МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Таврійський державний агротехнологічний університет
імені Дмитра Моторного
Механіко-технологічний факультет

Кафедра «Технічний сервіс та системи в АПК

АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНИХ СИСТЕМ ТА ОБҐРУНТУВАННЯ РІШЕНЬ

Методичні вказівки до лабораторної роботи

на тему:***«ПРИЙНЯТТЯ РІШЕННЯ МЕТОДОМ ПОЕТАПНОГО ПОРІВНЯННЯ (невизначеність у прийнятті інженерних рішень)»***

Для здобувачів ступеня вищої освіти магістр
механіко-технологічного факультету,
спеціальність 208 «АГРОІНЖЕНЕРІЯ»

Мелітополь, 2020

Аналіз технологічних систем та обґрунтування рішень.методичні вказівки до лабораторної роботи на тему: ***«прийняття рішення методом поетапного порівняння (невизначеність у прийнятті рішень)»*** для здобувачів ступеня вищої освіти магістр механіко-технологічного факультету **спеціальності 208 «агроінженерія»** - мелітополь: таврійський державний агротехнологічний університет, 2020. – 28 с.

Розробив ст. викл. ГРИЦАЄНКО І.М.
ст. викл. НОВИК О.Ю.

Рецензент доц. ШОКАРЕВ О.М.

Розглянуто і схвалено до перезатвердження на засіданні кафедри «ТСС в АПК», протокол № _ 1 _ від _ 31 _ _ серпня _ 2020 р.

Схвалено і рекомендовано до впровадження в навчальний процес методичною комісією механіко-технологічного факультету, протокол
№ _1_ від _ 29 _ _ вересня _ 2020 р.

Завідувач кафедри «ТСС в АПК»,
Доцент А.О. Смелов

Тема роботи: «ПРИЙНЯТТЯ РІШЕННЯ МЕТОДОМ ПОЕТАПНОГО ПОРІВНЯННЯ»

Мета роботи - освоїти методику прийняття рішення.

Завдання роботи:

1. Вивчити методику ухвалення рішення методом поетапного порівняння.
2. Вибрати раціональний спосіб усунення дефектів.

В результаті виконання роботи студент повинен:

ЗНАТИ - методику ухвалення рішення методом поетапного порівняння.

УМІТИ - уміти робити оцінку можливим варіантам рішення і обґрунтовувати оптимальний варіант рішення.

ЗАВДАННЯ ДЛЯ АУДИТОРНОЇ РОБОТИ

1. З'ясувати умови роботи деталі, для якої задано вибрати спосіб усунення дефектів.

2. З'ясувати вимоги, що пред'являються до цієї деталі.

3. Ознайомитися з порядком вибору способу усунення дефекту деталі методом поетапного порівняння.

4. Вибрати раціональний спосіб усунення дефектів **(деталі у додатковому файлі, задається трирізнопранові дефекти викладачем, індивідуально кожному студенту).**

РЕКОМЕНДАЦІЇ З ВИКОНАННЯ РОБОТИ

Само по собі ухвалення рішення є компроміс. Ухвалюючи рішення, необхідно зважувати думки про цінність, що включає розгляд економічних чинників, технічної доцільності і наукової необхідності.

Ухвалити правильне рішення - означає вибрати таку альтернативу з числа можливих, в якій з урахуванням всіх цих різноманітних чинників буде оптимізована загальна цінність (див. Додаток Д).

Часто буває необхідно декілька поступитися однією з характеристик (наприклад надійністю, що виражається опосередковано через коефіцієнт довговічності - **Кд**) з тим, щоб отримати виграш в іншому, наприклад, в зниженні витрат.

Завданням особи, що ухвалює рішення, є відшукання альтернатив, що є оптимальним компромісом при обліку всіх даних чинників.

Для ухвалення рішення необхідною умовою є наявність мети, альтернативних варіантів і облік істотних чинників, що впливають на ухвалення рішення.

Існує безліч методів ухвалення рішення.

У представленій роботі пропонується розглянути **ухвалення рішення методом поетапного порівняння.**

Для цього методу необхідно поетапно виконати таку процедуру:

1. Сформулювати мету - вибрати раціональний спосіб усунення дефектів.
2. Скласти список альтернативних варіантів.
3. Дати оцінку альтернативам.
4. Ухвалити рішення.

Для вибору раціонального способу усунення дефекту необхідно мати дані **про величину зносу поверхні деталі і умови її роботи.**

Інформацію про величину зносу деталі можна узяти з технічних умов на дефектацію (задається викладачем або розраховується за відомими формулами на основі статистичних даних, див.додатковий файл).

Умови роботи деталі слід з'ясувати на підставі аналізу роботи агрегату, складовою частиною якого є деталь. У додатковому файлі даються деталі зернозбирального комбайна типу «Лан» («Дон - 1200»,«Дон - 1500» та таке інше).

МЕТОДИКА УХВАЛЕННЯ РІШЕННЯ МЕТОДОМ ПОЕТАПНОГОПОРІВНЯННЯ

Для усунення кожного дефекту може бути застосоване декілька способів, з яких потрібно вибрати найбільш раціональний, тобто технічно обґрунтований і економічно доцільний.

Вибір раціонального способу усунення дефекту деталі проводиться за трьома критеріями:

- технологічному (критерій застосовності);
- технічному (критерій довговічності);
- техніко-економічному.

За **технологічним критерієм** проводять вибір способів на підставі можливостей їх застосування для усунення конкретного дефекту заданої деталі з урахуванням величини і характеру зносу, матеріалу деталі і її конструктивних особливостей. За цим критерієм призначають всі можливі способи, які, в принципі, можуть бути використані для усунення конкретного дефекту.

Оцінка способів на цьому етапі не робиться. Основні характеристики способів відновлення і зміцнення деталей приведені в додатку (див. таблицю в додатку А).

Технічний критерій оцінює технічні можливості деталі, відновленої кожним з намічених по технологічному критерію способом, тобто цей критерій оцінює експлуатаційні властивості деталі залежно від способу відновлення.

Оцінка проводиться за такими основними показниками (див. таблицю у Додатку А):

1) зчеплення нанесеного шару матеріалу з металом деталі;
2) опір спрацьовуванню (зносостійкості);

3) втомній міцності (витривалості);
4) мікротвердості.

