

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ФАКУЛЬТЕТ МЕХАНІКИ ЕНЕРГЕТИКИ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ
ТЕХНОЛОГІЙ
КАФЕДРА ЕКСПЛУАТАЦІЇ ТА ТЕХНІЧНОГО СЕРВІСУ МАШИН
ІМ. ПРОФЕСОРА О.Д. СЕМКОВИЧА

ДИПЛОМНА РОБОТА

Освітнього ступеня «Магістр»

на тему: **„Дослідження особливостей розбирання і складання
різьбових з’єднань з різним технічним станом ”**

Виконав: студент 6 курсу групи Ат-21маг
Спеціальності 274 „Автомобільний транспорт”
(шифр і назва)

Найденко Андрій Олександрович
(Прізвище та ініціали)

Керівник: к.т.н., доц. Шарибура А.О.
(Прізвище та ініціали)

Рецензент: _____
(Прізвище та ініціали)

Дубляни 2021

УДК 631.3

Дослідження особливостей розбирання і складання різьбових з'єднань з різним технічним станом. Найденко Андрій Олександрович. – Кафедра експлуатації та технічного сервісу машин ім. професора О.Д.Семковича – Дубляни, Львівський НАУ – 2021. 55 с. – Рис. 20. - Табл. 2. – 35 джерел.

Актуальність теми стверджується тим, що під час розбирання шпилькових з'єднань з різним технічним станом має місце пошкодження і руйнування різьбових деталей. Особливі труднощі складають операції усунення залишків зруйнованих шпильок з корпусних деталей. Операції розбирання і складання шпилькових з'єднань ускладнюються також через обмежений доступ до них, що обумовлює потребу виконання додаткових допоміжних операцій для створення доступу або використання спеціальних пристроїв та інструментів.

Відомо, що основну частку трудомісткості ремонтних робіт сільськогосподарських машин складають операції розбирання та складання, частка яких сягає 45%. Якщо розглянути всі типи з'єднань деталей, то у більшості машин, агрегатів і вузлів переважають різьбові, частка яких становить 60–80%. В окрему групу різьбових з'єднань, через особливості конструкції і специфіку їх складання та розбирання, слід виділити шпилькові з'єднання, які найбільш широко застосовуються у двигунах, вузлах трансмісії та ходової частини автомобілів, тракторів та інших самохідних машин

Проведений нами аналіз шпильок поширених автомобілів, який показав що найбільш розповсюдженими для прийнятих автомобілів є шпильки М10 і М8 частка яких складає 51,22 % від загальної кількості. В автомобілі МАЗ-5335 найбільшу частку 24,41% складають шпильки М11, а у автомобіля КамАЗ – 65115 36,44% - шпильки М16. Загалом в даних машин є від п'яти до дев'яти типорозмірів шпильок.

В процесі досліджень використана методика динамометрування крутного моменту з використанням інструментів оснащених тензодатчиками, з'єднаними з підсилювачем, аналого-цифровим перетворювачем та персональним комп'ютером.

Опрацьовано та описано результати досліджень впливу величини моменту затягування між собою двох гайок на процес викручування шпильки та викручування шпильки розрізаними гайками.

Побудовано логіко-імітаційну модель процесу виникнення травми у працюючого при роботі із обладнанням для викручування шпильок. Пораховано ймовірність виникнення такої травми.

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

ЗМІСТ

Вступ.....	7
РОЗДІЛ 1. СТАН ПИТАННЯ І ЗАВДАННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	9
1.1 Аналіз шпилькових з'єднань основних марок автомобілів.....	9
1.2. Прогнозування можливих дефектів.....	10
1.3 Аналіз технологій розбирання різьбових з'єднань	11
1.4. Аналіз технологічних можливостей відомого інструменту і обладнання, які можна використати для викручування шпильок.....	15
1.5 Висновки до розділу 1.....	20
РОЗДІЛ 2. ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ РЕЖИМІВ КРУЧЕННЯ РІЗЬБОВИХ СТЕРЖНІВ РІЗНИМИ ТЕХНІЧНИМИ ЗАСОБАМИ.....	21
2.1 Висновки до розділу 2.....	28
РОЗДІЛ 3. МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕННЯ ВІДКРУЧУВАННЯ ШПИЛЬКОВИХ ЗЄДНАНЬ.....	29
3.1. Технологія відкручування шпильок з непошкодженою різьбою.....	29
3.2. Видалення пошкоджених шпильок.....	30
3.3. Видалення зламаних шпильок в площині роз'єму.....	32
3.4. Методика обґрунтування потреби спеціального технологічного обладнання і технічного завдання на його розробку.....	33
3.5. Будова та принцип роботи пристрою.....	34
3.6 Висновки до розділу 3.....	36
РОЗДІЛ 4. РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	37
4.1 Результати дослідження впливу величини моменту затягування між собою двох гайок на процес викручування шпильки.....	37
4.2 Результати дослідження викручування шпильок розрізаними гайками... ..	40
4.3 Висновки до розділу 4.....	44
РОЗДІЛ 5. ОХОРОНА ПРАЦІ І БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	44

5.1 Моделювання процесів виникнення аварій і травм.....	44
5.2 Оцінка рівня небезпеки виникнення аварій і травм.....	47
5.3 Безпека в надзвичайних ситуаціях.....	49
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	51
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	52

ВСТУП

Під впливом об'єктивних причин з кожним роком змінюється стратегія і тактика ремонтного виробництва. Зменшення за останній час обсягів ремонту техніки спеціалізованими ремонтними підприємствами супроводжується переміщенням основних обсягів машиноремонтних робіт безпосередньо до їх власників. Такому перерозподілу сприяє те, що ринок насичується запасними частинами широкої номенклатури, різної ціни та якості. Але успішно проводити ремонт сільськогосподарської техніки в умовах ремонтних майстерень господарств можна, лише маючи кваліфікованих робітників, належну технологічну документацію та необхідне ремонтно-технологічне обладнання, пристрої і інструменти. Відомо, що основну частку трудомісткості ремонтних робіт сільськогосподарських машин складають операції розбирання та складання, частка яких сягає 45%. Якщо розглянути всі типи з'єднань деталей, то у більшості машин, агрегатів і вузлів переважають різьбові, частка яких становить 60–80%. В окрему групу різьбових з'єднань, через особливості конструкції і специфіку їх складання та розбирання, слід виділити шпилькові з'єднання, які найбільш широко застосовуються у двигунах, вузлах трансмісії та ходової частини автомобілів, тракторів та інших самохідних машин. Розбирання та складання шпилькових з'єднань завдає певних труднощів через відсутність в основній масі шпильок баз для захоплення гайковими ключами чи іншими універсальними слюсарними інструментами. Базами для захоплення шпильок під час їх закручування чи відкручування є гладка циліндрична частина, що може мати незначну довжину або різьбова частина протилежного кінця шпильки.

За звичай, потреба викручування шпильок виникає в наступних випадках: 1 – шпилька має певні дефекти і її потрібно замінити; 2 – шпилька не дає можливості виконати інші, передбачені під час ремонту вузла, операції; 3 – шпилька перешкоджає виконанню технологічних операцій дефектування,

ремонту або відновлення деталі, в яку вона вкручена; 4 – деталь, в яку вкручена шпилька вибраковується, а шпилька потрібна для повторного використання.

Проблема розбирання шпилькових з'єднань полягає в тому, що гайці потрібно передати максимально можливий, але не більший, виходячи з допустимих напружень виникаючих в матеріалі шпильки, критичного момент кручення, щоб не зруйнувати шпильку під час відкручування гайки. Аналогічна вимога має місце під час викручування шпильки з корпусної (базової) деталі, так як руйнування шпильки вимагає виконання додаткових операцій для викручування або усунення залишків останньої.

Даній проблемі, а саме розбиранню шпилькових з'єднань із збереженням цілісності деталей шляхом застосування оптимальних режимів розбирання, використання призначеного обладнання приділяється мало уваги, що на практиці збільшує трудомісткість процесу, перевитрату матеріалів, знижує продуктивність праці.

Мета дослідження. Підвищення продуктивності розбирання шпилькових з'єднань за рахунок використання різних технічних засобів із збереженням цілісності деталей.

Завдання досліджень. Для виконання поставленої мети необхідно розв'язати деякі завдання, а саме:

1. Провести аналіз шпилькових з'єднань вантажних автомобілів та проаналізувати інструмент, пристрої та приспособлення для розбирання шпилькових з'єднань.
2. Провести порівняльний аналіз режимів кручення різьбових стержнів різними технічними засобами.
3. Обґрунтувати потребу спеціального технологічного обладнання і технічного завдання на його розробку.
4. Дослідити режими процесів розбирання різьбових з'єднань з використанням двох гайок та гайки з розрізом затисненої в універсальному кільцевому ключі.

РОЗДІЛ 1

СТАН ПИТАННЯ І ЗАВДАННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

1.1 Аналіз шпилькових з'єднань основних марок автомобілів

З метою визначення параметричного ряду інструментів для викручування шпильок найбільш масових автомобілів [32-35] нами були проведені дослідження шпилькових з'єднань за допомогою каталогів деталей результати яких приведені в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Характеристика типорозмірів шпилькових з'єднань основних марок автомобілів

Розмір шпильки	Кількість шпильок, штук						
	Автомобілі						Разом
	КрАЗ-6510	МАЗ-5335	МАЗ-64229	ЗИЛ-4514	ГАЗ-3307	КамАЗ-65115	
М6	18	2	7	-	-	5	32
М8	97	21	33	65	113	55	384
М10	143	28	17	82	48	92	410
М11	-	31	-	-	74	-	105
М12	31	16	22	76	36	28	209
М14	75	12	-	37	48	5	177
М16	-	8	6	48	-	125	187
М18	-	1	-	-	-	-	1
М20	4	8	-	-	-	25	37
М27	-	-	-	-	-	8	8
Всього	368	127	85	308	319	343	1550

З даної таблиці 1.1 бачимо, що найбільш розповсюдженими для прийнятих автомобілів є шпильки М10 і М8 частка яких складає 51,22 % від загальної кількості. В автомобілі МАЗ-5335 найбільшу частку 24,41% складають шпильки М11, а у автомобіля КамАЗ – 65115 36,44% - шпильки М16. Загалом в даних машин є від п'яти до дев'яти типорозмірів шпильок. Слід також зазначити, що шпильки параметричного ряду М8, М10, М11, М12, М14, М16 становлять 94,96% від загальної чисельності.

