

УДК 621.86

ПРОГНОЗУВАННЯ НАДІЙНОСТІ ТЕХНОЛОГІЧНИХ СИСТЕМ**Б.М. Гевко д.т.н., Ю.Ф. Павельчук к.т.н., В.М. Клендій к.т.н.,
Н.М. Марчук, С.Л. Мельничук***(Тернопільський Національний Технічний Університет імені Івана Пулюя)*

Розроблена методика прогнозування надійності технологічних систем машинобудівного призначення і напрямку піднімально-транспортних машин. Це різальні інструменти, технологічне оснащення і технологічні системи, вантажопідйомних і транспортних перевізних машин. Розроблено техніко-економічне обґрунтування технологічного оснащення, різального інструменту раціонального вибору технологічних систем, машинобудівного виробництва та технологічних систем вантажопідйомних машин.

Прогнозування очікуваного в експлуатації ресурсу машин і механізмів технологічного оснащення (ТО) різальних інструментів за інформацією на ранніх стадіях їх створення (при проектуванні, випробуваннях малих партій дослідних зразків на початку серійного випуску і т. д.) дозволяє багато в чому уникнути їх відмов при їх експлуатації, які завдають величезного збитку виробникові і споживачеві техніки. Серед напрямків, що дозволяють вирішити вказану проблему, найважливішим є уточнення і розробка ефективних математичних методів прогнозування, експлуатаційного ресурсу за обмеженою інформацією.

Існуюча система забезпечення надійності технологічних систем (ТС) включає елементи прогнозування. Так, при конструюванні машин і механізмів різальних інструментів, ТО виконують розрахунки на міцність і довговічність елементів, які традиційно розраховують для підшипників, валів, шестерень і деякі інші деталі. При цьому широко використовують метод напружень, що звичайно, недостатньо, оскільки не розраховується ресурс об'єкту, який є прямою характеристикою його надійності. При конструюванні широко використовують досвід створення попередніх конструкцій, їх випробувань і досліджень, що багато в чому сприяє створенню надійних машин. Враховують і можливості технології виготовлення на даному виробництві. Розглядають і аналізують можливі відхилення, перевантаження і екстремальні ситуації в умовах експлуатації машин, а також вимоги пристосованості до експлуатації, обслуговування, технічної діагностики та ремонту.

Питаннями забезпечення надійності і довговічності машин і механізмів, технологічних систем різного службового призначення присвячені праці Семенченко В.К. [1], Анурева В.И. [2], Родина П.Р. [3], Ординцева И.А. [4], Черновола М.І. [5], Корсакова В.С. [6], Зуева А.А. [7], Ансьорова М.А. [8] та багатьох інших.

Однак цілий ряд питань перспективного напрямку розвитку виробництв, впровадження прогресивних технологічних процесів, впровадження нових матеріалів підвищення міцності деталей технологічними і конструктивними заходами, прогнозування очікуваного ресурсу роботи чекають свого подальшого вирішення.

Мета роботи – розроблення методик прогнозування очікуваного ресурсу роботи технологічних систем, технологічного оснащення та різальних інструментів.

При конструюванні машин, механізмів і ріжучого інструменту технологічного оснащення недостатня інформація про можливі режими навантажень, що діють, відхилення якості виготовлення і експлуатації машин, при випробуваннях – обмежено число об'єктів випробувань і тривалість їх роботи. Тому отримувані дані неточні, їх необхідно прогнозувати на більш тривалі терміни використання і на великі розміри партій аж до всього масиву серійного випуску машин. При такому прогнозуванні виявляються лише найбільш "слабкі" місця машини або об'єкта розробки.

Оцінки надійності, отримані за результатами випробувань і спостережень в процесі експлуатації, носять, як правило, характер констатації фактичного технічного стану об'єкта в цілому або її окремих елементів. Тому у ряді випадків такі оцінки набувають прогнозуючого характеру. Наприклад, на підставі результатів вибіркового випробування здійснюється прогноз про надійність партії виробів в експлуатації. Отже, прогнозуванням можна вирішити проблеми надійності, коли на ранніх стадіях створення машини стає можливим з необхідною мірою достовірності оцінити показники її надійності.

