

УДК 62-7:631.354.2

© К.М. Думенко, к.т.н.

Миколаївський державний аграрний університет

ДОСЛІДЖЕННЯ НАДІЙНОСТІ ЗЕРНОЗБИРАЛЬНИХ КОМБАЙНІВ

Наведено результати теоретичних досліджень визначення функції готовності підсистем зернозбиральних комбайнів. Побудована стохастична модель станів і переходів підсистем урахуванням впливу розвитку сфери технічного сервісу. Отримані результати дають можливість вирішувати важливі завдання пов'язані з старінням зернозбиральної техніки. У складних економічних умовах прогнозувати і підвищувати значення коефіцієнта готовності старіючих систем за допомогою молодіючого технічного обслуговування (сервісу).

Постановка проблеми. Аграрний сектор - одна з найважливіших сфер матеріального виробництва. Від його розвитку залежить нормальне функціонування всього господарства країни і добробут людей. Розвиток же самого аграрного сектору залежить від тієї частки економічних відносин, які складаються в ньому. Об'єм виробництва аграрного сектору щорічно складає біля 15% внутрішнього валового продукту. Значимість аграрного сектору насамперед обумовлена природними ресурсами і можливостями країни. Однак у рослинництві є ще багато невирішених проблем з точки зору інженерії. Якщо ступінь механізації обробітку ґрунту і посіву можна вважати задовільним, то механізація збирання врожаю ще потребує значної уваги. Частково проблеми збирання врожаю породжені тим, що за радянських часів республіка не випускала своєї якісної зернозбиральної техніки. Відповідно недостатньо було науково-інженерних кадрів, що професійно займалися дослідженнями і організацією виробництва зернозбиральних машин.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. За часи незалежності зроблено також дуже мало [1, 2]. Спроби створити і налагодити виробництво вітчизняного зернозбирального комбайну на рівні кращих зарубіжних аналогів хоча б для того, щоб задовольнити потреби свого сільського господарства, не привели до очікуваних результатів. У той час середній щорічний об'єм врожаю зернових сягає в Україні близько 40 млн. тон. Сільське господарство України з кожним роком все більше набуває ознаки експортно-орієнтованої галузі. Спостерігається тенденція зростання витратності виробництва

сільгосппродукції. Однією з причин цього є недостатня ступінь механізації робіт у тому числі і при збиранні врожаю зернових.

На сьогодні технологічна потреба в зернозбиральних комбайнах складає близько 120 тис. машин. Тільки половина від потреби (~ 61 тис.) утворює дійсний їх парк, третя частина яких знаходиться у ремонті. При цьому необхідна структура комбайнового парку показана на рис. 1.

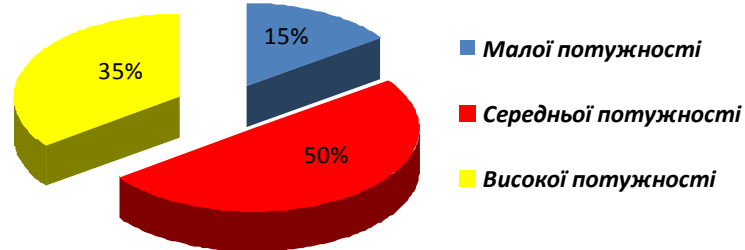


Рис. 1. Необхідна структура комбайнового парку машин України

Найбільше розповсюдження знайшла технологія збору зернових прямим комбайнуванням. Вона передбачає переміщення комбайну полем, зрізання жнивваркою (хедером) хлібостою, подачу його в молотильний барабан, відокремлення соломи і відокремлення зерна від вороху системою очистки. За цим принципом працює більшість комбайнів. Різними можуть бути тільки підходи до використання не зернової частини врожаю. Розглянута технологія прямого збору врожаю зернових потребує точного визначення початку робіт, які повинні бути проведені в короткий термін. Не повна забезпеченість технікою в період збирання врожаю приводить до розтягування строків, а значить і до додаткових витрат врожаю (рис. 2).

Одною з гострих проблем в аграрному секторі країни є оновлення техніко-технологічної бази виробництва. Коли біля 73 ... 98% зернозбиральних комбайнів відпрацювали свій ресурс і підтримуються в роботоздатному стані в період збирання тільки за рахунок ремонтних робіт.