1.2. Прогнозування можливих дефектів

У процесі експлуатації машини, двигуна на її деталі, спряження діють шкідливі явища і руйнівні процеси, які призводять до погіршення функціональних властивостей, змінюючи їх технічний стан.

Руйнівні процеси пов'язані з робочим процесом, який виконує автомобіль, зовнішнім середовищем, природою матеріалу тощо [9,11,16].

До основних видів руйнівних процесів можна віднести і тертя зношування деталей, пластичне деформування, явище втоми металу, корозія.

В процесі експлуатації автомобіля різні спряження шпильок підпадають під шкідливі явища і процеси які створюють напружені режими функціонування окремих складових частин. Відкладається накіп, нагар, а також вібрація сприяють підвищенню інтенсивності руйнівних процесів, призводять до тріщин і обломів шпильок. Від нагрівання частин двигуна (головки циліндрів, картера блока) в різьбових з'єднаннях відбуваються "зклеювання" спряження на молекулярному рівні [21,22].

Крім цього деталям двигуна, а особливо шпилькам властиве старіння самостійний перехід матеріалу з не стабільного в стабільний стан. Воно пов'язане з переміщенням атомів у металі, тобто зі зміною кристалічної структури матеріалу. У випадку старіння має місце деформація деталей, в результаті якої можуть змінюватися розміри. І тому при розбиранні різьбових з'єднань можуть виникнути значні труднощі.

Можливе пошкодження шпильок в площині роз'єму, коли частина шпильки виступає над поверхнею базової деталі. Такі шпильки значно важче видалити з деталі. В основному зустрічаються типові пошкодження шпильок: згин стержня, обрив стержня, зминання та зріз західних та основних витків [26].

В залежності від характеру пошкодження вибирають засоби та технологію розбирання-складання.

При правильному дотриманні вимог технічної експлуатації (викручування за допомогою спеціальних ключів або застосуванні методів за допомогою яких можна відкрутити шпильки) можна збільшити довговічність служби шпильок. При недотриманні цих вимог нехтування ними (відкручування за допомогою плоскогубців і ін) довговічність служби скорочується.

1.3 Аналіз технологій розбирання різьбових з'єднань

Слід зазначити, що на практиці використовуються конструкції пристроїв, які не відображені в технічній літературі, тому що більшість з них мають вузьку спеціалізацію. Широка номенклатура таких пристроїв викликано тим, що приймаються до уваги такі фактори, як особливості конструкції шпильки, рівень доступності, фізико-механічні властивості, їх технічний стан. Відповідно до технічного стану шпильки, її властивостей застосовують інваріантні технології з метою досягнення кінцевої мети (розбирання). Будь-які технології містять в собі ряд операції спільних для них по підготовці з'єднання до розбирання рис 1.1 [28,29,31].

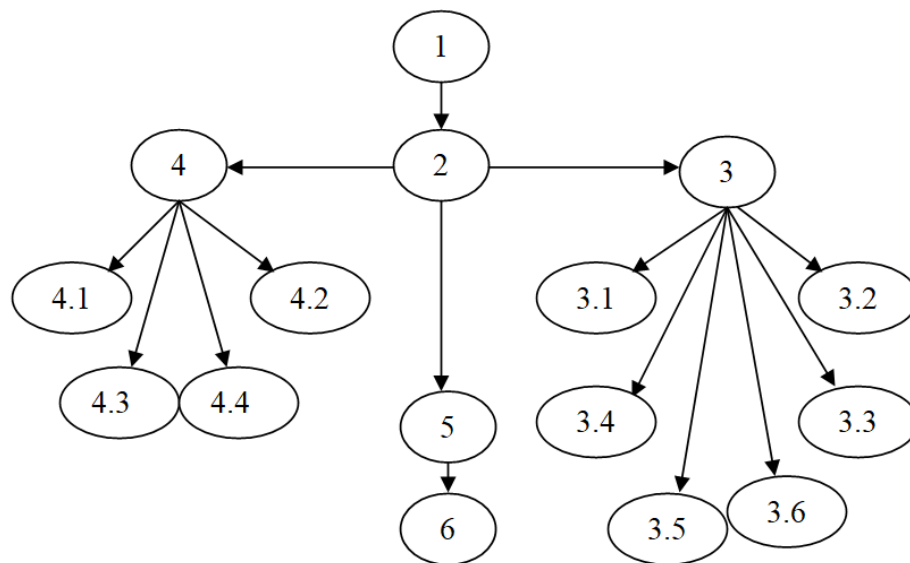


Рисунок 1.1 – Послідовність здійснення операцій по підготовці різьбових з'єднань до розбирання:

- 1- зовнішній огляд різьбового з'єднання.
- 2- попередня оцінка технічного стану.
- 3- визначення зони доступності.
 - 3.1 не має обмежень;
 - 3.2 використання накидних ключів;
 - 3.3 використання ключів з відкритим зівом;
 - 3.4 використання головок;
 - 3.5 використання торцевих ключів;
 - 3.6 немає доступу.
- 4- очищення різьбових деталей.
 - 4.1 механічне очищення;
 - 4.2 хімічне очищення;
 - 4.3 термічне очищення;
 - 4.4 термомеханічне очищення.
- 5- визначення допустимого та критичного моментів викручування.
- 6- підбір інструменту та вибір технології.

Відповідно до механічних властивостей різьбових деталей, технічного стану, вдалих чи невдалих спроб викручування інваріантні технології чергуються чи повторюються з застосуванням допоміжних операцій.

Інваріантні технології розбирання шпилькових з'єднань здійснюється в певній послідовності враховуючи рівень доступності до кожного елемента. Як показано на рис 1.2 спершу здійснюється виправлення різьби, потім викручування гайки різними способами в залежності від технічного стану, а згодом і шпильки з корпусної деталі.

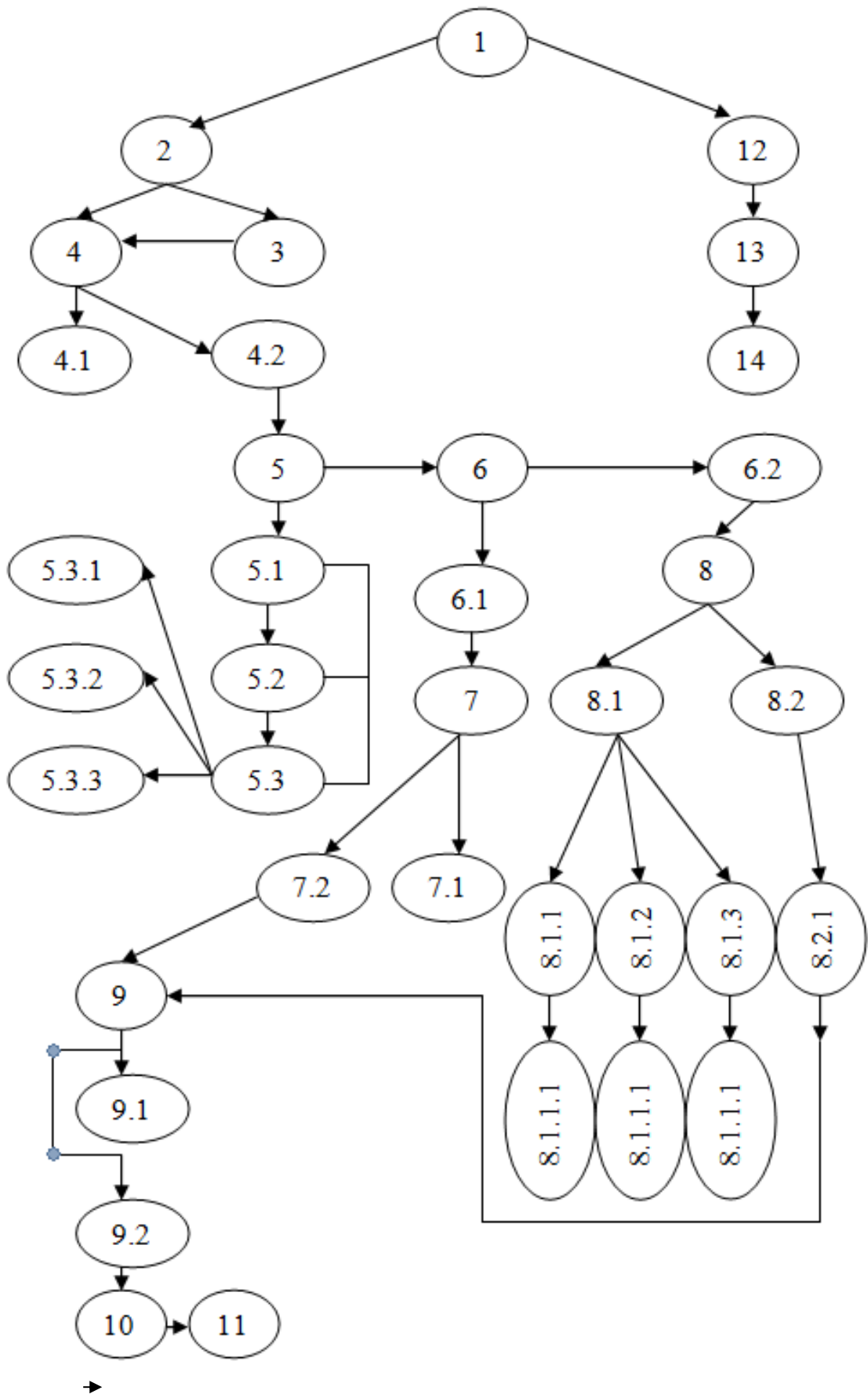


Рисунок 1.2 – Схема інваріантної технології

1. Інваріантна технологія.
2. Технології із застосуванням допоміжних операцій.
3. виправлення західної частини різьби.
4. спроба викрутити гайку.

спроба вдала;

спроба не вдала.

5. виконання допоміжних операцій.

Змочування різьбових частин з'єднання проникними рідинами (гас, гальмівна рідина, дизпаливо) з часовою витримкою;

Механічна дія на гайку з зусиллям в межах її пружної деформації;

Термічна дія на різьбові деталі;

нагрів гайки;

охолодження болта або шпильки;

нагрів гайки та охолодження болта або шпильки.

6. наступна спроба відкрутити гайку.

спроба вдала;

спроба невдала.

7. викручування шпильки.

спроба вдала;

спроба невдала.

8. механічне руйнування деталей різьбової пари болт-гайка або гайка-шпилька.

