

УДК 62-192(75)

**МЕТОДОЛОГІЧНІ ОСНОВИ ФОРМУВАННЯ  
ТА ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ МЕХАНІЧНОЇ НАДІЙНОСТІ  
СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ТЕХНІКИ**

**Гринченко О.С., к.т.н., доц.**

*Харківський національний технічний університет сільського  
господарства імені Петра Василенка*

*Викладено зміст складових методологій забезпечення механічної надійності сільськогосподарської техніки. Відмічено ключове значення інверсійного методу визначення характеристик еквівалентного навантаження.*

Підвищення ефективності робіт по забезпеченню механічної надійності сільськогосподарської техніки потребує застосування загальної методології проведення прискорених випробувань, моделювання закономірностей виникнення механічних відмов та удосконалення методів прогнозування і забезпечення надійності ресурсовизначальних елементів.

Побудова такої методології включала в якості складових наступні етапи:

- аналіз основних видів і узагальнення закономірностей виникнення механічних відмов машин і засобів механізації сільськогосподарського виробництва, сучасних методів проведення прискорених випробувань на надійність, моделей прогнозування та методів забезпечення механічної надійності сільськогосподарської техніки;

- розробка і обґрунтування методів випробувань, які забезпечують прискорене оцінювання працездатності з прогнозуванням показників механічної надійності ресурсовизначальних елементів;

- удосконалення системи моніторингу надійності і методів прикладного статистичного аналізу інформації, адаптованих до умов випробувань та експлуатації мобільної сільськогосподарської техніки;

- створення загальних методів побудови імовірнісних моделей механічної надійності, які відповідають закономірностям виникнення відмов машин та обладнання сільськогосподарського виробництва;

- розробка інверсійного методу аналізу і визначення еквівалентних навантажень на елементи сільськогосподарських машин з використанням експлуатаційної інформації про механічну надійність;

- розвиток методів прогнозування безвідмовності та обґрунтування

заходів попередження раптових механічних відмов елементів і систем сільськогосподарської техніки;

- удосконалення методів прогнозування та забезпечення показників втомної довговічності елементів сільськогосподарських машин, що працюють в умовах багаторежимного навантаження.

Наявність загальної методології забезпечення механічної надійності закладає основи для формування та ефективного функціонування комплексної інформаційно-методичної системи моделювання, прогнозування і забезпечення механічної надійності машин і засобів механізації сільськогосподарського виробництва. Кінцевими продуктами такої системи можуть бути загальнодержавні та галузеві нормативні документи різного рівня і призначення: від стандартів і керівних нормативних документів до технічних умов на виготовлення. В сучасних умовах значної втрати накопиченого в минулому досвіду і недостатньої кваліфікації інженерних кадрів цей шлях повинен сприяти процесу відродження вітчизняного машинобудування, забезпечуючи належний рівень якості і конкурентоспроможності продукції.

Серед складових методології забезпечення механічної надійності машин зазначимо важливість розробки і удосконалення методів випробувань, які дозволяють прискорено експериментально оцінювати показники надійності дослідних зразків виробу. В багатьох випадках прискорені випробування, проведені до початку серійного виробництва, дають змогу відпрацювати (доводити) конструкцію і технологію, забезпечуючи заданий нормативами рівень показників надійності. Певною мірою це дозволяє компенсувати нестачу досвіду і недостатній рівень науково-теоретичного обґрунтування технічних рішень при проектуванні.

Метод прискорених випробувань в граничних комбінованих режимах, теоретичне обґрунтування якого викладено в [1], дозволяє здійснювати прогноз ресурсних показників механічної надійності при поступових відмовах. Необхідною передумовою проведення таких випробувань є попередній аналіз експлуатаційних режимів використання виробу і виявлення таких, які відрізняються найбільшою інтенсивністю накопичення пошкоджень. Це можливо лише за наявності відповідної системи моніторингу надійності, що підкреслює важливість комплексного підходу до проблеми її забезпечення. Після виявлення екстремально пошкоджуючого режиму його відтворюють при випробуваннях в якості прискорюючої складової комбінованого режиму. Решта спектру експлуатаційних режимів утворює другу складову - доповнюючий режим випробувань. Формуючи з цих двох складових декілька комбінацій і відтворюючи їх при випробуваннях, отримуємо можливість прогнозування за результатами випробувань ресурсних показників механічної надійності [1, 2].