За результатами оцінки виключаються з числа раніше призначених ті способи усунення дефекту, які не забезпечують виконання **технічних вимог** на відновлену деталь хоч би по одному з показників.

Остаточне рішення про вибір раціонального способу усунення дефекту ухвалюється за **техніко-економічним критерієм,** який пов'язує економічний показник відновлення деталі з її довговічністю. Для цього при виконанні роботи по кожному із залишених після оцінки за технічним критерієм способів усунення дефектів розглядається відношення:

$$Су/Кд$$

де Су - питома собівартість способу усунення дефекту, а якщо це потрібно, то і способузміцнення поверхні, грн./м2;

Кд - коефіцієнт довговічності деталі (значення Су і Кд беруть з таблиці у Додатку А).

Перевага віддається тому із способів усунення дефекту, для якого це відношення має найменше значення, при забезпеченні значеннякоефіцієнту довговічності $К_д$ ≥0,8 (при особливих умовах роботи деталі, визначається за допомогою аналізу складу системи або умов роботи).

У випадку коли типова технологія не містить альтернативних способів нарощування, а також для поверхонь, при відновленні яких непередбачене нарощування шару матеріалу (розточування, шліфування та розсвердлення під ремонтний розмір, або додаткову деталь та т.п.) призначаються способи відновлення, передбачені типовим технологічним процесом відновлення деталей подібного класу.

Уніфікована технологія дозволяє прискорити підготовку виробництва, застосувати оптимальний склад обладнання, використовувати переналагоджене оснащення, зменшити кількість інструменту, скоротити об'єм технічної документації.

Науковцями розроблені типові технологічні процеси відновлення деталей із загальними конструктивними та технологічними ознаками.Класифікація деталей наводиться у Додатку Б.За допомогою таблиці Додатку Б визначається, до якого класу і підкласу належить деталь, та основні технологічні завдання на відновлення характерних поверхонь деталей цього підкласу.

Використовуючи таблиці Додатку В встановлюється рекомендований план операцій відновлення групи деталей подібного класу у формі таблиці

Послідовність вибору раціонального способу відновлення дефектів доцільно надати у відповідності до Додатку Г.

УПОРЯДКУВАННЯ ПЛАНУ ОПЕРАЦІЙ ВІДНОВЛЕННЯ ДЕТАЛІ (додаткове завдання)

У загальному вигляді технологічний процес відновлення деталі складається з комплексу операцій, які виконуються:

а) для компенсації зношеного шару (наплавлення, напилювання, залізнення, тощо);

б) для поновлення размірно-точносних характеристик (точіння, шліфування, пластичне деформування, тощо);

в) для поновлення фізико-механічних характеристик (загартування, нормалізація, поверхнево-пластична обробка).

Виходячи з обраного технологічного процесу - аналога доцільно скласти скоригований для своїх умов план операцій. При цьому в першу чергу слід розглянути операції, спрямовані на компенсацію зносу. Ці операції є визначальними для всього проектованого технологічного процесу. При визначенні складу операцій технологічного процесу, який базується на обраному раціональному способі відновлення, необхідно врахувати наступне:

- чи існує необхідність у попередній підготовці зношеної поверхні для нарощування (очищенні, виправленні форми, механічній обробці, тощо);
- чи є можливість використання технологічних баз виготовлення (отворів, поверхонь, тощо.) при відновлення деталі;
- як може вплинути обраний спосіб відновлення на властивості матеріалу деталі (змінити твердість, структуру, залишкові напруження, внаслідок значного термічного впливу й охолодження); вплинути на форму деталі в цілому і таке ін.;
- які термічні операції необхідні при відновленні: для поліпшення оброблюємості, для підвищення твердості, для зняття (вирівнювання) внутрішніх напружень, тощо;
- які методи фінішної обробки будуть застосовуватися при відновленні.

Після визначення призначення операцій технологічного процесу відновлення, тобто, з якою метою вони виконуються, розробляється послідовність їхнього виконання.

При визначенні послідовності виконання технологічних операцій доцільно керуватися такими рекомендаціями:

- у першу чергу звичайно обробляють поверхні, які визначені за базові для виконання наступних операцій (наприклад, для наплавлення, залізнення, металізації, тощо);
- на початок технологічного процесу плануються операції, при яких знімається найбільший шар металу (чорнова обробка), до них також відносять обробку поверхні перед її нарощуванням, видалення зношеної різьби, шліців, тощо;
- в одній операції доцільно об‘єднувати відновлення декількох зношених поверхонь, якщо вони відновлюються однаковим технологічним

способом (зварюванням, наплавленням, гальванічним покриттям, механічною обробкою, тощо);

- якщо технологічний процес містить у собі механічні і термічні операції тоді, наприклад, термічну обробку для поліпшення оброблюємості деталі призначають перед механічною чорновою; термічну обробку для підвищення твердості намічають після чорнової механічної, а фінішні (заключні) операції механічної обробки звичайно виконуються вже після термічної.

При виборі баз пропонується орієнтуватися на такі рекомендації:

- за ремонтні бази рекомендується вибирати поверхні, що служили базами при виготовленні і не були пошкоджені в процесі експлуатації
- за інших рівних умов найбільша точність обробки досягається при використанні на всіх операціях тих самих баз, доцільно дотримуватися принципу постійності баз;
- бази, які використовуються на операціях фінішної обробки , повинні відрізнятися найбільшою точністю;
- при відсутності у деталі, яка ремонтується, надійних технологічних баз (або при втраті їх у процесі експлуатації) можна створювати штучні бази, додаючи необхідні операції.

Розроблений план операцій доцільно оформити у виглядітаблиці.

Викладений спосіб оптимізації є спрощеним і допустимий в навчальних цілях. Насправді при виборі раціонального способу відновлення розглядають відношення приведених витрат (а не собівартості) до коефіцієнта довговічності. При цьому значення коефіцієнта довговічності приймають з урахуванням забезпечення кратності ресурсу відновленої деталі по відношенню до міжремонтного ресурсу вузла, в який входить ця деталь. Враховують також витрати і ефективність використання матеріалів і енергії.