руйнування гайки;

свердління отворів в тілі гайки;

відкручування ослабленої гайки;

розрізання спареною ножівкою;

8.1.2.1 відкручування залишків ослабленої гайки;

розрізання гайки клином;

8.1.3.1 відкручування зруйнованої гайки;

руйнування болта або шпильки;
 свердління осевого отвору до її відділення від стержня (з використанням кондукторної втулки).

9. усунення залишків різьбових стержнів з корпусних деталей.
 відрізання зайвої частини болта або пошкодженої шпильки у відповідності до глибини свердління і товщини кондукторної втулки;
 свердління осевого отвору на всю довжину болта.
- 10 зачистка різьбового отвору від залишків матеріалу болта чи стружки.
11. виправлення ниток різьби в корпусній деталі.
12. технологія без застосування допоміжних операцій.
13. викручування гайки.
14. викручування шпильки.

1.4. Аналіз технологічних можливостей відомого інструменту і обладнання, які можна використати для викручування шпильок.

Розбиральні та складальні роботи у загальній трудомісткості капітального ремонту машин займають значне місце для автомобілів – 52-56 %, з них близько 11 % припадає на розбиральні роботи [13,20,23].

Дослідження показують що значна частина трудових затрат при розбиранні припадає на розбирання різьбових з'єднань – 30-60 %.

В окрему групу різьбових з'єднань, через особливості конструкції і специфіку їх складання та розбирання, слід виділити шпилькові з'єднання, які найбільш широко застосовуються у двигунах, вузлах трансмісії та ходової частини автомобілів, тракторів та інших самохідних машин.

Розбирання та складання шпилькових з'єднань завдає певних труднощів через відсутність в основній масі шпильок баз для захоплення гайковими ключами чи іншими універсальними слюсарними інструментами (на відміну від болтів, у яких базою є гранчасті головки та гвинтів, у яких є пази або інші

аналогічні елементи). Базами для захоплення шпильок під час їх закручування чи відкручування є гладка циліндрична частина, що може мати незначну довжину або різьбова частина протилежного кінця шпильки.

Для різьбових з'єднань найбільш масових типорозмірів при розбиранні потрібно дотримувати величин наступних крутних моментів, що прикладаються (табл. 1.2.)

Таблиця 1.2 – Рекомендовані величини крутних моментів для викручування шпильок (болтів)

№	Типорозмір	Крутний момент, Нм	№	Типорозмір	Крутний момент, Нм
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 бачимо із загальної таблиці 1.2. для відкручування шпильок найбільшого типорозміру потрібен крутний момент – 200 Нм.

Значення крутного моменту для відкручування шпильок приймається 1,25 – 1,5 рази більшим від номінального.

Пристрої для закручування і викручування способом захоплення за циліндричну гладку поверхню шпильки застосовують в залежності від діаметру шпильки, з'єднання в цілому, від конструктивних особливостей пояса [4,6,15,24].

Найпоширенішими пристроями для закручування і викручування способом захоплення за циліндричну гладку поверхню є ексцентрикові пристрої, що виконуються у вигляді трубок, короткого корпусу, коловорота та

інші. Деякі ексцентрикові пристрої мають додатковий важіль на ексцентрику для створення максимального зусилля заклинювання.

Широко розповсюджені цангові пристрої при роботі з якими площа контакту губок цанги і циліндричного пояса шпильки є найбільшими в порівнянні з іншими пристроями, тому деформація стержня при використанні цангового пристрою є мінімальною.

Серед пристроїв для викручування шпильок особливу увагу слід приділити пристроям що передають крутний момент через різьбову частину стержня шпильки. Дані пристрої використовують у випадках коли шпилька є справною або коли захоплення циліндричної частини шпильки не є можливим, що не можна зробити іншими шпильковертами. Пристрої даного типу використовують здебільшого як для викручування так і для закручування шпильок [4,6,15,24].

Основними представниками пристроїв даного типу є:

1) Пристрій з циліндричною розрізною гайкою призначений для закручування т викручування шпильок. Пристрій (рис 1.3) складається з корпуса 1 в яких вставлена розрізна гайка 2 з трьома похилими гранями по зовнішній поверхні. Б грані виконанні так, що при обертанні корпуса за годинниковою стрілкою ролик 3 впираються в грані гайки 2 і стискають її, проходить захоплення шпильки з різьбу. Після закінчення операції, обертають корпус в іншу сторону, гайка вивільняється і пристрій вільно викручується з шпильки.

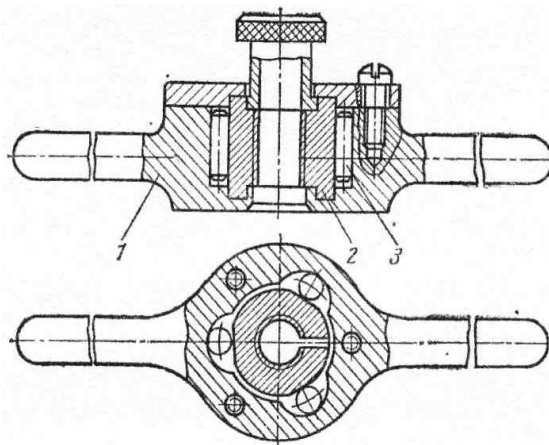


Рисунок 1.3 – Пристрій з циліндричною, розрізною гайкою: 1- корпус; 2- гайка; 3- затискні ролики

В комплект входять гайки з різними типорозмірами різьби.

Даний пристрій дозволяє викручування шпильки при значній осьовій та н значній радіальній доступності.

2) Пристрій для викручування шпильок (рис. 1.4) авторське свідоцтво SU1227447 - складається з корпуса 1, механізму захоплення 2, зовнішньої поверхні 3 губок 4 В корпусі 1 виконані пази 6 з опорною конічною поверхнею 7, в якій розміщенні губки 4, що взаємодіють з поверхнею 7.

На шпильку встановлюються губки 4. Корпус 1 розміщують таким чином, щоб губки входили в пази 6 корпуса 1. Під дією зовнішнього зусилля корпус 1 опорними поверхнями 7 пазів 6 переміщаються на конічні поверхні 3 губок 4, при цьому відбувається стискання різьби. Обертаючи за шестигранник, викручують шпильку.

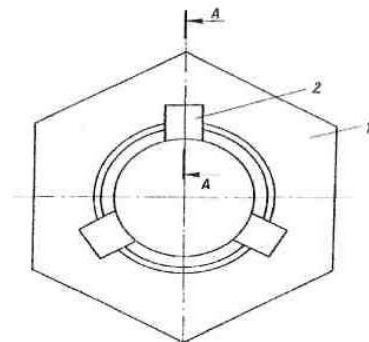
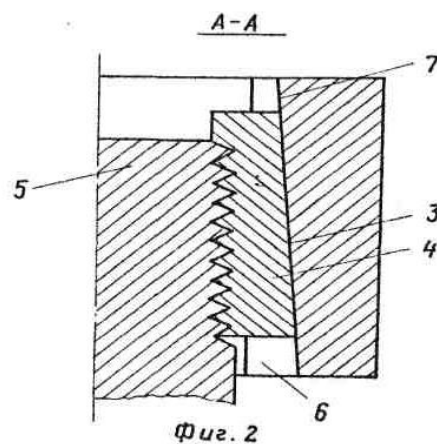


Рисунок 1.4 – Пристрій для викручування шпильок: 1- корпус; 2-механізм захвата; 3- зовнішня поверхня; 4- губки; 6- пази; 7-опорна конічна поверхня.

Основний недолік пристрою мала площа контакту зі шпилькою і як наслідок можливість передати порівняно невеликий крутний момент. 3) Пристрій з конічною розрізною гайкою (рис. 1.5) призначений для викручування або закручування шпильок (залежно від нахилу паза), складається : стержня 1, з воротка 2 і головки 3, глухого отвору 4. В глухий отвір вставляють розрізну конічну гайку 5 з різьбою. На кожній половинці гайки встановлений штифт 7, що утримує їх при закручування шпильки в гніздо головки.

Для викручування чи закручування шпильки (в залежності від нахилу паза) необхідно накрутити розрізну гайку на шпильку, встановити в пристрій, обертаючи за вороток 2, викрутити чи закрутити шпильку.

В комплект входять розрізні гайки з різними типорозмірами.

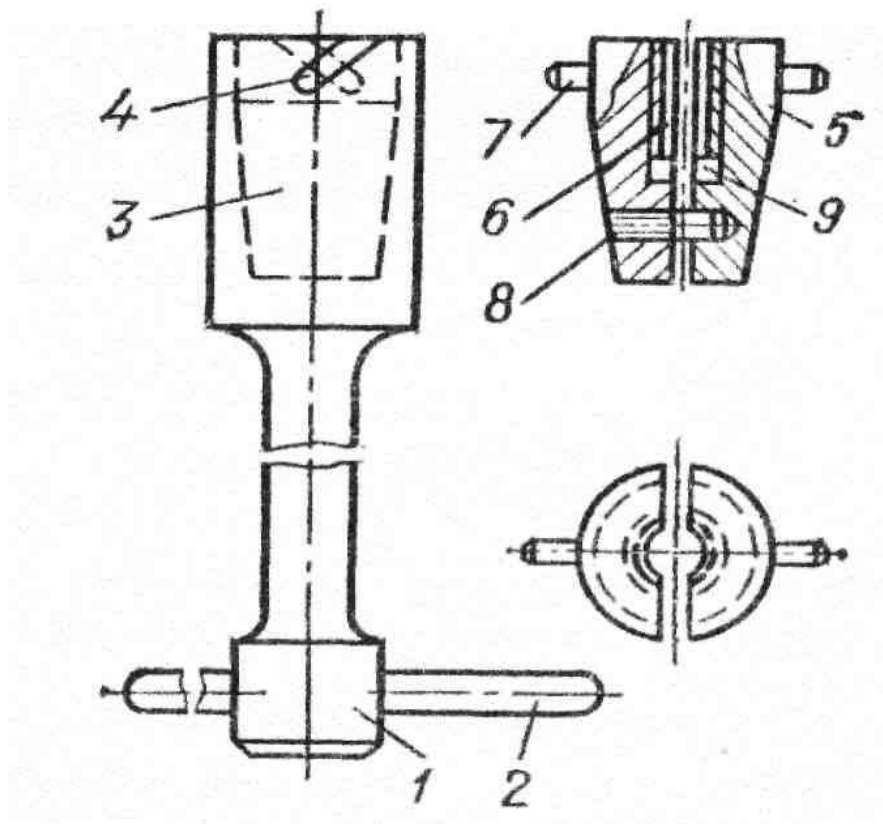


Рисунок 1.5 – Пристрій з конічною розрізною гайкою: 1- стержень; 2- вороток; 3- головка; 4- проріз; 5- гайка; 6 і 8- шпильки; 7- штифт; 9- виточка.