Крім експериментальних методів при створенні надійної техніки важливо якісно використовувати етап її проектування, застосовуючи сучасні методи теоретичного аналізу конструкцій і комп'ютеризовані числові методи визначення напружено-деформованого стану елементів. Але досвід впровадження цих методів свідчить про те, що вірогідний прогноз механічної надійності в багатьох випадках обмежений неможливістю отримати при проектуванні інформацію про реальну навантаженість елемента в умовах експлуатації. Тому склалось певне протиріччя між досконалістю теоретичних методів аналізу напружено-деформованого стану та їх комп'ютерної реалізації і невизначеністю розрахункових характеристик експлуатаційної навантаженості.

Прогнозування ресурсних показників довговічності на стадії проектування потребує можливості виконувати прогноз відносно всього розподілу ресурсу проектуемого об'єкта. Складність практичного вирішення цієї проблеми насамперед полягає в тому, що для прогнозування повного розподілу ресурсу необхідно мати інформацію про навантаженість об'єкта не тільки у декількох типових режимах його використання, але слід узагальнити статистичне розсіювання реальних навантажень і інших чинників по всіх варіантах можливого сполучення режимів. Суттєвий вплив на розподіл довговічності багатьох елементів машин має широкий спектр кліматичних умов, в яких працює мобільна сільськогосподарська техніка. На вірогідність прогнозу розподілу довговічності впливає також і статистичне розсіювання характеристик опору руйнування матеріалів в умовах експлуатації об'єкта. Безпосередньо експериментальним шляхом і статистично вірогідно отримати на етапі проектування таку інформацію практично неможливо.

Враховуючи зазначені обставини для вирішення задач прогнозування розподілу ресурсу по механічному руйнуванню при наявності системи моніторингу експлуатаційної надійності серійно виробляємих машин можливо використовувати слідуючий підхід. Проектуемий об'єкт у більшості випадків має конструктивно подібний і серійно виробляемий аналог-попередник, який знаходиться в експлуатації достатньо довгий час. Система моніторингу повинна давати в достатньому обсязі статистичну інформацію про наробітки підконтрольних об'єктів-аналогів без відмов, а якщо виникали механічні відмови, то про відповідний вид руйнування і наробіток до відмови. Така інформація є випадково цензурованою і дозволяє [1] виконувати статистичну оцінку розподілу ресурсу аналога по тим видам механічного руйнування, які виникали в умовах реальної експлуатації.

Існуючі методи [3, 4] і розроблені імовірнісні механічні моделі [5, 6] принципово дозволяють виконувати прогноз розподілу ресурсу, обумовленого раптовим або втомним руйнуванням. Але для цього необхідно за-

давати вид і числові значення параметрів розподілів випадкових зовнішніх навантажень, діючих на об'єкт. При цьому, безумовно, використовується певна схематизація об'єкта і діючих навантажень, яка виправдала себе у попередній інженерній розрахунковій практиці. Механічні моделі довговічності можуть бути динамічними або квазістатичними. Більш складні динамічні моделі, які будуються методами статистичної динаміки [7], враховують динамічні властивості об'єкта при дії на нього випадкового процесу зовнішнього навантаження або кінематичного збудження. Якщо цей процес стаціонарний і заданий своєю спектральною щільністю, а динамічну систему можливо вважати лінійною, то характеристики спектральної щільності динамічних переміщень системи визначаються однозначно. Це дозволяє перейти до аналізу процесу зміни напружень в елементах і визначенню їх розрахункової втомної довговічності. Така механічна модель дозволяє, задаючи характеристики розсіювання механічних властивостей матеріалів (найчастіше границі витривалості), отримувати на етапі проектування розрахунковий розподіл ресурсу і виконувати прогноз ресурсних показників довговічності.

Розроблений інверсійний метод аналізу і визначення еквівалентних навантажень [8, 9] дає можливість підвищити ступень вірогідності при прогнозуванні показників механічної надійності елементів сільськогосподарської техніки на стадії проектування. В інверсійному методі реалізується поєднання можливостей статистичних і механічних моделей надійності. Статистична модель повинна давати можливість вірогідно оцінювати реальний розподіл або складові розподілу ресурсу за різними видами руйнування у найближчого до проектуемого об'єкта аналога (попередника). Механічна модель дозволяє теж визначити розподіл ресурсу за певним видом руйнування розрахунковими методами, якщо задати умови і характеристики зовнішнього випадкового навантаження аналога. Прирівнюючи цей розрахунковий розподіл до реального або до тієї його складової, яка відповідає певному виду механічних відмов, можливо інверсійним шляхом знайти такі характеристики навантаження, які за своєю пошкоджуючою дією будуть еквівалентними всій сукупності різноманітних експлуатаційних чинників, що впливають в реальних умовах на довговічність. Отриману інверсійним методом інформацію про еквівалентну навантаженість аналога необхідно надалі використовувати при проектуванні нового або модернізованого об'єкта, до розрахунку якого можливо застосовувати ті ж самі механічні моделі надійності. Для цього безумовно треба мати фізичну подібність можливих механічних відмов у проектуемого об'єкта та його аналога, а також подібність за призначенням і умовами використання.