Після обґрунтування раціональних способів усунення для всіх дефектів деталі аналізується можливість виконання технічних вимог на відновлену деталь і намічаються відповідні технологічні заходи (у випадку, якщо це необхідно) щодо зниження шкідливого впливу технологічного процесу відновлення на властивості деталі і підвищення коефіцієнта довговічності відремонтованої деталі.

Після вибору раціональних способів усунення дефектів і заходів, що підвищують механічні властивості відновленої деталі, необхідно виконати ремонтне креслення деталі.

Основна література:

1. Медведєв М. Г., Колодінська О. В. Дослідження операцій:Навч. посібник. - К.: Вид-во Європ. ун-ту, 2004. - 158 с.
2. Іащук О.Т. Методи дослідження операцій в економіціНавч. посібник. - Т.: ТАНГ Економічна думка, 2003.- 280с.
3. Кутковецький В. Я. Дослідження операцій: Навч. посібник- 2-ге видання, виправлене. - К.: ВДПрофесіонал, 2005. - 264 с.
4. Ржевський С. В., Александрова В. М. Дослідження операцій: Підручник. - К.: Академвидав, 2006. - 560 с.

Додаткова література:

5. Исследование операций: В 2-х томах. Перевод с англ.// Под ред. Дж. Моулдера, С. Элмаграби.-М.: Мир. 1981.Т.1. 712 с.
6. Исследование операций в экономике: Учебн. пособие// Под ред. Н.Ш.Кремера.-М.: ЮНИТИ, 2002,- 407 с.
7. Таха Х. Введение в исследование операций: В 2-х книгах. Кн.2. Перевод с англ.-М.: Мир, 1985.- 496 с.
8. БольшаковА.С. Моделирование в менеджменте: Учебн. пособие.-М.: ИЗД Филин, 2000,- 464 с.
9. Фишбёрн П. Теория полезности для принятия решений,- М.: Наука, 1978.- 352 с.
10. Розен В.В. Математическиемоделипринятиярешений в экономике: Учебн. пособие.- М.: КДУниверситет, 2002.- 288 с.

Додаток А

Характеристика способів відновлення деталей

Найменування оціночних параметрів			Способи відновлення										
			Металізування			Наплавлення ручне			Наплавлення під флюсом				
			Плазмовий	Газоплазмовий	Електродугова	Електродугова	Газова	Аргонно-дугова	Плавленим	Керамічним	Порошковий дріт	Легірований дріт	З термомеханічною обробкою
Технологічна характеристика	Мінімально припущенний діаметр поверхні, яка відновлюється, мм	Зовнішній	10-12	10-12	10-12	40-50	10-12	10-12	44-55	44-55	44-55	44-55	
		Внутрішній	--	--	--	120	120	120	250	250	250	250	250
	Товщина (глибина) нарощування чи зміцнення, яка забезпечується	min	0.03	0.4	0.4	1.5	1.0	1.0	1.5-2.0	1.5-2.0	1.5-2.0	1.5-2.0	1.5-2.0
		max	15	15	15	5-6	3-4	4-5	3-4	3-4	3-4	3-4	3-4
Технічна характеристика	Коефіцієнти	Стійкість до спрацювання	1.1-1.3	1.1-1.3	1.1-1.3	0.7	0.7	0.7	0.91	0.95	0.92	1.5-2.0	1.4-1.8
		Витривалість	0.7-1.3	0.6-1.1	0.6-1.1	0.6	0.7	0.7	0.6-1.0	0.85	0.85	0.86	1.2-1.5
		Зчеплення	0.5-0.4	0.3-0.4	0.2-0.3	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
		Довговічність	0.31-0.86	0.20-0.56	0.13-0.43	0.42	0.5	0.5	0.55-0.91	0.81	0.8	1.3-1.7	1.68-2.7
	Мікротвердість, кг/мм^2		310-395	310-395	310-395	200-400	200-600	250	400-600	500-600	560-800	600-750	500-800
Техніко економічні показники	Питома трудомісткість нарощування та заключ. операцій, н ч/м^2		22.7-24	22.7-24	22.7-24	34.6	37.0	29.4	21.3-24.0	21.3-24.0	21.3-24.0	21.3-24.0	21.3-24.0
	Питома собівартість відновлення грн/м^2		40.7-48.1	40.7-48.1	40.7-48.1	66.0-84.0	74.0-80.4	58.0-63.5	38.6-47.0	38.6-47.0	38.6-47.0	38.6-47.0	38.6-47.0
	Питома витрата матеріалу, грн/м^2		16-24	16-24	16-24	48-57	38-51	36	38-51	39-52	38-51	39-60	38-48
	Питома енергомісткість, кВт ч/м^2		117-175	117-175	117-175	580	80	520	286	286	286	286	286

Характеристика способів відновлення деталей

Найменування оціночних параметрів			Способи відновлення										
			Вібродугове наплавлення							Наплавлення в середовищі CO_2			
			В рідкому середовищі	Під флюсом	В середовищі CO_2	В середовищі пару	В повітряному середовищі	Порошковий дріт	З термомех. оброблен.	Без охолодження	З добавленням аргону	Під флюсом	Стрічковим електродом
Технологічна характеристика	Мінімально припущенний діаметр поверхні, яка відновлюється, мм	Зовнішній	15-18	40-50	15-18	15-18	15-18	15-18	15-18	10-12	10-12	40-50	40-50
		Внутрішній	45		45	45	45	45	45	45	45	--	--
	Товщина (глибина) нарощування чи зміцнення, яка забезпечується	min	0,5	0,5	1,0	0,5	1,0	0,5	0,5	0,8	1,0	1,0	1,0
		max	3,0	4,0	3,0	3,0	3,0	4,0	3,0	3	3	4	5
Технічна характеристика	Коефіцієнти	Стійкість до спрацювання	0,85	0,85	1,15	1,40	0,85	1,50	2,0	1,3-1,6	1,3-1,6	1,6-2,0	1,3-1,6
		Витривалість	0,62	0,62	0,90	0,90	0,62	1,10	0,95	0,7	0,85	0,7	0,85
		Зчеплення	0,75-1,0	0,9-1,0	0,8-1,0	0,7-1,0	0,9-1,0	0,9-1,0	0,9-1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
		Довговічність	0,4-0,53	0,48-0,53	0,80-1,0	0,89-1,25	0,48-0,53	1,4-1,6	1,72-1,9	0,9-1,0	1,1-1,3	1,1-1,4	1,1-1,3
	Мікротвердість, кг/мм^2		225-500	450-600	500-600	225-450	325	450-600	450	230-360	320-340	320-540	240-360
Техніко економічні показники	Питома трудомісткість нарощування та заключ. операцій, н ч/м^2		33,3-36	33,3-36	33,3-36	33,3-36	33,3-36	30,35	34-37	17,3-21,4	14,5-17,5	13,5-15,5	19-23
	Питома собівартість відновлення грн/м^2		66,5-68,0	66,5-68,0	67-69	66,5-68,0	66,5-68,0	66,5-68,0	70-72	31,5-43	25-37	25-37	50-70
	Питома витрата матеріалу, грн/м^2		35-40	39-50	35-40	35-40	35-40	35-40	35-40	31-45	30-45	35-50	35-50
	Питома енергомісткість, кВт ч/м^2		234	234	234	234	234	234	234	256	256	256	256