1.5 Висновки до розділу 1

1. Провівши аналіз шпилькових з'єднань автомобілів бачимо, що найбільш розповсюдженими для прийнятих автомобілів є шпильки М10 і М8 частка яких складає 51,22 % від загальної кількості. В автомобілі МАЗ-5335 найбільшу частку 24,41% складають шпильки М11, а у автомобіля КамАЗ – 65115 36,44% - шпильки М16. Загалом в даних машин є від п'яти до дев'яти типорозмірів шпильок. Слід також зазначити, що шпильки параметричного ряду М8, М10, М11, М12, М14, М16 становлять 94,96% від загальної чисельності.

2. Проаналізувавши пристрої для викручування шпильок визначили їх переваги і недоліки. Оскільки дане питання можна вдосконалювати, було зроблено акцент на дослідження процесу викручування шпильок.

РОЗДІЛ 2

ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ РЕЖИМІВ КРУЧЕННЯ РІЗЬБОВИХ СТЕРЖНІВ РІЗНИМИ ТЕХНІЧНИМИ ЗАСОБАМИ

На сьогодні відомо багато технологій і технічних засобів для складання і розбирання шпилькових з'єднань, зокрема під час ремонту автомобілів. Така різноманітність технологій і технічних засобів пояснюється тим, що перед розробниками ставилися окремі конкретні завдання для певних виробничих умов. Більшість із відомих технічних засобів можна ефективно застосовувати для масового ремонтного виробництва, тобто за вузьким призначенням, і значно менша їх кількість є універсальними.

Оскільки ремонтне виробництво відрізняється від машинобудівного широкою номенклатурою і різним технічним станом агрегатів, вузлів, деталей, незначними річними програмами, є доцільним розглядати весь перелік відомих технологій та технічних засобів з різними технологічними можливостями для викручування шпильок з різним технічним станом. Очевидно, що аналіз технологій та технічних засобів і дослідження їх ефективності потрібно починати з більш простих, які можна застосовувати на первинному рівні ремонтного виробництва.

Найбільш доступною є технологія закручування і викручування шпильок за допомогою двох гайок (рис. 2.1). Однак слід зауважити, що для реалізації такої технології різьбова частина шпильки l_0 має мати певну довжину для задоволення умови [1,2,7,10]:

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

де H – висота гайки, мм.

Якщо ж умова (2.1) не задовольняється, то можна використовувати універсальний розвідний ключ з розрізаною гайкою.

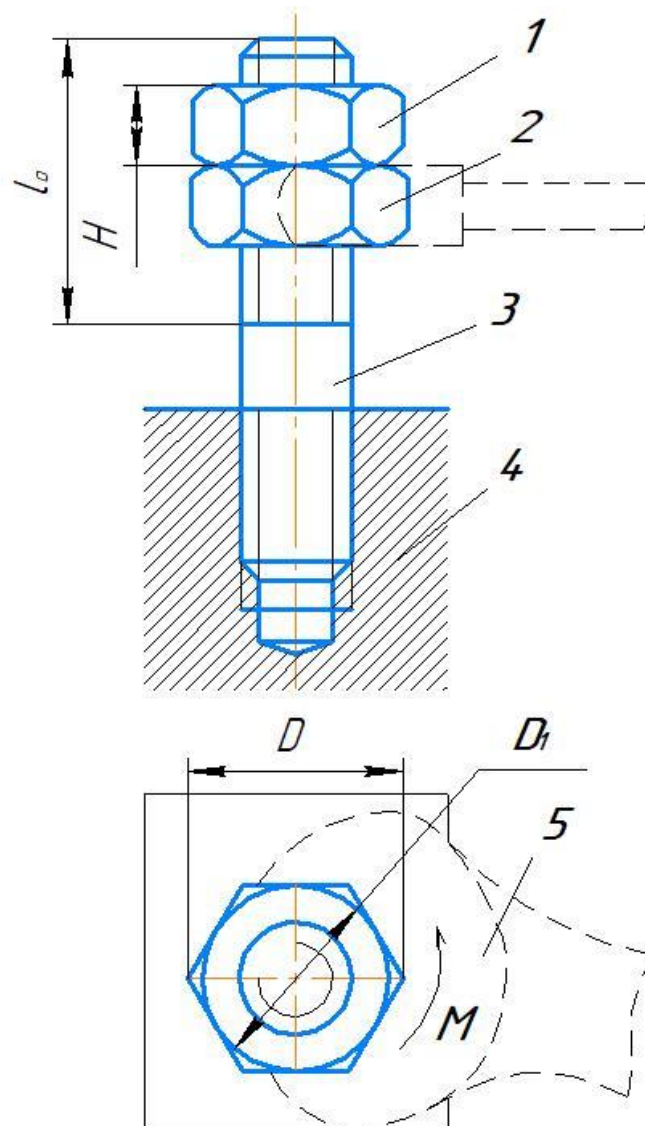


Рисунок 2.1 – Схема викручування шпильки за допомогою двох гайок: 1 – гайка; 2 – контргайка; 3 – шпилька; 4 – базова деталь; 5 – ключ з відкритим зівом: D – діаметр описаного кола; D_1 – зовнішній діаметр кільця торцевого контакту гайок.

Розглядаючи процес передачі крутного моменту різьбовому стержневі за допомогою двох гайок, можна гіпотетично спрогнозувати декілька ситуацій.

Зокрема, якщо закрутити вручну гайку 2 так, щоб залишити вільні витки до циліндричної гладкої поверхні шпильки, а після цього закручувати вручну

гайку 1 до контакту торцем з гайкою 2, то гайка 2 може почати обертатися разом з гайкою 1, внаслідок торцевого контакту, під дією сил тертя до моменту досягнення зони закінчення різьби, після чого відбуватиметься деформація неповних витків різьби та циліндричної частини шпильки і контактуючих з нею витків гайки 2. Щоб уникнути цього, гайку 2 потрібно утримувати ключем у нерухомому стані, а другим ключем докручувати гайку 1, внаслідок чого гайки будуть проковзувати одна відносно одної, а на різьбовий стержень буде діяти осьова сила, яка залежно від геометричних параметрів і механічних властивостей матеріалу гайок і стержня зможе спричинити руйнування витків гайки чи стержня або розрив стержня між двома гайками. За умови обмеження моменту докручування гайки 1 можна досягти такого моменту тертя торців гайок 1 і 2, коли гайки будуть заблоковані між собою і різьбовим стержнем, тобто утворюється монолітне їх з'єднання. Якщо в такому випадку здійснювати спробу викручування різьбового стержня, обертаючи ключем за гайку 2, може відбутися викручування шпильки або скручування гайок з різьбового стержня шпильки.

Якщо у зазначених випадках передавати різьбовому стержневі крутний момент через гайку 2, то можна отримати такі ситуації: 1 – гайки будуть обертатися разом з різьбовим стержнем; 2 – гайка 2 обертається на певний кут відносно гайки 1 і далі буде здійснюватися обертання двох гайок разом з різьбовим стержнем; 3 – гайка 2 буде обертатися разом з гайкою 1 і вони будуть скручуватися з різьбового стержня.

Для викручування і закручування шпильок з використанням універсального розвідного ключа і розрізаних гайок потрібно вирішити проблему підбору механічних властивостей і геометричних параметрів розрізаної гайки з метою мінімізації зусилля затискання розрізаної гайки для передачі шпильці необхідного моменту кручення.

Основи теорії передачі крутного моменту за рахунок сил тертя (спричинених осьовою силою) та необхідні умови для реалізації процесу викручування вивчалися багатьма авторами [3,4,10].

Процес викручування шпильки двома гайками можна поділити на дві складові: законтрування гайок та безпосереднього викручування шпильки. Під час законтрування гайок прикладений крутний момент T витрачається на подолання тертя T_m торцями гайок та на подолання тертя 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 моноліт спряження відповідно гайки 1 та гайки 2 з шпилькою, Нм;

T_m – момент тертя, що забезпечує моноліт спряження гайки 1 з гайкою 2.

Момент тертя по торцю гайок буде рівним [5]:

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

де μ_t – коефіцієнт тертя;

Q – осьова сила, Н;

R_m – радіус тертя гайок (характеризує площу круга контакту двох гайок 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 різновидом закручування, то момент тертя в різьбі гайок буде рівним:

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

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,

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

де μ' – зведений коефіцієнт тертя в різьбі,

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

де μ – коефіцієнт тертя ковзання фрикційної пари;

α – кут профілю різьби.

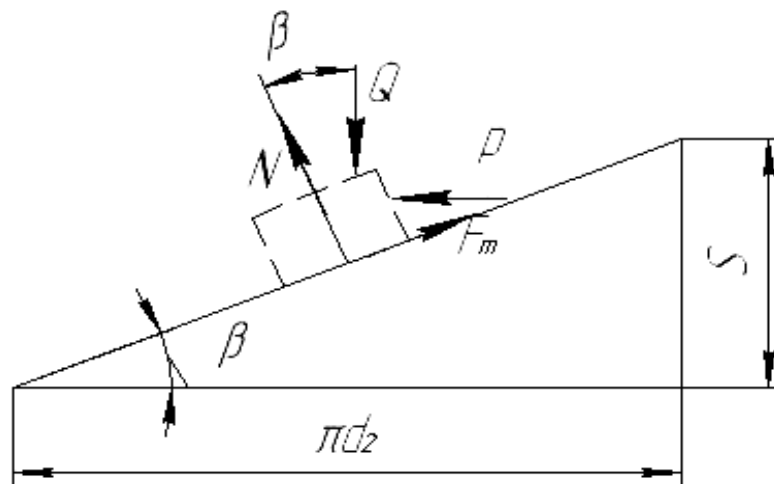


Рисунок 2.2. Схема сил, що діють на виток різьби під час законтрування (виток розгорнутий по середньому діаметру, гайка замінена повзуном): P – колова сила, F_m – сила тертя; N – реакція поверхні витка; Q – осьова сила; πd_2 – довжина кола розгорнутого витка.

Оскільки при використанні способу викручування шпильок за допомогою двох гайок на стержень шпильки діють щонайменше напруження розтягу σ_p і

кручення $\tau_{кр}$, то доцільно використати гіпотезу про найбільші дотичні напруження [3]:

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

Встановлено, що співвідношення згаданих напружень для різьби М10:

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

Тоді підставивши вираз (2.11) у вираз (2.10) та перетворивши його, 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 законтрування 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.