Основою прогнозування технічного стану ТС, різальних інструментів і ТО є прогностика – наукова дисципліна, що вивчає поведінку одних систем (прогнозованих) залежно від зміни параметрів інших (що прогнозують) систем, щоб в імовірнісному плані передбачати, що відбуватиметься з системою-функцією, якщо відома поведінка системи-аргументу в даний час і в певній ситуації. Прогнозування виконують для оцінки технічного стану об'єкту (машини, складальної одиниці) і визначення закономірності його зміни в процесі роботи для керування надійністю.

Розрізняють три етапи прогнозування: ретроспекцію, діагностику і прогноз [4]:

Перший етап полягає в дослідженні динаміки стану ТС різального інструменту і ТО у минулому, виявленні і уточненні характеристик зміни параметрів стану її елементів. В результаті досліджень розробляють динамічну модель технічного стану оснащення.

На другому етапі встановлюють допустимі межі зміни параметрів стану елементів, розробляють або вибирають методи і засоби виміру, вимірюють параметри технічного стану, вибирають методи прогнозування, а також способи оцінки достовірності прогнозу.

На третьому етапі прогнозують зміни різних параметрів стану елементів, синтезують прогнози, узагальнюючи їх і роблячи висновок про технічний стан або рівні надійності всієї машини.

Таким чином, етап ретроспекції направлений в минуле; етап діагностики – в сьогодення; етап прогнозу – в майбутнє, причому майбутнє у впливає прогнозу повертається до сьогодення (впливає на нього). З цього витікає можливість використання теорії прогнозування для управління надійністю об'єкту.

У експлуатації надійністю ТС різальних інструментів і ТО можна керувати встановленням технічних умов на технологічні операції, що проводяться під час обслуговування і ремонту машин. Звужуючи або розширюючи діапазони допустимих значень параметрів машини (розмірів деталей, зазорів в сполученнях, зусиль на важелях управління і ін.) при проведенні регулювальних або ремонтних робіт, можна задавати певний рівень безвідмовності і довговічності, що дозволяє планувати витрату запасних частин, потребу в мастильних матеріалах, періодичність проведення заходів технічного обслуговування і ремонту.

Використання методів теорії прогнозування при розробці технічного завдання на виготовлення елементів машин дозволяє управляти надійністю об'єкта на стадії проектування.

Основні задачі прогнозування надійності механізмів і машин ТС, різального інструменту і ТО можна сформулювати таким чином [1,4,7]:

1. Передбачення закономірності зміни надійності деякого класу виробів у зв'язку з перспективами розвитку виробництва, впровадженням нових матеріалів, підвищенням міцності деталей технологічними і конструктивними заходами (новим видом обробки деталей, більш раціональними конструктивними схемами та ін.). Таке прогнозування необхідне при плануванні заходів щодо підтримки працездатності об'єкта в експлуатації і розробці рекомендацій по підвищенню надійності машин. Воно базується на аналізі статистичних даних про надійність машин в експлуатації з урахуванням перспектив розвитку виробництва, і виконують його методами моделювання і розрахунків.

2. Оцінка надійності проектного виробу (деталі, складальної одиниці) до того, як воно буде виготовлено. Ця задача виникає на стадії проектування і полягає у виборі найбільш раціональної конструктивної схеми, розробці комплектуючих виробів, підборі матеріалів деталей та ін. Надійність в цьому випадку можна прогнозувати за допомогою аналітичних методів або шляхом фізико-математичного моделювання.

3. Прогнозування надійності конкретного виробу (деталі, складальної одиниці) на підставі результатів вимірювання його параметрів. На відміну від попередніх задач в даному випадку об'єктом дослідження є цілком визначений виріб. Попередньо вибирають прогнозуючі параметри, тобто такі, по зміні яких можна зробити висновок про зміну надійності. Після того, як прогнозуючі

параметри вибрані, досліджують закономірності їх зміни в часі. На основі отриманих закономірностей прогнозують надійність виробу на заданий період часу і оцінюють показники надійності виробу.

4. Прогнозування надійності деякої сукупності виробів за результатами дослідження обмеженої кількості дослідних зразків. Із задачами такого типа доводиться стикатися, як правило, на етапі виробництва машин. В даному випадку надійність прогнозують на підставі результатів досліджень закономірності зміни технічного стану декількох виробів при експлуатації. В результаті чого вдається отримати оцінку надійності машин на заданий період часу з урахуванням впливу умов експлуатації.