Характеристика способів відновлення деталей

Найменування оціночних параметрів			Способи відновлення							
			Хромірування				Залізнення			
			Звичайному електроліті	В саморегенерованому електроліті	Холодному електроліті	Струмінне	Ванне	Пузаванне	Проточне	Пористе
Технологічна характеристика	Мінімально припущенний діаметр поверхні, яка відновлюється, мм	Зовнішній	Не обмежений				Не обмежений			
		Внутрішній	40-50				40-50			
	Товщина (глибина) нарощування чи зміцнення, яка забезпечується	min	Не обмежена				Не обмежена			
		max	0,3	1,0	0,3-1,0	1,0	2,0	0,8		до 3
Технічна характеристика	Коефіцієнти	Стійкість до спрацювання	1,67	2,0-4,0	1,3	1,67	0,95-1,3	0,9-1,3	1,0-1,6	1,0-1,6
		Витривалість	0,55-0,9	0,88-0,95	1,0	0,95	0,83	0,8	0,8	0,8
		Зчеплення	0,9	1,0	0,9	0,95	0,7-0,9	0,65-0,8	0,75-1,0	0,7-0,9
		Довговічність	0,9-1,35	1,6-3,8	1,8	1,5	0,6-1,0	0,5-0,83	0,6-1,25	0,6-1,15
	Мікротвердість, кг/мм^2		800-1200	800-1320	800-1200	800-1200	300-600	300-600	300-700	500-700
Техніко економічні показники	Питома трудомісткість нарощування та заключ. операцій, н ч/м^2		72-129	44-61	35-54	39-61	15-17	26-33	22-25	15-17
	Питома собівартість відновлення грн/м^2		110-154	120-160	110-150	125-170	29.7-34.8	61.9-80	45-51	30-35
	Питома витрата матеріалу, грн/м^2		1,5-4,5	1,5	1,5-4,5	1,5	4.7-9.4	4.7-9.4	4.7-9.4	4.7-9.4
	Питома енергомісткість, кВт ч/м^2		224	200	200	200	150	100	150	150

Характеристика способів відновлення деталей

Найменування оціночних параметрів			Клейові компоненти	Ремонтний розмір	Додаткова деталь	Пластичне деформування	Зміцнення поверхневого шару		
							Електро-механічне	Віброоб-катування	Загарту-вання СВЧ
Технологічна характеристика	Мінімально припущений діаметр поверхні, яка відновлюється, мм	Зовнішній	не обмежений	--	не обмежений	--	15-18	10-12	5-6
		Внутрішній	не обмежений			--	--	30-40	--
	Товщина (глибина) нарощування чи зміцнення, яка забезпечується	min	--	--	--	--	не обмежений		0,2
		max	5,0	--	до номіналу		0,30	0,8-1,8	0,5-2,0
Технічна характеристика	Коефіцієнти	Стійкість до спрацювання	1,0	0,8-1,0	1,0	1,0	2,0	1,8-2,3	1,4-3,1
		Витривалість	--	0,9-1,0	0,8	1,0	1,25	1,2-2,0	1,0
		Зчеплення	0,7	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
		Довговічність	1,0	0,72-1,0	0,8	1,0	2,5	2,1-4,6	1,4-3,0
	Мікротвердість, кг/мм^2		300-650	номін	номін	номін	номін	номін	номін
Техніко економічні показники	Питома трудомісткість нарощування та заключ. операцій, н ч/м^2		15,9	10-23	48-65	10-25	10,8	10,8	4,6
	Питома собівартість відновлення грн/м^2		26-27	31-44	141-273	31	19	19	81
	Питома витрата матеріалу, грн/м^2		4,7	31-55	--	--	--	--	--
	Питома енергомісткість, кВт ч/м^2		--	--	--	--	--	--	--

Додаток Б

Таблиця А – Класифікація деталей сільськогосподарської техніки

Клас	Підклас	Основні технологічні завдання відновлення
Стержні круглі	Вали гладенькі та ступенчасті	Відновлення зовнішніх елементів обертання, в основному циліндричних
	Вали шліцеві	Відновлення шліцьової частини і циліндричних поверхонь обертання,необхідність термообробки
	Вали колінчасті	Відновлення ексцентрично розміщених поверхонь
	Вали розподільні	Відновлення потрібного профілю кулачків
Циліндри порожнисті	Стакани, маточини, втулки	Відновлення зовнішніх, внутрішніх і торцевих поверхонь обертання
	Гільзи циліндрів	Відновлення внутрішніх і зовнішніх циліндричних поверхонь
Диски	Диски, маховики, шківи	Відновлення зовнішніх, внутрішніх і торцевих поверхонь, які відрізняються великими діаметральними розмірами, необхідність балансування більшості деталей
	Катка, напрямні колеса	Відновлення зовнішніх, внутрішніх і торцевих поверхонь, які відрізняються великими зносами поверхонь, які вимагають особливих способів відновлення (заливання рідким металом, встановлення бандажів, електрошлакового наплавлення тощо)
Колеса зубчасті	Шестерні	Відновлення зубчастого вінця
	Зірочки	Відновлення зубів і западин зірочок
Важелі	Шатуни	Відновлення нижньої і верхньої головок шатуна і кришки з високою точністю обробки і взаємного розміщення
	Тяги, важелі	Відновлення отворів і торців головок із заданою точністю їх взаємного розміщення