Зернокомбайновий парк складається, в основному (на 70 %) з комбайнів СК-5 «Нива», який вже морально і фізично застаріли. Парк машин фактично скорочується до критичної межі у 30 тис. штук.

На підставі аналізу стану і розрахунків вважається, що кожен рік комбайновий парк країни необхідно поповнювати на 5 тис. одиниць.

Література

1. Погорілий Л.В. Зернозбиральна техніка: проблеми, альтернативи, прогноз / Л.В. Погорілий, С.М. Коваль // Техніка АПК. – 2003. – № 7. – С.4-7.
2. Собчук М., Коваль С., Погорілий В., Горбатов В., Афанасьева С. Науково-методичні принципи забезпечення надійності вітчизняних зернозбиральних комбайнів / М. Собчук // Техніка АПК – 2004. – № 4-5. – с. 8-16.
3. Бойко А.І. Дослідження функції готовності механічних систем при накопичуванні пошкоджень / А.І. Бойко, К.М. Думенко // Проблеми обчислювальної механіки і міцності конструкцій: збірник наукових праць Дніпропетровський національний університет. – Дніпропетровськ: Наука і освіта, 2010. – Вип.14. – С. 72-78.
4. Ушаков И.А. Курс теории надежности систем / И.А. Ушаков. – М.: Дрофа, 2008. – 239 с.

Рецензент д. т. н., проф. Б.І. Бутаков

УДК 621.436 – 634.5.504

© В.І. Захарчук, к.т.н.; В.В. Ткачук
Луцький національний технічний університет

ПЕРСПЕКТИВИ ЗАСТОСУВАННЯ ІЗОПРОПІЛОВОГО ЕФІРУ РІПАКОВОЇ ОЛІЇ В ЯКОСТІ ДИЗЕЛЬНОГО ПАЛИВА

Наведені показники експлуатаційних властивостей біодизельних палив та результати досліджень показників дизеля при його роботі на різних паливах.

БІОДИЗЕЛЬНЕ ПАЛИВО, ІЗОПРОПІЛОВИЙ ЕФІР РІПАКОВОЇ ОЛІЇ, ЕКСПЛУАТАЦІЙНІ ВЛАСТИВОСТІ

Постановка проблеми. На сучасному етапі розвитку економіки в Україні стрімко зростає потреба в альтернативних паливах, використання яких дозволить підвищити незалежність України від імпорту енергоносіїв. В такій ситуації використання альтернативних палив стає економічно виправданим. Крім того, автотракторна техніка є одним з найбільших забруднювачів навколишнього середовища. Тому застосування альтернативних палив дозволить помітно зменшити шкідливі викиди відпрацьованих газів

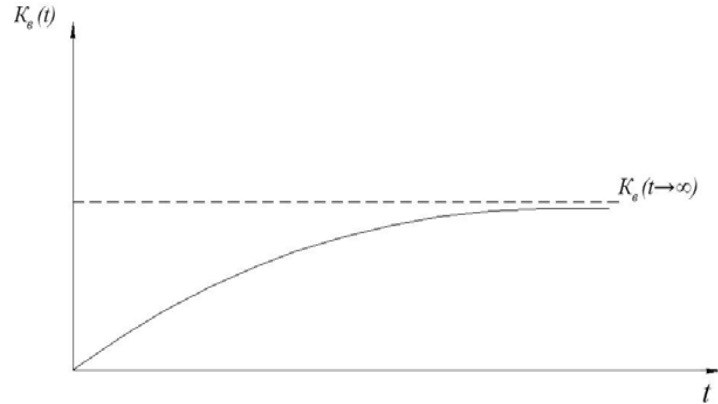


Рис. 8. Залежність функції відновлення від часу для підсистем зернозбирального комбайну за умов розвитку бази технічного обслуговування (сервісу)

Якщо прийняти, що фактор часу прямує до нескінченності ($t \rightarrow \infty$), то функція готовності набуває сталого значення вираженого першою складовою:

$$K\tilde{a}(t \rightarrow \infty) = \frac{\mu_1 \mu_1' + \lambda_0 \mu_1' + \lambda_0' \mu_1'}{\mu_1 \mu_1' + \lambda_0 (\mu_1' + \mu_1) + \lambda_0' (\mu_1 + \lambda_0 + \mu_1')} \quad (6)$$