Тоді підставивши у вираз (2.2) вирази (2.5), (2.6), (2.13) та перетворивши його, 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 стержні шпильки, Н.

Далі величину осьової сили перевіряють та в разі необхідності коригують за загальновідомими виразами перевірки витків різьби на зминання та зріз. За необхідності перераховуємо за виразами (2.13) і (2.14) реальний момент законтрування T , що вже враховує комплексну негативну дію двох гайок на шпильку під час законтрування.

Процес викручування за умови монолітного з'єднання гайок можна описати такими математичними (аналітичними) виразами (2.1, 2.3):

$$T_{p1} + T_m \geq T_{вик}$$

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

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

Тоді

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

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

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 приймають на 30...50 % більшим, ніж для закручування.

У випадку проковзування однієї гайки відносно іншої будуть справедливі наступні 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, враховуючи явище доконтрування, Нм;

T_m – момент тертя по торці гайок, Нм.

Явище доконтрування можна дослідити на основі методу контролю 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 стержня 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:

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

Тоді вираз (2.3) набуде вигляду

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

2.1 Висновки до розділу 2

1. Для викручування і закручування шпильок потрібно вирішити проблему підбору механічних властивостей і геометричних параметрів розрізаної гайки з метою мінімізації зусилля затискання розрізаної гайки для передачі шпильці необхідного моменту кручення

2. Наведені аналітичні залежності стверджують те, що без належного розрахунку і експериментальних досліджень проблема ефективного використання технології викручування шпильок за допомогою двох гайок не буде вирішено.

РОЗДІЛ 3

МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕННЯ ВІДКРУЧУВАННЯ ШПИЛЬКОВИХ З'ЄДНАНЬ

3.1. Технологія відкручування шпильок з непошкодженою різьбою

Відкручування шпильок з непошкодженою різьбою виконуємо за наступними варіантами:

1) Використання двох гайок.

Послідовність виконання:

- закрутити на шпильку гайку до кінця різьби. Потім закручуємо контргайку і затягуємо ключем рис 3.1.

- після цього відкручуємо шпильку.

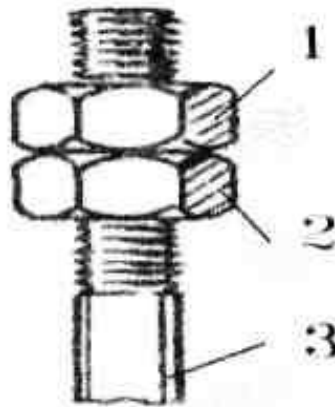


Рисунок 3.1 – Пристрій з двома гайками: 1- гайка; 2- контргайка; 3- шпилька.

2) Використання гайки і різьбового ключа.

Послідовність виконання:

- закручуємо гайку до кінця різьби. Замість контргайки використовуємо різьбовий ключ який закручуємо на місце контргайки. Ним і відкручуємо шпильку.

Коли в шпильці різьба, яка вкручена в базову деталь покрилася корозією, або забилася то потрібно занурити її в гас, який роз'їдає корозію.

Також використовують метод нагрівання базової деталі і одночасним охолодженням шпильки.

В результаті зміни температури метал розширяється або звужується. При нагріванні базової деталі - отвір розширюється, а охолодження шпильки дає звуження металу шпильки. В різьбовому з'єднанні проходить зміщення одної деталі відносно іншої, що забезпечує полегшення у відкручуванні шпильки.

3) Використання стандартних пристроїв та приспособлень.

3.2. Видалення пошкоджених шпильок

Видалення шпильок обламаних із залишком стержня над поверхнею 10 - 15 мм виконують за допомогою декількох технологій.

1. Вирізання канавки під викрутку
2. Вирізання лиски під ключ
3. Приварювання гайки під ключ рис. 3.2.

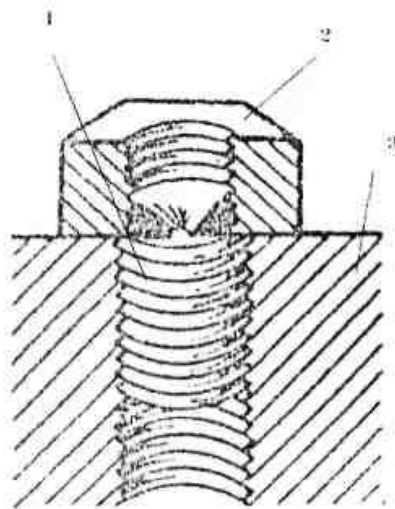


Рисунок 3.2 – Приварена гайка: 1- шпилька; 2- гайка; 3- деталь
Використовуючи спосіб привареної гайки необхідно для послаблення посадки різьби в тілі деталі вдарити молотком декілька разів по виступаючій частини

шпильки. Потім встановити на шпильку гайку підбрану по дещо більшому діаметру і приварити електрозварюванням. Гайку перед зварювання очистити від бруду і масла. Під час зварювання необхідно добре прогріти шпильку, яка при нагріванні розшириться і стисне внутрішню поверхню різьби деталі. Коли температура шпильки і привареної гайки досягне навколишньої, викрутити шпильку ключем (з відкритим зівом, накидним, головкою).

4. Приварювання пластини.

Для випадку коли шпилька виступає над поверхнею деталі на 2 - 3 міліметри до шпильки по периметру приварюють пластину, в якій виготовлено отвір по діаметру шпильки рис. 3.3. До пластини приварюють важіль за який обертаючи, викручують шпильку.

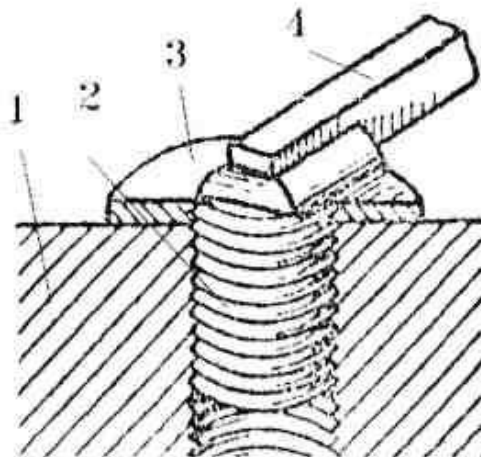


Рисунок 3.3. Приварена пластина: 1- деталь; 2- шпилька; 3- пластина; 4- важіль

5. Видалення обірваної шпильки шляхом приварювання вставки.

У випадку коли залишок шпильки є глибоко в деталі застосовують спеціальну вставку рис. 3.4, в якій верхня частина виконана шестигранником, а нижня зовнішньою поверхнею, що рівна внутрішньому діаметру різьби. Вставка містить також наскрізний отвір для приварювання.

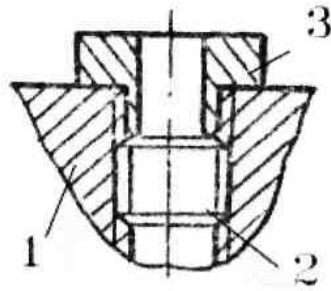


Рисунок 3.4. Приварена вставка: 1-деталь; 2- залишок шпильки; 3- вставка.

6. Видалення обірваної шпильки шляхом застосування гайки з циліндричним штифтом.

У випадку коли шпилька виступає над поверхнею деталі незначно і це є недостатньо для захоплення іншими пристроями застосовують гайку з циліндричним штифтом рис. 3.5, який фактично працює як шпонка.

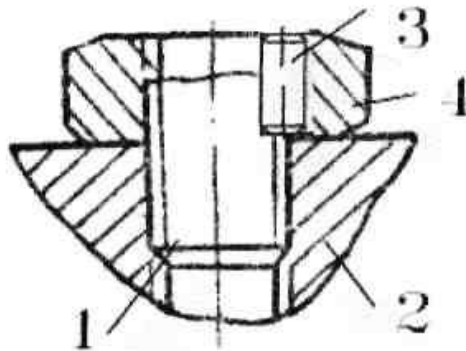


Рисунок 3.5 – Гайка з циліндричним штифтом: 1-шпилька; 2- деталь; 3- штифт; 4-гайка

3.3. Видалення зламаних шпильок в площині роз'єму

Для випадку коли залишки шпильки не виступають над поверхнею деталі, застосовують спосіб висвердлювання шпильки. Існує проблема способу - вишукування центру обірваної шпильки, для цього використовують кернер діаметр якого рівний діаметру отвору, а кут кернера рівний куту свердла. Крім цього щоб свердло не пішло в сторону свердління проводять по кондукторним і

напрямним) втулкам. Коли шпилька висвердлена наскрізь чи на глибину захоплення використовують екстрактори показані на рисунку 3.6.

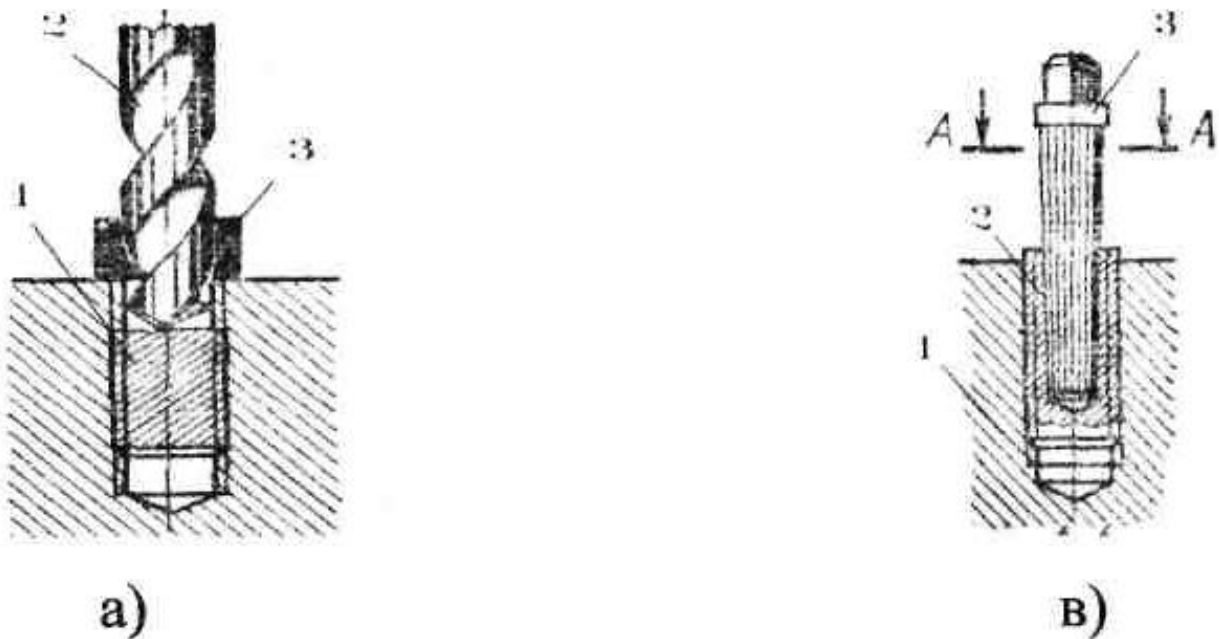


Рисунок 3.6. Видалення обірваної шпильки: а) висвердлювання по кондукторній втулці: 1- шпилька; 2- свердло; 3- кондукторна втулка; б) викручування шпильки циліндричним екстрактором: 1- циліндричний екстрактор; 2- шпилька; 3- деталь.