Корпусні деталі	Блок циліндрів	Відновлення тріщин у перемичках між отворами під гільзи, поверхонь і неспіввісностей отворів під вкладиші
	Головки блоку циліндрів	Відновлення клапанних гнізд, площини прилягання до блоку
	Корпуси	Відновлення циліндричних і плоских поверхонь з високими вимогами до точності їх обробки і просторового розміщення, зароблювання тріщин
Деталі просторові тонкостінні	Кришки кожухи картери	Відновлення плоских поверхонь, зароблювання тріщин, відновлення гладеньких і різьбових отворів
	Тонкостінні деталі облицювання	Усунений вм'ятин, зароблювання тріщин
Деталі площинні	Вилки перемикання передач	Відновлення плоских робочих поверхонь
Деталі профільні	Лемеші, лапи, диски сошників	Відновлення лез і просторової геометрії деталей
Дрібні деталі	Поршневі пальці	Відновлення зовнішніх циліндричних поверхонь специфічними способами (гідротермічним роздаванням, гарячим розкатуванням тощо)
	Валики вентиляторів і штовхачів, осі шестерен	Відновлення зовнішніх поверхонь з незначними зносами (переважно гальванічними способами)

Додаток В

Таблиця В.1 – Типовий маршрут технологічного процесу ремонту деталей групи – вали і осі

Де-таль	№	Найменування операції	Стислий склад операцій
Вали гладенькі і ступінчасті	005	Токарна	Виправлення центрових отворів
	010	Слюсарна	Виправлення вигину деталі
	015	Зварювальна	Заварювання шпонкових пазів, отворів з дефектами різьби
	020	Наплавочна	Наплавлення різьбових кінців, опорних шийок
	025	Термічна	Нормалізація наплавлених поверхонь
	030	Токарна	Проточування різьбових кінців, опорних шийок нарізання різьби
	035	Фрезерна	Фрезерування шпонкових пазів і лисок на різьбовому кінці
	040	Слюсарна	Виправлення дефекту внутрішньої різьби та інше
	045	Термічна	Термічна обробка деталі: відпал, загартування, відпуск
	050	Шліфувальна	Шліфування опорних шийок
	055	Контрольна	Контроль якості ремонту
Вали шліцьові	005	Токарна	Виправлення центрових отворів
	010	Слюсарна	Виправлення вигину деталі
	015	Зварювальна	Заварювання шпонкових пазів, отворів з дефектами різьблення
	020	Наплавочна	Наплавлення різьбових кінців, опорних шийок і шліців
	025	Термічна	Нормалізація наплавлених поверхонь
	030	Токарна	Проточування різьбових кінців, нарізання різьби Проточування опорних шийок, шліцевої частини по зовнішньому діаметру
	035	Фрезерна	Фрезерування шпонкових пазів, шліців і лисок на різьбовому кінці
	040	Слюсарна	Виправлення дефекту внутрішньої різьби та інше
	045	Термічна	Термічна обробка деталі: отжиг, загартування, відпуск
	050	Шліфувальна	Шліфування опорних шийок шліцевої частини по зовнішньому діаметру
	055	Контрольна	Контроль якості ремонту

Вали колінчасті	005	Зварювальна	Заварювання шпонкового паза
	010	Наплавочна	Наплавлення поверхонь під шків, передню противагу і шестерню
	015	Токарна	Проточування наплавлених поверхонь
	020	Шліфувальна	Шліфування корінних, шатунних шийок та поверхонь під шків, передню противагу і шестерню
	025	Токарна	Розточування отвору під втулку
	030	Слюсарна	Запресовування втулки
	035	Фрезерна	Фрезерування шпонкових пазів
	040	Слюсарна	Закруглення фаски та кромки масляних каналів
	045	Полірувальна	Полірування корінних та шатунних шийок
	050	Слюсарна	Розвертання отворів під штифт
	055	Слюсарна	Запресування штифта
	060	Контрольна	Контроль якості ремонту
Вали розподіль-часті	005	Слюсарна	Виправлення вигину деталі
	010	Шліфувальна	Шліфування попереднє та заключне кулачків
	015	Полірувальна	Полірування кулачків
	020	Контрольна	Контроль якості ремонту

Таблиця В.2 – Типовий маршрут технологічного процесу ремонту деталей групи – циліндри порожнисті

Де-таль	№	Найменування операції	Стислий склад операцій
Стакани, маточини, втулки	005	Зварювальна	Заварити тріщини і обломи та при необхідності різьбові отвори і шпонкові канавки
	010	Наплавочна	Наплавити внутрішні поверхні деталі
	015	Наплавочна	Наплавити зовнішні поверхні деталі
	020	Слюсарна	Нарізати різьбу
Гільзи циліндрів	005	Гальванічна	Залізнення посадочних поясків
	010	Токарна	Проточити посадочні пояски до номінального розміру
	015	Розточувальна	Розточування внутрішньої поверхні деталі
	020	Хонінгувальна	Хонінгування внутрішньої поверхні деталі
	025	Токарна	Підрізати бурт
	030	Хонінгувальна	Чистове хонінгування внутрішньої поверхні деталі
	035	Контрольна	Контроль якості ремонту

Таблиця В.3 – Типовий маршрут технологічного процесу ремонту деталей групи – диски

Дет-таль	№	Найменування операції	Стислий склад операцій
Маховики, шківи, диски	005	Токарна	Розточити поверхню отвору
	010	Зварювальна	Заварити тріщини і обломи та при необхідності різьбові отвори і шпонкові рази
	015	Наплавочна	Наплавити поверхню отвору
	020	Токарна	Зняти фаску, розточити отвір, обточити робочі поверхні до видалення слідів зносу
	025	Стругальна	Виготовити шпонковий паз
	030	Балансувальна	Балансувати деталь
	035	Контрольна	Контроль якості ремонту
Катки, ролики, ступиці, колеса	005	Слюсарна	Правка ободу
	010	Слюсарна	Виправлення дефектів різьби
	015	Зварювальна	Заварити тріщини обода або ступиці, отворів з дефектами різьби, шпонкових пазів, отворів під шпильки
	020	Наплавочна	Наплавлення різьбових кінців, внутрішніх та зовнішніх поверхонь деталей
	025	Токарна	Розточування та обточування наплавлених поверхонь деталі, нарізання різьби, проточення торцевої поверхні
	030	Стругальна	Стругання шпонкових пазів
	035	Свердлильна	Свердлення та розсвердлення отворів під шпильки
	040	Контрольна	Контроль якості ремонту