Аналіз функції відновлення показує, що при необмеженому часі ($t \rightarrow \infty$), вона приймає значення постійної величини яка є асимптотою. При цьому коефіцієнт простою системи записується наступним чином:

$$K\tilde{a}(t \rightarrow \infty) = \frac{p \lambda_0' \lambda_0 \mu_1'}{\mu_1 \mu_1' + \lambda_0 (\mu_1' + \mu_1) + \lambda_0' (\mu_1 + \lambda_0 + \mu_1')} \quad (7)$$

Висновок: Побудована стохастична модель станів і переходів підсистем урахуванням впливу розвитку сфери технічного сервісу дають можливість вирішувати важливі завдання пов'язані з старінням зернозбиральної техніки. У складних економічних умовах прогнозувати і підвищувати значення коефіцієнта готовності старіючих систем за допомогою молодіючого технічного обслуговування (сервісу).

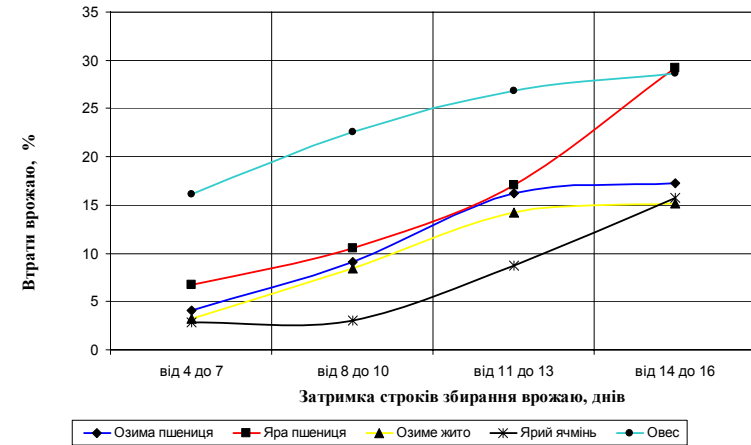


Рис. 2. Втрати врожаю від затримки строків збирання

Враховуючи, що оптимальний строки збирання врожаю складають 10 днів, а його перебільшення веде до значних втрат, розрахункова кількість необхідних Україні комбайнів складає 50...52 тис. штук., класу 9 кг/с. Якщо не брати до уваги можливі прості машин, які пов'язані з технічним обслуговуванням, ремонтом і планованими роботами. Втрати зерна від простоїв комбайнів у ремонті коливаються для вітчизняної техніки у досить значних межах (рис.3).

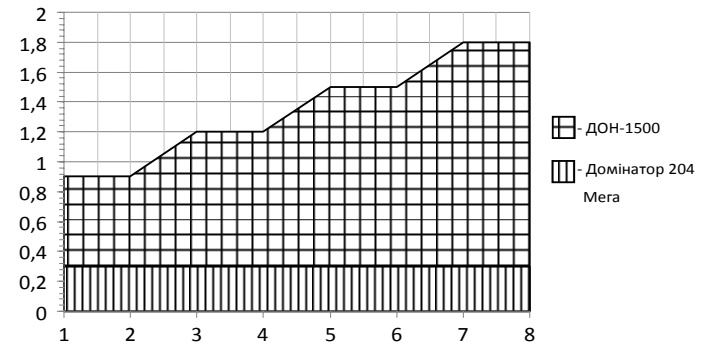


Рис. 3. Втрати зерна від простоїв комбайнів у ремонті

Зернозбиральні комбайни працюють у складних польових умовах виконуючи безпосередньо операції скошування або підйому з валків хлібної маси, обмолоту її, відділення зерна від соломи і сепарації його від вороху. Тому специфічні умовами експлуатації комбайнів призводять до:

- виникнення аварійних пошкоджень при попаданні сторонніх предметів;
- перевантаження механізмів, вузлів у наслідок нерівномірної подачі матеріалу;
- наявності повітряного середовища з високим вмістом абразивних часток і запиленістю домішками органічного походження.

