

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ
ФАКУЛЬТЕТ МЕХАНІКИ ЕНЕРГЕТИКИ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ
ТЕХНОЛОГІЙ
КАФЕДРА АГРОІНЖЕНЕРІЇ ТА ТЕХНІЧНОГО СЕРВІСУ
ІМЕНІ ПРОФЕСОРА ОЛЕКСАНДРА СЕМКОВИЧА

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

Освітнього ступеня «Магістр»

на тему: **„ Удосконалення технології та засоби для розбирання та складання шпилькових з'єднань під час ремонту автомобілів ”**

Виконав: студент 6 курсу групи Ат-61
Спеціальності 274 „Автомобільний транспорт”
(шифр і назва)
Яворовський Артур Володимирович
(Прізвище та ініціали)

Керівник: к.т.н., в.щ.доц. Василь РИС
(Прізвище та ініціали)

Рецензент: к.т.н., доц. Сергій БАРАНОВИЧ
(Прізвище та ініціали)

Дубляни 2024

АНОТАЦІЯ

Удосконалення технології та засоби для розбирання та складання шпилькових з'єднань під час ремонту автомобілів. Яворовський Артур Володимирович. – Кафедра агроінженерії та технічного сервісу імені професора Олександра Семковича – Дубляни, Львівський НУП – 2024. 54 с. – Рис. 21. – Табл. 2. – 35 джерел.

Актуальність теми підтверджується тим, що під час демонтажу шпилькових з'єднань з різним технічним станом виникає пошкодження і руйнування різьбових деталей. Усунення залишків зруйнованих шпильок з корпусних деталей ускладнюється, особливо через обмежений доступ, що вимагає виконання додаткових допоміжних операцій або використання спеціальних пристроїв та інструментів.

Відомо, що основну частку складнощів ремонтних робіт сільськогосподарських машин становлять операції розбирання та складання, які або самі по собі, або у комбінації досягають 45%. Розглядаючи всі типи з'єднань деталей, різьбові переважають у більшості машин, агрегатів і вузлів, складаючи 60–80%. Серед різьбових з'єднань особливо виділяються шпилькові, які широко застосовуються у двигунах, трансмісії та ходовій частині автомобілів, тракторів та інших самохідних машин.

Проведений аналіз шпильок поширених автомобілів показав, що найбільш поширеними для проаналізованих автомобілів є шпильки розміром M10 та M8 частка яких складає 50,98 % від загальної кількості шпильок. В автомобілі DAF найбільшу частку 24,39% складають шпильки розміру M11, а у Mercedes – 65115 – 36,44% - шпильки розміру M16. Загалом в проаналізованих автомобілях зустрічається від п'яти до дев'яти розмірних рядів шпильок. Слід також зазначити, що шпильки M8, M10, M11, M12, M14, M16 становлять 95,01% від загальної кількості шпильок.

У ході досліджень використовувалася методика динамометрування крутного моменту з використанням інструментів, обладнаних тензодатчиками, підсилювачем, аналого-цифровим перетворювачем та персональним комп'ютером.

Результати досліджень впливу величини моменту затягування двох гайок на процес викручування шпильки та викручування шпильки розрізаними гайками були оброблені і описані. Також була побудована логіко-імітаційна модель процесу виникнення травми при роботі з обладнанням для викручування шпильок, і розрахована ймовірність виникнення такої травми.

Ключові слова: шпилька, викручування шпильок, різьбове з'єднання, різьбовий стержень.

ЗМІСТ

Вступ.....	7
1. СТАН ПИТАННЯ І ЗАВДАННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	9
1.1 Аналіз наявності шпильок в основних марках автомобілів.....	9
1.2. Прогнозування можливих дефектів.....	10
1.3 Аналіз технологій демонтажу шпилькових з'єднань	11
1.4. Оцінка технологічних можливостей інструменту, який використовується для викручування шпильок.....	15
Висновки до розділу 1.....	19
2. АНАЛІЗ РЕЖИМІВ КРУЧЕННЯ ШПИЛЬОК РІЗНИМИ ІНСТРУМЕНТАМИ.....	20
Висновки до розділу 2.....	26
3. МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕННЯ ВІДКРУЧУВАННЯ ШПИЛЬОК.....	28
3.1. Технологія відкручування непошкоджених шпильок	28
3.2. Видалення пошкоджених шпильок.....	29
3.3. Видалення зламаних шпильок в з корпусних деталей.....	32
3.4. Методика обґрунтування необхідності використання спеціального технологічного інструменту і розробка технічного завдання для його проектування.....	33
3.5. Будова та принцип роботи пристрою.....	33
Висновки до розділу 3.....	35
4. РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	36
4.1 Результати дослідження впливу величини моменту затягування між собою двох гайок на процес викручування шпильки.....	36
4.2 Результати дослідження викручування шпильок розрізаними гайками... ..	39
Висновки до розділу 4.....	42
5. ОХОРОНА ПРАЦІ І БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	43
5.1 Моделювання процесів виникнення аварій і травм.....	43

5.2 Оцінка рівня небезпеки виникнення аварій і травм.....	46
5.3 Безпека в надзвичайних ситуаціях.....	48
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	50
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	51

ВСТУП

Під впливом об'єктивних факторів щороку відбувається перегляд стратегії та тактики у галузі ремонтного виробництва. Зменшення обсягів ремонту техніки, яке спостерігається в останні роки на спеціалізованих ремонтних підприємствах, веде до того, що значна частина машиноремонтних робіт переходить безпосередньо до власників обладнання. Цю динаміку сприяє насичення ринку різноманітними запасними частинами різної цінової та якісної категорії. Однак для успішного проведення ремонтних заходів з сільськогосподарської техніки в рамках господарств необхідні кваліфіковані працівники, належна технологічна документація та відповідне ремонтно-технологічне обладнання, а також спеціальні пристрої та інструменти.

Основну частку складнощів ремонтних робіт сільськогосподарської техніки становлять операції розбирання та складання, які або самостійно, або в поєднанні складають 45%. У більшості автомобілів і тракторів переважають різьбові з'єднання, які становить 60–80% від усіх з'єднань. Зокрема, шпилькові з'єднання, завдяки особливостям конструкції та характеру їх складання та розбирання, виділяються в окрему групу та застосовуються широко у двигунах, трансмісії та ходовій частині автомобілів, тракторів та інших самохідних машин. Операції монтажу та демонтажу шпилькових з'єднань ускладнюється відсутністю майже у всіх шпильок місця для захоплення спеціальними ключами чи іншими інструментами. Такі бази можуть представляти собою гладку циліндричну частину з невеликою довжиною або різьбову частину на протилежному кінці шпильки.

Зазвичай, необхідність викручування шпильок виникає у наступних ситуаціях: 1) якщо шпилька має певні дефекти і потребує заміни; 2) якщо шпилька перешкоджає виконанню інших необхідних операцій під час ремонту вузла; 3) якщо шпилька утруднює проведення технологічних операцій щодо дефектування, ремонту чи відновлення деталі, в яку вона ввібрана; 4) якщо

деталь, в яку ввібрана шпилька, підлягає вибраковуванню, а сама шпилька потрібна для подальшого використання.

Проблема розбирання шпилькових з'єднань полягає в необхідності передачі гайкам максимально можливого, але не перевищуючи допустимі напруження в матеріалі шпильки, критичного моменту кручення. Це робиться з метою уникнення руйнування шпильки під час відкручування гайки. Аналогічна вимога стосується викручування шпильки з корпусної (базової) деталі, оскільки руйнування шпильки вимагає виконання додаткових операцій для викручування або усунення залишків останньої.

Проблемі розбирання шпилькових з'єднань з метою збереження цілісності деталей, застосовуючи оптимальні режими розбирання та відповідне обладнання, наразі приділяється недостатньо уваги. Це фактично призводить до збільшення трудомісткості процесу, зайвого витрат матеріалів та зниження продуктивності праці.

Мета проведення дослідження полягає у підвищенні ефективності розбирання шпилькових з'єднань за рахунок застосування різноманітних технічних засобів з максимальним збереженням цілісності деталей.

Завдання дослідження включають в себе розв'язання конкретних завдань для досягнення визначеної мети.

1. Провести аналіз шпилькових з'єднань вантажних автомобілів та оцінити засоби, інструменти і пристосування для їх розбирання.

2. Провести порівняння режимів кручення різьбових стержнів за допомогою різних технічних засобів.

3. Підтримка необхідності розробки спеціального технологічного обладнання і визначення технічних вимог для його створення.

4. Дослідити режими процесів викручування шпильок з використанням двох гайок та розрізної гайки з використанням запропонованого універсального кільцевого ключа.

1. СТАН ПИТАННЯ І ЗАВДАННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

1.1 Аналіз наявності шпильок в основних марках вантажних автомобілів

Для визначення характеристик набору інструментів, призначених для викручування шпильок у найбільш поширених вантажних автомобілях [32-35], ми виконали аналіз шпилькових з'єднань за допомогою електронних каталогів автомобілів, результати якого наведено в табл. 1.1.

Таблиця 1.1 – Аналіз розмірів шпильок в основних марках вантажних автомобілів

Розмір шпильки	Кількість шпильок, штук						
	Автомобілі						Разом
	КрАЗ	DAF	Scania	MAN	БАЗ	Mercedes	
М6	17	2	8	-	-	6	33
М8	98	22	32	66	113	56	387
М10	144	28	18	82	48	92	412
М11	-	30	-	-	74	-	104
М12	30	18	24	76	36	28	212
М14	76	10	-	36	48	6	176
М16	-	8	6	48	-	126	188
М18	-	2	-	-	-	-	2
М20	4	10	-	-	-	26	40
М27	-	-	-	-	-	8	8
Всього	369	128	88	308	319	348	1550

З таблиці 1.1 ми бачимо, що найбільш поширеними для проаналізованих автомобілів є шпильки розміром М10 та М8 частка яких складає 50,98 % від загальної кількості шпильок. В автомобілі DAF найбільшу частку 24,39% складають шпильки розміру М11, а у Mercedesa – 65115 – 36,44% - шпильки розміру М16. Загалом в проаналізованих автомобілях зустрічається від п'яти до дев'яти розмірних рядів шпильок. Слід також зазначити, що шпильки М8, М10, М11, М12, М14, М16 становлять 95,01% від загальної кількості шпильок.

1.2. Прогнозування можливих дефектів

Під час експлуатації транспортних засобів, двигунів та їхніх компонентів та з'єднань виникають негативні явища і руйнівні процеси, які призводять до погіршення їхніх функціональних характеристик і зміни технічного стану. Руйнівні процеси пов'язані із робочим циклом, який здійснює транспортний засіб, взаємодіє з зовнішнім середовищем та властивостями матеріалів тощо [9,11,16].

Основними видами руйнівних процесів є тертя та зношування деталей, пластичне деформування, явище втоми металу і корозія. Протягом експлуатації автомобіля різні з'єднання шпильок піддаються впливу шкідливих явищ і процесів, які створюють напружені умови роботи окремих компонентів. Відкладання нальоту, нагару, а також вібрація сприяють підвищенню інтенсивності руйнівних процесів, що може призвести до тріщин і полому шпильок. Вплив нагрівання деталей двигуна (таких як головки циліндрів, картер блока) на різьбових з'єднаннях може призводити до "зклеювання" з'єднань на молекулярному рівні [21,22].

Крім того, компонентам двигуна, зокрема шпилькам, притаманне явище старіння, що представляє собою самостійний перехід матеріалу з нестійкого стану в стійкий. Це явище пов'язане з переміщенням атомів у металі, тобто зі зміною кристалічної структури матеріалу. Старіння призводить до деформації деталей, що може впливати на їхні розміри. Таким чином, при розбиранні шпилькових з'єднань можуть виникати значні труднощі.

Існує можливість пошкодження шпильок в області роз'єму, коли частина шпильки виступає над поверхнею базової деталі. Видалення таких шпильок ускладнюється. найбільш поширені пошкодження шпилькових з'єднань включають в себе згин шпильки, обрив шпильки та зминання західних та основних витків різьби [26].

Вибір засобів та технології розбирання-складання залежить від характеру пошкодження. При дотриманні вимог технічної експлуатації, зокрема

використання спеціальних ключів або методів, які дозволяють відкрутити шпильки, можна значно збільшити термін служби шпильок. Недотримання цих вимог, а саме викручування за допомогою плоскогубців та інших непризначених методів, може привести до скорочення терміну служби.

1.3 Аналіз технологій демонтажу шпилькових з'єднань

Важливо відзначити, що на ремонтному виробництві застосовуються інструменти, які не відображаються в технічній літературі, оскільки вони мають специфічне застосування. Широка різноманітність таких пристроїв пояснюється врахуванням різних факторів, таких як: технологічні особливості будови самої шпильки, рівень доступу до шпилькового з'єднання, фізико-механічні властивості та технічний стан шпильки. Залежно від технічного стану шпильки застосовуються різні технології демонтажу шпильки з метою досягнення без руйнівного розбирання. Будь-які технології включають в себе ряд операцій, спільних для них у підготовці шпилькового з'єднання до розбирання, як зображено на рис. 1.1. [28, 29, 31].