3.4. Методика обґрунтування потреби спеціального технологічного обладнання і технічного завдання на його розробку

Знаючи основні недоліки існуючого обладнання постає проблема у більш простішому та менш габаритному обладнанні для викручування шпильок, яке і забезпечувало викручування шпильок без пошкодження різьби.

Основною вимогою що ставиться до проєктованого обладнання це здатність передати через різьбову частину пристрою необхідний крупний момент для викручування шпильки.

Даний пристрій повинен бути зручним у використанні та простим ; виготовленні.

3.5. Будова та принцип роботи пристрою

В даній кваліфікаційній роботі нами було запропоновано два пристрої для розбирання шпилькових з'єднань: цанговий пристрій (рис. 3.7), пристрій для викручування шпильок (рис. 3.8).

Цанговий пристрій (рис. 3.7) складається з оправки 1, яка має конусну внутрішню поверхню. В оправку встановлюється цанга 2 з нарізаною внутрішньою різьбою М8. Залежно від номенклатури шпильок наявних в конкретному автомобілі можна виготовити для всіх типорозмірів шпильок цанги. Один бік цанги виготовлений у вигляді хвостовика з зовнішньою різьбою, що закінчується квадратом. На цангу накручується важіль 3. Між важелем 3 і оправкою 1 встановлена шайба 4.

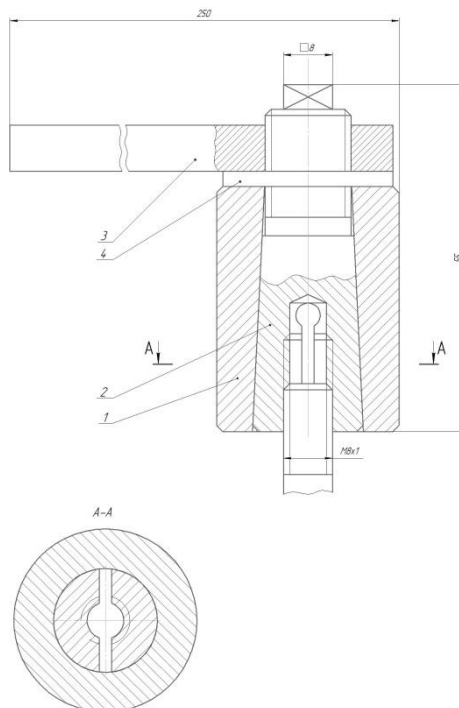


Рисунок 3.7 – Цанговий пристрій для відкручування шпильок: 1 – оправка; 2 – цанга; 3 – важіль; 4 – шайба.

Пристрій працює наступним чином. Накручуємо пристрій на шпильку, яку потрібно відкрутити. Притримуючи цангу 2 від обертання ключем з відкрити зівом обертаємо важелем 3. Цанга 2 рухаючись по конусній поверхні оправки 1 обтискає шпильку. Обертаємо важіль викручуючи шпильку.

Пристрій для викручування шпильок (рис. 3.8) складається з скоби 1, яка виконана у вигляді важеля. З однієї сторони в скобу 1 вкручений болт спеціальний 2 і штифт 4. В скобу встановлюється хомут 3.

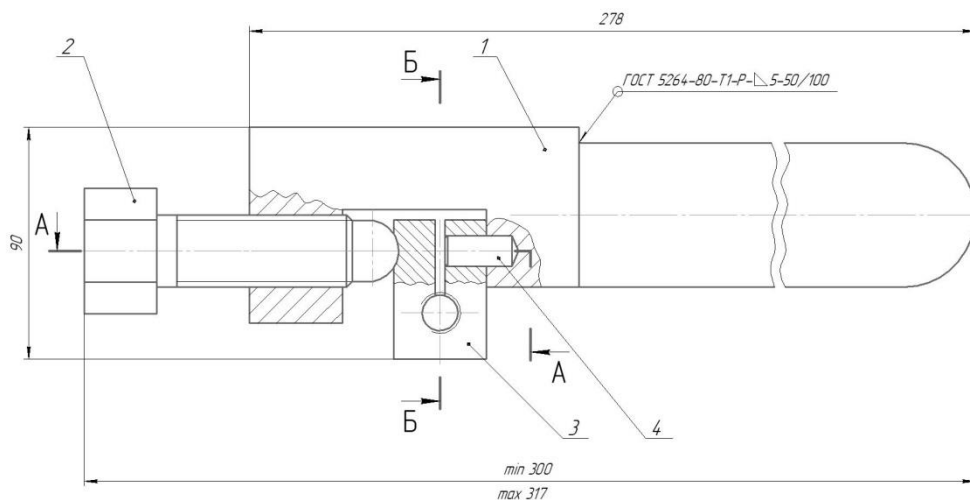


Рис 3.8 – Пристрій для викручування шпильок: 1 – скоба; 2 – болт спеціальний; 3 – хомут; 4 – штифт.

Пристрій працює наступним чином. Накручуємо хомут 3 на шпильку, яку необхідно відкрутити. Встановлюємо на хомут 3 скобу 1. Хомут від провертання в скобі утримується штифтом. Вкручуючи болт спеціальний 2 стискаємо скобу 1, при цьому затискаючи шпильку в пристрої. Обертаючи за скобу 1 викручуємо шпильку. Після чого викручуємо болт 1 звільняємо хомут 3 та викручуємо шпильку з пристрою.

Конструкції даних пристроїв вирішують проблеми обмеження осьової та радіальної доступності.

Простота запропонованих пристроїв дозволяє виготовити їх практично у будь-якій майстерні господарства.

3.6 Висновки до розділу 3

1. Вибравши ту чи іншу технологію для відкручування шпильок можна буде зменшити час на їх викручування.

2. Знаючи основні недоліки існуючого обладнання постає проблема у більш простішому та менш габаритному обладнанні для викручування шпильок, яке і забезпечувало викручування шпильок без пошкодження різьби.

3. Основною вимогою, що ставиться до проектного обладнання це здатність передати через різьбову частину пристрою необхідний крупний момент для викручування шпильки.

РОЗДІЛ 4

РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

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

Для дослідження впливу величини моменту затягування між собою двох гайок на процес викручування шпильки було скомплектовано 72 комплекти різьбових деталей класу міцності 5,8: з них 36 комплектів болтів з двома гайками (рис.4.1, а) та 36 комплектів болтів з шайбами між двома гайками (рис. 4.1, б).

Крім цього, досліджувалось 72 комбінованих комплекти з різьбовими деталями, в яких використовували болти класу міцності 5,8 і гайки класу міцності 8,8, з них 36 комплектів були з шайбами.



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

Дослідження проводилися в такому порядку. На болт накручували дві гайки так, щоб з торця різьбового стержня болта залишалось три витки різьби. Спочатку встановлювали контргайку 1 у головку торцевого ключа 3, закріплену на торсіонному тензOMETричному валу 6 (рис. 4.2, а).

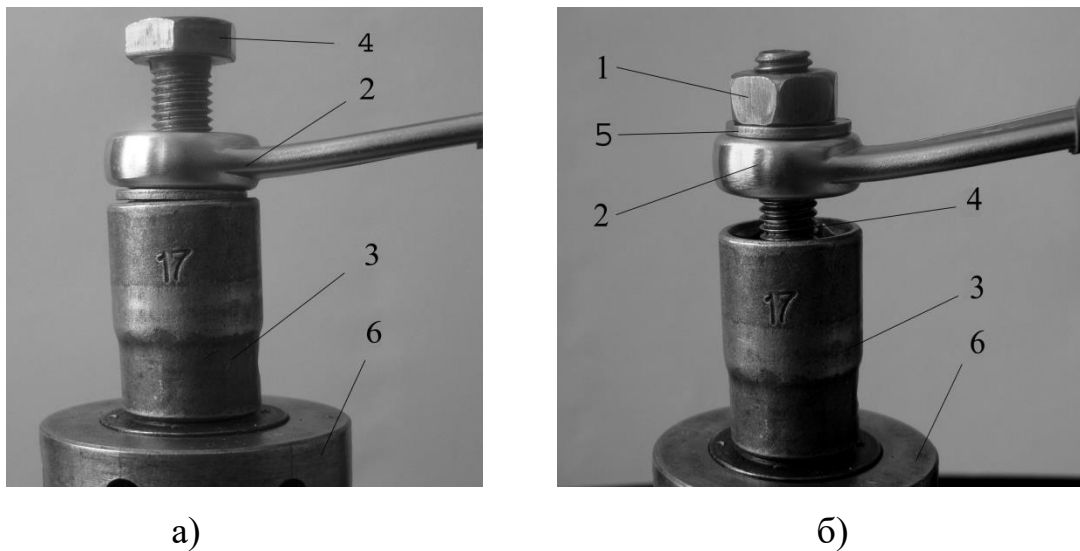


Рисунок 4.2 – Схеми встановлення комплектів різьбових деталей у торцевій головці торсіонного вала: а) законтрування гайок, б) процес скручування: 1 – контргайка; 2 – кільцевий ключ; 3 – торцева головка; 4 – болт; 5 – шайба; 6 – торсіонний тензометричний вал.