Таблиця В.4 – Типовий маршрут технологічного процесу ремонту деталей групи – колеса зубчасті

Де-таль	№	Найменування операції	Стислий склад операцій
Шестерні	005	Наплавочна	Наплавити торці зубів
	010	Термічна	Провести обтискання зубчастого вінця
	015	Термічна	Нормалізація наплавлених поверхонь
	020	Слюсарна	Прошити шліцьовий отвір
	025	Токарна	Проточити шестерню по периферії зубчастого вінця
	030	Фрезерна	Нарізати зуби
	035	Шевінгу-вальна	Шевінгувати зуби
	040	Термічна	Загартувати зуби та провести відпуск
	045	Дробо-струминна	Провести дробоструминну обробку
	050	Слюсарна	Прошити шліцьовий отвір
	055	Контрольна	Контроль якості ремонту
Зірочки	005	Токарна	Сточити зуби
	010	Слюсарна	Напресувати сталевий вінець
	015	Зварювальна	Заварити місце стику вінця з деталлю
	020	Фрезерна	Фрезерувати зуби
	025	Токарна	Розточити отвір в маточині
	030	Слюсарна	Запресувати втулку в отвір
	035	Свердлильна	Просвердлити отвір в місті стику втулки та деталі
	040	Слюсарна	Встановити в отвір штифт
	045	Контрольна	Контроль якості ремонту

Таблиця В.5 – Типовий маршрут технологічного процесу ремонту деталей групи – важелі

Де-таль	№	Найменування операції	Стислий склад операцій
Тяги, важелі	005	Слюсарна	Правити деталь
	010	Наплавочна	Наплавити зношені торцеві поверхні
	015	Зварювальна	Заварити шліцьові або шпонкові канавки
	020	Термічна	Нормалізація наплавлених поверхонь
	025	Токарна	Розточити отвір під ремонтну втулку
	030	Слюсарна	Запресувати ремонтну втулку
	035	Фрезерна	Фрезерувати торцеві поверхні
	040	Стругальна	Стругання шпонкових пазів та шліців
	045	Токарна	Розточити та розвернути отвір в ремонтній втулці

Таблиця В.6 – Типовий маршрут технологічного процесу ремонту деталей групи – корпусні деталі

Де-таль	№	Найменування операції	Стислий склад операцій
Корпусні деталі	005	Зварювальна	Заварити тріщини, пробоїни
	010	Наплавочна	Наплавлення посадкових місць
	015	Токарна	Виготовлення ремонтних різьбових пробок, ремонтних кілець та втулок
	020	Слюсарна	Вилучення обламаних болтів або шпильок; встановлення різьбових пробок, ремонтних втулок, та розвертання їх до нормального розміру
	025	Гальванічна	Осталювання посадкових місць отворів
	030	Слюсарна	Калібрування отворів після осталювання
	035	Розточна	Розточення та розвертання поверхонь отворів деталі

Таблиця В.7 – Типовий маршрут технологічного процесу ремонту деталей групи – деталі площинні

Де-таль	№	Найменування операції	Стислий склад операцій
Вилки перемикання	005	Слюсарна	Правка деталі
	010	Наплавочна	Наплавлення поверхонь щік, пазів та інше
	015	Фрезерна	Фрезерування наплавлених поверхонь деталі

Додаток Г

Проектування плану операцій технологічного процесу відновлення осі катка трактора ДТ-75

1 Вихідна інформація про деталь, яку потрібно відновити

Деталь – ось катка
Номер за каталогом – 54.31.402А
Матеріал – сталь 30ХГТ
Твердість –241-285 НВ
Маса в обробленому вигляді – 3,360 кг

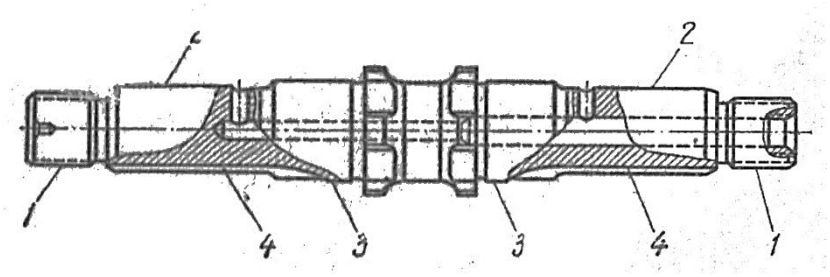

Рисунок 1 – Вісь катка

Технічні вимоги на дефектацію вісі катка наведемо в таблиці 1.

Таблиця 1 - Технічні вимоги на дефекацію вісі катка

Контрольований дефект		Розмір, мм		
Поз.	Найменування	За кресленням	Допустимий в сопряженні з деталями	
1	Пошкодження різьби			
2	Знос поверхонь шийок під опорні катки	$42^{+0,068}_{+0,043}$	-	42,04
3	Знос поверхонь шийок під роликопідшипники 7909	$47^{+0,020}_{+0,003}$	47,00	46,98
4	Знос шпонкових пазів	$10^{-0,015}_{-0,065}$	10,05	10,05

Дефекти деталі, які необхідно усунути:

Деф.1 - пошкодження різьби М33×1.5;

Деф.2 - знос поверхонь шийок під опорні катки до розміру менше ніж Ǿ 41,99 мм;

Деф.3 - знос поверхонь шийок під роликопідшипники 7909 до розміру менше ніж Ǿ 47 мм;

Деф.4 - знос шпонкових пазів по ширині більше допустимих розмірів: нормального більше 10,01 мм, першого ремонтного більше 10,31 мм, другого ремонтного більше 11,01 мм.

Якщо величина зносу не встановлена завданням, то рекомендується визначити її за наступною формулою:

$$I = (3\ldots5)\ (d_{ном} - d_{доп})$$

де: $d_{ном}$ – розмір по робочому кресленні деталі (Рисунок 1);
$d_{доп}$ – допустимий розмір (з технічних умов на дефекацію) деталі.

Технічні умови на приймання відновленої деталі:

- твердість поверхонь під роликопідшипники 230-280 НВ;
- биття поверхонь під роликопідшипники відносно вісі деталі не більше ніж 0.05 мм;
- на 10 $см^2$ поверхонь під роликопідшипники допускається не більше однієї раковини величиною по найбільшому виміру до 1 мм і глибиною не більше 0,5 мм;
- різьба повинна бути повною, чистою, без зірваних ниток;
- биття торців не більше 0.05 мм.

Ось катка належить до деталей класу «стержні круглі» та підкласу – «вали гладенькі та ступінчаті»

2. Вибір раціонального способу усунення дефекту

Вибір раціонального способу усунення дефекту проведемо для дефекту: знос поверхонь шийок під опорні катки.

Визначимо товщину зношеного шару металу, який необхідно компенсувати при відновленні поверхні:

$$(42{,}058 - 41{,}99)\ 5 = 2.95 \text{ мм}$$

Нанести такий шар металу можливо тільки за рахунок наплавлення, що і відповідає запропонованому типовим технологічним процесом.

Вибір раціонального способу усунення дефекту виконується за трьома критеріями :

1) технологічному (застосування) ;
2) технічному (довговічності) ;
3) техніко-економічному (доцільності) .

Підсумки вибору представимо у вигляді таблиці 2

Таблиця 2 – Вибір способу усунення зносу поверхонь шийок під катки

Спосіб відновлення по технологічному критерію	Технологічна характеристика					Питома вартість відновлення грн./м^2	Коефіцієнт техніко-економічної ефективності
	Коефіцієнт				Мікротвердість, мПа		
	стійкість до спрацювання	витривалість	зчеплення	довговічності			
Наплавлення електродугове	0.7	0.6	1.0	0.4	3000	84	210
Наплавлення в середовищі CO_2	1.3	0.85	1.0	1.1	3200	37	33,6
Вібродугове наплавлення	0.8	0.6	0.8	0.5	3000	68	136

Раціональним способом усунення дефекту поверхонь шийок під катки буде наплавлення в середовищі CO_2.

На інші дефекти призначимо способи відновлення виходячи з типового технологічного процесу:

а) пошкодження різьби М33×1.5 – наплавлення з наступною обробкою, та нарізання різьби нормального розміру.

б) биття поверхонь під роликопідшипники відносно вісі деталі – правка деталі.

в) знос поверхонь шийок під роликопідшипники 7909 – наплавлення з наступною обробкою під номінальний розмір

г) знос шпонкових пазів по ширині – наплавлення з фрезеруванням шліців нормального розміру.

3. Вибір засобів технологічного оснащення

Наплавочна – Установка для зварювання в середовищі CO_2 – А-547У.
Токарна – верстат токарно-гвинторізний 1К62.
Фрезерна – верстат горизонтально-фрезерний 5350
Термічна – піч СВЧ
Шліфувальна – верстат круглошліфувальний 3Б161

4. Встановлення плану операцій відновлення деталі та його упорядкування у відповідності до наданих рекомендацій здійснюється за індивідуальним завданням викладача.

Додаток Д

НЕВИЗНАЧЕНІСТЬ У ПРИЙНЯТТІ ІНЖЕНЕРНИХ РІШЕНЬ

Сільськогосподарські виробничі та технічні системи діють у нестабільних умовах, перебувають під впливом значної кількості факторів імовірнісної природи. Так, умови роботи ґрунтообробних машин змінюються від 2-х до 6-ти раз на місяць, а зернозбиральних — від 3-х до 5-ти за декаду. Крім природно-виробничих умов, на показники машиновикористання впливають характеристики надійності та технічного стану машин, організація і управління ходом робіт, які також знаходяться під впливом випадкових факторів.

Все це спричиняє певну *невизначеність умов*.

Практично всі задачі проектування і планування в сільському господарстві тією чи іншою мірою пов'язані з невизначеністю.

Цільова функція *F(x)* при наявності невизначеності умов буде залежати від трьох груп факторів:

- заданих і стабільних (а);
- керованих *(x),* оптимальне поєднання значень яких відповідає оптимальному рішенню;
- невідомих (є), які можуть істотно вплинути на результати рішення.

Невизначеність в інженерних задачах може мати різну природу. Якщо фактори є випадковими величинами, то такі задачі називають *стохастичними,* а притаманну їм невизначеність — *стохастичною невизначеністю.*

Наприклад, проектується нафтогосподарство з колонками для заправки техніки паливом і мастильними матеріалами. Інтенсивність споживання палива, поставки нафтопродуктів, тривалість обслуговування одного технічного засобу значною мірою залежать від випадкових факторів. Імовірнісні характеристики їх можуть бути встановлені шляхом аналізу статистичних даних, побудови законів розподілу ймовірностей.

При обґрунтуванні рішення стохастичну невизначеність можна усунути заміною випадкових факторів є їх математичним сподіванням *М(е)* або середнім значенням є, тобто вони переводяться в множину відомих факторів а і задача розв'язується як детермінована. Проте така заміна допустима лише у випадках, коли процес, що оптимізується, повторюється багатократно, або розмах варіювання фактору (середньоквадратичне відхилення) є невеликим. Зокрема, в наведеному вище прикладі видача нафтопродуктів здійснюється протягом строку експлуатації нафтогосподарства з великим числом повторностей. При цьому менше значення є, у порівнянні з математичним сподіванням *М(г)* в одному конкретному випадку компенсується більшим в іншому (наприклад, тривалість заправки техніки паливом).

Нерідко приходиться приймати рішення коли процеси є одноразовими або з невеликою кількістю повторностей.

Наприклад, збиральна кампанія планується раз на рік, і втрати врожаю внаслідок орієнтації на середні значення випадкових факторів при

несприятливих умовах будуть значними і незворотними.

У таких випадках ставиться додаткова умова, яка зобов'язує отримати певний гарантований результат із заданою ймовірністю. Так, при максимізації цільової функції можна поставити вимогу, щоб функція *F{x)* була не менше заданого результату *R* з імовірністю не меншою від встановленої величини р.

Тобто:

$$p[\ F(x) \geq R\ ] > \beta. \qquad (1)$$

Вимоги типу (1) називають *стохастичними обмеженнями,* їх наявність дуже ускладнює вирішення оптимізаційних задач.

Поширеним прийомом забезпечення гарантованих результатів є обґрунтоване підвищення потенційних функціональних і ресурсних можливостей системи (створення резервів). Так, вища від необхідної величини пропускна здатність технологічної лінії може створити резерв часу, який компенсує непередбачені зупинки лінії і забезпечить своєчасне виконання робіт.

Можна формувати запас технічних засобів, матеріально-енергетичних і трудових ресурсів тощо. Проте варто пам'ятати, що резервування пов'язане з додатковими грошовими витратами. Тому нерідко обґрунтування раціонального запасу є самостійною інженерно-економічною задачею.

Прогресивними є *адаптивні стратегії* досягнення мети, при яких передбачається можливість зміни значень окремих керованих факторів *x* на певних етапах здійснення виробничих процесів залежно від конкретної ситуації. Такі стратегії дозволяють впровадити *гнучкі механізовані процеси* з високим рівнем пристосованості до умов.

Однією з поширених причин невизначеності є незнання умов на момент прийняття рішень.

При цьому важливі такі варіанти:

- невідомі фактори є є випадковими величинами, але статистичні дані та закон розподілу ймовірностей на момент прийняття рішення не можуть бути встановленими;
- невідомі фактори не є випадковими величинами і їх оцінка не може бути вираженою імовірнісними характеристиками.

У першому випадку доцільно застосовувати адаптивні стратегії, а в міру накопичення досвіду і статистичних даних вдосконалювати систему шляхом зміни значень керованих факторів *x,* що були наперед обґрунтовані для адаптації системи.

У другому випадку невизначеність умов може бути пов'язана з *протидією суперника.* При цьому протидія може бути *цілеспрямованою,* якщо сторони мають протилежні цілі. Наприклад, оптимізація виграшу однієї сторони за рахунок програшу іншої. Можуть бути також задачі, в яких протидія не носить *свідомо* цілеспрямованого характеру (протидія природи).

Задачі такого типу вирішуються методами *теорії статистичних рішень*

та ігор. При цьому має значення не лише вміння особи, що приймає рішення (ОПР) застосовувати певні методи і процедури обґрунтування рішень, але і її схильність до ризику, здатність оцінити поведінку суперника, використати психологічні фактори.

Методи теорії ігор дають можливість обґрунтувати оптимальні стратегії поведінки на випадок виникнення тієї чи іншої ситуації.

Наприклад, рішення про доцільність проведення профілактичного обслуговування і ремонту техніки в напружений період польових робіт пов'язано з ризиком вийти за межі оптимальних строків внаслідок зупинки агрегату для профілактики або несправностей, якщо профілактичні роботи не будуть проведені.

Поняття ризику має різні тлумачення і кількісні оцінки. Проте загальним для всіх визначень є можливість отримати негативні результати (наслідки) прийнятого рішення. Залежно від характеру такі наслідки можуть оцінюватись грошовими, енергетичними, функціональними та іншими одиницями або не мати кількісного виразу (втрата здоров'я, авторитету, морально-етичні цінності). Для негативних наслідків, що можуть бути кількісно виражені мірою ризику може бути добуток розміру збитків на ймовірність їх появи.

Тобто:

$$R_H = p_a A, \qquad (2)$$

де R_H— негативні результати, що є мірою ризику;
A — кількісний вираз наслідків;
p_a — імовірність появи подій, що викликають наслідки A.

Нерідко необхідно оцінити сукупний негативний результат від різних за характером наслідків. Тоді вираз (2) має векторну форму.

Отже, прийняття рішень при наявності певної невизначеності умов пов'язане з ризиком отримати негативні результати. Невизначеність умов може знаходитись у проміжку між крайніми випадками — від повної визначеності (детермінована задача) до повної невизначеності (поведінка суперника). Зведення задачі до детермінованої ще не означає уникнення ризику. Адже спрощення умов задачі, як правило, вступає в протиріччя з адекватністю моделі у відношенні до реальних процесів. Тобто ризик отримати негативні результати в таких випадках може зростати.

Крім невизначеності умов в інженерних задачах можлива також і *невизначеність мети.* Вона переважно пов'язана з труднощами вибору такого критерію, який повністю охоплював би прагнення ОПР і відповідав би конкретній виробничій ситуації. Неправильний вибір критерію може призвести до великих втрат. Тому на стадії аналізу виробничої ситуації і побудови дерева цілей треба виділити найважливіші цілі, зважити різні напрямки вдосконалення системи, можливість побудови узагальнених критеріїв.

Спеціалістам інженерної служби часто приходиться приймати рішення, що спрямовані на досягнення декількох цілей, тобто вирішувати багатокритеріальну задачу. При цьому можливі такі взаємозв'язки критеріїв:

нейтральні і незалежні, досягнення кожної цілі може розглядатись незалежно від інших;

залежні, але не суперечать один одному, що дозволяє покращувати систему одночасно за всіма критеріями;

залежні і конкурентні, тобто досягнення однієї мети можливе лише за рахунок іншої.

Перші два випадки переважно не ускладнюють задач, а тому при обгрунтуванні критеріїв особливу увагу звертають на конкурентні цілі.

Методи вирішення задач з невизначеністю

Вид невизначеності	Причини невизначеності	Методи вирішення задач
Невизначеність умов	Вплив випадкових факторів	Детерміновані моделі з середніми значеннями величин, з резервуванням ресурсів і компенсаційними можливостями
	Незнання умов	Імовірнісні моделі Адаптивні стратегії Імовірнісні моделі
Невизначеність мети	Розумна протидія (конфліктна ситуація)	Теорія статистичних, рішень і теорія ігор
	Труднощі вибору критерію і побудови адекватної моделі	Аналіз ситуації і дерева цілей, оцінка адекватності моделі
	Багатокритеріальність	Векторна оптимізація за інтегральним критерієм Лексикографічний підхід Багатокритеріальний вибір

Застосування сучасних методів обґрунтування рішень при наявності невизначеності не гарантує, що прийняте рішення буде оптимальним і єдино правильним.

Задача практично зводиться до того, щоб прийняте рішення було ефективним у межах розумного ризику.