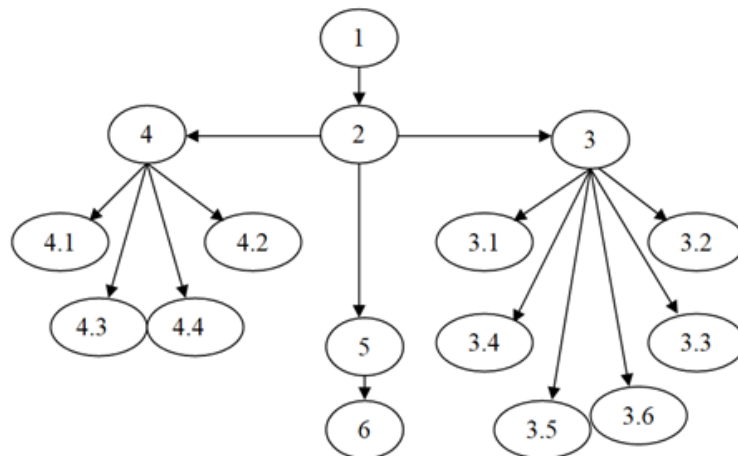


Рисунок 1.1 – Послідовність операцій по підготовці шпилькових з'єднань до розбирання:

- 1- зовнішній огляд шпилькового з'єднання.
- 2- попередня оцінка технічного стану шпилькового з'єднання.
- 3- визначення зони доступності.
 - 3.1 не має обмежень;

- 3.2 використання накидних ключів;
- 3.3 використання ключів з відкритим зівом;
- 3.4 використання торцевих головок;
- 3.5 використання торцевих ключів;
- 3.6 немає доступу.
- 4- очищення різьби.
 - 4.1 механічне очищення;
 - 4.2 хімічне очищення;
 - 4.3 термічне очищення;
 - 4.4 термомеханічне очищення.
- 5- визначення допустимого та критичного моментів викручування.
- 6- вибір технології з підбором інструменту.

Згідно з механічними характеристиками різьбових елементів та їх технічним станом, інваріантні технології розбирання чергуються або повторюються, застосовуючи додаткові операції в залежності від успішних або неуспішних спроб викручування.

Послідовність інваріантних технологій розбирання шпилькових з'єднань обирається з урахуванням доступності кожного елемента. На рисунку 1.2 видно, що спочатку виконується виправлення різьби, потім гайки викручуються за різними методами в залежності від їхнього технічного стану, і лише після цього відбувається викручування шпильки з корпусу.

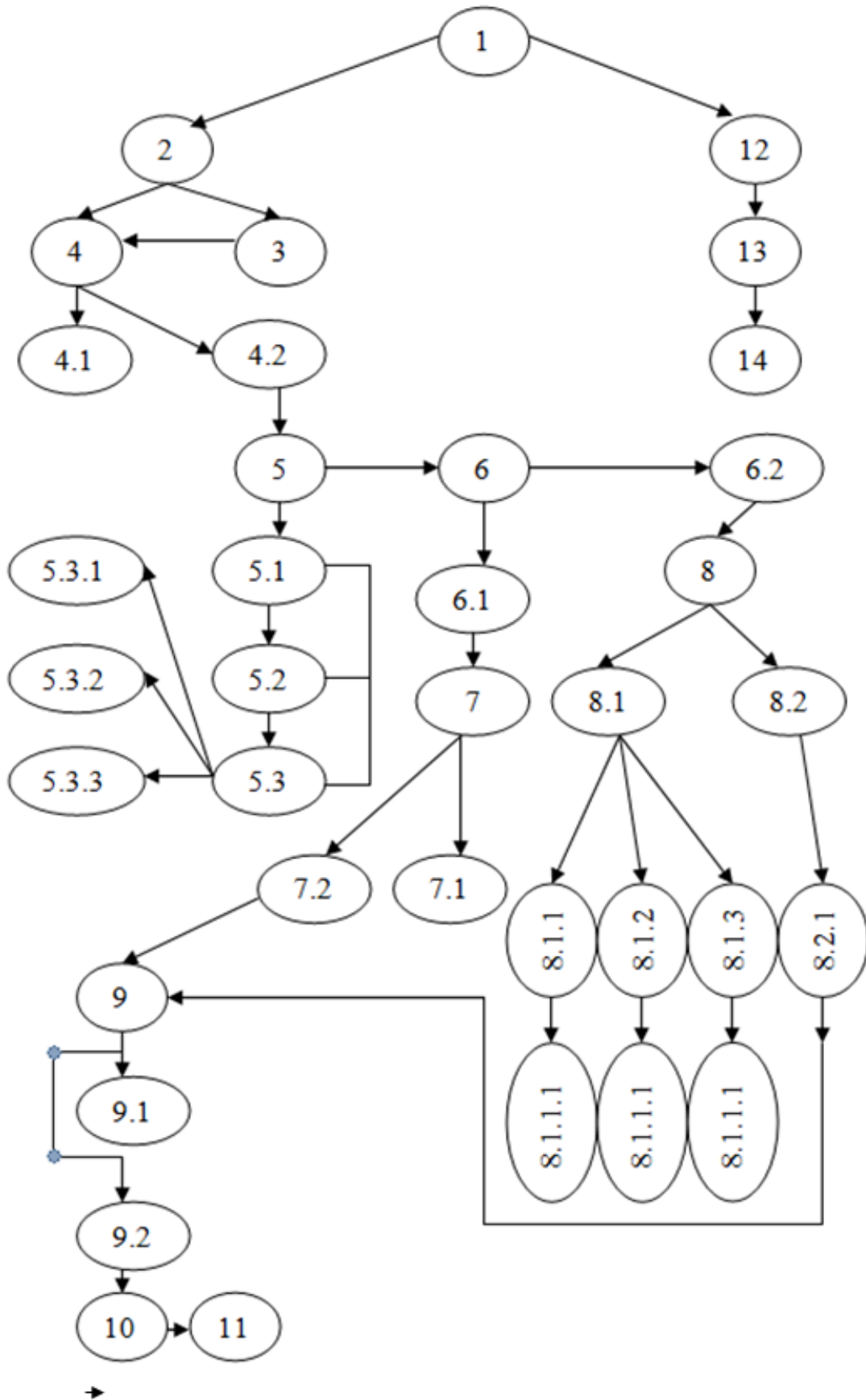


Рисунок 1.2 – Схема інваріантної технології розбирання шпилькового з'єднання

1. Інваріантна технологія.
2. Технології, під час яких потрібно застосовувати допоміжні операції.
3. Виправлення західної різьбової частини на шпильці.
4. Спроба викрутити шпильку.
 - спроба вдала;
 - спроба не вдала.
5. Виконати допоміжні операції.
 - Нанесення на різьбу шпильки рідин, які глибоко проникають (гас, гальмівна рідина, WD-40) з часовою витримкою;
 - Спроба відкрутити шпильку з допустимим зусиллям;
 - Термічний вплив на деталі з різьбою;
 - нагрівання корпусу;
 - охолодити шпильку;
 - нагрівання корпусної деталі та охолодження самої шпильки.
6. Слідуюча спроба демонтувати шпильку.
 - спроба вдала;
 - спроба невдала.
7. Викручування шпильки з корпусу.
 - спроба вдала;
 - спроба невдала.
8. Руйнування різьбового з'єднання гайка-шпилька.
 - руйнування гайки;
 - свердління отворів в гайці;
 - демонтаж ослабленої гайки;
 - розрізання гайки спареною ножівкою;
 - 8.1.2.1 відкручування послабленої гайки;
 - розрізання гайки кільцевим ключем з клином;
 - 8.1.3.1 відкручування розрізаної гайки;

свердління, з використанням кондукторної втулки, осьового отвору в гайці.

9. усунення залишків шпильки з корпусу.

відрізання залишкової частини зірваної шпильки відповідно до глибини свердління отвору і висоти кондукторної втулки;

просвердлити отвір на всю довжину шпильки.

10 зачистка різьбового отвору від залишків матеріалу шпильки чи стружки.

11. виправлення різьбової частини в корпусі.

12. Використання технології без застосування допоміжних операцій.

13. викручування гайки.

14. викручування різьбової шпильки.

1.4. Оцінка технологічних можливостей інструменту, який використовується для викручування шпильок.

Процеси розбирання та складання складають значну частину в обсягу робіт під час капітального ремонту вантажних автомобілів, становлячи від 52% до 56% загальної трудомісткості [13, 20, 23]. З цієї частки, приблизно 11% припадає на їх розбирання [13, 20, 23].

Дослідження вказують на те, що велика частина трудомісткості під час розбирання припадає на процес розбирання різьбових з'єднань, становлячи від 30% до 60%.

Особливу увагу слід приділити шпильковим з'єднанням, оскільки вони широко використовуються в двигунах, трансмісіях та ходовій частині автомобілів, тракторів та інших транспортних засобах.

Розбирання та складання шпилькових з'єднань викликає певні труднощі через відсутність баз для захоплення спеціальним ключем чи іншими універсальними інструментами, які можна спостерігати у випадку шпильок, що мають зруйнований стержень. Базами для захоплення шпильок служить гладка

циліндрична частина, або різьбова частина протилежного кінця шпильки, яка може мати невелику довжину.

При розбиранні різьбових з'єднань масових типорозмірів важливо дотримуватися певних значень крутних моментів, які застосовуються в цьому процесі (таблиця 1.2.).

Таблиця 1.2 – Величина крутних моментів, яка рекомендована для відкручування шпильок

№	Типорозмір	Крутний момент, <u>Нм</u>	№	Типорозмір	Крутний момент, <u>Нм</u>
1	M6	15-20	6	M16	150-300
2	M8	50-100	7	M18	200-400
3	M10	50-120	8	M20	200-450
4	M12	80-200	9	M24	200-500
5	M14	120-250	10	M27	200-600

Як видно з даної таблиці 1.2, для відкручування шпильок найбільшого розміру необхідно застосовувати крутний момент в розмірі 200 Нм. Значення крутного моменту для відкручування шпильок використовується на рівні 1,25 - 1,5 рази більше від номінального.

Інструменти для закручування і відкручування, які використовують метод захоплення за гладку поверхню шпильки, обираються залежно від діаметру шпильки, загальної конструкції шпилькового з'єднання та особливостей пояса [4, 6, 15, 24].

Найпоширенішими серед таких пристроїв є ексцентрикові механізми, які представлені у вигляді трубок, коротких корпусів, коловоротів та інших варіацій. Деякі з цих ексцентрикових пристроїв обладнані додатковим важелем на ексцентрику для забезпечення максимальної сили заклинювання.

Цангові пристрої широко використовуються при роботі, оскільки вони мають найбільшу площу контакту між губками цанги і циліндричним пояском шпильки порівняно з іншими пристроями. Таким чином, використання цангового пристрою мінімізує деформацію стержня.

З пристроїв для відкручування шпильок особлива увага приділяється тим, які передають крутний момент через різьбу шпильки. Ці пристрої використовуються, коли шпилька є непошкодженою, або коли захоплення шпильки за циліндричну частину неможливе, що не може бути здійснено іншими видами шпильковертів. Зазвичай такі пристрої використовуються як для відкручування, так і для закручування шпильок [4, 6, 15, 24].

Основними представниками засобів для розбирання шпилькових з'єднань даного типу показані на рис 1.3 – 1.6:



Рисунок 1.3 – Шпильковерт із цанговим затискачем 6-12 мм, L=65 мм 3/8" Force 818B01.



Рисунок 1.4 – Головка для викручування шпильок YATO UT-06251



Рисунок 1.5 – Шпильковерт №8 TORXUL ВААМ1608

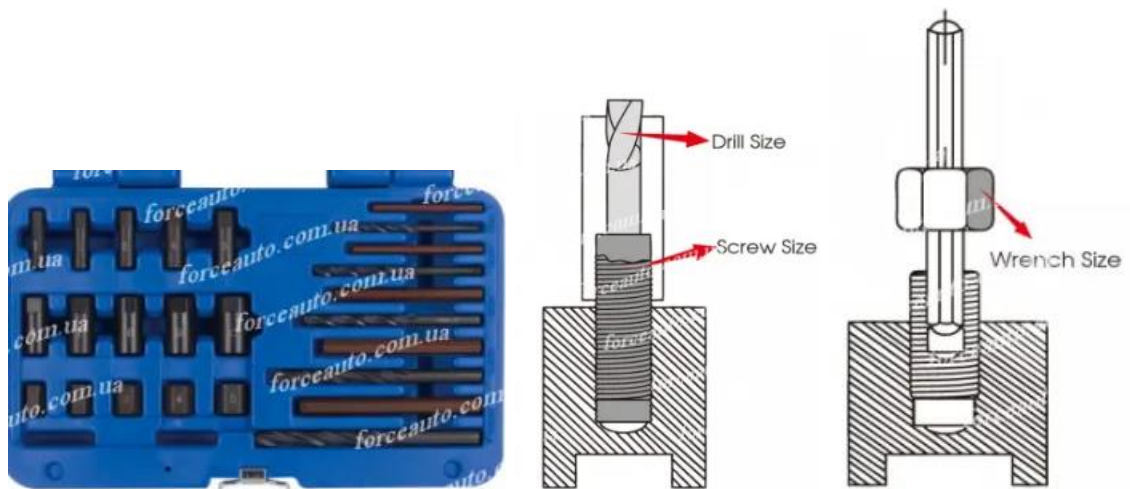


Рисунок 1.6 – Набір екстракторів зламаних шпильок 25 од. - 11225SQ

Набір призначений для демонтажу зламаних шпильок або болтів. Дозволяє акуратно витягти залишок шпильки або болта, не ушкоджуючи конструкцію основи.