Після цього встановлюємо кільцевий ключ на гайку 2 і затягуємо її відносно гайки 1 з заданим для кожної спроби моментом. Далі виймаємо комплект різьбових деталей і в торцеву головку ключа 3 встановлюємо головку болта 4 (рис. 4.2, б), а кільцевий ключ встановлюємо на гайку 2 і обертаємо проти годинникової стрілки, імітуючи процес викручування шпильки. Ключ обертаємо доти, доки гайка 1 не вийде за межі різьбового стержня болта або не відбудеться руйнування однієї з різьбових деталей. Зусилля докручування гайки 2 даного комплекту для кожної наступної спроби збільшувалось з кроком 5 Нм, починаючи з мінімального значення 5 Нм для першої спроби до максимального 55 Нм – для останньої.

Значення крутного моменту в процесі докручування гайок та руйнування різьбових деталей комплекту фіксувалися комп'ютером у вигляді графіків та табличних даних.

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

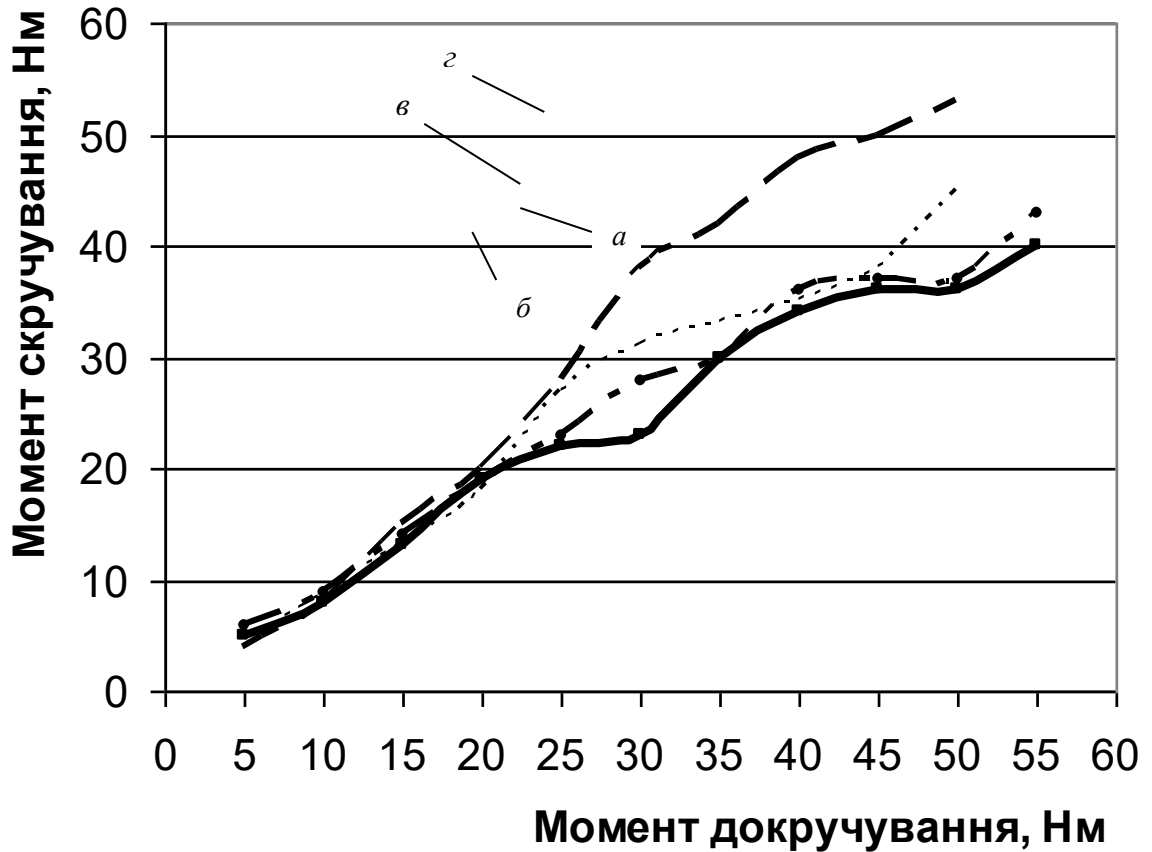


Рисунок 4.3 – Залежність моменту скручування різьбового стержня від моменту докручування гайок.

Криві а, б, в, г відповідають наступним комплектам: а – болт та дві гайки класу міцності 5,8; б – болт та дві гайки класу міцності 5,8 з встановленням шайби 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 з встановленням шайби між гайками.

У процесі досліджень встановлено, що для варіанта а) характерним є руйнування витків різьби гайки після передачі різьбовому стержню моменту, більшого ніж 35 Нм. Аналогічна ситуація має місце для варіанта б).

Аналітичним методом визначаємо коефіцієнт передачі, що являє собою відношення 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.

Слід також зазначити, що в процесі скручування мало місце докручування гайок, тобто зміщення граней гайок одна відносно одної за рахунок видовження стержня. Найбільш чітко явище проковзування торців гайок було зафіксовано для оцинкованих гайок класу міцності 8,8 та у випадку використання шайб, тобто процес скручування різьбового стержня складався з двох етапів: першого – непрогнозованого докручування гайок, другого – безпосередньо скручування.

4.2 Результати дослідження викручування шпильок розрізаними гайками

Тому для подальших досліджень розроблено конструкцію пристрою, за допомогою якого можна буде блокувати взаємне переміщення гайок одна відносно одної, а отже, можливо отримати більш точні дані.

Розвиваючи ідею використання розрізаної гайки для викручування шпильок, ми запропонували здійснити її затискання за допомогою універсального розвідного ключа, розробленого нами.

З метою оптимізації режимів викручування шпильок з використанням розрізаних гайок методикою наших досліджень було передбачено вивчити вплив механічних властивостей і геометричних параметрів розрізаних гайок на

співвідношення (коефіцієнт передачі κ'_n) моменту T_c , що передається шпильці до моменту T_3 , з яким різьбовий шток створює затискне зусилля F (рис. 3.4):

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

Для цього було виготовлено три партії гайок М10 з шестигранника $S = 17$ мм висотою $H = 20$ мм. Перша партія виготовлялась зі сталі 20, друга – зі сталі 45, третя – зі сталі 45 з наступним гартуванням до 45...60 HRC.

Кожна партія гайок розділена на групи за величиною ексцентриситету різьбового отвору відносно осі шестигранника.

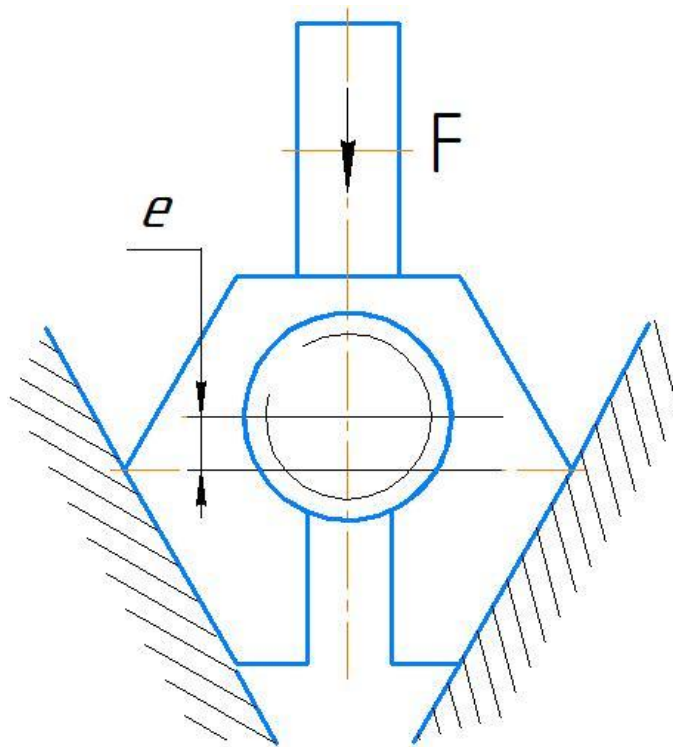


Рисунок 4.4. Схема затискання розрізаних гайок: F – зусилля затискання; e – ексцентриситет.

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 $0 \dots 0,25$ мм, 2 – з ексцентриситетом $0,25 \dots 0,5$ мм, 3 – з ексцентриситетом $0,5 \dots 0,75$ мм, 4 – з ексцентриситетом $0,75 \dots 1,0$ мм.

