація структури цивільної оборони має велике значення. Організовується структура цивільної оборони для запобігання випадків виникнення надзвичайних ситуацій, запобігання матеріальних збитків, для уникнення ураження людей, а якщо ураження було – запобігання його розповсюдження на найближчі райони.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Вивчення спрацьованого стану деталей насоса показало:

- майже всі деталі насоса мають нерівномірний характер зносів, який в основному обумовлюється відповідним характером навантаження цих деталей;
- величини зносів поверхонь веденої шестірні та спряжених з нею поверхонь втулок та корпусу в 1,2-1,5 разів більші за зноси поверхонь ведучої шестірні та поверхонь спряжених з нею деталей.

2. Теоретичні дослідження дозволили отримати аналітичні залежності для:

- визначення втрат робочої рідини через радіальний зазор між вершинами зубців та стінками колодязів корпусу;
- визначення характеру розподілу тиску в перехідній зоні між камерами нагнітання та всмоктування в залежності від властивостей робочої рідини, конструктивних особливостей насоса та режимів його роботи;

Аналіз проведених теоретичних досліджень дозволив визначити оптимальні положення шестерень в колодязях корпусу при ремонті, при яких відбувається розвантаження підшипників веденої шестірні та вирівнювання навантажень на обох шестернях.

3. На основі проведених досліджень запропонована ресурсозберігаюча технологія ремонту насосів НШ-У (на прикладі насоса НШ32-У) шляхом розточування колодязів корпусів на окремих ділянках обмежених кутом 50° та зміщення перешліфованих під ремонтний розмір шестерень у визначених в роботі напрямках.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Pump Life Cycle Costs: A Guide to LCC Analysis for Pumping Systems. Executive Summary / Hydraulic Institute and Europump. – Oxford : Published by Elsevier Ltd., – January, 2001. – 126 p.
2. Авак Едем Арчібонг Технологія виготовлення та зміцнення деталей з алюмінієвих сплавів в умовах ремонтного виробництва: Дис... канд. техн. наук: 05.20.03. Харків, 1995. 263 с.
3. Біліченко В.В. Матеріали для сервісу та ремонту автомобілів: навчальний посібник [Електронний ресурс]. URL: https://web.posibnyky.vntu.edu.ua/fmbt/bilichenko_servis_ta_remont_avto/index.html#
4. Білоконь Я.Ю. Трактори і автомобілі: Підр. для вищ. агр. закл. освіти II-IV рівнів акредитації за напрямом "Агрономія" / Я.Ю. Білоконь, А.І. Окоча. Київ: Урожай, 2002. 324с.
5. Білоконь Я.Ю., Окоча А.І. «Трактори і автомобілі» Київ. Урожай 2002р.; с.8,11-12.
6. Білуха М. Т. Методологія наукових досліджень: Підручник. Київ: АБУ, 2002. 480 с.
7. Будова автомобіля і трактора. Частина 3. (Трансмісія, механізми керування, ходова частина). Посібник до лабораторних робіт: для студентів технологічного факультету / Укл. Люлька В.С., Коньок М.М., Перинський Ю.Є., Бивалькевич Л.М. Чернігів: ЧНПУ, 2015. 108 с.
8. ДСТУ 8.051:2009 Державна система забезпечення єдності вимірювань. Погрішності, що допускаються при вимірюванні лінійних розмірів до 500 мм https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=55992 (Дата звернення 20.08.2023)
9. Запорожець О.І., Протосрейський О.С., Франчук Г.М., Боровик І.М. Основи охорони праці. Підручник. Київ: центр учбової літератури. 2009. 264 с.

10. Захарчук О.В. Основи технології виробництва та ремонту автомобілів : навч. посіб. для студ. вищих навч. закладів / Олег Вікторович Захарчук. Луцьк : ІВВ Луцького НТУ, 2017. 140 с.

11. І.А. Булей Проектування підприємств з виробництва і ремонту сільськогосподарських машин. Київ. Вища школа, 2003. 286 с.

12. Кальбус Г.Л. Гідропривід та навісні пристрої тракторів: У питаннях та відповідях 3-тє вид. дод. та перероб. Київ: Урожай, 1990. 216 с.

13. Катренко Л.А. Кіт Ю.В., Пістун І.П. Охорона праці. Курс лекцій, практикум: навч. посіб. Суми: Університетська книга, 2009. 240 с.

14. Кулешков Ю.В., Магопець С.О., Магопець О.С. Зміна ефективності витискання робочої рідини при відновленні насосів типу НШ під зменшений ремонтний розмір // Збірник наукових праць Кіровоградського інституту сільськогосподарського машинобудування. Випуск №4. Кіровоград: КІСМ. 1998. С 151 -157.