Комплектація набору включає свердла та екстрактори для вилучення обламаних шпильок: висвердлюється отвір і за допомогою відповідного екстрактора витягується залишок. Для того, щоб точно по центру висвердлити отвір у шпильці, у наборі присутні спеціальні муфти, що центрують.

Набір дозволяє працювати з кріпленням від 4 до 14 мм.

Склад набору: свердла - 5 шт, екстрактори - 5 шт, муфти екстракторів - 5 шт, центруючі муфти - 10 шт, пластиковий кейс - 1 шт.

Висновки до розділу 1

1. Проаналізувавши шпильки різних вантажних автомобілів бачимо, що найбільш поширеними у проаналізованих автомобілях є шпильки розміром M10 та M8, які складають 51,22 % від загальної кількості. У вантажному автомобілі DAF найбільшу частку – 24,41% складають шпильки розміру M11, а в автомобілі Mercedes – 65115 36,44% – шпильки розміром M16. Загалом в проаналізованих автомобілях є від 5-ти до 9-ти типорозмірів шпильок. Слід також відмітити, що шпильки розміру M8, M10, M11, M12, M14, M16 становлять 95% від загальної кількості.

2. Проаналізувавши інструменти для відкручування різьбових шпильок, були визначені їхні позитивні та негативні аспекти. Оскільки ця тема є піддатною для вдосконалення, основний акцент було зроблено на вивченні процесу відкручування шпильок.

2. АНАЛІЗ РЕЖИМІВ КРУЧЕННЯ ШПИЛЬОК РІЗНИМИ ІНСТРУМЕНТАМИ

На даний час існує значна кількість технологій та технічних засобів для збирання та розбирання шпилькових з'єднань, особливо під час автомобільного ремонту. Це різноманіття технологій та засобів пояснюється тим, що розробники ставили перед собою конкретні завдання для різних виробничих умов. Більшість з відомих технічних засобів ефективні в масовому ремонтному виробництві з вузькою спеціалізацією, і набагато менше засобів є універсальними.

Враховуючи те, що ремонтне виробництво відрізняється різноманіттям агрегатів, вузлів та деталей, різним технічним станом, невеликими річними програмами, це раціонально розглядати всю розмаїтість технологій та інструментів з різними можливостями для відкручування шпильок та з урахуванням різного їх технічного стану.

Однією з доступних технологій є використання двох гайок для відкручування і закручування шпильок (рис. 2.1). Важливо відзначити, що для успішної реалізації цієї технології довжина різьбової частини шпильки l_0 повинна відповідати певним умовам [1, 2, 7,10]:

$$l_0 \geq 2 \cdot H, \text{ мм} \quad (2.1)$$

де H – висота гайки, мм.

Якщо ця умова (2.1) не задовольняється, то потрібно використовувати спеціальний ключ з розрізною гайкою.

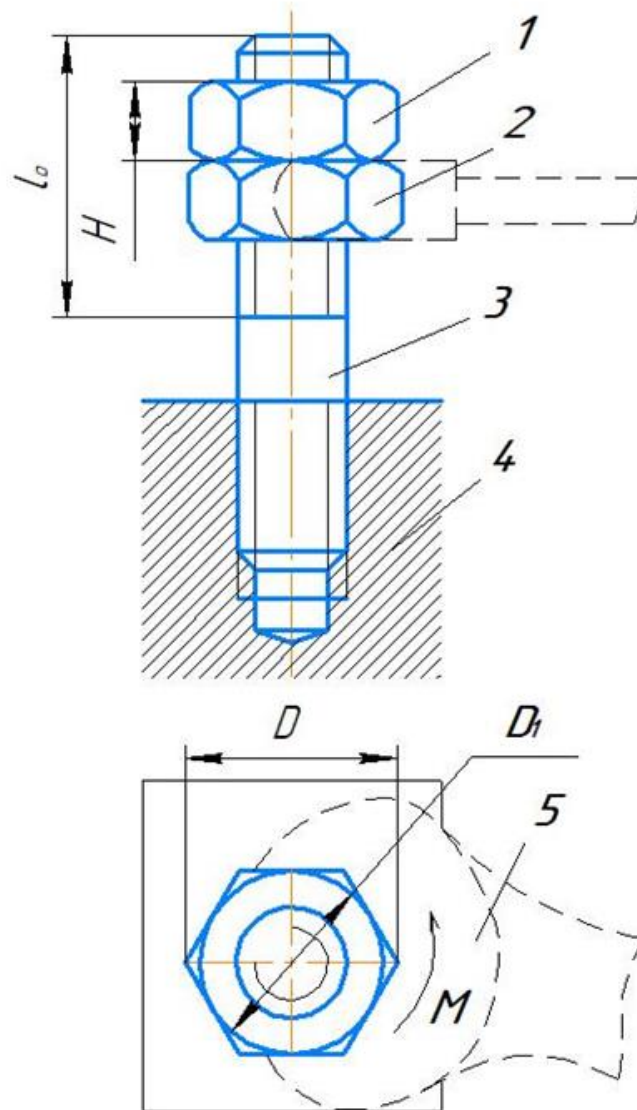


Рисунок 2.1 – Схема викручування шпильки за допомогою двох гайок: 1 – гайка; 2 – контргайка; 3 – шпилька; 4 – базова деталь; 5 – ключ з відкритим зівом: D – діаметр описаного кола; D_1 – зовнішній діаметр кільця торцевого контакту гайок.

Розглядаючи механізм передачі крутного моменту різьбовій частині шпильки двома гайками, можна теоретично прогнозувати кілька можливих сценаріїв. Наприклад, при ручному закручуванні гайки 2 так, щоб залишилися витки до гладкої поверхні шпильки, а потім закручувати гайку 1 до торця гайки 2. Але може виникнути ситуація, коли гайка 2 почне обертатися разом з гайкою

1. Це може призвести до торцевого контакту та деформації різьбової та циліндричної частини шпильки.

Щоб уникнути цього, гайку 2 слід утримувати ключем нерухомо, а гайку 1 докручувати другим ключем. Такий підхід дозволить гайкам проковзувати одна відносно одної, а на різьбовий стержень буде діяти осьова сила. Важливо враховувати геометричні параметри і механічні властивості гайок і стержня, оскільки це може вплинути на можливість руйнування витків гайки чи стержня.

Також, при обмеженні моменту докручування гайки 1, можливе утворення моменту тертя між торцями гайок 1 і 2, при якому гайки можуть заблокуватися між собою і різьбовим стержнем, створюючи монолітне з'єднання. Спроба викрутити різьбовий стержень обертаючи ключем за гайку 2 може призвести до викручування шпильки або скручування гайок на стержні.

У визначених випадках, при передачі різьбовому стержневі крутного моменту через гайку 2, можливі такі сценарії: 1 – обертання гайок разом із різьбовим стержнем; 2 – обертання гайки 2 під певним кутом щодо гайки 1, і подальше обертання обох гайок із різьбовим стержнем; 3 – спільне обертання гайки 2 і гайки 1, що спричиняє їхнє скручування на різьбовому стержні.

Для викручування та закручування шпильок, використовуючи універсальний розвідний ключ і розрізані гайки, необхідно вирішити завдання підбору механічних властивостей і геометричних параметрів розрізаної гайки. Це необхідно для мінімізації зусиль затискання розрізаної гайки, яке передає шпильці необхідний момент крутіння.

Основи теорії передачі крутного моменту через сили тертя (спричинені осьовою силою) та необхідні умови для реалізації процесу викручування були об'єктом досліджень численних авторів [3, 4, 10].

Викручування шпильки двома гайками можна розділити на дві основні частини: законтрування гайок та безпосереднє викручування шпильки. При законтруванні двох гайок прикладений до них крутний момент T витрачається

на подолання сили тертя T_m торцевими площинами гайок і на подолання сили тертя, що утворюється у витках різьби першої T_{p1} і другої гайки T_{p2} :

$$T = T_{p1} + T_{p2} + T_m, \text{ Нм} \quad (2.2)$$

де T_{p1} , T_{p2} – моменти тертя, що забезпечують суцільне спряження відповідно гайки 1 та гайки 2 з різьбовою частиною шпилькою, Нм;
 T_m – момент тертя, що забезпечує спряження гайки 1 з гайкою 2.

Момент тертя по торцевих площинах гайок визначаємо з виразу [5]:

$$T_m = \mu_m \cdot Q \cdot R_m, \text{ Нм} \quad (2.3)$$

де μ_m – коефіцієнт тертя;

Q – осьова сила, Н;

R_m – радіус тертя гайок (характеризує площу контакту двох гайок по торцями), м;

$$R_m = 1/3 \cdot \frac{D_1^3 - d_0^3}{D_1^2 - d_0^2}, \text{ м}, \quad (2.4)$$

де d_0 – зовнішній діаметр різьби гайки, мм.

Діаметр вписаного кола D_1 визначається з виразу [10, 30]:

$$D_1 = (0,9 \dots 0,95) \cdot D, \text{ м}, \quad (2.5)$$

де D – діаметр описаного кола навколо шестигранника, м.

Оскільки законтрування є одним із способів закручування, то момент тертя в різьбі гайок рівний:

$$T_{p1} = T_{p2} = 0,25 \cdot d_2 \cdot Q \cdot \text{tg}(\beta + \rho'), \text{ Нм}, \quad (2.6)$$

де d_2 – середній діаметр різьби шпильки, м ;

β – показник, що характеризує кут підйому гвинтової лінії по середньому діаметру різьби (рис. 2.2);

$$\beta = \frac{S}{\pi \cdot d_2}, \quad (2.7)$$

де S – крок різьби, мм;

ρ' – показник, що характеризує кут тертя,

$$\rho' = \text{arctg} \mu', \quad (2.8)$$

де μ' – зведений коефіцієнт тертя в різьбовій частині,

$$\mu' = \frac{\mu}{\sqrt{1 - \cos^2 \beta + \cos \beta \cdot \cos^2 \alpha / 2}}, \quad (2.9)$$

де μ – коефіцієнт тертя ковзання фрикційної пари;

α – кут профілю різьби.

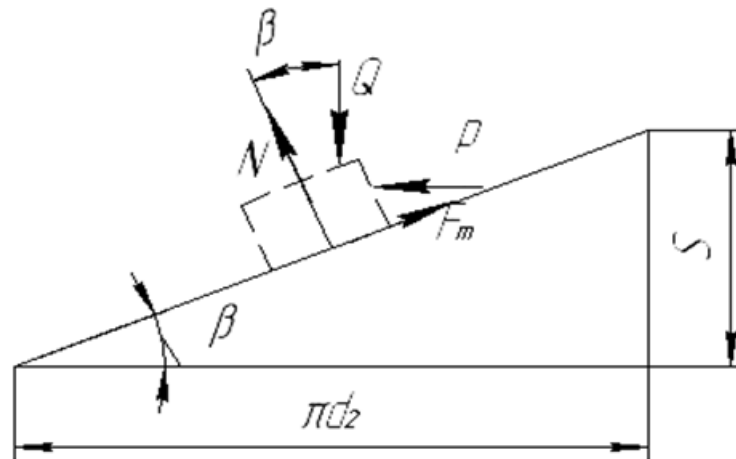


Рисунок 2.2 – Схема сил, що взаємодіють з витком різьби під час закручування (виток розгорнутий за допомогою середнього діаметру, гайка замінена повзуном): P – обертова сила, F_m – сила тертя; N – реакція поверхні витка; Q – осьова сила; πd^2 – довжина кола розгорнутого витка.

При використанні методу відкручування шпильок двома гайками на різьбову частину шпильки, відзначається, що принаймні виникають напруження розтягу σ_p і кручення $\tau_{кр}$, тоді доцільно буде використати гіпотезу про дотичні напруження [3]:

$$\sigma_e = \sqrt{\sigma_p^2 + 3 \cdot \tau_{кр}^2}, \text{ МПа.} \quad (2.10)$$

Встановлено, що співвідношення напружень для різьби М10 буде рівним:

$$\tau_{кр} = 0,7 \cdot \sigma_p, \text{ МПа.} \quad (2.11)$$

Тоді підставивши вираз (2.11) у вираз (2.10) отримаємо:

$$\tau'_{кр} = \sqrt{\frac{\sigma_e^2}{4,42}}, \text{ МПа}, \quad (2.12)$$

де $\tau'_{кр}$ – максимально допустиме напруження кручення, МПа.

Відповідно момент законтрагаювання T можна записати:

$$T = \frac{\tau'_{кр}}{0,2 \cdot d_1^3}, \text{ Нм}, \quad (2.13)$$

де d_1 – внутрішній діаметр різьби, м.

Підставивши у вираз (2.2) вирази (2.5), (2.6), (2.13), отримаємо:

$$Q' = \frac{0,8 \cdot (d_1)^3 \cdot \tau_{кр}}{2 \cdot d_2 \cdot \text{tg}(\beta + \rho') + \frac{\mu_m \cdot R_m}{4}}, \text{ Н}, \quad (2.14)$$

де Q' – максимальна осьова сила, що може виникнути в і шпильці, Н.

