

УДК 62-192(75)

## ШЛЯХИ ПІДВИЩЕННЯ МЕХАНІЧНОЇ НАДІЙНОСТІ ВІТЧИЗНЯНОЇ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ТЕХНІКИ

**В. Кухтов**, д-р техн. наук, проф., **О. Гринченко**, канд. техн. наук,  
*Харківський національний технічний університет  
сільськогосподарства імені Петра Василенка,*  
**С. Твердохліб**,  
*Харківська філія УкрНДПВТ ім. Л. Погорілого*

*Викладено зміст складових методологій забезпечення механічної надійності сільськогосподарської техніки. Відмічено значення стандартизації методів забезпечення механічної надійності.*

**Ключові слова:** механічна надійність, стандартизація, сільськогосподарська техніка.

Підвищення ефективності робіт із забезпечення 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 включає такі 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;

- розроблення й 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;

- розроблення 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. За останній період були розроблені галузеві стандарти, метою яких є поліпшення стану із забезпеченням надійності вітчизняної сільськогосподарської техніки. Це СОУ 74.3-37-04604309-786:2012 Техніка сільськогосподарська. Загальні правила завдання вимог при нормуванні надійності і СОУ 74.3-37-04604309-904:2011 Випробування сільськогосподарської техніки. Оцінювання показників надійності при скорочених ресурсних випробуваннях. Нині проводиться остаточне узгодження ще одного галузевого стандарту: Випробування сільськогосподарської техніки. Методи визначення показників механічної надійності.

Серед складових методології забезпечення механічної надійності машин значимо важливість розроблення й 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 під час проектування.

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 проектованого 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 та 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 за наявності системи моніторингу експлуатаційної надійності серійно виготовлених машин можливо використовувати наступний підхід. Проектований об'єкт у більшості випадків має конструкційно подібний і серійно виготовлений аналог-попередник, який знаходиться в експлуатації достатньо довгий час. Система моніторингу повинна давати в достатньому обсязі статистичну інформацію про напрацювання підконтрольних об'єктів-аналогів без відмов, а якщо виникали механічні відмови, то про відповідний вид руйнування і напрацювання до відмови. Така інформація є випадково цензурованою і дозволяє [1] виконувати статистичну оцінку розподілу ресурсу аналога за

тими видами 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 задавати вид і числові значення параметрів розподілів випадкових зовнішніх навантажень, що діють 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 проєктованого об'єкта аналога (попередника). Механічна модель дозволяє також 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 шкідливою 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 проєктуванні 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 проектованого об'єкта та його аналога, а також подібність за призначенням і умовами використання.

Для ефективного застосування інверсійного методу при проектуванні необхідно визначити і провести оцінювання відносних інваріантних параметрів, які коректують ті характеристики навантаженості проектованого об'єкта, що їх використовують 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, тощо. До інваріантних параметрів 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.

**Висновки.** Розглянута сукупність методів прискореного оцінювання і моделей прогнозування механічної надійності утворює загальну методологію, застосування якої під час випробувань, моделювання та проектування сільськогосподарської техніки є необхідною умовою підвищення її якості і забезпечення конкурентоспроможності.

### Література

1. Гринченко А.С. Механическая надежность мобильных машин: Оценка, моделирование, контроль [Текст] / А.С. Гринченко. – Х.: Віровець А.П. "Апостроф", 2012. – 259 с.
2. Гринченко О.С. Прогнозування показників механічної надійності за результатами прискорених випробувань [Текст] / О.С. Гринченко, О.І. Алфьоров // Вісник ХНТУСГ ім. Петра Василенка. – Х., 2013. – Вип. 133. – С. 255-261.
3. Болотин В.В. Ресурс машин и конструкций [Текст] / В.В. Болотин. – М.: Машиностроение, 1990. – 448 с.
4. Жовдак В.А. Прогнозирование надежности элементов конструкций с учетом технологических и эксплуатационных факторов [Текст] / В.А. Жовдак, И.В. Мищенко. – Х.: ХГПУ, 1999. – 120 с.
5. Гринченко А.С. Вероятностные кривые усталости и модели циклической долговечности [Текст] / А.С. Гринченко // Вісник ХНТУСГ ім. Петра Василенка. – Х., 2011. – Вип. 114. – С. 109-120.
6. Гринченко А.С. Нормирование и обеспечение механической надежности при экстремальных нагрузках [Текст] / А.С. Гринченко // Вісник ХНТУСГ ім. Петра Василенка. – Х., 2012. – Вип. 128. – С. 70-76.
7. Барский И.Б. Динамика трактора [Текст] / И.Б. Барский, В.Я. Анилович, Г.М. Кутьков. – М.: Машиностроение, 1973. – 280 с.
8. Гринченко А.С. Инверсионный метод оценки расчетных характеристик эксплуатационной нагруженности элементов трактора [Текст]

/ А.С. Гринченко // Тракторная энергетика в растениеводстве: сб. наук тр. – Х.: ХГТУСХ, 2002. – Вып. 5. – С. 62-77.

9. Гринченко А.С. Инверсионное оценивание эквивалентной нагруженности [Текст] / А.С. Гринченко // Современные проблемы инновационного развития агроинженерии: материалы конф. – Белгород: Изд-во БелГСХА им. В.Я. Горина, 2012. – Ч. 2. – С. 20-24.

### ***Аннотация***

*Изложено содержание составляющих методологии обеспечения механической надежности сельскохозяйственной техники. Отмечено значение стандартизации методов обеспечения механической надежности.*

### ***Summary***

*Constituents of methodology of agricultural equipment mechanical reliability providing are presented. The value of standardization of mechanical reliability providing methods is marked.*