15. Кулешков Ю.В., Матвієнко О.О., Руденко Т.В. Методика стендових випробувань шестеренного насоса. Збірник наукових праць Кіровоградського національного технічного університету «Техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація». Кіровоград, КНТУ 2011. № 24 (ч.ІІ). С. 97–110.

16. Кулешков Ю.В., Черновол М.І., Магопець С.О., Поповицький В.Л. Класифікація способів ремонту насосів НШ. // Проблеми конструювання, виробництва та експлуатації сільськогосподарської техніки. - Кіровоград, КІСМ, 1997. - С 226 - 231.

17. Кулешков Ю.В., Черновол М.І., Поповицький В.Л. Підвищення ефективності ремонту насосів НШ відновленням шестерень насосів під збільшений ремонтний розмір// Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин. - Кіровоград: КІСМ, 1996 - С 80 - 88.

18. Кутовий Л. В., Зінченко Т. П., Овчаренко В. А. Конспект лекцій з дисципліни «Опір матеріалів» (для студентів всіх механічних спеціальностей денної і заочної форм навчання). Краматорськ: ДДМА, 2007. Ч. 1. 196 с.

19. Магопець С.О. Передумови ремонту насосів НШ методом зменшених ремонтних розмірів. // Збірник наукових праць Кіровоградського інституту сільськогосподарського машинобудування. Випуск №1. Кіровоград, КІСМ, 1997. С. 73 - 75.

20. Магопець Сергій Олександрович Технологія відновлення насосів типу НШ-У вдосконаленням методу зменшених ремонтних розмірів: Дис... канд. техн. наук: 05.05.11. Кіровоград, 1999. 228 с.

21. Монтаж, експлуатація та ремонт гідромашин і гідропневмоприводів : навч. посіб. / В. О. Панченко, О. Г. Гусак, А. А. Папченко, С. О. Хованський. Суми. Сумський державний університет, 2015. 151 с.

22. Принцип роботи шестернястого гідронасоса та його особливості [Детальніше: https://hydromarket.com.ua/ua/a388162-printsip-raboty-shesterenchatogo.html](https://hydromarket.com.ua/ua/a388162-printsip-raboty-shesterenchatogo.html) (дата звернення 20.08.2023).

23. Ремонт насосів НШ. <https://adara.ua/ua/remont-nasosov-nsh> (дата звернення 20.08.2023).

24. Розробка, дослідження та впровадження технологічного процесу відновлення шестерень гідронасосів НШ-32У та НШ-46У на Кіровоградському РМЗ: Звіт про НДР КІСМ ГР 01812008034; Інв. № 02850075246. Кіровоград, 1985. 120 с.

25. Теорія ймовірностей, математична статистика та імовірнісні процеси: навч. посіб. / Ю. М. Слюсарчук, Й. Я. Хром'як, Л. Л. Джавала, В. М. Цимбал ; М-во освіти і науки України, Нац. ун-т «Львів. політехніка». Львів: Вид-во Львів. політехніки, 2015. 364 с. : іл. Бібліогр.: с. 351.

26. Технологія ремонту сільськогосподарської техніки / М.В.Власенко, Г.Ю. Надольний, О.Г. Терхунов, В.А. Крижанівський Київ: Вища школа, 1992. 310 с

27. Ткачук К.Н., Халімовський М.О., Зачарний В.В. та ін. Основи охорони праці: Підручник. Київ: Основа, 2003. 472 с.

28. Фінкельштейн З. Л. Експлуатація, обслуговування та надійність гідравлічних машин і гідроприводів : навчальний посібник / З. Л. Фінкельштейн, П. М. Андренко, О. В. Дмитрієнко ; за ред. П. М. Андренка. Харків: НТУ «ХП», 2014. 308 с.

29. Чорновіл М.І. Відновлення та зміцнення деталей сільськогосподарської техніки. Київ, УМК ВО, 1989, 252 с.

30. Чорновіл М.І., Колесник П.К., Наливайко З.М. Підвищення довговічності шестерень гідроприводів сільгоспмашин// Проблеми конструювання та технології виробництва сільськогосподарських машин. Кіровоград, 1981. С. 59 – 64.

31. Чумаков П.В., Мартинов А.В., Коломейченко А.В. Оцінка технічного стану круглих шестеренних гідронасосів навісних гідросистем тракторів – DOI 10.15507/2658-4123.030.202003.426-447. Інженерні технології та системи. 2020. Т. 30, № 3. С. 426-447.