На сьогодні забезпечення надійності складної техніки у тому числі і сільськогосподарської потребує особливої уваги. Підхід, що базується тільки на раціональному проектуванні, виходячи з інтуїтивних уявлень і досвіду конструктора вже не є достатній для розробки сучасних складних машин. Про необхідність виділення питань забезпечення надійності сучасних машин, їх комплектів і систем в окремий науковий напрямок говорить наступне:

1. Постійне ускладнення машин у напрямку підвищення багатоопераційності і продуктивності, що потребує приділення особливої уваги проблемі їх розробки на стадії проектування.

2. Скорочення термінів розробки і економічні обмеження, що унеможливають використання в повному обсязі результатів багаторічної експлуатації машин і їх систем.

3. Необхідність урахування людського фактору при експлуатації складної техніки в реальних умовах обмеженості часу на прийняття управлінського керуючого рішення.

4. Успіхи теорії і практики науки про надійність технічних систем досягнуті за останні роки в механіці та інших розвинутих в цьому напрямку галузях промисловості.

Метою даного дослідження є встановлення функції готовності механічних систем, рівень надійності яких знижується зі збільшенням наробітку.

Результати дослідження. Надійності технічних систем і комплексів присвячено багато досліджень, що охоплюють як відновлюємі, так і невідновлюємі системи. В той же час, як відомо, основною структурною схемою надійності механічних систем є послідовне з'єднання елементів в результаті якого загальний рівень надійності системи без вживання спеціальних заходів знижується. А ймовірність безвідмовної роботи в такому випадку визначається згідно формули:

$$P_n(t) = \prod_{i=1}^n P_i(t), \quad (1)$$

де $P_i(t)$ - ймовірності безвідмовної роботи складових підсистем; $i=1 \dots n$ - порядковий номер підсистеми.

Заходами із забезпечення необхідних показників надійності складних систем можуть бути: підвищення рівня надійності окремих

Таким чином переходи із стану "0" в суміжні стани "1" і "1'" відбуваються пропорційно вказаним ймовірностям p і q . З положень відновлень "1" і "1'" система при інтенсивностях μ_1 і μ_1' повертається знову в робоздатний стан "0".

У цілому граф описує всі можливі стани і переходи системи, що відповідають реальним можливим положенням зернозбиральної техніки. Відмінністю графа є те, що він відображає послідовність подій для "старіючих" підсистем машин і паралельність подій для "молодіючої" підсистеми сфери технічного обслуговування.

Побудований граф станів і переходів допускає математичну формалізацію подій, що відбуваються з системами.

Це можливо за допомогою диференціальних рівнянь динамічного балансу ймовірностей (рівнянь Колмагорова):

$$\begin{cases} \frac{d}{dt} P_0(t) = \mu_1 \cdot P_1(t) + \mu_1' P_1'(t) - \lambda_0 \cdot P_0(t); \\ \frac{d}{dt} P_0'(t) = \lambda_0 \cdot P_0(t) - p \cdot \lambda_0' P_0'(t) - q \lambda_0' \cdot P_0'(t); \\ \frac{d}{dt} P_1(t) = p \lambda_0' \cdot P_0'(t) - \mu_1' P_1'(t); \\ \frac{d}{dt} P_1'(t) = q \lambda_0' \cdot P_0'(t) - \mu_1 P_1(t). \end{cases} \quad (4)$$

Нормуючою умовою для системи, що розглядається є рівність:

$$P_0(t) + P_0'(t) + P_1(t) + P_1'(t) = 1. \quad (5)$$

Таким чином для якісного аналізу зміни функції готовності від часу експлуатації технічної системи, представляється можливість графічної побудови функцій готовності (рис. 7) та відновлення (рис. 8).

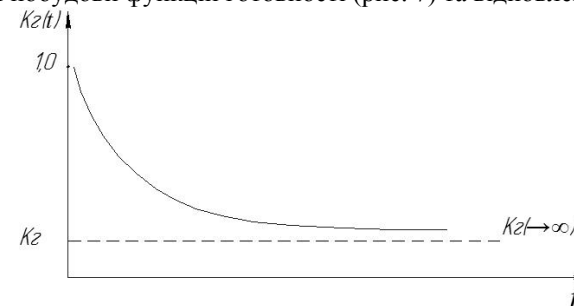


Рис. 7. Зміна функції готовності від часу експлуатації підсистем зернових комбайнів в умовах зростання потенціалу бази технічного обслуговування