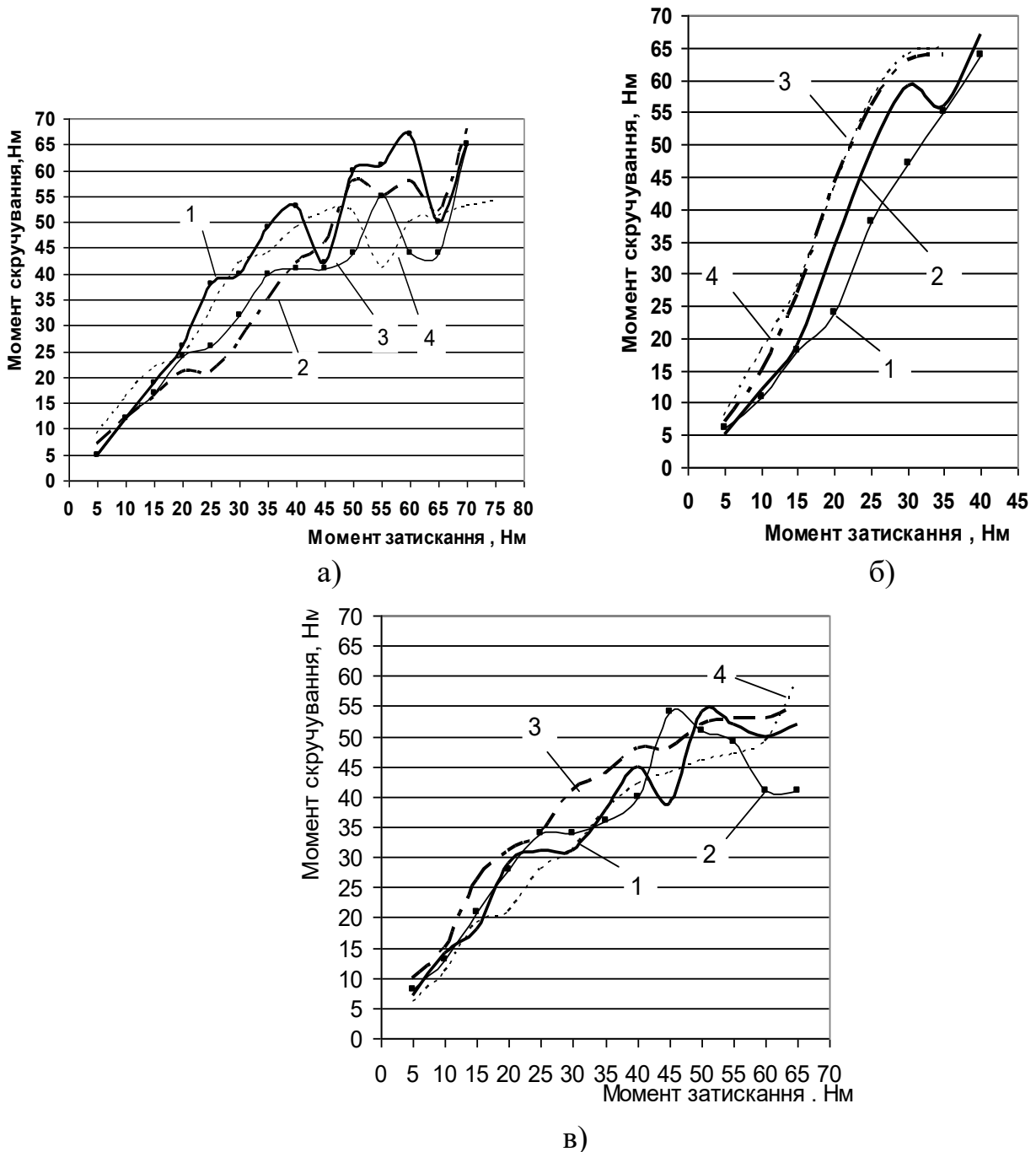


Рисунок 3.5 – Залежність моменту скручування різьбового стержня від моменту, що створює зусилля затискання розрізаних гайок.

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 $T_3 = 10$ Нм до 1,7 при $T_3 = 35$ 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 $T_3 = 10$ Нм до 0,8 при $T_3 = 65$ 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.

4.3 Висновки до розділу 4

1. У процесі досліджень встановлено, що для варіанта *а*) характерним є руйнування витків різьби гайки після передачі різьбовому стержню моменту, більшого ніж 35 Нм. Аналогічна ситуація має місце для варіанта *б*).

2. 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.

РОЗДІЛ 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].

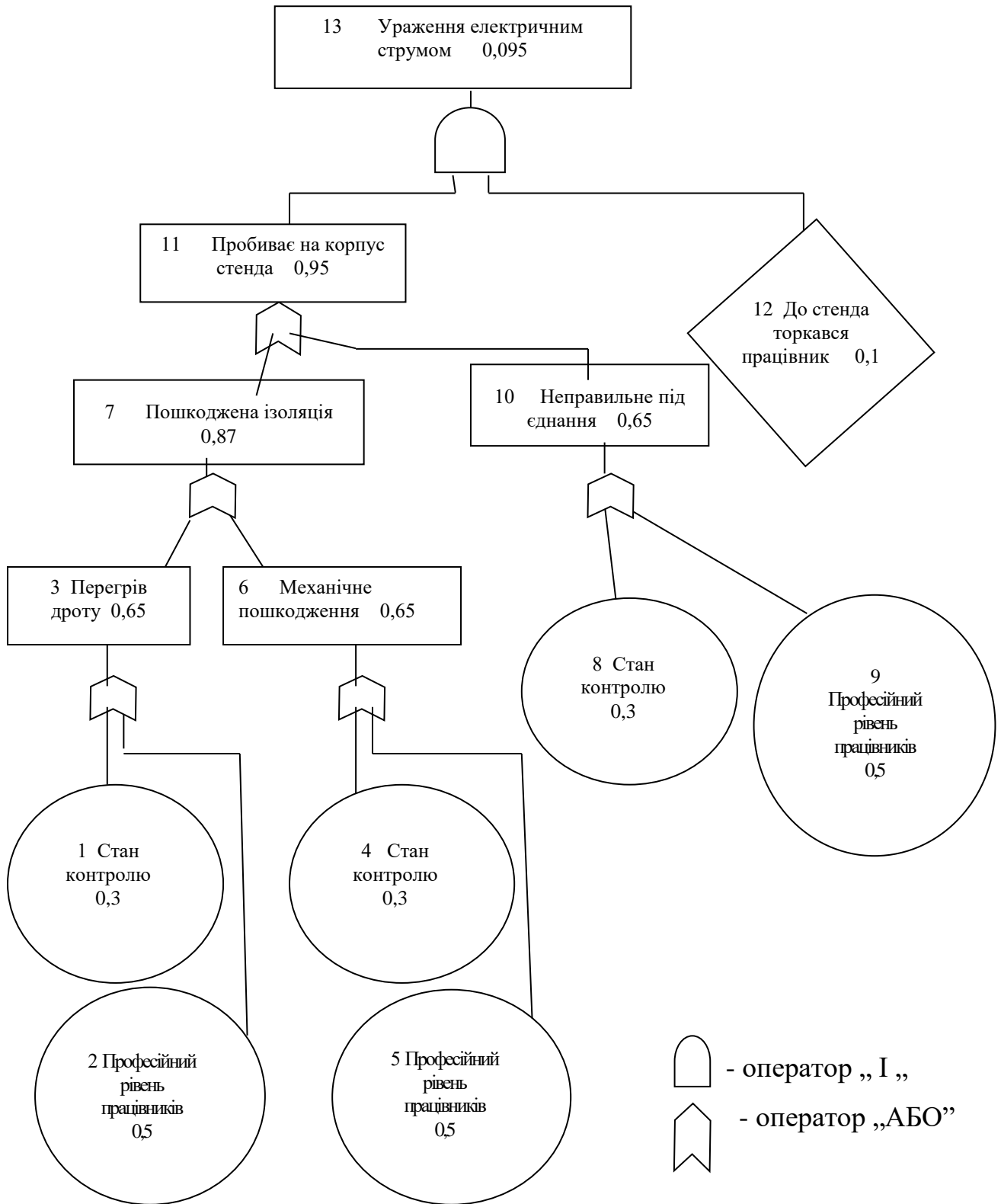


Рисунок 5.1 – Логіко-імітаційна модель процесу виникнення травми у працюючого при роботі із стендом для випробування комбінованих гайкових ключів: 1,2,3,...,12,13 – номери подій; 0,3; 0,5... – ймовірності подій.

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 приймемо, 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 стенда 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. Биргер И.А. Расчет резьбовых соединений. – 2-е изд., перераб. и доп. Москва: Оборониздат, 1959. 450с.
2. Боженко Л.І. Технологія машинобудування. Проектування технологічного спорядження: Навчальний посібник для вузів. Львів: Світ, 2001. 296 с.
3. Иосилевич Г.Б., Строганов Ю.В., Шарловський Ю.В. Затяжка и стопорение резьбовых соединений. 2-е изд., перераб. и доп. Москва: Машиностроение, 1985. 224 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. Анурьев В. И. Справочник конструктора-машиностроителя: В 3-х т. 5-е изд., перераб. и доп. Москва: Машиностроение, 1979.
8. Бабусенко С.М. Проектирование ремонтно-обслуживающих предприятий. 2-е изд., перераб. и доп. Москва: Агропромиздат, 1990. 350 с.
9. Баранов Л. Ф. Техническое обслуживание и ремонт машин: Учебное пособие / Л. Ф. Баранов. Ростов-на-Дону: Феникс, 2001. 416 с.
10. Биргер И. А. Расчет резьбовых соединений. Москва: Оборониздат, 1979. 294 с.

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. Гуревич А. М. Тракторы и автомобили. Москва: Колос, 1983. 336 с.
14. Жирецький 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. Климовицкий М. А. Механизация и автоматизация ремонта сельскохозяйственной техники. Москва: Росагропромиздат, 1989. 192 с.
17. Куклин Н. Г., Куклина Г. С. Детали машин: Учебник для машиностроительных специальных техникумов. 4-е изд., перераб. и доп. Москва: Высшая школа, 1987. 383 с.
18. Лехман С. Д., Рубль В. І., Рябцев Б. І. Запобігання аварійності і травматизму у сільському господарстві. Київ: Урожай, 1993. 270 с.
19. Матвеев В. А., Пустовалов И. И. Техническое нормирование работ в сельском хозяйстве. Москва: Колос, 1979. 288 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. Ремонт автомобилей: Учебник для автотранспортных техникумов / Румянцев С. И., Боднев А. Г., Бойко Н. Г. и др.; Под ред. С. И. Румянцева. – 2-е изд., перераб. и доп. Москва: Транспорт, 1988. 327 с.
23. Ремонт машин. Методичні поради до курсового і дипломного проектування: у 2-х частинах / За заг. ред. академіка О. Д. Семковича. Львів: Львів. держ. агр. ун-т, 1997. 16 с.

24. Семенов В. М. Нестандартный инструмент для разборочно-сборочных работ. – 2-е изд., перераб. и доп. Москва: Агропромиздат, 1985. 287 с.
25. Спектор А. Г., Путинцева М. А. Техническое обслуживание машинно-тракторного парка. Москва: Колос, 1972. 384 с.
26. Тельнов Н. Ф. Ремонт машин. – М.: Агропромиздат, 1992. – 560 с.
27. Технологічна наладка та усунення несправностей с.-г. машин: Довідник / За ред. Г. Р. Гаврилюка. Київ: Урожай, 1988. 256 с.: іл.
28. Черкун В. Е., Забелин В. В. Разборочные и сборочные работы при ремонте машин. Москва: Колос, 1991. 144 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. **Руководство по эксплуатации КамАЗ-5490** http://rusautomobile.ru/wp-content/uploads/dop_materials/books/11.12.2015/kamaz/KamAZSemejstvoavtomobilejKamAZRukovodstvoporemontuiTO.pdf (дата звернення 14.03.2021).
33. **Руководство по эксплуатации КрАЗ-65055, КрАЗ-65053** <https://banga.ua/pages/zapchasti-kraz-dokumentatsiya/avtomobili-rukovodstvo-po-obsluzhivaniju-kraz-65055-kraz-65053-kraz-64431-> (дата звернення 14.03.2021).

34. Автомобили МАЗ 437040, 437041, 437043, 437141, 437143 Руководство по эксплуатации <https://www.maz-rus.com/services/documentation/manual-avto/> (дата звернення 14.03.2021).
35. Руководства по эксплуатации, обслуживанию и ремонту ГАЗ 3307-3309 <https://autoinfo24.ru/rukovodstva-po-remontu/otchestvennye-avtomobili/gaz/3307-3309/> (дата звернення 14.03.2021).