Далі перевіряється величина осьової сили, і при необхідності коригується відповідно до загальноприйнятих виразів для перевірки зминання та зрізу витків різьби. У випадку потреби перераховується реальний момент закручування T з використанням виразів (2.13) і (2.14), які враховують комплексний негативний вплив двох гайок на шпильку при закручуванні. Процес відкручування в умовах нероз'ємного з'єднання гайок можна описати математичними (аналітичними) виразами (2.1, 2.3):

$$T_{p1} + T_m \geq T_{вик}$$

$$T_v = T'_{p1} + T'_{p2} \text{ Нм}, \quad (2.15)$$

де T'_{p1} , T'_{p2} – моменти тертя в різьбі гайки 1 та гайки 2 при вікручуванні, Нм.

Тоді

$$T'_{p1} = T'_{p2} = 0,25 \cdot d_2 \cdot Q \cdot \text{tg}(\beta - \rho'), \text{ Нм}, \quad (2.16)$$

$$\rho' = \arctg \mu', \quad (2.17)$$

де μ_1' – зведений коефіцієнт тертя в різьбі,

$$\mu' = \frac{\mu}{\sqrt{1 - \cos^2 \beta + \cos \beta \cdot \cos^2 \alpha / 2}}, \quad (2.18)$$

де μ_1 – коефіцієнт тертя спокою фрикційної пари.

Під час викручування треба подолати тертя спокою, тому значення ρ приймаємо на 30...50 % більшим, ніж для закручування.

У випадку проковзування однієї гайки відносно іншої будуть працювати вирази [1, 2, 7, 10]:

$$T_{p1} + T_m \leq T_{\text{вик}}$$

$$T_{\text{вик}} = T_{p1}'' + T_{p2}'' + T_m'', \text{ Нм}, \quad (2.19)$$

де T_{p1}'', T_{p2}'' – моменти тертя в різьбі гайки 1 та гайки 2 з врахуванням в явище доконтрування, Нм;

T_m – момент тертя по торцевих площинах гайок, Нм.

Це явище можна дослідити контролюючи зусилля затягування за кутом повороту гайки [4]:

$$\varphi = 360 \frac{Q' \cdot l}{F \cdot E \cdot P}, \text{ град.}, \quad (2.20)$$

де l – довжина різьбової частини шпильки, що знаходиться в гайці, м;

F - площа поперечного перерізу шпильки, м²;

E – модуль пружності, МПа;

P – крок, м.

Підставивши вираз (2.19) у формулу (2.16) та проінтегрувавши за кутом повороту гайки вираз, що характеризує величину осьової сили Q' , матимемо:

$$T_{p1}'' = T_{p2}'' = 0,25 \cdot d_2 \cdot \text{tg}(\beta - \rho') \cdot \left(\frac{E \cdot F \cdot P}{360 \cdot l} \int_0^\varphi \varphi \right), \text{ Нм}. \quad (2.21)$$

Тоді вираз (2.3) набуде вигляду

$$T_m'' = \mu_m \cdot R_m \cdot \left(\frac{E \cdot F \cdot P}{360 \cdot l} \int_0^\varphi \varphi \right), \text{ Нм}. \quad (2.22)$$

Висновки до розділу 2.

1). Під час виконання операцій з відкручування та закручування шпильок необхідно вирішити завдання підбору розрізної гайки за механічними

характеристиками і геометричними параметрами. Мета полягає у мінімізації сил затискання розрізної гайки для передачі необхідного моменту кручення шпильці.

2). Аналітичні залежності, представлені у тексті, підтверджують, що вирішення проблеми ефективного використання технології відкручування шпильок за допомогою двох гайок вимагає належного розрахунку та проведення експериментальних досліджень.

3. МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕННЯ ВІДКРУЧУВАННЯ ШПИЛЬОК

3.1. Технологія відкручування непошкоджених шпильок

Відкручування непошкоджених шпильок виконуємо за наступними варіантами:

1) Відкручування з використанням двох гайок.

Порядок виконання:

- закрутити гайку на шпильку. Пізніше закручуємо другу гайку і затягуємо ключем рис 3.1.

- після цього використовуючи ключі відкручуємо шпильку.

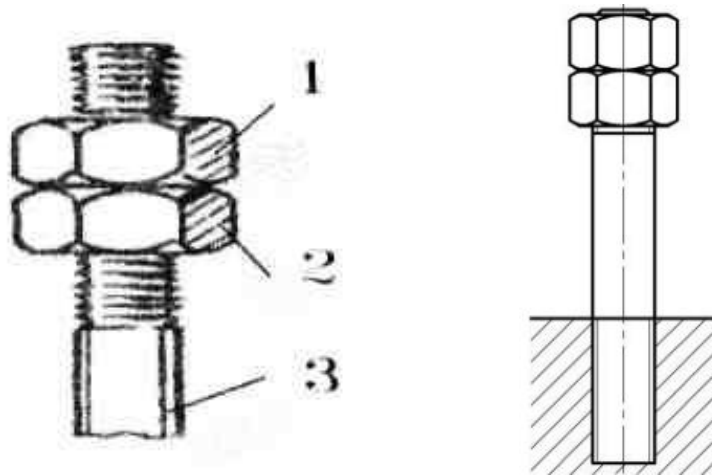


Рисунок 3.1 – Спосіб викручування шпильки двома гайками: 1- гайка; 2- контргайка; 3- шпилька.

2) Використання гайки і ключа з різьбою.

Послідовність виконання:

- закручуємо стандартну гайку до кінця різьби на шпильці. Замість контргайки використовуємо ключ з різьбою який використовуємо замість контргайки. Цим ключем і відкручуємо шпильку.

Коли різьба шпильки, вкрученої в базову деталь, стає жертвою корозії або залишається вкрученою в корпус, ефективним рішенням є занурення її в гас, який розчиняє корозію. Також застосовується метод, який включає нагрівання

базової деталі та одночасне охолодження шпильки. Зміна температури призводить до розширення або стиснення металу: нагрівання базової деталі розширює отвір, тоді як охолодження шпильки звужує метал цієї шпильки. Цей процес забезпечує зміщення однієї деталі відносно іншої в різьбовому з'єднанні, сприяючи полегшенню відкручування шпильки.

3) Крім того, можна використовувати стандартні пристрої та пристосування для вирішення цього завдання.

3.2. Видалення пошкоджених шпильок

При випадках обриву або відрізання шпильок чи гвинтів видалення залишкових частин, які залишилися в тілі деталі, ускладнюється, особливо якщо частина не виступає за межі поверхні.

Вилучення обламаних шпильок з залишком стержня вище поверхні на відстані 10-15 мм реалізується за допомогою різних методів..

1. Вирізання паза під викрутку.
2. Нарізання лисок під гайковий ключ.
3. Приварювання гайки для відкручування ключем рис. 3.2.

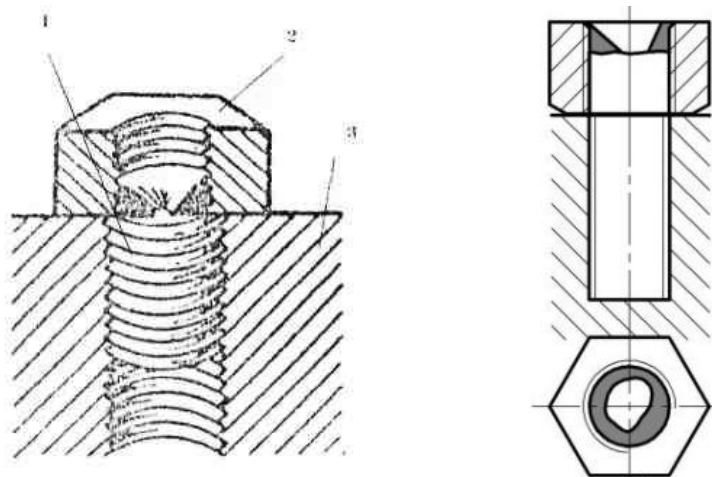


Рисунок 3.2 – Приварена гайка до шпильки: 1- шпилька; 2- гайка; 3- деталь

Для використання методу привареної гайки, необхідно послабити різьбу в тілі деталі, ударивши молотком по виступаючій частині шпильки. Після цього

на шпильку слід надіти гайку з дещо більшим діаметром і приварити її, скориставшись електрозварюванням. Гайку слід перед зварюванням ретельно очистити від бруду і масла. Під час зварювання важливо добре прогріти шпильку, що призведе до її розширення і стискання внутрішньої поверхні різьби деталі. Коли температура шпильки та привареної гайки зрівняється з навколишньою, шпильку можна викрутити за допомогою ключа (з відкритим зівом, накидним, головкою).

4. Приварювання різних пластин.

У випадку, коли шпилька виступає над поверхнею деталі на 2–3 міліметри, застосовується наступна техніка: навколо шпильки, вздовж периметру, приварюється пластина, обладнана отвором, діаметр якого відповідає шпильці (див. рис. 3.3). Пластину доповнює важіль, який призначений для обертання і викручування шпильки.

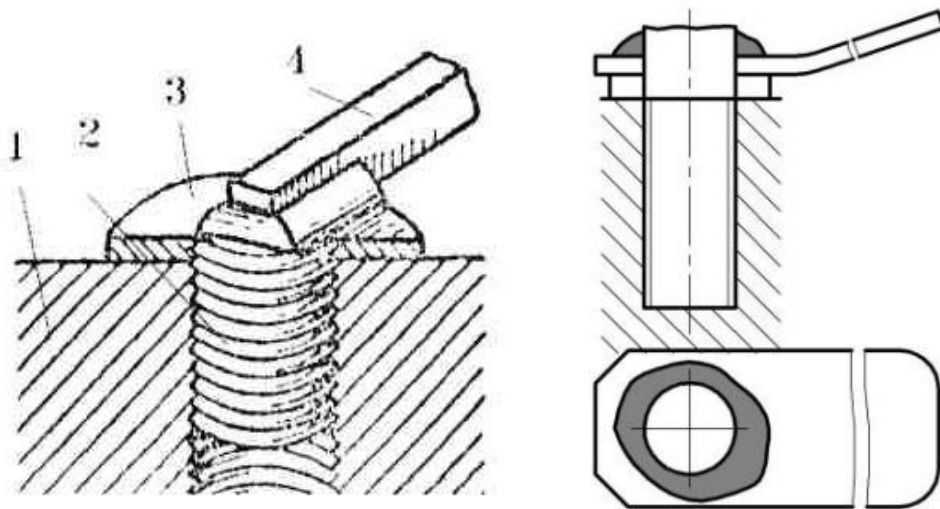


Рисунок 3.3 – Приварена пластина з важелем: 1- корпус; 2- шпилька; 3- пластина; 4 – важіль

5. Відкручування обірваної різьбової шпильки шляхом приварювання кондукторної вставки.

У ситуаціях, коли залишок шпильки глибоко в деталі, застосовується спеціальна вставка (див. рис. 3.4), яка має верхню частину у формі

шестигранника та нижню частину, що відповідає зовнішній поверхні різьби та рівна внутрішньому діаметру. Вставка додатково обладнана отвором для можливості приварювання.

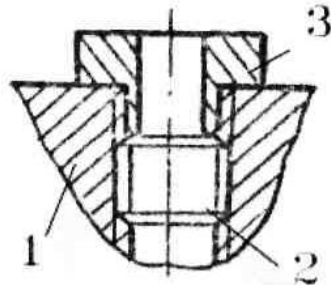


Рисунок 3.4 – Приварена кондукторна вставка: 1- корпус; 2- залишок обірваної шпильки; 3- кондукторна вставка.

6. Вилучення обірваної шпильки можливе за допомогою гайки, оснащеної циліндричним штифтом. Якщо шпилька недостатньо виступає над поверхнею деталі для захоплення іншими пристроями, застосовується гайка із циліндричним штифтом (див. рис. 3.5), який, фактично, виконує функцію шпонки.

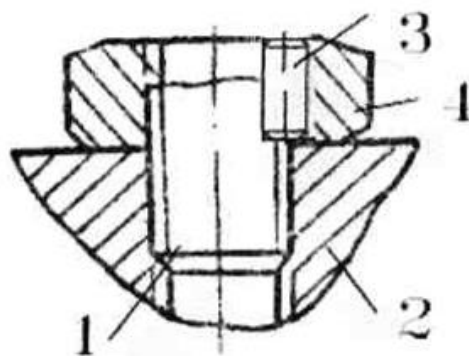


Рисунок 3.5 – Гайка з циліндричним штифтом: 1-шпилька; 2- деталь; 3- штифт; 4-гайка

3.3. Видалення зламаних шпильок з корпусних деталей

Для випадків, коли залишки шпильки не виступають над поверхнею деталі, використовується метод висвердлювання шпильки. Проте існує певна проблема, пов'язана із визначенням центру обірваної шпильки. Для цього застосовують кернер, діаметр якого відповідає діаметру отвору, а кут кернера дорівнює куту свердла. Крім того, для того щоб уникнути відхилення свердла, використовують кондукторні та напрямні втулки. Після того, як шпильку висвердлено наскрізь або на визначену глибину, застосовують екстрактори, які показані на рисунку 3.6.

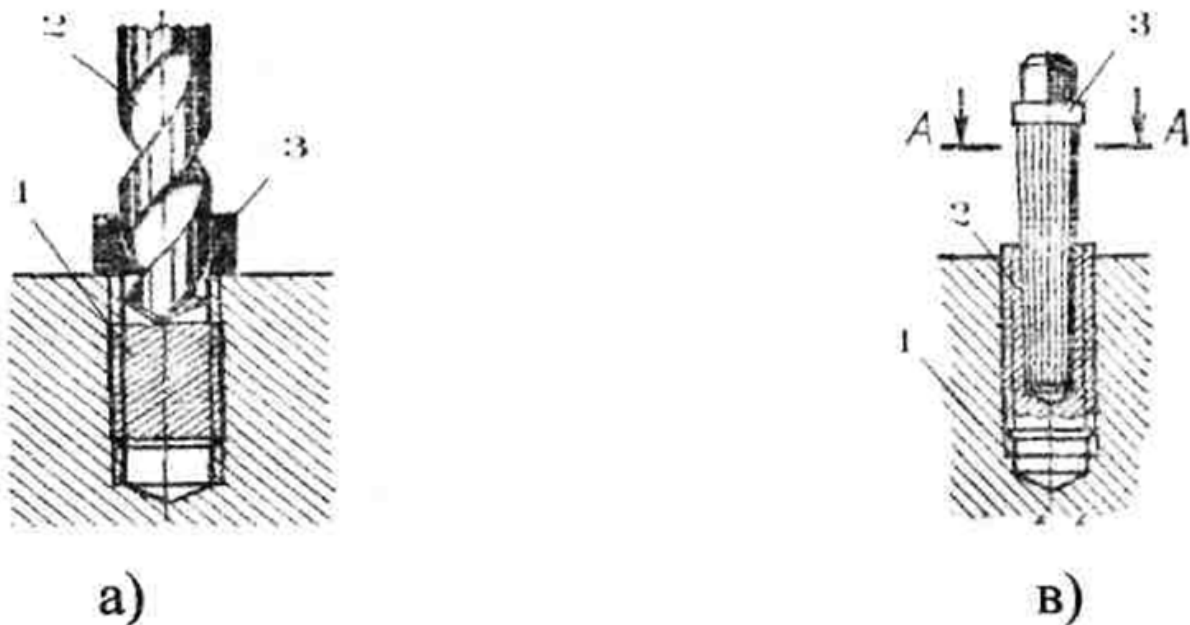


Рисунок 3.6. Видалення обірваної шпильки: а) висвердлювання по кондукторній втулці: 1- шпилька; 2- свердло; 3- кондукторна втулка; б) викручування шпильки циліндричним екстрактором: 1- циліндричний екстрактор; 2- шпилька; 3- деталь.

3.4. Методика обґрунтування необхідності використання спеціального технологічного інструменту і розробка технічного завдання для його проектування.

Враховуючи основні недоліки існуючого обладнання, виникає необхідність у створенні більш компактного та простого у використанні засобу для викручування шпильок, який гарантує ефективне відвертання без пошкодження різьби. Основним вимогам до розробленого обладнання є здатність передавати необхідний значний крутний момент для викручування шпильок. Такий пристрій повинен володіти зручністю в експлуатації та легкістю в виготовленні.

При демонтажі шпилькових з'єднань з різним ступенем зносу часто виникають ситуації, коли різьбові деталі пошкоджуються чи руйнуються. Видалення залишків пошкоджених шпильок з корпусних деталей становить значний виклик. При цьому ускладнюється не лише процес розбирання і складання шпилькових з'єднань, але й обмежений доступ до них, що вимагає використання додаткових операцій для створення доступу або використання спеціальних пристроїв та інструментів.

3.5. Будова та принцип роботи пристрою

В даній кваліфікаційній роботі нами було запропонований пристрій для викручування і вкручування шпилькових з'єднань (рис. 3.7).

На рис. 3.7 зображено загальний вигляд запропонованого ключа для викручування та закручування шпильок. Пристрій складається з корпусу 1, що виконує роль ручки, в якому розміщені силовий гвинт 2 та гайка з прорізом 3. Гайка з прорізом 3 контактує двома гранями відповідно до граней призматичного отвору корпусу 1, і третьою - з силовим гвинтом 2, який притискає її до цих граней. Для регулювання крутного моменту, який передається шпильці, корпус пристрою має призматичний п'ятигранний отвір, грані якого контактують з гайкою з прорізом в різьбовому отворі, зміщеним на

величину ексцентриситету ε , і протилежна грань гайки контактує з торцем силового гвинта. Принцип роботи пристрою для викручування та ввімкнення шпильок наступний. Гайку з прорізом 3 навивають на шпильку так, щоб залишалася декілька вільних витків різьби з торця. Потім встановлюють корпус 1 з силовим гвинтом 2 на гайку з прорізом 3 так, щоб її грані, прилеглі до прорізу, розташовувалися напроти граней призматичного отвору корпусу, а протилежна грань прорізу - напроти торця силового гвинта 2. Крутний момент, який передається на відкручувану (закручувану) гайку, можна регулювати силою тиску торця силового гвинта 2 на грань гайки з прорізом 3. Обертаючи силовий гвинт 2, натискають розрізну гайку 3 до граней корпусу 1, подовжені грані гайки 3 деформуються і стискають шпильку по різьбовій частині. Повертаючи корпус 1 проти годинникової стрілки, виконують відкручування шпильки. Ввімкнення шпильки виконують аналогічно, з відмінністю в тому, що корпус 1 обертають за годинниковою стрілкою.

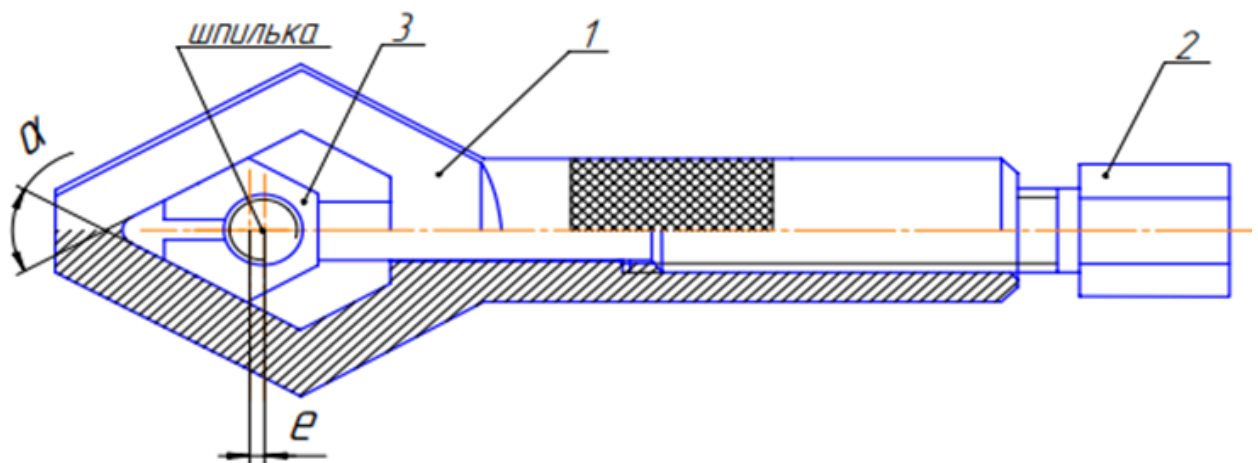


Рисунок 3.7 – Пристрій для викручування і вкручування шпильок

Конструкція даного пристрою вирішують проблеми обмеження осьової та радіальної доступності.

Простота запропонованого пристрою дозволяє виготовити його практично у будь-якій майстерні підприємства.

Висновки до розділу

1. Вибір конкретної технології для відкручування шпильок дозволить значно зменшити час, необхідний для їх викручування.

2. Підсвідомо виходячи із недоліків існуючого обладнання, виникає завдання розробки більш простого та компактного устаткування для викручування шпильок, яке забезпечуватиме ефективне відкручування без пошкодження різьби.

3. Основним критерієм для розроблюваного обладнання є здатність передавати необхідний великий момент через різьбову частину пристрою для відкручування шпильок.

4. РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

4.1 Результати дослідження впливу величини моменту затягування між собою двох гайок на процес викручування шпильки

Для проведення дослідження впливу різниці у моменті затягування між двома гайками на процес викручування шпильки було скомплектовано 72 набори різьбових деталей класу міцності 5,8. З цих наборів 36 включали болти з двома гайками (рис. 4.1, а), а інші 36 містили болти із шайбами поміж двома гайками (рис. 4.1, б).

У додаток до цього, проводилось вивчення 72 комбінованих комплекти різьбових деталей, в яких застосовувались болти класу міцності 5,8 і гайки класу міцності 8,8; з цих комплектів 36 включали шайби.

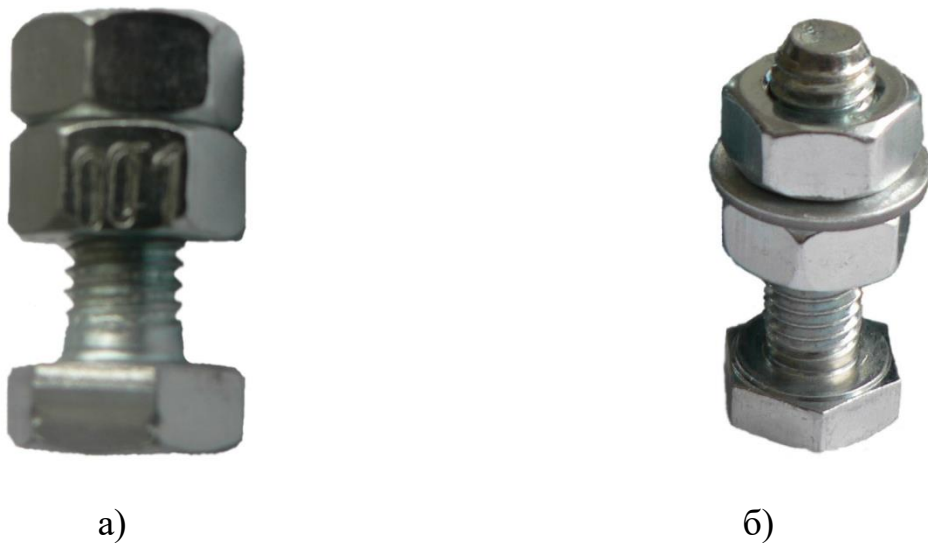


Рисунок. 4.1 – Комплекти різьбових деталей: а) без шайби; б) з шайбою.

Етапи дослідження виконувались у наступній послідовності: спочатку на болт навіювали дві гайки так, щоб залишалось три витки різьби від торця різьбового стержня болта. Починаючи, контргайку 1 закріплювали у головці торцевого ключа 3, яка була фіксована на торсіонному тензOMETричному валу 6 (рис. 4.2, а).

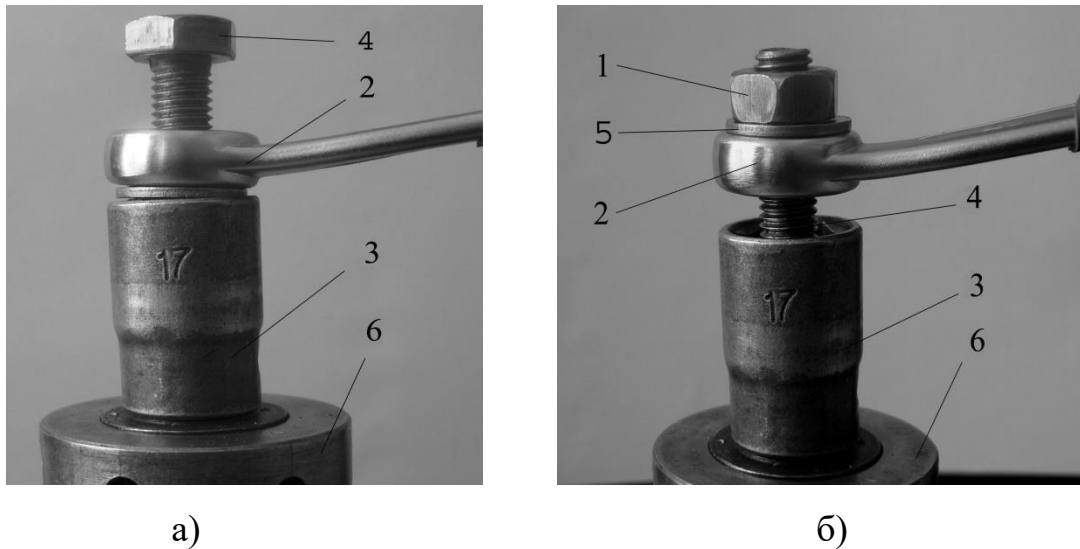


Рисунок 4.2 – Схеми встановлення досліджуваних деталей у торцевій головці на торсіонному тензометричному валу: а) процес законтрування гайок, б) процес скручування імітатора шпильки: 1 – контргайка; 2 – кільцевий ключ; 3 – торцева головка; 4 – болт; 5 – шайба; 6 – торсіонний тензометричний вал.

Після цього встановлюємо кільцевий ключ на гайку 2 і затягуємо її відносно гайки 1 з певним, визначеним для кожної спроби, моментом. Потім виймаємо комплект різьбових деталей і встановлюємо головку болта 4 в торцевій головці ключа 3 (рис. 4.2, б), а кільцевий ключ встановлюємо на гайку 2 і обертаємо проти годинникової стрілки, відтворюючи процес викручування шпильки. Ключ повертається до тих пір, поки гайка 1 не виходить за межі різьбового стержня болта або не відбувається руйнування однієї з різьбових деталей. Зусилля докручування гайки 2 для кожної наступної спроби зростають з кроком 5 Нм, починаючи з мінімального значення 5 Нм для першої спроби і закінчуючи максимальним значенням 55 Нм для останньої.

Крутний момент у ході затягування гайок та момент руйнування різьбових деталей комплексу реєструвалися комп'ютером у формі графіків та в табличному вигляді.

На рис. 4.3 показано зміну моменту скручування різьбового стержня від моменту докручування гайок між собою.

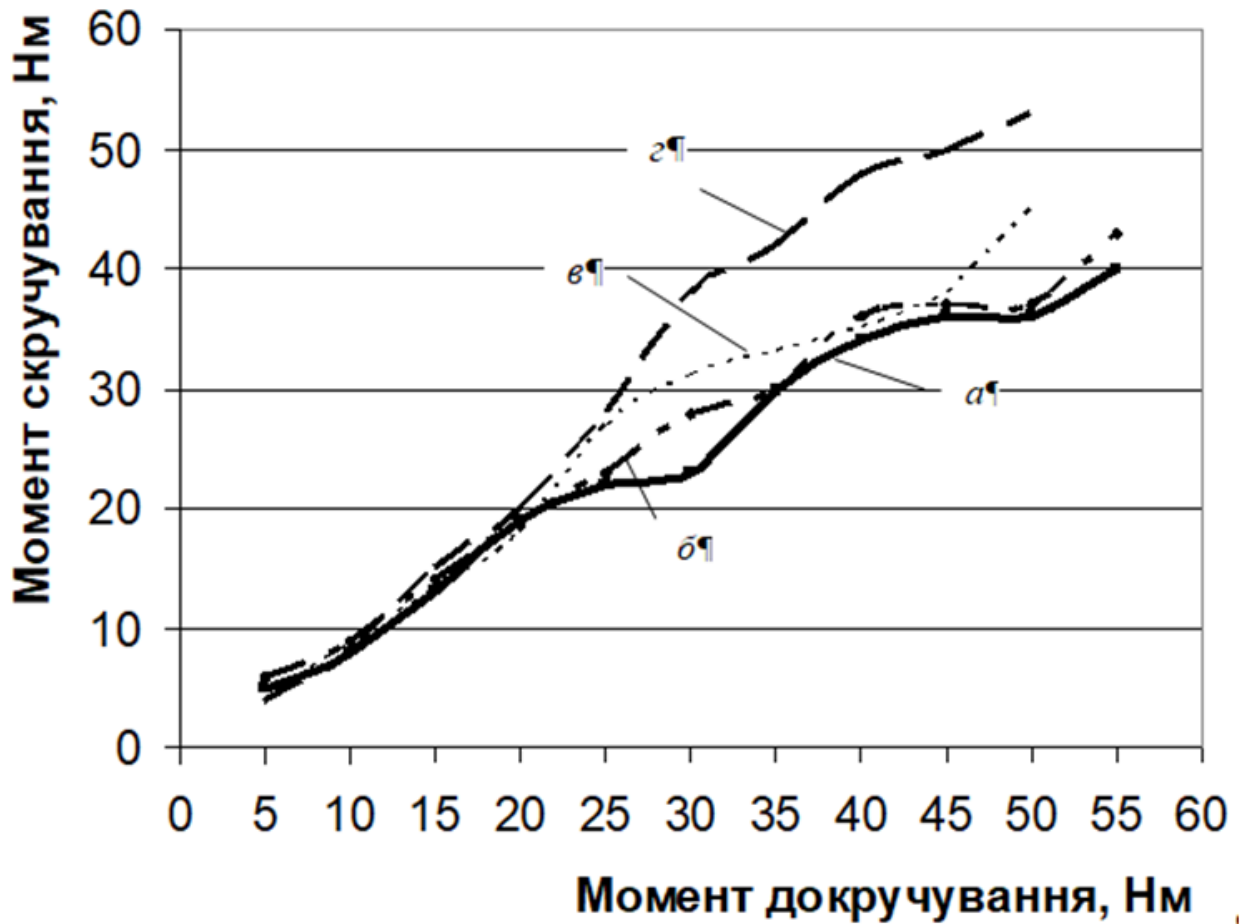


Рисунок 4.3 – Залежність моменту скручування різьбового стержня від моменту докручування гайок.

Криві а, б, в, г відповідають таким комплектам: а – болт та дві гайки класу міцності 5,8; б – болт та дві гайки класу міцності 5,8 із встановленою шайбою між гайками; в – болт класу міцності 5,8 та дві гайки класу міцності 8,8; г - болт класу міцності 5,8 та дві гайки класу міцності 8,8 із встановленою шайбою між гайками.

Криві а, б, в, г відповідають таким комплектам: а – болт та дві гайки класу міцності 5,8; б – болт та дві гайки класу міцності 5,8 із встановленою шайбою між гайками; в – болт класу міцності 5,8 та дві гайки класу міцності

8,8; г - болт класу міцності 5,8 та дві гайки класу міцності 8,8 із встановленою шайбою між гайками.

Застосовуючи аналітичний метод, визначаємо коефіцієнт передачі, що представляє собою співвідношення між моментом скручування T_c різьбового стержня та моментом докручування гайок $T_{док}$:

$$\kappa_n = T_c / T_{док} . \quad (4.1)$$

Таким чином, коефіцієнт передачі κ_n для варіантів а) і б) знаходиться в межах від 0,9 при $T_{док} = 25$ Нм до 0,73 при $T_{док} = 50$ Нм. Для випадку в) коефіцієнт передачі κ_n змінюється в межах від 1,08 при $T_{док} = 25$ Нм до 0,9 при $T_{док} = 50$ Нм. Для випадку г) відповідно коефіцієнт передачі κ_n змінюється в межах від 1,12 при $T_{док} = 25$ Нм до 1,06 при $T_{док} = 50$ Нм.

Важливо відзначити, що під час процесу скручування спостерігається обмежене докручування гайок, а саме зсув граней гайок одна відносно одної через видовження стержня. Явище проковзування торців гайок було особливо виражене в разі використання оцинкованих гайок класу міцності 8,8, а також при використанні шайб. Отже, процес скручування різьбового стержня можна поділити на два етапи: перший - неочікуване докручування гайок, другий - безпосереднє скручування.

4.2 Результати дослідження викручування шпильок розрізаними гайками

З метою подальших досліджень ми розробили конструкцію пристрою, який дозволить ефективно блокувати взаємне переміщення гайок одна відносно одної, що сприятиме отриманню більш точних даних.

Розширюючи ідею використання розрізаної гайки для викручування шпильок, ми висунули пропозицію використовувати її затискання з використанням розробленого нами універсального розвідного ключа.

Для удосконалення режимів викручування шпильок за допомогою розрізаних гайок ми передбачили дослідити вплив механічних характеристик і геометричних параметрів цих гайок на відповідні співвідношення (коефіцієнт передачі κ'_n) моменту T_c , що передається різьбовій шпильці до моменту T_3 , з яким різьбовий стержень створює зусилля затискання F (рис. 3.4):

$$\kappa'_n = T_c / T_3. \quad (4.2)$$

Для проведення цих досліджень було виготовлено три партії розрізних гайок М10 з матеріалу шестигранника $S = 17$ мм висотою $H = 20$ мм. Перша партія була виготовлена зі сталі 20, друга – зі сталі 45, третя – зі сталі 45 загартована до 45...60 HRC.

Кожна з партій гайок розділена на групи за величиною ексцентриситету різьбового отвору відносно осі матеріалу шестигранника.

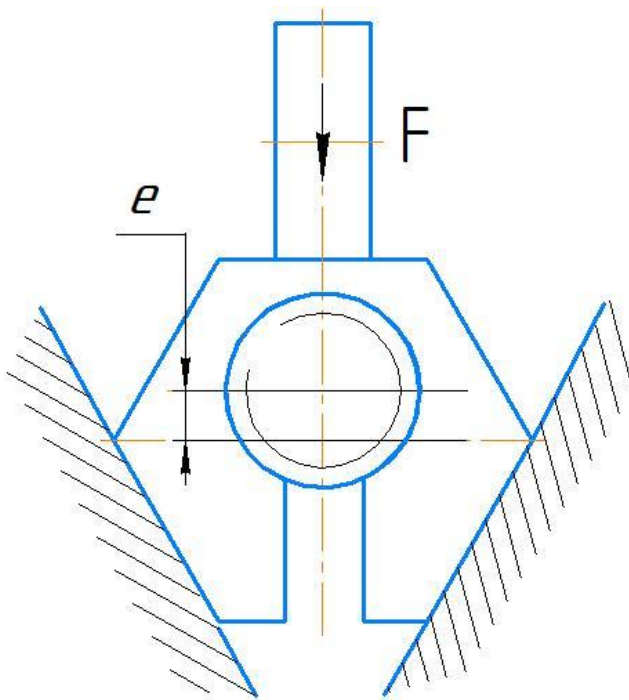


Рисунок 4.4 – Схема затискання розрізаної гайки: F – зусилля затискання; e – ексцентриситет.

На рис. 4.5 подано графіки зміни моменту скручування T_c залежно від моменту T_3 , який спричинює зусилля затискання F , відповідно: а – для гайок, виготовлених зі сталі 20; б – для гайок, виготовлених із сталі 45; в – для термічно зміцнених гайок із сталі 45.

Криві на графіках 1, 2, 3, 4 (рис 4.5) відповідають значенням, отриманим для гайок з відповідним ексцентриситетом різьбового отвору стосовно осі шестигранника, зокрема 1 – з ексцентриситетом 0...0,25 мм, 2 – з ексцентриситетом 0,25 ...0,5 мм, 3 – з ексцентриситетом 0,5...0,75 мм, 4 – з ексцентриситетом 0,75...1,0 мм.

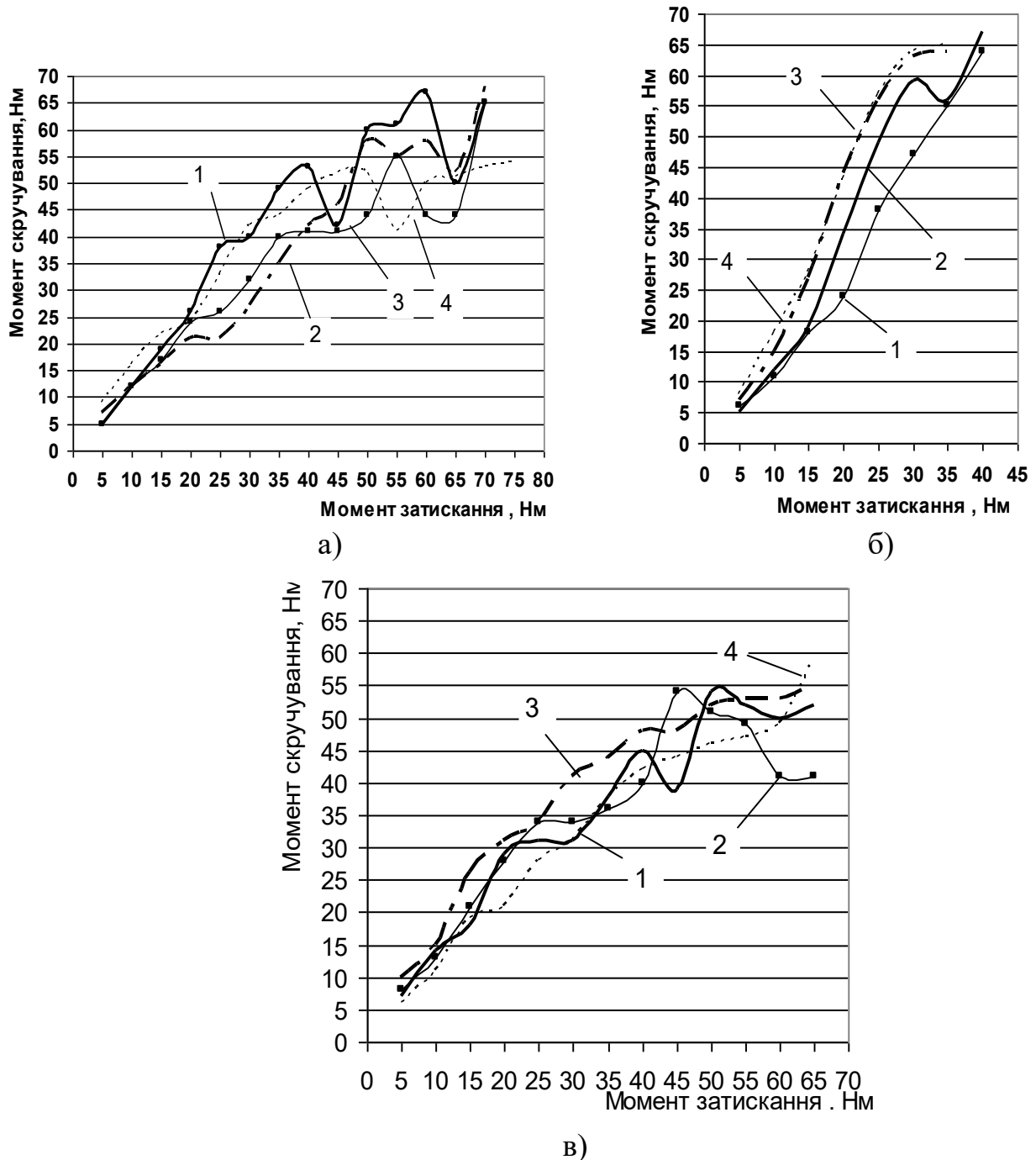


Рисунок 4.5 – Залежність моменту скручування різбового стержня від моменту, що створює зусилля затискання розрізаних гайок.

У процесі досліджень встановлено низку закономірностей, серед яких варто відзначити наступні. Для розрізаних гайок, виготовлених зі сталі 20, коефіцієнт передачі κ'_n змінювався в межах від 1,3 при $T_3 = 10$ Нм до 0,9 при T_3

= 70 Нм. За умови використання розрізаної гайки більше 80 раз явно видно її залишкову деформацію – різьбовий отвір набуває овальної форми.

Для розрізних гайок зі сталі 45 характерним є те, що коефіцієнт передачі κ'_n змінюється в межах від 1,4 при $T_z = 10$ Нм до 1,7 при $T_z = 35$ Нм, тобто для створення граничного моменту 65 Нм зусилля затискання є в 1,75 раз меншими, ніж для гайок зі сталі 20.

Для термічно оброблених гайок зі сталі 45 коефіцієнт κ'_n змінюється в межах від 1,3 при $T_z = 10$ Нм до 0,8 при $T_z = 65$ Нм. Із збільшенням ексцентриситету від 0 до 1 мм коефіцієнт передачі моменту збільшується в середньому в 1,1 раза. Отже, для застосування даної технології найбільш доцільно використовувати розрізні гайки зі сталі 45 не термооброблені.

Зменшення коефіцієнта передачі моменту зі збільшенням моменту викручування для гайок зі сталі 20 можна пояснити деформацією останніх, а для термооброблених зі сталі 45 їх значною жорсткістю, що впливає на повноту контакту між витками різьби стержня і гайки.

Висновки до розділу 4

1). Під час проведення експериментів було виявлено, що у випадку *a*) виникає руйнування витків різьби гайки після передачі моменту різьбовому стержню, який перевищує 35 Нм. Схожа ситуація спостерігається і для варіанту б).

2). Зниження коефіцієнта передачі моменту при збільшенні моменту викручування для гайок із сталі 20 можна пояснити їхньою деформацією, тоді як для термооброблених гайок із сталі 45 цей ефект пов'язаний з їх великою жорсткістю, що впливає на повноту контакту між витками різьби стержня і гайки.

5. ОХОРОНА ПРАЦІ І БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

5.1 Моделювання процесів виникнення аварій і травм

Для моделювання виникнення аварій і травм при роботі із стендом для випробовування комбінованих гайкових ключів застосуємо метод логічного моделювання процесів формування виникнення небезпечних ситуацій та їх наслідків [12,18].

За допомогою цього методу будемо мати можливість шляхом побудови "дерева" відрізків і помилок операторів різних систем вести математичну обробку моделі ("дерева") з метою одержання ймовірності виникнення таких випадкових подій, як травма, аварія і катастрофа. Обчислення рівня небезпеки спрямуємо на удосконалення конструкцій стенда для випробовування комбінованих гайкових ключів, на зниження їх небезпеки, а також вживати термінових заходів для першочергового усунення небезпек з більш високим рівнем.

Метод "дерева", "дерева несправностей" або "дерева несправностей і помилок оператора" застосовують для аналізу складних систем.

Процеси формування та виникнення обставин та причин різних аварій, виробничих травм можна заздалегідь моделювати, застосовуючи метод побудови "дерева" відмов та помилок оператора людино-машинних систем у сільському господарстві [12,18]. Побудуємо логіко-імітаційну модель травм при роботі із стендом для випробовування комбінованих гайкових ключів.

При роботі із стендом для випробовування комбінованих гайкових ключів найнебезпечнішим явищем є ураження електричним струмом. Приймаючи подію "ураження" як головну і зв'язуючи цю подію шляхом логічного аналізу з наступною подією, що обумовлює її виникнення за допомогою логічних операторів "І", "АБО" та інших, приходимо до кінцевих подій, з яких і починає формуватися головна подія: "ураження". За своєю формою така модель нагадує

крону дерева, тому вона і одержала назву "дерево відмов і помилок". Кінцеві події називають базовими [12].

Як правило, побудова моделі починається з головної події – ураження електричним струмом, а наступні розміщують зверху вниз ,аж до базових подій (рис. 5.1.). Кожен блок рисунка, позначений відповідним номером, означає подію (у загальному вигляді) або окремий етап побудови моделі:

- відмова (травма) системи – головна подія;
- послідовність подій, що призводять до відмови системи;
- послідовність подій зображується за допомогою логічних операторів "І", "АБО" та інших;
- прямокутник – подія, що виникає як результат дії символа-оператора;
- базові події зображають у вигляді кружечків із написами в середині, вони є межею аналізу побудованої моделі ("дерева помилок");
- ромб – нерозкрита подія (подія, яка вимагає проведення відповідних досліджень).

Головною подією є ураження електричним струмом під номером 13, вона виникає внаслідок події номер 11 – пробивання на корпус і внаслідок нерозкритої події номер 12 – до стенда в цей момент торкався працівник. Подія 11 пробивання на корпус стенда виникає через подію номер 7 – пошкоджена ізоляція, або подію номер 10 – неправильне під'єднання стенда до мережі. Подія номер 7 – пошкоджена ізоляція виникає внаслідок події номер 3 – перегрів дроту, або події номер 6 – механічне пошкодження. Подія номер 10 – неправильне під'єднання до мережі виникає внаслідок базової події номер 8 – стан контролю, або базової події номер 9 професійний рівень працівників. Подія номер 3 перегрів дроту виникає внаслідок базової події номер 1 – стан контролю, або базової події номер 2 – професійний рівень працівників. Подія номер 6 – механічне пошкодження виникає внаслідок події номер 4 – стан контролю, або базової події номер 5 – професійний рівень працівників [18].

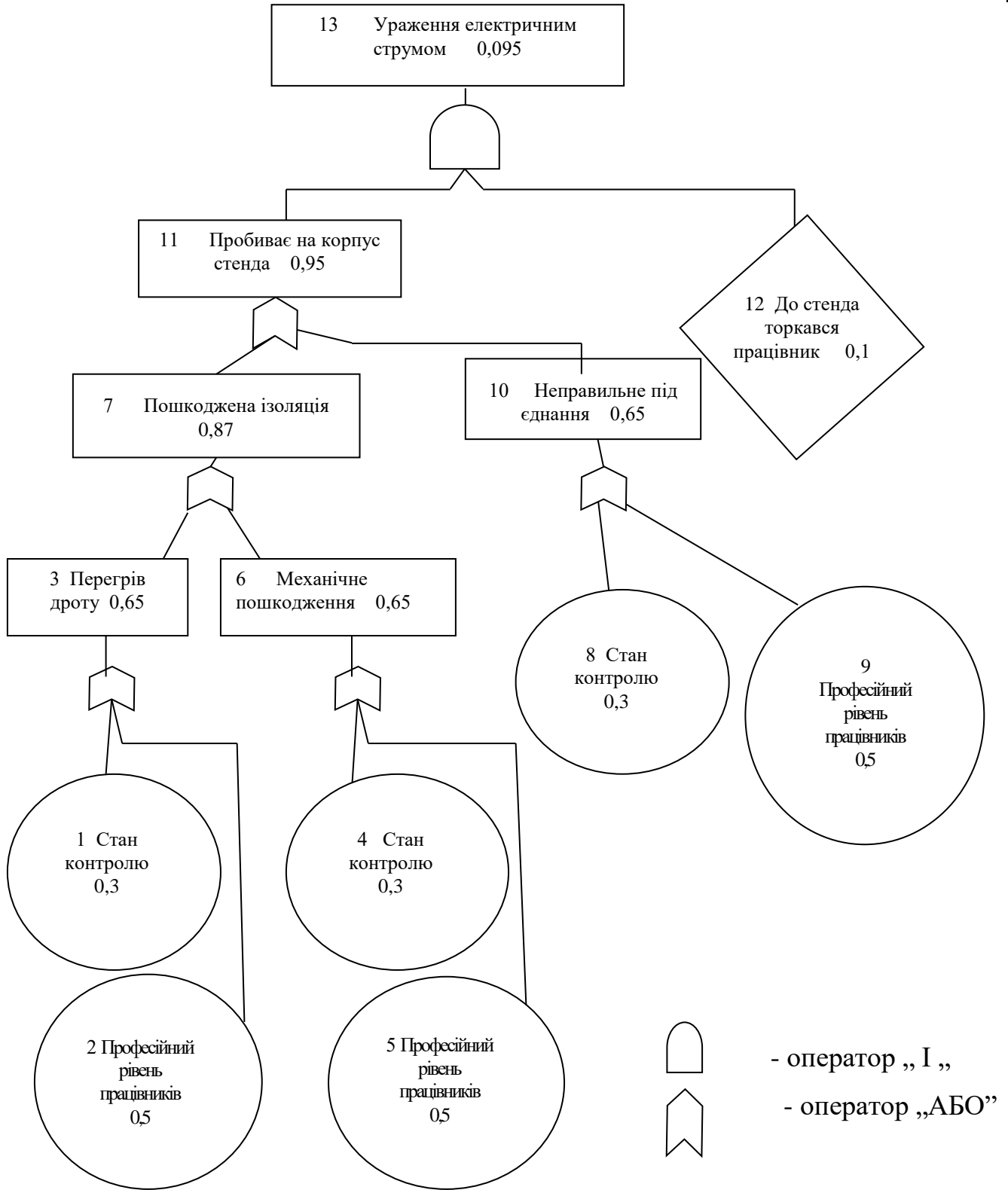


Рисунок 5.1 – Логіко-імітаційна модель процесу виникнення травми у працюючого при роботі із стендом для випробування комбінованих гайкових ключів: 1,2,3,...,12,13 – номери подій; 0,3; 0,5... – ймовірності подій.

Базова подія номер 1 – „стан контролю” для події 3 „перегрів дроту” буде контроль за станом ізоляції силового дроту, базова подія 2–„професійний рівень” це неправильний розрахунок діаметру дроту при конструюванні стенда. Базова подія 4 – „ стан контролю” для події 6 – „ механічне пошкодження” це контроль за станом ізоляції силового дроту, базова подія 5 – для події 6 це буде професійність проведених робіт в зоні силового кабелю і можливість його пошкодити. Базова подія 8 – „ стан контролю” для події 10 – „ неправильне під’єднання” це контроль за станом стенда (ЩТО), базова подія 9 „ проф. рівень” для події 10 це проведення правильного включення стенда працівником.

5.2 Оцінка рівня небезпеки виникнення аварій і травм

Методикою оцінки рівня небезпеки робочих місць, машин, виробничих процесів та окремих виробництв передбачено пошук об’єктивного критерію (показника) рівня небезпеки для конкретного об’єкта. Таким показником вибрана ймовірність виникнення аварій або травм залежно від досліджуваного явища.

Для оцінки рівня небезпеки стенда для випробовування комбінованих гайкових ключів можна застосувати метод обчислення ймовірності виникнення будь-якого випадкового явища, який широко застосовують в закордонній інженерній практиці.

Ймовірність базових подій визначаємо за даними виробництва. Наприклад, базова подія "стан контролю з охорони праці". Для визначення ймовірності ми повинні встановити, наскільки (%) від ідеального рівня здійснюється відповідний контроль на об’єкті. Якщо прийmemo, що такий рівень контролю становить 30 %, то ймовірність відповідно дорівнює 0.3. При відсутності контролю ймовірність "не здійснення контролю" становитиме 1, якщо контроль ідеальний, то відповідно ймовірність дорівнює 0.

Для базових подій 1; 4; 8 „стан контролю” ймовірність приймаємо 0,3, для базових подій 2; 5; 9 „професійний рівень” ймовірність приймаємо 0,5.

На цьому можна вважати, що певна модель (рис. 5.1.) підготовлена до математичної обробки. Для виконання математичних обчислень ймовірностей випадкових подій логіко-імітаційної моделі застосовують формули.

Для проведення обчислень ймовірності травми використовуємо логіко-імітаційну модель процесу її формування:

Ймовірність події P_3 :

$$P_3 = P_1 + P_2 - P_1 \cdot P_2 . \quad (5.1)$$

Умовно прийmemo, що ймовірність базових подій $P_1 = 0.3$, а $P_2 = 0.5$. Підставивши дані ймовірностей базових подій, одержимо:

$$P_3 = 0.3 + 0.5 - 0.3 \cdot 0.5 = 0.65$$

Слід зауважити, що обчислення ймовірностей випадкових подій проводяться відповідно до положень булевої алгебри [15].

Аналогічно обчислюємо ймовірність інших подій залежно від їх номера.

$$P_6 = P_4 + P_5 - P_4 \cdot P_5 = 0.65; \quad (5.2)$$

$$P_7 = P_3 + P_6 - P_3 \cdot P_6 = 0.87; \quad (5.3)$$

$$P_{10} = P_8 + P_9 - P_8 \cdot P_9 = 0.65; \quad (5.4)$$

$$P_{11} = P_7 + P_{10} - P_7 \cdot P_{10} = 0.95; \quad (5.5)$$

$$P_{13} = P_{11} \cdot P_{12} = 0.095. \quad (5.6)$$

Таким чином, на робочому місці під час роботи станда для випробовування гайкових ключів при наявності тих недоліків з охорони праці, відображені у базових подіях на 100 таких місць, можна очікувати 9,5 травми.

На даному робочому місці можуть бути й інші недоліки, які призведуть до травми з інших причин. Але складовими причинами іншої травми також можуть бути такі недоліки, як неефективний контроль чи низький професійний рівень знань працюючих. Тоді треба побудувати відповідну модель і виконати необхідні обчислення.

5.3 Безпека в надзвичайних ситуаціях

Для запобігання виникненню пожеж кожен працівник зобов'язаний суворо дотримуватись встановлених правил щодо їх попередження як у побуті, так і на підприємствах та в інших місцях [12].

На об'єктах народного господарства, встановлюється протипожежний режим і розробляються інструкції як для всього об'єкта, так і для окремих цехів, дільниць, бригад. Потрібно знати, що для гасіння вогню не завжди можна користуватися водою. Не можна направляти водяний струмінь на електропровід, що горить, або на електрообладнання, бо людину може вразити струм, оскільки вода є провідником. Ефективним засобом гасіння загорянь є вогнегасник.

У задимлене приміщення слід заходити обов'язково удвох. Йти, тримаючись за стіни, щоб не втратити орієнтир. Працювати в ізольованих або фільтрувальних протигазах, але з гопкалітовим патроном. Двері в палаюче приміщення відкривати обережно і користуватися ними як прикриттям. Людей із задимленого, палаючого приміщення вивести назовні, попередньо накинувши їм на голову вологу тканину або одяг.

В разі виникнення виробничої аварії начальник цивільної оборони об'єкта терміново організовує оповіщення керівництва і всіх працівників підприємства про небезпеку [12]. Якщо трапилося витікання СДОР, то оповіщається також населення, яке мешкає поблизу об'єкта і в напрямі об'єкта і в напрямі можливого поширення отруйних газів. Населення повинно слухати повідомлення штабу ЦО і діяти за його вказівкою. Організовується розвідка, котра встановлює місце аварії, вид СДОР, ступінь зараження території та повітря, стан людей у зоні зараження, кордони зон забруднення, напрям і швидкість вітру в приземному шарі, напрям поширення зараженого повітря. Уражених після надання їм допомоги доставляють у незаражений район, а в разі необхідності — до лікувального закладу.

Дії населення під час радіоактивного забруднення місцевості. Радіоактивне зараженою може виявитися місцевість не тільки після ядерного вибуху, а й внаслідок аварії на атомній електростанції, на інших об'єктах, що виробляють або використовують розщеплені матеріали. Характерна особливість радіоактивного зараження місцевості після ядерного вибуху – швидкий спад рівнів радіації через безперервний розпад радіоактивних речовин. Так, через 7 годин після вибуху рівень радіації на місцевості зменшується у 10 разів, через добу – приблизно у 40 разів, через 49 годин – у 100 разів. У тих населених пунктах і районах, де виявлено радіоактивне зараження, мешканці повинні надягнути респіратори, протипилові тканинні маски, ватно-марлеві пов'язки або протигази. Взяти документи, запас їжі і води, медикаменти, предмети першої необхідності й піти до захисної споруди.

Із службових приміщень і житлових будинків треба виходити швидко, не заважаючи іншим. Виведення населення у безпечні місця проводиться організовано, з урахуванням обстановки.

Під час землетрусу не можна залишатися поблизу об'єктів, що мають легкозаймисті і сильнодіючі отруйні речовини, на мостах і шляхопроводах. Якщо сильні підземні поштовхи застали вас на вулиці, слід якнайдалі відійти від будинків. Не можна триматися за високі стовпи і паркани, ховатись на нижніх поверхах та в підвальних приміщеннях будинків. Усі транспортні засоби зупиняються. Пасажири залишають їх і відходять на безпечну відстань. Особливу організованість варто проявити, виходячи з вокзалів, театрів, магазинів.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Проведені експериментальні дослідження показали, що за допомогою двох гайок можна передати критичний момент шпильці за умови надійної фіксації гайок між собою, щоб не відбувся процес їх самодотягування або саморозкручування, залежно від того чи викручуємо шпильку за нижню чи за верхню гайку.

2. Використання для відкручування шпильок гайки з розрізом затисненої в універсальному кільцевому ключі дає змогу нормувати момент, який передається шпильці так як пристрій працює за принципом циліндричної фрикційної муфти, а отже можна уникнути руйнування шпильки через передачу їй крутного моменту більшого за критичний.

3. Запропонована конструкція пристроїв для розбирання шпилькових з'єднань дасть можливість викручувати шпильки без їх пошкодження та повторно їх використовувати.

4. В подальших дослідженнях доцільно встановити залежність між моментом затискання гайки в універсальному кільцевому ключі і крутним моментом, що передається шпильці від фізико-механічних властивостей гайки з прорізом.

5. Побудована логіко-імітаційну модель процесу виникнення травми у працюючого при роботі із стендом для випробовування гайкових ключів. Було пораховано ймовірність виникнення такої травми. Таким чином, на робочому місці під час роботи стенда для випробовування комбінованих гайкових ключів при наявності тих недоліків з охорони праці, відображені у базових подіях на 100 таких місць можна очікувати 9,5 травми.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Деталі машин: підручник. Дирда В.І., Овчаренко Ю.М., Рижков Є.І. та ін. Луганськ: Вид-во ДЗ «ЛНУ імені Тараса Шевченка», 2010. 308 с.
2. Боженко Л.І. Технологія машинобудування. Проектування технологічного спорядження: Навчальний посібник для вузів. Львів: Світ, 2001. 296 с.
3. Кулинич І. В. Технологічно-адаптивне забезпечення складання різьбових з'єднань машин: автореф. дис. на здобуття наук, ступеня канд. техн. наук : спец. 05.02.08 „Технологія машинобудування". І. В. Кулинич. Тернопіль, 2005. 19 с.
4. Чухрай В.Є., Дмитришин І.В., Блауцяк О.І. Технології і пристрої для розбирання шпилькових різьбових з'єднань / Вісн. Львів. держ. аграр. ун-ту: Агроінженерні дослідження №7. 2003. С. 208 – 212.
5. Чухрай В.Є., Блауцяк О.І. Порівняльний аналіз режимів кручення різьбових стержнів різними технічними засобами / Вісн. Львів. держ. аграр. ун-ту: Агроінженерні дослідження №10. 2006. С. 373 – 385
6. Чухрай В.Є., Блауцяк О.І. Конструкції пристроїв для закручування та викручування шпильок із захопленням за різьбову частину / Вісн. Львів. держ. аграр. ун-ту: Агроінженерні дослідження №9. 2005. С. 354 – 364.
7. Павлице В.Т. Основи конструювання та розрахунок деталей машин. Київ: Вища школа. 1993, 556 с.
8. Технологічне проектування автотранспортних підприємств : навч. посібник / С. І. Андрусенко, В. О. Білецький, П. І. Бортницький та ін. ; рец.: О. М. Коробочка, В. В. Рудзінський, В. В. Березняцький. Київ: Каравела, 2009. 368 с.
9. Практикум з ремонту машин. Технологія ремонту машин, обладнання та їх складових частин. Том 2. О.І. Сідашенко, та інші. За ред.

- О.І.Сідашенко, О.В. Тіхонова. Навчальний посібник. Харків: ТОВ «Пром-Арт», 2018. 491с.
- 10.Метрична різьба. URL: <https://dinmark.com.ua/blog/metrychna-rizba>. (дата звернення 03.05.2023).
 - 11.Бутенко В. Г. Ремонт машин в АПК України: організація, проектування, оптимізація. Дніпропетровськ: 1997. 159 с.
 - 12.Гряник Г. М., Лехман С. Д., Бутко Д. А. Охорона праці. Київ: Урожай, 1994. 272 с.
 - 13.Трактори та автомобілі Частина 1 автотракторні двигуни. Київ 2000, 354.
 - 14.Жирицький В. Ц., Джигирей В. С., Мельников О. В. Основи охорони праці. Львів: Афіша, 2000. 349 с.
 15. Каталог інструментів для розбирання різьбових з'єднань фірми FORCE. 2003 / 2004. 296 с.
 - 16.Ремонт автомобілів: Навчальний посібник. Упор. В.Я. Чабанний. Кіровоград: Кіровоградська районна друкарня, 2007. 720 с.
 17. Жуков, В. Б. Дослідження щільності стиків різьбових з'єднань авіаційних двигунів: автореф. дис. ... канд. техн. наук : 214 - двигуни літальних апаратів та їх технологія. В. Б. Жуков. Харків, 1970. 29 с.
 18. Лехман С. Д., Рубль В. І., Рябцев Б. І. Запобігання аварійності і травматизму у сільському господарстві. Київ: Урожай, 1993. 270 с.
 19. Ремонт машин та обладнання: Підручник. О.І. Сідашенко та ін.; за ред. проф. О.І.Сідашенка, О.А.Науменка. Київ: Агроосвіта, 2014. 665 с.
 20. Полупанов Ф. П., Семенюк І. М., Блауберг В. Е. Та ін. Технічне обслуговування машино-тракторного парку. Київ: Урожай, 1973. 272 с.
 21. Практикум з ремонту машин. / За ред. О. І. Сідашенка, О. А. Науменка Київ: Урожай, 1995. 224 с.
 22. Сідашенко О. І., Науменка О.А. Ремонт машин та обладнання Київ 2014, 665 с.

23. Божидарнік В.В. Основи технології виробництва та ремонту автомобілів : Навчальний посібник / Божидарнік В.В., Гусєв А.П. – Луцьк : Надстир'я, 2007. – 320 с.
24. Фелонюк В. В. Дослідження коефіцієнту тертя в різьбових з'єднаннях. В. В. Фелонюк. // Zbiór artykułów naukowych. Konferencji Międzynarodowej Naukowo-Praktycznej " Inżynieria i technologia. Współczesne tendencje w nauce i edukacji " Paris: Sp. z o.o. "Diamond trading tour". 2020. №34. С. 40–45.
25. Рубець А. М. Проблема технічного обслуговування різьбових з'єднань зернозбиральних комбайнів. А. М. Рубець. Техніка АПК. 2007. №10. С. 37–39.
26. Черновол М.І. Надійність сільськогосподарської техніки. Кіровоград: Код, 2010. 320 с.
27. Технологічна наладка та усунення несправностей с.-г. машин: Довідник / За ред. Г. Р. Гаврилюка. Київ: Урожай, 1988. 256 с.: іл.
28. Чухрай В., Левчук О., Рис В., Кордоба В. Механізоване розбирання і складання різьбових з'єднань. Методичні рекомендації до виконання практичної роботи здобувачами першого (бакалаврського) рівня вищої освіти з дисципліни «Ремонт автомобілів». Дубляни, 2023. 11 с.
29. Чухрай В. Є., Кулинич І. Я. Механізація складання різьбових з'єднань / Вісник Львів. держ. агр. ун-ту: Агроінженерні дослідження №4. Львів, 2000. 207 с.
30. Чухрай В. Є. Обґрунтування технологічних параметрів обладнання для операцій розбирання-складання машин в умовах ремонтної бази їх власників. Механізація та електрифікація сільського господарства. Випуск 83. Наукове видання. Глеваха, 2000. С. 234-238.
31. Чухрай В.Є. Технологічні підстави універсалізації розбирально-складального устаткування. Вісник Львівського державного аграрного

- університету: Агроінженерні дослідження №1. Львів: Львів. держ. агр. ун-т, 1997. С. 142-146.
32. Автомобілі КрАЗ: 65055, 65055-02, 6130С4, 6230С4 – самоскиди; 65053, 65053-02 – шасі; 64431, 64431-02 – сідельні тягачі. Посібник з експлуатації. Кременчук, Холдингова Компанія "АвтоКрАЗ", 2009. 174 с.
33. Вантажні автомобілі MAN L2000. Посібник з ремонту. СПб. Вид-во "Терція", 2006. 180 с.
34. Вантажні автомобілі MERCEDES-BENZ АТЕGO. Технічне обслуговування, посібник з ремонту, схеми електрообладнання. СПб. Вид-во "Дієз", 2010. 496 с.
35. Посібник з експлуатації автомобіля КрАЗ-6510. За ред. головного конструктора Д. Л. Ястребова. Харків. Вид-во: "Прапор", 1992. 167с.