Для ефективного застосування інверсійного методу при проектуванні необхідне визначення і проведення оцінювання відносних інваріантних

параметрів, які коректують ті характеристики навантаженості проектуемого об'єкта, що використовуються в механічній моделі при прогнозуванні імовірнісних та ресурсних показників надійності. Характеристиками такого типу є коефіцієнти динамічності, які отримані з розрахунків на коливання або ударні навантаження, передаточні функції і т.інш. До інваріантних параметрів звичайно слід віднести коефіцієнти варіації еквівалентних навантажень, отримані інверсійним методом. Інваріантні параметри повинні забезпечувати найкраще наближення розрахункових значень показників безвідмовності і довговічності до статистичних оцінок, отриманих за експлуатаційною інформацією.

Розглянута сукупність методів прискореного оцінювання і моделей прогнозування механічної надійності утворює загальну методологію, застосування якої при випробуваннях, моделюванні та проектуванні сільськогосподарської техніки є необхідною умовою підвищення її якості і забезпечення конкурентоспроможності.

### **Список використаних джерел**

1. Гринченко А.С. Механическая надежность мобильных машин: Оценка, моделирование, контроль - Х.: Віровець А.П. "Апостроф", 2012. - 259 с.
2. Гринченко О.С., Алфьоров О.І. Прогнозування показників механічної надійності за результатами прискорених випробувань. Вісник ХНТУСГ ім. Петра Василенка. Вип. 133, Харків, 2013. - С. 255-261.
3. Болотин В.В. Ресурс машин и конструкций. М.: Машиностроение, 1990. - 448 с.
4. Жовдак В.А., Мищенко И.В. Прогнозирование надежности элементов конструкций с учетом технологических и эксплуатационных факторов: Харьков, ХГПУ, 199. - 120 с.
5. Гринченко А.С. Вероятностные кривые усталости и модели циклической долговечности. Вісник ХНТУСГ ім. Петра Василенка. Вип. 114, Харків, 2011. - С.109-120.
6. Гринченко А.С. Нормирование и обеспечение механической надежности при экстремальных нагрузках. Вісник ХНТУСГ ім. Петра Василенка. Вип. 128, Харків, 2012. - С. 70-76.
7. Барский И.Б., Анилович В.Я., Кутьков Г.М. Динамика трактора. М.: Машиностроение, 1973. - 280 с.
8. Гринченко А.С. Инверсионный метод оценки расчетных характеристик эксплуатационной нагруженности элементов трактора. Сб.н.тр. "Тракторная энергетика в растениеводстве". ХГТУСХ. Вип. 5. Харьков, 2002. - С. 62-77.

9. Гринченко А.С. Инверсионное оценивание эквивалентной нагруженности. Материалы конф. "Современные проблемы инновационного развития агроинженерии". Изд-во БелГСХА им. В.Я. Горина, Белгород, 2012. Часть 2. - С.20-24.

#### **Аннотация**

### **МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ФОРМИРОВАНИЯ И ОБЕСПЕЧЕНИЯ МЕХАНИЧЕСКОЙ НАДЕЖНОСТИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ**

**А.С. Гринченко**

*Изложено содержание составляющих методологии обеспечения механической надежности сельскохозяйственной техники. Отмечено ключевое значение инверсионного метода определения характеристик эквивалентного нагружения.*

#### **Abstract**

### **METHODOLOGICAL BASES OF FORMING AND PROVIDING OF MECHANICAL RELIABILITY AGRICULTURAL TECHNIQUE**

**A.S. Grinchenko**

*Expounded maintenance of constituents of methodology of providing mekhanicheskoy of reliability of agricultural technique. The key value of inversion method of determination of descriptions of equivalent ladening is marked.*