$$\begin{cases} \frac{d}{dt} P_0(t) = \mu_2 \cdot P_1'(t) - \lambda_1 \cdot P_0(t); \\ \frac{d}{dt} P_0'(t) = \lambda_1 \cdot P_0(t) - \lambda_2 \cdot P_0'(t); \\ \frac{d}{dt} P_1(t) = \lambda_2 \cdot P_0'(t) - \mu_1 \cdot P_1(t); \\ \frac{d}{dt} P_1'(t) = \mu_1 \cdot P_1(t) - \mu_2 \cdot P_1'(t), \end{cases} \quad (3)$$

де $P_1'(t)$ - ймовірність знаходження системи в фіктивному нероботоздатному стані $P_0'(t)$ - ймовірність знаходження системи у фіктивному роботоздатному стані.

Розглядаючи ситуацію, коли машини поступово знижують свій технічний рівень, а ремонтна база, що пов'язана з їх технічним обслуговуванням, навпаки, нарощує свої потенційні можливості. У результаті як одна, так і друга підсистема знаходяться в умовах змінних інтенсивностей протікання подій, що формують свої особливі потоки.

Ці потоки внаслідок змінних інтенсивностей не можуть розглядатися як найпростіші, а значить для математичного опису потребують спеціальних заходів. "Старіюча" підсистема техніки, що експлуатується формує Ерлангівський розподіл часу безвідмовної роботи. Навпаки, "молодіюча" підсистема, що пов'язана з технічною базою обслуговування машин, у своєму розвитку формує потік з гіперекспоненціальним розподілом часу відновлень. Для математичного опису таких зустрічнонаправлених потоків і встановлення показників надійності підсистем комбайнів побудовано відповідний граф станів і переходів (рис. 6).

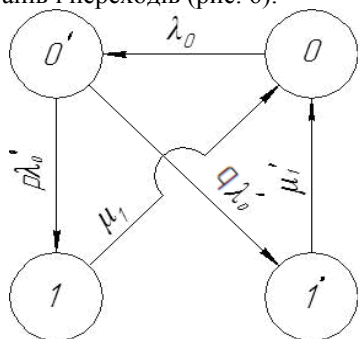


Рис. 6. Граф станів і переходів для "старіючих" технічних систем і "молодіючої" бази їх технічних обслуговувань

підсистем (елементів), або розробка нових конструктивних рішень (структур) системи.

У першому напрямку запропоновано достатньо багато різноманітних методів підвищення надійності, насамперед, окремих елементів, що лімітують загальну надійність виробу. До нього відносяться методи зміцнення робочих поверхонь тертя різними матеріалами і технологіями. На сьогодні існує велика їх кількість. Наукове завдання застосування методів, матеріалів і технологій зміцнення полягає у виборі кращих для реалізації в тих чи інших деталях і вузлах з урахуванням конкретних умов експлуатації.

Другий напрямок забезпечення надійності систем пов'язаний з розробкою таких структурних систем, які б забезпечували необхідний рівень надійності при помірних додаткових витратах. Цей підхід потребує знаходження творчо нових конструктивних рішень з розробкою і використанням аналітичних методів виявлення оптимальних структур виробу, що задовольняють вимогам надійності. Рішення цієї проблеми можливе на основі графічного моделювання стану систем і розрахунку ймовірностей знаходження їх в тому чи іншому (роботоздатному або за різними причинами у нероботоздатному) стані.

У цьому напрямку інші галузі машино і приладобудування мають відповідні напрацювання реалізовані в конкретних виробих і їх комплексах. Особливо це стосується електроніки, де схемні рішення і елементна база допускають більш гнучку реалізацію різних видів резервувань.

Механічні системи більш консервативні стосовно забезпечення надійності і удосконалення структури виробу. Але вони також, як правило, допускають можливу різноманітність рішень.

Розробка систем з урахуванням необхідного рівня надійності передбачає:

- обґрунтування рівня надійності (показників надійності). Для цього необхідно вирішити питання основної структури системи і принципів її побудови;
- аналіз можливих способів досягнення поставленого рівня надійності і на підставі цього вибір найбільш ефективних методів їх досягнення;
- кінцеве розрахунок надійності з метою перевірки отриманих результатів.