Остання задача за формою близька до традиційної задачі оцінки надійності генеральної сукупності виробів за результатами дослідження вибірки. Різниця лише в тому, що тут потрібно не лише визначити показник надійності сукупності виробів по показнику надійності вибірки на деякий фіксований момент часу, але і висловити припущення про майбутній рівень надійності генеральної сукупності з урахуванням впливу кліматичних умов, характеру використання машин, прийнятої стратегії технічного обслуговування і ремонту.

5. Прогнозування надійності машин і механізмів ТС, різального інструмента та ТО в особливих умовах експлуатації. Так, наприклад, може бути поставлена задача оцінити показники надійності машини за умови, що температура і вологість навколишнього середовища перевершують їх допустимі значення. Очевидно, що для ефективного керування надійністю машин необхідно на різних етапах розробки і виробництва машин вирішувати всі перераховані завдання (рис.1).[4]:

Для прикладу розглянемо основні вимоги при прогнозуванні проектування різального інструменту і технологічного оснащення.

Розроблюваний об'єкт має забезпечувати правильне базування і надійне закріплення заготовки, точний напрям ріжучого інструменту, має бути досить міцним і довговічним, приносити економічний ефект. Для виконання цих вимог здійснюються такі розрахунки пристосувань: геометричний; силовий; розрахунок на точність; розрахунок на міцність і жорсткість; розрахунок економічної ефективності.

Геометричний розрахунок передбачає перевірку правильності розташування опор і упорів, затискачів, кондукторних втулок, виконання правила шести точок. Перевіряється можливість безперешкодної установки і зняття заготовки, можливість руху поворотних деталей: відкидних кришок, поворотних планок, відсутність на їх шляху будь-яких перешкод у вигляді головок болтів, припливів, бобишок і т.д. Уточнюються розміри і розташування елементів, що базуються на верстаті, - напрямних шпонок, опорних штифтів, що центрують виточок. При використанні призматичних, регульованих або самоустановочних опор перевіряються їх розміри, щоб підтвердити правильність розташування заготовки як по висоті, так і в

горизонтальній площині. Необхідно звернути увагу і на загальні форми пристосування з позицій технічної естетики.

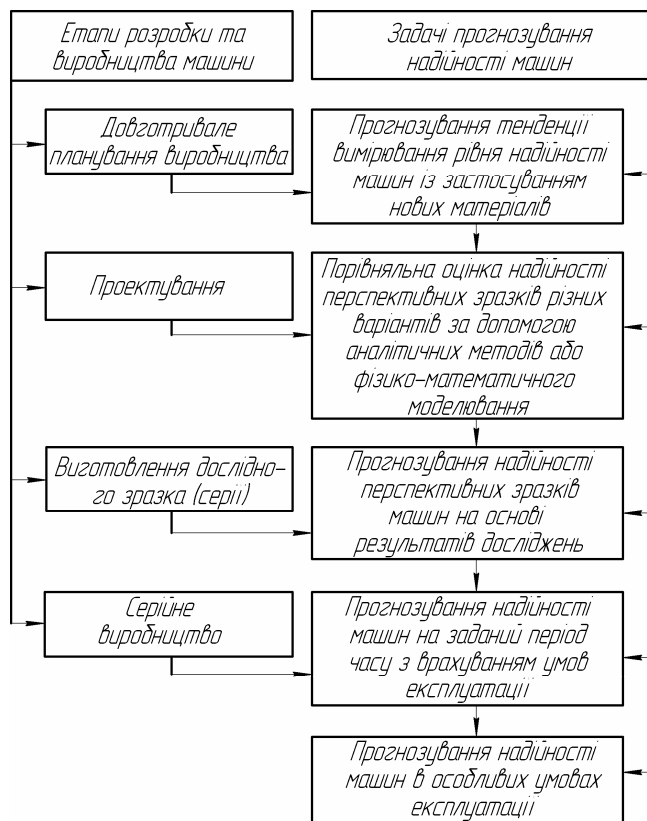


Рисунок 1 - Схема етапів розробки та виробництва машин

Силовий розрахунок пристосування служить для перевірки можливості закріплення заготовки і збереження її нерухомого положення під час дії сил різання (іноді інерційних сил) і визначення необхідних зусиль на рукоятках ручного затиску або штоках проводів. За значеннями цих зусиль визначаються потім розміри силової частини приводу (діаметр поршня, мембрани і т. Д.) З урахуванням тиску робочого середовища. Силовий розрахунок пристосувань проводиться на основі рівнянь статички, з урахуванням дії сил і моментів різання і коефіцієнта запасу $K=1,5-2$. Розрахунок пристроїв на міцність і жорсткість ведеться з урахуванням розмірів окремих елементів пристосування і діючих сил. Мета розрахунку - перевірка розмірів, які виключають поломку деталей і виникнення надмірних деформацій під дією сил затиску і сил різання.

Швидкість різання мітчиками, круглими плашками розраховують по формулі:

$$v = \frac{C_v K_v D^{1.2}}{T^m P^x} \quad (1)$$

де C_v - коефіцієнт, який враховує умови обробки;

D - зовнішній діаметр різьби;

K_v - поправочний коефіцієнт.

T - передбачувана стійкість, хв.

P - крок різьби, мм.

Стійкість для мітчиків, та круглих плашок розраховують за формулою:

$$T = \left(\frac{C_v D^{1.2}}{v P^x} \right)^{1/m} \quad (2)$$

Економічний розрахунок пристосування призначений для виявлення економічної доцільності його виготовлення і визначення річної економії при його використанні.

Застосування пристосування доцільно, якщо витримано умова

$$E \geq C_n, \quad (3)$$

де E – річна економія від застосування пристосування без урахування витрат на його експлуатацію;

C_n – річні витрати на виготовлення і експлуатацію пристосування;

Річна економія (в грн.) Визначається за формулою [5]:

$$E = (t_{ш} - t_{ш.пр.}) \frac{C_u N}{60 \cdot 100}, \quad (4)$$

де $t_{ш}$ - штучний час при обробці деталі без пристосування або з використанням універсального пристосування, хв.;

$t_{ш.пр.}$ - штучний час при обробці деталі з застосуванням проектного пристосування, хв.;

C_u - вартість станко-години робочого місця, коп. / год;

N - річна програма, шт.

Економічний ефект від застосування пристосувань визначається як різниця між розрахунковою річною економією і річними витратами на пристосування:

$$E_n = E - C_n. \quad (5)$$

Висновки:

Розроблена методика прогнозування надійності технологічних систем машинобудівного призначення і напрямку піднімально-транспортних машин. Це різальні інструменти, технологічне оснащення і технологічні системи, вантажопідійомних і транспортних перевізних машин.

Розроблено техніко-економічне обґрунтування технологічного оснащення, різального інструменту раціонального вибору технологічних систем, машинобудівного виробництва та технологічних систем вантажопідійомних машин.

Список використаної літератури

1. Семенченко И.И. и др. Проектирование режущих инструментов. М.Машгиз, 1962,982 ст.
2. Родин П.Р. Металлорежущие инструменты. К.Вища школа,1974,400ст.

3. Черновол М.І. та інші. Надійність сільськогосподарської техніки. Київ, 2009, 150ст.
4. Зуев А.А., Гуревич Д.Ф.Технология сельскохозяйственного машиностроения. М.Колос 1980, 256ст.
5. Ансеров М.А. Приспособления для металлорежущих станков. Л.Машиностроение, 1975.
6. Гевко Б.М. та інші. Технологія сільськогосподарського машинобудування. К.Контор 2006,492 ст.

Аннотация

Прогнозирование надежности технологических систем

Б. Гевко, Ю. Павельчук, В. Клендий, Н. Марчук, С. Мельничук

Разработана методика прогнозирования надежности технологических систем машиностроительного назначения и направления подъемно-транспортных машин. Это режущие инструменты, технологическую оснастку и технологические системы, грузоподъемных и транспортных перевозочных машин. Разработано технико-экономическое обоснование технологической оснастки, инструмента рационального выбора технологических систем, машиностроительного технологических систем грузоподъемных машин.

Abstract

Reliability analysis of technological systems

B. Hevko, Y. Pavelchuk, V. Klendiy, N. Marchuk, S. Melnychuk

The method of predicting the reliability of process systems engineering purpose and direction Hoisting-and-transport machines. This cutting tools, industrial equipment and process systems, lifting and transportation of transportation vehicles. Feasibility study of technological equipment, cutting tools of rational choice technological systems, production engineering and technological systems of hoisting machines.