Таким чином структурний аналіз повинен бути початковим етапом при розробці нової техніки і визначати основні елементи системи, взаємозв'язок між ними, що в свою чергу надає системі

притаманні їй ознаки. Результатом структурного аналізу є визначення множини можливих несумісних станів, яка включає як роботоздатні так і нероботоздатні.

Для багатьох підсистем зернозбиральних комбайнів типовою ситуацією з позицій надійності є поступове збільшення інтенсивностей відмов при відсутності резервувань. У таких випадках формування потоків відмов не може бути описано як марківський випадковий процес переходів систем в різні можливі (роботоздатні чи нероботоздатні) стани. Для аналітичного опису поведінки систем в роботі пропонується введення додаткових фіктивних станів. При цьому немарківські процеси замінюються на марківські, але ускладнюється математичний опис поведінки систем внаслідок збільшення їх можливих станів.

Граф станів і переходів систем, у яких з часом наробинок на відмову зменшується, а інтенсивність відмов відповідно збільшується (старіючих систем) приведений на рис. 4.

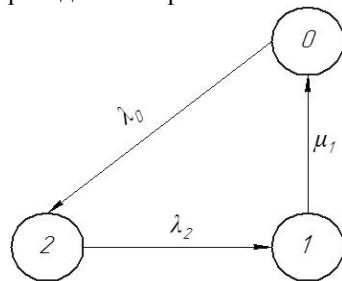


Рис. 4. Граф станів і переходів системи у якій інтенсивність відмов збільшується: “0” – роботоздатний стан; “1” – нероботоздатний стан (відновлення); “2” – проміжний (фіктивний стан); $\lambda_0, \lambda_2, \mu_1$ - відповідні інтенсивності переходів

На підставі побудованого графу переходів складені диференційні рівняння динамічного балансу для ймовірностей станів підсистем комбайну:

$$\begin{cases} \frac{d}{dt} P_0(t) = -\lambda_0 P_0(t) + \mu_1 P_1(t); \\ \frac{d}{dt} P_1(t) = -\lambda_2 P_2(t) + \mu_1 P_1(t); \\ \frac{d}{dt} P_2(t) = -\lambda_0 P_0(t) + \mu_2 P_2(t). \end{cases} \quad (2)$$

де $P_0(t)$ - ймовірність знаходження системи в роботоздатному стані; $P_2(t)$ - ймовірність знаходження системи в проміжному стані; $P_1(t)$ - ймовірність знаходження системи в нероботоздатному стані

Граф переходів для «старіючих» підсистем комбайнів і «старіючих» баз їх технічного обслуговування представлений на рис. 5. На представленому графі показано, що підсистема має один роботоздатний стан «0» і один нероботоздатний «1». Фіктивний нероботоздатний стан позначений – «1'» і фіктивний роботоздатний стан позначений – «0'». З відповідними інтенсивностями переходів та диференційними рівняннями для ймовірностей станів системи.

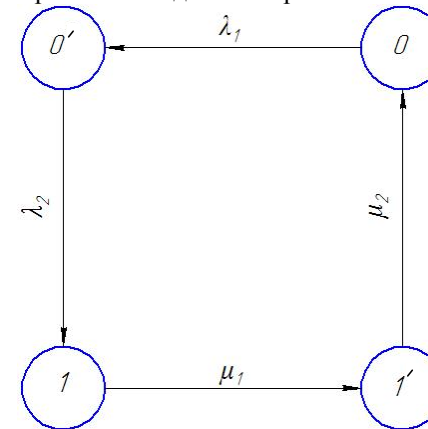


Рис. 5. Граф станів і переходів «старіючих» підсистем зернозбирального комбайна при «старіючих» базах їх технічного обслуговування: λ_1 – інтенсивність переходу з роботоздатного стану в фіктивний роботоздатний; λ_2 – інтенсивність переходу з фіктивного роботоздатного стану в нероботоздатний; μ_1 – інтенсивність переходу з нероботоздатного стану в фіктивний нероботоздатний; μ_2 – інтенсивність переходу з фіктивного нероботоздатного в робото здатний

У відповідності з побудованим графом переходів підсистем записуються диференційні рівняння для ймовірностей станів: