

УДК 631.1.004

ВПЛИВ ЕКСПЛУАТАЦІЙНОЇ БЕЗВІДМОВНОСТІ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ МАШИН НА ЕФЕКТИВНІСТЬ ЇХ МАШИНОВИКОРИСТАННЯ

І. Л. Роговський

Національний університет біоресурсів і природокористування України, Україна.

Стаття з спеціальності: 133 – галузеве машинобудування.

Кореспонденція автора: rogovskii@nubip.edu.ua.

*Історія статті: отримано – квітень 2021, акцептовано – серпень 2021, опубліковано – 30 вересня 2021 року.
Бібл. 27, рис. 11, табл. 0.*

Анотація. В статті проведено аналіз підтримання існуючих сільськогосподарських машин в працездатному стані, за яким слід відпрацювати систему технічного обслуговування з урахуванням умов реформування аграрного сектора. Експлуатаційно-технологічні та функціональні показники визначалися на прямого комбайнування пшениці. У даних умовах експлуатації продуктивність за 1 годину основного часу склала 17,6 т, що трохи менше значення за технічні умови – не менше 18 т. Це пояснюється малою врожайністю прибирається культури. Комбайн зернозбиральний самохідний КЗС-9М стійко виконував технологічний процес, про що свідчить значення даного коефіцієнта рівного 1, що також відповідає значенню за технічними умовами – не менше 0,98. Всі показники якості виконання технологічного процесу: втрати зерна за молотаркою комбайна і за жаткою, якість зерна з бункера комбайна (дроблення і вміст смітної домішки) знаходяться в межах допустимих значень по технічним умовам. Так наприклад: втрати зерна за молотаркою комбайна отримані 1,06% (по технічним умовам не більше 1,5%) і за жаткою 0,24% (по технічним умовам не більше 0,5%). За період спостережень за даними комбайнів виявлено п'ять відмов і всі вони II групи складності. Середня кількість відмов II групи складності склала 1,7. Напрацювання на відмову II групи складності отримана 307,6 години (5006,7 тони), що вище значення за технічні умови не менше 100 годин. За чотири сезони спостережень за комбайнами середнє напрацювання отримана рівній 1055 години (11387 тони). Наробітка на відмову II групи складності при цьому за чотири роки спостережень склала 105,5 години (по технічним умовам не менше 100 годин). Це свідчить про достатню технічну надійності комбайнів. Деталей (вузлів), які досягли граничного зносу (ресурсу) за чотири роки спостережень за комбайнів зернозбиральних самохідних КЗС-9М не виявлено.

Ключові слова: методологія, коефіцієнт готовності, ефективність, сільськогосподарська машина.

Постановка проблеми

Виробництво зерна традиційно є основною і найбільш значущою галуззю сільського господарства [1]. Найважливішою ланкою в технологічному ланцюжку виробництва зерна і найбільш напруженою операцією є збирання [2]. Від її тривалості безпосередньо залежить якість врожаю, який збирається [3].

Велика розмаїтість сільськогосподарських культур, непередбачувана погода, яка робить свої корективи в терміни збирання, не залишають виробнику іншого шляху, як розробка і створення високопродуктивних і надійних зернозбиральних комбайнів [4].

Ефективність роботи сільськогосподарської техніки в значній мірі залежить від її надійності [5]. При збиранні зернових культур необхідно забезпечити працездатний стан комбайнів протягом необхідного агротехнічного періоду [6]. Тому основною характеристичною властивістю збиральних машин є безвідмовність [7]. Відмови з технічних і технологічних причин призводять до простоїв машин і, як наслідок, до втрати частини врожаю [8]. При перевищенні встановленого терміну збирання питомі втрати зернових становлять 0,004...0,006% за одну годину простою [9]. Аналіз статистичних даних про технічний стан об'єктів на основі експлуатаційних спостережень дозволяє виявити ймовірні закономірності і причини відмов [10].

В даний час в Україні склалися такі ціни на сільськогосподарську техніку, запасні частини до неї, паливо-мастильні матеріали і на сільськогосподарську продукцію [11], що реалізуючи отриману продукцію, сільськогосподарські підприємства не можуть в повному обсязі замінити застарілі машини машинно-тракторного парку на нові [12], високопродуктивні [13], наслідком чого машинно-тракторний парк більшості сільськогосподарських підприємств призведе до старіння [14]. При цьому значно збільшуються витрати грошових і матеріальних засобів на технічне обслуговування і ремонт машин сільськогосподарського призначення [15], особливо в дрібних господарствах [16], в тому числі і

фермерських [17]. Тому оптимізація складу служби технічного обслуговування зернозбиральних комбайнів при різному їх річному навантаженні є актуальним завданням.

Аналіз останніх досліджень

Комбайн «DEUTZ FAHR 6095HTS» складається з жниварки, молотарки, бункера з вивантажним пристроєм, подрібнювача-розкидувача, моторної установки, силової передачі, ходової системи, органів управління, кабіни «Commander Cab-4», гідравлічної системи, електрообладнання та укомплектований бортовою інформаційною системою CCM для контролю роботи комбайна [18]. Для пересування по дорогах загальної мережі комбайн укомплектований транспортним візком для транспортування жатки [19].

Моторна установка – дизельний двигун DEUTZ FAHR TCD 6.1L06DCR номінальною потужністю 269 кВт (366 к.с.), 6-циліндровий з 4-х клапанним механізмом газорозподілу циліндрів, системою турбонаддуву і електронним уприскуванням, водяним охолодженням, захистом радіатора з попередньою роторною очисткою і автоматичним ежектором викидачем пилу [20].

Жатка DH720A шириною захвату 7,2 м включає в себе планетарний редуктор привід ріжучого апарату системи Шумахер з сегментно-пальцевим ріжучим апаратом і сегментами, змонтованими на ножовій смугі попеременно ріжучою кромкою вгору і вниз, шестилопатевої ексцентрикової мотовило з автоматично змінною частотою обертання від 16 до 45 об/хв залежно від швидкості руху комбайна, механічний привід мотовила, що подає шнек діаметром 610 мм з пальчиковим механізмом і висувними спіралью розташованими по всій довжині шнека пальцями, похилу камеру з реверсом шнека жатки і транспортера похилої камери, керовану з робочого місця оператора. Жатка комплектується електрогідравлічною системою Auto Contour регулювання висоти зрізу, тиску жатки на ґрунт і копіювання рельєфу поля [21].

Молотильно-сепаруючий пристрій (МСП) комбайна включає в себе молотильний барабан діаметром 600 мм, шириною 1521 мм з частотою обертання, змінною з робочого місця оператора від 420 до 1250 об/хв, підбарабання з кутом захвату 1210, площею сепарації 1,13 м² і незалежної електрогідравлічної регулюванням зазорів на вході і виході, 2-х швидкісний турбосепаратор діаметром 590 мм з механічним регулюванням частоти обертання від 410 до 775 об/хв і регулюванням по висоті в 5-ти положеннях від 25 до 65 мм за допомогою електроприводу, вхідний під барабання турбосепаратора з площею сепарації 0,97 м², відбійний бітер, шестиклавішний чотириступеневий соломотряс з площею сепарації 8,8 м²; двостанну вітрорешітну очистку з регульованими жалюзійними решетами площею очищення 6,7 м² і вентилятором очистки, автономний дообмолочуючий пристрій роторного типу, які транспортують пристрої, що включають в себе вузли та деталі зернового і колосового трактів,

приводів і механізмів регулювання робочих органів. Бункер баштового типу об'ємом 8,5 м³ оснащений системою вивантаження Smart Launch послідовного включення вивантажувальних шнеків [22].

Комбайн «TUCANO 450» складається з жниварки, молотарки, бункера з вивантажувальним пристроєм, подрібнювача, моторної установки, силової передачі, ходової системи, органів управління, кабіни, гідравлічної системи, електрообладнання та укомплектованою системою бортової інформації CEBIS контролю режимів роботи комбайна з системами контролю прибирання, настройки робочих параметрів, діагностики та калібрування. Для пересування по дорогах загальної мережі комбайн укомплектований транспортним візком для транспортування жатки. Додатково, комплектується компресорною установкою для сухої очистки стисненим повітрям робочих органів і агрегатів комбайна [23].

Моторна установка – дизельний двигун Mercedes-Benz OM 926LA номінальною потужністю 220 кВт (299 к.с.), 6-циліндровий, система турбонаддуву, що обертається самоочисним повітрязбірником [24].

Жатка V750 шириною захвату 7,5 м включає в себе ріжучий сегментно-пальцевий апарат, планетарний редуктор з приводом ріжучого апарату Шумахер, шестилопатевої мотовило з приводом від гідромотора і електро-гідрокерування підйому і виносу, що подає шнек з пальчиковим механізмом, похилу камеру з ланцюгово-планчатим транспортером і реверсом для очищення при забиванні рослинною масою, приводу і механізми регулювання робочих органів, комплектується стеблепідіймачами і системою Auto Contour автоматичного контролю висоти зрізу, тиску жатки на ґрунт і копіювання рельєфу поля [25].

Молотарка складається з молотильно-сепаруючого пристрою, який включає в себе попередній бітер-прискорювач з вхідним підбарабанням, молотильний барабан шириною 1580 мм і діаметром 450 мм, основне підбарабання з кутом захвату 151°, двоступеневий регульований редуктор приводу молотильного барабана, шестиклавішного соломотряса, двостанної вітрорешітної очистки з регульованими жалюзійними решетами і вентилятором очистки, дообмолочуючий пристрій, транспортувальних пристроїв, що включають в себе вузли та деталі зернового і колосового трактів, приводів і механізмів регулювання робочих органів. Бункер об'ємом 9,0 м³ включає в себе вивантажувальний пристрій баштового типу і механізми приводу [26].

Експлуатаційно-технологічна оцінка комбайнів «DEUTZ FAHR 6095HTS» і «TUCANO 450» проводилася на збиранні тритикалі врожайністю 37,1 ц/га з варіацією врожайності по полю від 34,9 до 39,3 ц/га, полеглих рослин 26,67% і засміченістю культури над фактичною висотою зрізу 2,6%, вологістю зерна 22,8% і соломи 55,4% [27].

Продуктивність комбайна «DEUTZ FAHR 6095HTS» на збиранні тритикалі при робочій швидкості 8,68 км/год, фактичної подачі 11,91 кг/с і робочій ширині захвату 6,73 м за 1 годину склала:

основного часу 20,98 т або 5,85 га, змінного часу - 13,22 т. за порівнювати комбайну «TUCANO 450» при робочій швидкості 7,26 км/год, фактичної подачі 10,0 кг/с і робочій ширині захвату 7,12 м продуктивність за 1 годину складала: основного часу 20,32 т або 5,27 га, змінного часу - 13,12 т. Питома витрата палива складала: комбайна «DEUTZ FAHR 6095HTS» 2,12 кг/т (7,61 кг/га), комбайна «TUCANO 450» - 2,68 кг/т (10,36 кг/га) [11].

Сумарні втрати за комбайном «DEUTZ FAHR 6095HTS» при швидкості 8,23 км/год, фактичної висоті зрізу 200 мм і робочій ширині захвату 6,73 м склали 0,93%, в тому числі втрати зерном в зрізаних і обламаних колосках 0,81 %, вільним зерном 0,09%, втрати зерном у незрізаних колосках і зерном недомолоту в соломі й полові по 0,01%, сумарні втрати за комбайном «TUCANO 450» при швидкості 7,0 км/год, фактичної висоті зрізу 179 мм і робочій ширині захвату 7,12 м склали 1,18%, в тому числі втрати зерном в зрізаних і обламаних колосках 1,1%, втрати зерном у незрізаних колосках 0,07 і зерном недомолоту в соломі й полові 0,01%. Основними втратами комбайнів є втрати зерном у зрізаних і обламаних колосках - комбайна «DEUTZ FAHR 6095HTS» 0,81%, комбайна «TUCANO 450» 1,1% [9].

Якість зерна в бункері комбайна «DEUTZ FAHR 6095HTS» складала 99,7% основного зерна і зернової домішки, в тому числі основне зерно 93,76%, зерно в колосках 3,66% і подрібнене зерно 2,28%, при цьому сміттєві домішки склали 0,3%. За порівнюваним комбайном «TUCANO 450» якість зерна в бункері складала 99,66% основного зерна і зернової домішки, в тому числі основне зерно 94,76%, зерно в колосках 0,46% і подрібнене зерно 4,44%, при цьому бур'янисті домішки склали 0,34% [19].

Комбайн «DEUTZ FAHR 6095HTS» виконує технологічний процес на збиранні тритикалі прямим комбайнуванням з сумарними витратами 0,93%, якість зерна в бункері 99,7% основного зерна і зернових домішок, в тому числі зерно в колосках 3,66% і подрібнене зерно 2,28%, отримані при більшому (на 1,42 км/год) швидкісному режимі, перевищення за якістю зерна в бункері комбайна «DEUTZ FAHR 6095HTS» зерном в колосках 3,66%, в порівнянні з комбайном «TUCANO 450», обумовлено регулюванням зазорів жалюзі нижнього решета, менша кількість дробленого зерна 2,28% в бункері комбайна «DEUTZ FAHR 6095HTS» обумовлено конструктивними особливостями автономного дообмолочуючого пристрою роторного типу, розвантажувальний молотильний барабан і направляє дообмолочену хлібну масу на стрясну дошку, у комбайна «TUCANO 450» [2].

Підвищення продуктивності за годину основного часу (на 3,2%) і змінного часу (на 0,8%) комбайна «DEUTZ FAHR 6095HTS» обумовлено більшою на 1,42 км/год робочою швидкістю і меншими витратами часу на розвантаження бункера на 17,3%. Питома витрата палива комбайна «DEUTZ FAHR 6095HTS» (2,12 кг/т) менше на 20,9%, в порівнянні з комбайном «TUCANO 450» (2,68 кг/т), обумовлений конструктивними особливостями шестициліндрового дизельного двигуна DEUTZ FAHR TCD 6.1L06DCR с

чотирьохклапанним механізмом газорозподілу циліндрів і електронним уприскуванням; конструктивними особливостями МСП (ширина молотарки - 1521 мм, турбосепаратор діаметром 590 мм з сепаруючою декою площею сепарації 0,97 м², Розташованого за молотильним барабаном) і автономного дообмолочуючого пристрою роторного типу [11].

Коефіцієнт надійності технологічного процесу комбайнів КЗС-10К-26 і «TUCANO 450» на збиранні ячменю воскової і молочно-воскової стиглості культури склав 1,0. Коефіцієнт використання змінного часу комбайна КЗС-10К-26 склав 0,68 через витрати часу на вивантаження зерна з бункера 7,7%, повороти 2,3%, підготовку і закінчення робіт 5,3% і холості переїзди 5,9%. Коефіцієнт використання змінного часу комбайна «TUCANO 450» склав 0,72 через витрати часу на вивантаження зерна з бункера 7,9, повороти 2,0%, підготовку і закінчення робіт 2,6% і холості переїзди 4,7% [7].

Більш високі експлуатаційно-технологічні показники комбайна «TUCANO 450» в порівнянні з комбайном КЗС-10К-26 обумовлені більшою робочою швидкістю (вище на 11,4%), робочою шириною захвату (більше на 1,5 м), конструктивними особливостями МСП (ширина молотарки 1580 мм, площа сепарації решіт очищення 5,1 м², Площа соломотряса 8,67 м², наявність попереднього бітера-сепаратора з входним підбарабанням) і об'ємом бункера 9,0 м³ (Більше на 2,0 м³).

Втрати зерна за жаткою комбайна КЗС-10К-26 при робочій швидкості 2,8 км/год, фактичної висоті зрізу 121,4 мм і робочій ширині захвату 5,9 м склали 1,19 %, в тому числі втрати зерном в зрізаних колосках 0,64%, зерном в незрізаних колосках 0,55%. Перевищення втрат зерна обумовлено нерівностями ґрунту з мікрорельєфом $\pm 3,3$ см, наявністю природних каменів 1,8 шт./м² із середнім розміром 90,0 мм, висотою рослин культури, що збирається 51,1 см. За порівнюваним комбайном «TUCANO 450» при робочій швидкості 3,2 км/год, фактичної висоті зрізу 100,0 мм і робочій ширині захоплення 7,4 м втрати зерна за жаткою склали 0,57%, в тому числі втрати зерном в зрізаних колосках 0,49%, зерном в незрізаних колосках 0,08% [9].

Сумарні втрати зерна за молотаркою комбайна КЗС-10К-26 при фактичній подачі 4,1 кг/с склали 0,37%, в тому числі втрати вільним зерном в соломі й полові 0,33% і втрати недомолоту в соломі 0,04%. За порівнюваним комбайном «TUCANO 450» при фактичній подачі 5,7 кг/с сумарні втрати за молотаркою склали 0,21%, в тому числі втрати вільним зерном в соломі й полові 0,19% і втрати недомолоту в соломі 0,02%. Сумарні втрати за комбайном КЗС-10К-26 склали 1,56%, за порівнюваним комбайном «TUCANO 450» сумарні втрати склали 0,78% [14].

Якість зерна в бункері комбайна КЗС-10К-26 складала 97,56% основного зерна і зернових домішок, подрібнене зерно складало 0,48%, сміттєві домішки склали 2,44%, за порівнюваним комбайном «TUCANO 450» основне зерно і зернові домішки в бункері склали 97,13%, подрібнене зерно 0,27%, сміттєві домішки склали 2,87% [1].

В цілому, показники якості виконання технологічного процесу комбайнами КЗС-10К-26 і «TUCANO 450» можна порівняти. Комбайни КЗС-10К-26 і «TUCANO 450» виконують технологічний процес на збиранні ячменю воскової і молочно-воскової стиглості культури відповідно до вимог технології заготівлі консервованого плющеного зерна.

При випробуванні в однакових умовах сукупні витрати грошових коштів на збирання ячменю на площення за комбайном КЗС-10К-26 (при продуктивності 5,82 т/год змінного часу і врожайності 51,4 ц/га) рівні 576,93 грн./т, що на 30% нижче, ніж сукупні витрати грошових коштів на збирання ячменю на площення з використанням комбайна «TUCANO 450» (його продуктивність склала 8,39 т/год змінного часу). Це пояснюється різницею в цінах на комбайни, і, так як ціна «TUCANO 450» на 60% більше ціни комбайна КЗС-10К-26, то і амортизаційні відрахування по комбайну «TUCANO 450» на 36% вище, ніж по комбайну КЗС-10К-26. За рахунок більш високої своєї потужності і конструкційних особливостей МСП комбайн «TUCANO 450» перевершує по продуктивності комбайн КЗС-10К-26, тому витрати на поточну експлуатацію комбайна «КЗС-10К-26» задовільно виконує технологічний процес на збиранні пшениці і ячменю повної стиглості культур, ячменю воскової стиглості на площення прямим комбайнуванням, має задовільні експлуатаційно-технологічні показники і відповідає вимогам НД.

Мета досліджень

Мета досліджень – описати особливості аналітичних підходів до впливу експлуатаційної безвідмовності сільськогосподарських машин на ефективність їх машиновикористання.

Результати досліджень

Збір інформації по працездатності комбайнів КЗС-9М і New Holland TX-63 проводився в умовах рядової експлуатації. У кожній групі було по 10 об'єктів спостереження, в результаті було встановлено, що відмови мають широкий діапазон розсіювання (рис. 1) і носять в більшості раптовий характер.

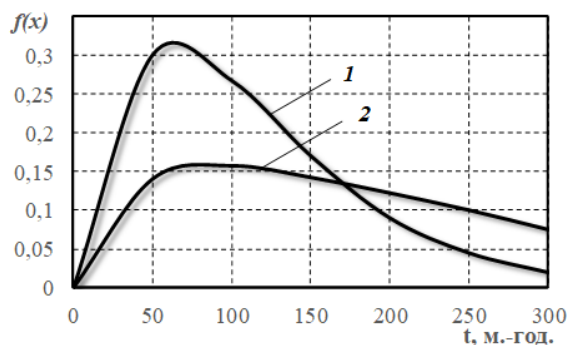


Рис. 1. Щільність розподілу відмов комбайнів: 1 – КЗС-9М; 2 – New Holland TX-63.

Fig. 1. Density of failure distribution of combines: 1 – KZS-9M; 2 – New Holland TX-63.

Звідси видно, що відмови комбайнів Дон-1500Б в більшій мірі зміщені в початок жнив. Показники безвідмовності імпортних комбайнів в середньому вище на 15% вітчизняних, проте, напрацювання на відмову КЗС-9М становить тільки 46%, а New Holland TX-63 відповідно 54% від нормативу. Характер прояву відмов показаний на рис. 2.

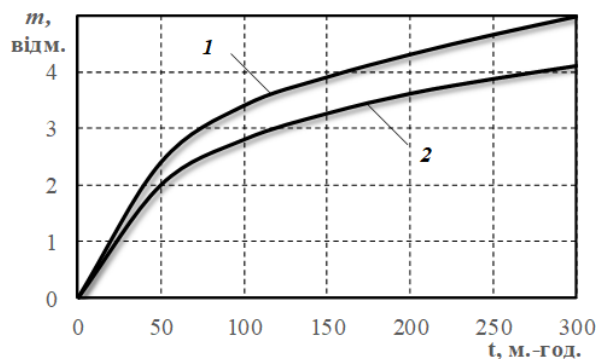


Рис. 2. Зміна сумарної кількості відмов в процесі роботи комбайнів: 1 – КЗС-9М; 2 – New Holland TX-63.

Fig. 2. Changing the total number of failures in the process of combines: 1 – KZS-9M; 2 – New Holland TX-63.

За період використання на комбайн припадає 4...5 відмов і найбільш інтенсивно вони відбуваються на початку збиральної компанії (до 100 мотогодин). Серед показників надійності найбільш інформативним є коефіцієнт готовності, оскільки одночасно характеризує безвідмовність і ремонтпридатність технічних систем. Він відображає ймовірність знаходження об'єкта в працездатному стані і відповідно частку виконання загального обсягу роботи. Оскільки кількість і тривалість усунення відмов знижуються, то коефіцієнт готовності постійно зростає (рис. 3) і досягає нормативного значення після 200 мотогодин роботи.

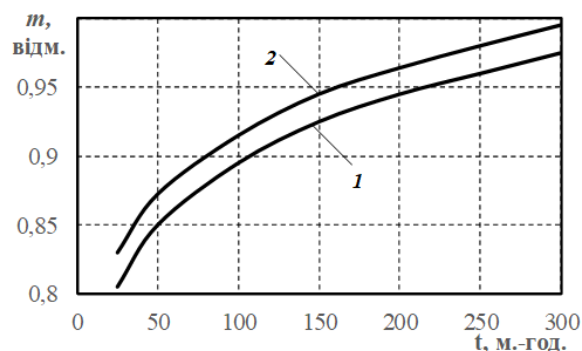


Рис. 3. Зміна сумарного коефіцієнта готовності комбайнів: 1 – КЗС-9М; 2 – New Holland TX-63.

Fig. 3. Changing the total readiness factor of combines: 1 – KZS-9M; 2 – New Holland TX-63.

Машинно-технологічний комплекс сільського господарства включає в себе агротехнології виробництва продукції, технічні засоби та інфраструктуру, що забезпечує працездатність системи. Сучасна соціально-економічна ситуація в світі зумовлює необхідність прискореного розвитку

національного сільськогосподарського виробництва (рис. 4).

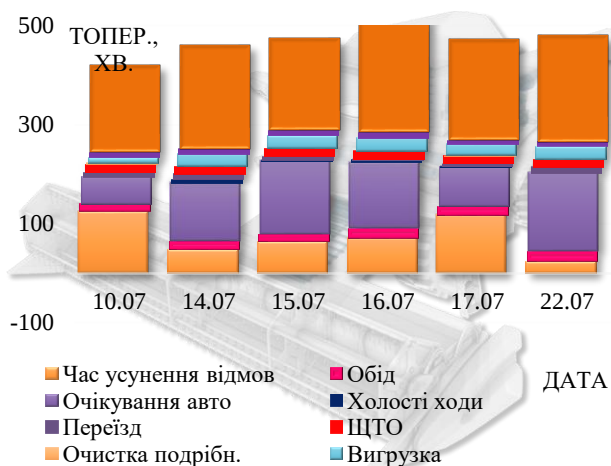


Рис. 4. Діаграма усереднених значень складових часу роботи комбайнів дослідної групи.

Fig. 4. Diagram of average values of components of operating time of combines of experimental group.

Тенденція скорочення випуску техніки вітчизняного виробництва і її недолік послужили причиною все більш зростаючого парку імпортової техніки, яка надходить в продаж в широкому асортименті від різних фірм виробників (рис. 5).

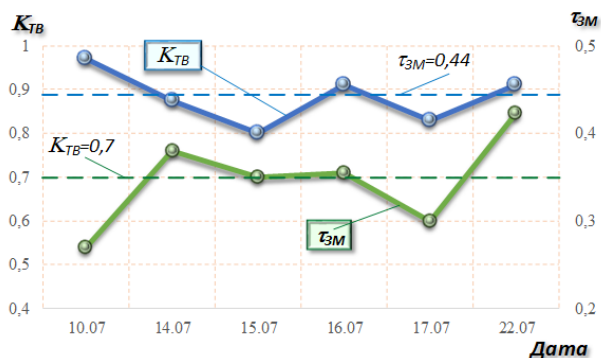


Рис. 5. Графік комплексних показників надійності зернозбиральних комбайнів за період спостережень.

Fig. 5. Graph of complex indicators of reliability of grain harvesters for the observation period.

Інформація, яка надається про якість та ефективність застосування вітчизняної та імпортової техніки, носить суперечливий характер, що ускладнює однозначний вибір технічних засобів для їх впровадження у виробництво (рис. 6).

Технічно справний зернозбиральний комбайн виконає обсяг роботи:

$$F_p = 0,1 \cdot B \cdot v \cdot t \quad (1)$$

де B – ширина захвату жатки, м; v – швидкість руху, км/год; t – тривалість роботи, год.

У разі виникнення відмов обсяг роботи складе:

$$F_\phi = 0,1 \cdot B \cdot v \cdot t \cdot k_r, \text{ кг} \quad (2)$$

де k_r – коефіцієнт готовності комбайна.

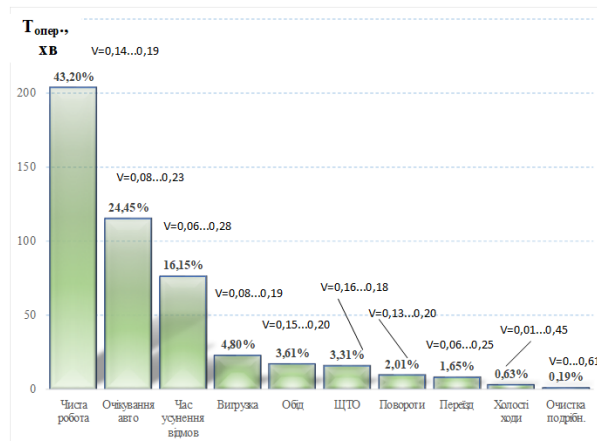


Рис. 6. Діаграма усереднених значень складових часу зміни.

Fig. 6. Diagram of average values of shift time components.

Зміна коефіцієнта готовності в процесі експлуатації досить точно апроксимується показовою функцією ($k_r = e^{-\alpha t}$), тобто при $t=0$ $k_r=1$, а при $t \rightarrow \infty$ $k_r \rightarrow 0$. Отже, зміна вироблення комбайнів пропорційно коефіцієнту готовності $\frac{F_\phi}{F_p} = e^{-\alpha t}$.

Приймаємо, що до початку збирання t_n весь заданий обсяг роботи F_n готовий одночасно і справний комбайн виконає його за агротехнічний термін t_a , а в разі простою через відмови тривалість збирання збільшиться до t_ϕ (рис. 7).

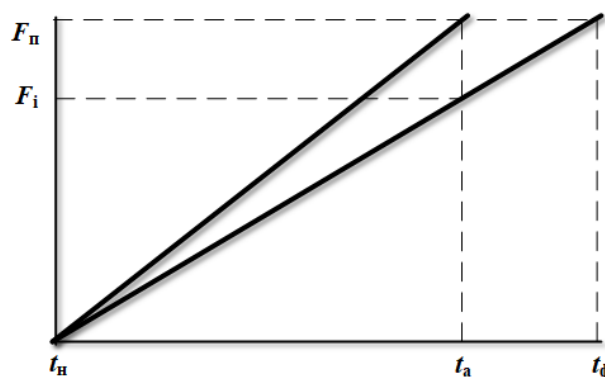


Рис. 7. Схема виконання заданого обсягу роботи.

Fig. 7. The scheme of execution of the set volume of work.

Для завершення запланованої роботи буде потрібно додатковий час:

$$\Delta t = t_\phi - t_a = t_a \quad (3)$$

При цьому втрати врожаю складуть:

$$P = \gamma \cdot t_a \quad (4)$$

де γ – питомі втрати зерна, % / год.

В результаті експлуатаційних спостережень встановлено основні показники безвідмовності (рис. 8) і зміна коефіцієнта готовності зернозбиральних комбайнів New Holland TX-63 і KЗС-9М (рис. 9).

Безвідмовність вітчизняних комбайнів знижується більш інтенсивно, ніж імпортованих, тому середнє напрацювання на відмову відповідно 62,8 і 65,3 год (рис. 10). Комбайни мають такі технічні характеристики: New Holland TX-63 – $B = 5,18$ м, $v = 7$ км/год, КЗС-9М – $B = 6$ м, $v = 5$ км / год. Розрахунки за результатами збору інформації показали, що їх продуктивність за період збирання через відмови зменшується на 10...12% (рис. 11).

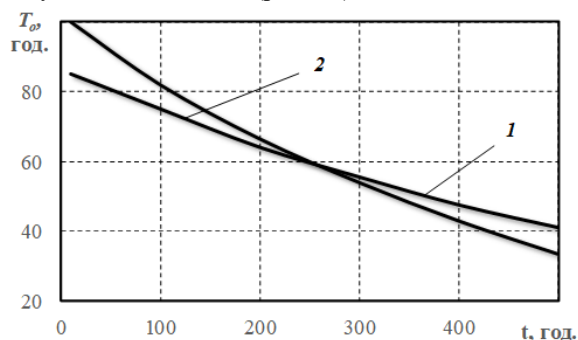


Рис. 8. Зміна середнього напрацювання на відмову в процесі експлуатації комбайнів New Holland TX-63 (1) і КЗС-9М (2).

Fig. 8. Change of average operating time on failure in the course of operation of combines New Holland TX-63 (1) and KZS-9M (2).

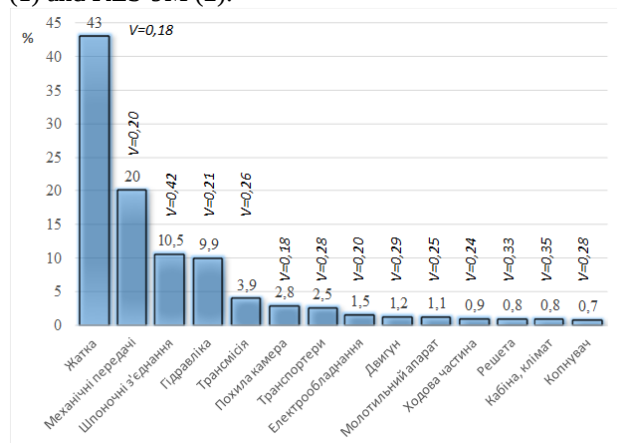


Рис. 9. Відмови основних систем та агрегатів зернозбиральних комбайнів.

Fig. 9. Failures of the main systems and units of combine harvesters.

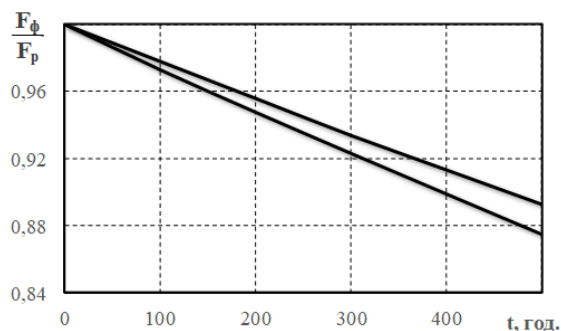


Рис. 10. Зміна відносного обсягу виконання роботи комбайнами New Holland TX-63 (1) і КЗС-9М (2).

Fig. 10. Change in the relative volume of work performed by New Holland TX-63 (1) and KZS-9M (2) combines.

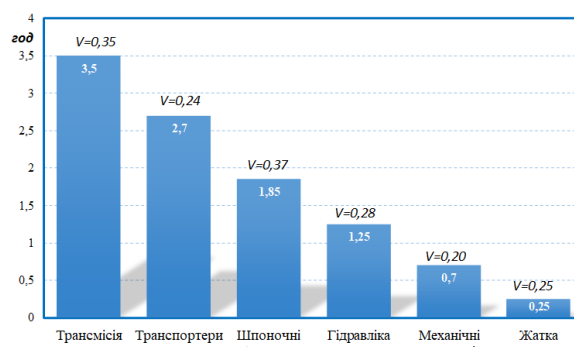


Рис. 11. Середній час усунення однієї відмови основних систем та агрегатів зернозбиральних комбайнів.

Fig. 11. Average time to eliminate one failure of the main systems and units of combine harvesters.

У даних умовах експлуатації продуктивність за 1 годину основного часу складала 17,6 т, що трохи менше значення за технічні умови – не менше 18 т. Це пояснюється малою врожайністю прибирається культури. Комбайн зернозбиральний самохідний КЗС-9М стійко виконував технологічний процес, про що свідчить значення даного коефіцієнта рівного 1, що також відповідає значенню за технічними умовами – не менше 0,98. Всі показники якості виконання технологічного процесу: втрати зерна за молотаркою комбайна і за жаткою, якість зерна з бункера комбайна (дроблення і вміст смітної домішки) знаходяться в межах допустимих значень по технічним умовам. Так наприклад: втрати зерна за молотаркою комбайна отримані 1,06% (по технічним умовам не більше 1,5%) і за жаткою 0,24% (по технічним умовам не більше 0,5%). За період спостережень за даними комбайнів виявлено п'ять відмов і всі вони II групи складності. Середня кількість відмов II групи складності складала 1,7. Напрацювання на відмову II групи складності отримана 307,6 години (5006,7 тони), що вище значення за технічні умови не менше 100 годин. За чотири сезони спостережень за комбайнами середнє напрацювання отримана рівній 1055 години (11387 тони). Наробітка на відмову II групи складності при цьому за чотири роки спостережень складала 105,5 години (по технічним умовам не менше 100 годин). Це свідчить про достатню технічну надійності комбайнів. Деталей (вузлів), які досягли граничного зносу (ресурсу) за чотири роки спостережень за комбайнів зернозбиральних самохідних КЗС-9М не виявлено.

Агротехнічний термін збирання зернових 10 діб або 240 год, а при перевищенні його питомі втрати 0,06%/год. Розрахунки за результатами досліджень показують, що втрати врожаю через простої комбайнів New Holland TX-6 і КЗС-9М в середньому складають відповідно 3 і 4%.

Розподіл за видами відмов практично однаковий. Серед окремих деталей і вузлів з низькою надійністю у комбайнів КЗС-9М можна відзначити подовжувач решета – 13,4% і механізм шайби – 11,3% від загального числа відмов, у комбайнів New Holland TX-63 це датчик тиску Паскаля – 15% і підшипник приводу решітного стану – 12,5%. Розрахунки показали, що

через недостатній рівень надійності збиральних машин втрати врожаю для вітчизняних комбайнів становлять в середньому 12%, а для зарубіжних – 10%.

Висновки

1. Агротехнічний термін збирання зернових 10 діб або 240 год, а при перевищенні його питомі втрати 0,06%/год. Розрахунки за результатами досліджень показують, що втрати врожаю через простої комбайнів в середньому складають відповідно 3 і 4%.

2. Розподіл за видами відмов практично однаковий. Серед окремих деталей і вузлів з низькою надійністю у комбайнів можна відзначити подовжувач решета – 13,4% і механізм шайби – 11,3% від загального числа відмов, у комбайнів це датчик тиску Паскаля – 15% і підшипник приводу решітного стану – 12,5%. Розрахунки показали, що через недостатній рівень надійності збиральних машин втрати врожаю для вітчизняних комбайнів становлять в середньому 12%, а для зарубіжних – 10%.

Список літератури

1. *Sergejeva N., Aboltins A., Strupule L., Aboltina B.* Mathematical knowledge in elementary school and for future engineers. Proceedings of 17th International Scientific Conference “Engineering for rural development”. Jelgava, Latvia, May 23-25, 2018, Latvia University of Agriculture. Faculty of Engineering. Vol. 17. P. 1166-1172.
2. *Dubbini M., Pezzuolo A., De Giglio M., Gattelli M., Curzio L., Covi D., Yezekyan T., Marinello F.* Last generation instrument for agriculture multispectral data collection. CIGR Journal. 2017. Vol. 19. P. 158-163.
3. *Yata V.K., Tiwari B.C., Ahmad, I.* Nanoscience in food and agriculture: research, industries and patents. Environmental Chemistry Letters. 2018. Vol. 16. P. 79-84.
4. *Masek J., Novak P., Jasinskis A.* Evaluation of combine harvester operation costs in different working conditions. Proceedings of 16th International Scientific Conference “Engineering for rural development”. Jelgava, Latvia, May 24-26, 2017, Latvia University of Agriculture. Faculty of Engineering. Vol. 16. P. 1180-1185.
5. *Rogovskii I., Grubrin O.* Accuracy of converting videoendoscopy combine harvester using generalized mathematical model. Scientific Herald of National University of Life and Environmental Science of Ukraine. Series: technique and energy of APK. Kyiv, Ukraine. 2018. Vol. 298. P. 149-156. doi: 10.31548/me.2018.04.149-156.
6. *Viba J., Lavendelis E.* Algorithm of synthesis of strongly non-linear mechanical systems. In Industrial Engineering – Innovation as Competitive Edge for SME, 22 April 2006. Tallinn, Estonia. P. 95-98.
7. *Luo A.C.J., Guo Y.* Vibro-impact Dynamics. Berlin: Springer-Verlag, 2013. 213 p.
8. *Astashev V., Krupenin V.* Efficiency of vibration machines. Proceedings of 16th International Scientific Conference “Engineering for rural development”. Jelgava, Latvia, May 24-26, 2017, Latvia University of Agriculture. Faculty of Engineering. Vol. 16. P. 108-113.
9. *Zagurskiy O., Ohienko M., Rogach S., Pokusa T., Titova L., Rogovskii I.* Global supply chain in context of new model of economic growth. Conceptual bases and trends for development of social-economic processes. Monograph. Opole. Poland, 2018. P. 64-74.
10. *Drga R., Janacova D., Charvatova H.* Simulation of the PIR detector active function. Proceedings of 20th International conference on Circuits, Systems, Communications and Computers (CSCC 2016), July 14-17, 2016, E D P Sciences, 17 Ave Du Hoggar Parc D Activites Coutaboeuf Bp 112, F-91944 Cedex A, France, Vol. 76. UNSP 04036.
11. *Novotny J.* Technical and natural sciences teaching at engineering faculty of FPTM UJEP. Proceedings of 15th International Scientific Conference “Engineering for rural development”. Jelgava, Latvia, May 23-25, 2016, Latvia University of Agriculture. Faculty of Engineering. Vol. 15. P. 16-20.
12. *Pinzi S., Cubero-Atienza A. J., Dorado M. P.* Vibro-acoustic analysis procedures for the evaluation of the sound insulation characteristics of agricultural machinery. Journal of Sound and Vibration. 2016. Vol. 266. Issue 3. P. 407-441.
13. *Rogovskii I. L.* Systemic approach to justification of standards of restoration of agricultural machinery. Machinery & Energetics. Journal of Rural Production Research. Kyiv. Ukraine. 2019. Vol. 10. No 3. P. 181-187.
14. *Rogovskii I. L.* Consistency ensure the recovery of agricultural machinery according to degree of resource's costs. Machinery & Energetics. Journal of Rural Production Research. Kyiv. Ukraine. 2019. Vol. 10. No 4. P. 145-150.
15. *Роговський І. Л.* Алгоритмічність визначення періодичності відновлення працездатності сільськогосподарських машин за ступенем витрат їх палива. Machinery & Energetics. Journal of Rural Production Research. Kyiv. Ukraine. 2020. Vol. 11. No 1. P. 155-162.
16. *Rogovskii I., Titova L., Novitskii A., Rebenko V.* Research of vibroacoustic diagnostics of fuel system of engines of combine harvesters. Engineering for Rural Development. 2019. Vol. 18. P. 291-298.
17. *Kalinichenko D., Rogovskii I.* Decision for technical maintenance of combine harvesters in system of RCM. MOTROL. An International Quarterly Journal on Motorization and Energetics in Agriculture. Lublin. 2017. Vol. 19. No 3. P. 179-184.
18. *Kalinichenko D., Rogovskii I.* Modeling technology in centralized technical maintenance of combine harvesters. TEKA. An International Quarterly Journal on Motorization, Vehicle Operation, Energy Efficiency and Mechanical Engineering. 2017. Lublin–Rzeszów. Vol. 17. No 3. P. 93-102.
19. *Kalinichenko D., Rogovskii I.* Method for determining time of next maintenance of combine harvesters. TEKA. An International Quarterly Journal on Motorization, Vehicle Operation, Energy Efficiency and Mechanical Engineering. 2018. Lublin–Rzeszów. Vol. 18. No 1. P. 105-115.
20. *Калініченко Д. Ю., Роговський І. Л.* Аналіз систем і стратегій технічного обслуговування зернозбиральних комбайнів та їх складових частин. Науковий вісник Національного університету

біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК. Київ. 2017. Вип. 258. С. 380–390.

21. *Калініченко Д. Ю., Роговський І. Л.* Штучні когнітивні системи в процесах технічного обслуговування зернозбиральних комбайнів. Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК. Київ. 2017. Вип. 262. С. 353–361.

22. *Rogovskii I. L.* Probability of preventing loss of efficiency of agricultural machinery during exploitation. Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК. Київ. 2017. Вип. 258. С. 399–407.

23. *Роговський І. Л.* Методологічність виконання технологічних операцій відновлення працездатності сільськогосподарських машин при обмежених ресурсах. Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: техніка та енергетика АПК. Київ. 2015. Вип. 212. Ч. 1. С. 314–322.

24. *Rogovskii Ivan.* Graph-modeling when the response and recovery of agricultural machinery. MOTROL. Lublin. 2016. Vol. 18. No 3. P. 155–164.

25. *Роговський І. Л.* Модель стохастичного процесу відновлення працездатності сільськогосподарської машини в безінерційних системах із запізненням. Machinery & Energetics. Journal of Rural Production Research. Kyiv. Ukraine. 2020. Vol. 11. No 3. P. 143–150.

26. *Роговський І. Л.* Моделі формування альтернатив інженерного менеджменту в методах підвищення виробництва зерна в сільськогосподарських підприємствах. Machinery & Energetics. Journal of Rural Production Research. Kyiv. Ukraine. 2021. Vol. 12. No 1. P. 137–146.

27. *Rogovskii I. L.* (2021). Resource of removal expenses for strong agricultural period of volume of operations. Machinery & Energetics. Journal of Rural Production Research. Kyiv. Ukraine. Vol. 12. No 2. P. 123–131. <http://dx.doi.org/10.31548/machenergy2021.02.123>.

References

1. *Sergejeva N., Aboltins A., Strupule L., Aboltina B.* (2018). Mathematical knowledge in elementary school and for future engineers. Proceedings of 17th International Scientific Conference “Engineering for rural development”. Jelgava, Latvia, May 23–25, 2018, Latvia University of Agriculture. Faculty of Engineering. 17. 1166–1172.

2. *Dubbini M., Pezzuolo A., De Giglio M., Gattelli M., Curzio L., Covi D., Yezekyan T., Marinello F.* (2017). Last generation instrument for agriculture multispectral data collection. CIGR Journal. 19. 158–163.

3. *Yata V.K., Tiwari B.C., Ahmad, I.* (2018). Nanoscience in food and agriculture: research, industries and patents. Environmental Chemistry Letters. 16. 79–84.

4. *Masek J., Novak P., Jasinskas A.* (2017). Evaluation of combine harvester operation costs in different working conditions. Proceedings of 16th International Scientific Conference “Engineering for rural development”. Jelgava, Latvia, May 24–26, Latvia University of Agriculture. Faculty of Engineering. 16. 1180–1185.

5. *Rogovskii I., Grubrin O.* (2018). Accuracy of converting videoendoscopy combine harvester using generalized mathematical model. Scientific Herald of National University of Life and Environmental Science of Ukraine. Series: technique and energy of APK. Kyiv, Ukraine. 298. 149–156. doi: 10.31548/me.2018.04.149–156.

6. *Viba J., Lavendelis E.* (2006). Algorithm of synthesis of strongly non-linear mechanical systems. In Industrial Engineering – Innovation as Competitive Edge for SME, 22 April 2006. Tallinn, Estonia. 95–98.

7. *Luo A.C.J., Guo Y.* (2013). Vibro-impact Dynamics. Berlin: Springer-Verlag. 213.

8. *Astashev V., Krupenin V.* (2017). Efficiency of vibration machines. Proceedings of 16th International Scientific Conference “Engineering for rural development”. Jelgava, Latvia, May 24–26, Latvia University of Agriculture. Faculty of Engineering. 16. 108–113.

9. *Zagurskiy O., Ohiienko M., Rogach S., Pokusa T., Titova L., Rogovskii I.* (2018). Global supply chain in context of new model of economic growth. Conceptual bases and trends for development of social-economic processes. Monograph. Opole. Poland, 64–74.

10. *Drga R., Janacova D., Charvatova H.* (2016). Simulation of the PIR detector active function. Proceedings of 20th International conference on Circuits, Systems, Communications and Computers (CSCC 2016), July 14–17, 2016, E D P Sciences, 17 Ave Du Hoggar Parc D Activites Coutaboeuf Bp 112, F-91944 Cedex A, France, 76, UNSP 04036.

11. *Novotny J.* (2016). Technical and natural sciences teaching at engineering faculty of FPTM UJEP. Proceedings of 15th International Scientific Conference “Engineering for rural development”. Jelgava, Latvia, May 23–25, Latvia University of Agriculture. Faculty of Engineering. 15. 16–20.

12. *Pinzi S., Cubero-Atienza A.J., Dorado M.P.* (2016). Vibro-acoustic analysis procedures for the evaluation of the sound insulation characteristics of agricultural machinery. Journal of Sound and Vibration, 266 (3). 407–441.

13. *Rogovskii I. L.* (2019). Systemic approach to justification of standards of restoration of agricultural machinery. Machinery & Energetics. Journal of Rural Production Research. Kyiv. Ukraine. 10(3). 181–187.

14. *Rogovskii I. L.* (2019). Consistency ensure the recovery of agricultural machinery according to degree of resource's costs. Machinery & Energetics. Journal of Rural Production Research. Kyiv. Ukraine. 10(4). 145–150.

15. *Rogovskii I. L.* (2020). Algorithmically determine the frequency of recovery of agricultural machinery according to degree of resource's costs. Machinery & Energetics. Journal of Rural Production Research. Kyiv. Ukraine. 11(1). 155–162.

16. Rogovskii I., Titova L., Novitskii A., Rebenko V. (2019). Research of vibroacoustic diagnostics of fuel system of engines of combine harvesters. *Engineering for Rural Development*. 18. 291-298.

17. Kalinichenko D., Rogovskii I. (2014). Decision for technical maintenance of combine harvesters in system of RCM. *MOTROL. An International Quarterly Journal on Motorization and Energetics in Agriculture*. Lublin. 19(3). 179-184.

18. Kalinichenko D., Rogovskii I. (2017). Modeling technology in centralized technical maintenance of combine harvesters. *TEKA. An International Quarterly Journal on Motorization, Vehicle Operation, Energy Efficiency and Mechanical Engineering*. Lublin–Rzeszów. 17(3). 93-102.

19. Kalinichenko D., Rogovskii I. (2018). Method for determining time of next maintenance of combine harvesters. *TEKA. An International Quarterly Journal on Motorization, Vehicle Operation, Energy Efficiency and Mechanical Engineering*. 18(1). 105-115.

20. Kalinichenko D. Yu., Rogovskii, I. L. (2017). Systems analysis and strategies for technical maintenance of combine harvesters and their parts. *Scientific Herald of National University of Life and Environmental Science of Ukraine. Series: Technique and energy of APK*. Kyiv. 258. 380-390.

21. Kalinichenko D. Yu., Rogovskii, I. L. (2017). Artificial cognitive systems in the processes of technical maintenance of combine harvesters. *Scientific Herald of National University of Life and Environmental Science of Ukraine. Series: Technique and energy of APK*. Kyiv. 262. 353-361.

22. Rogovskii I. L. (2017). Probability of preventing loss of efficiency of agricultural machinery during exploitation. *Scientific Herald of National University of Life and Environmental Science of Ukraine. Series: Technique and energy of APK*. Kyiv. 258. 399-407.

23. Rogovskii I. L. (2015). Metodological performance of technological operations of restoration of working capacity of agricultural machines at limited resources. *Scientific Herald of National University of Life and Environmental Science of Ukraine. Series: Technique and energy of APK*. Kyiv. 212(1). 314-322.

24. Rogovskii Ivan. (2016). Graph-modeling when the response and recovery of agricultural machinery. *MOTROL*. Lublin. 18(3). 155-164.

25. Rogovskii I. L. (2020). Model of stochastic process of restoration of working capacity of agricultural machine in inertial systems with delay. *Machinery & Energetics. Journal of Rural Production Research*. Kyiv. Ukraine. 11(3). 143-150.

26. Rogovskii I. L. (2021). Models of formation of engineering management alternatives in methods of increasing grain production in agricultural enterprises. *Machinery & Energetics. Journal of Rural Production Research*. Kyiv. Ukraine. 12(1). 137-146.

27. Rogovskii I. L. (2021). Resource of removal expenses for strong agricultural period of volume of operations. *Machinery & Energetics. Journal of Rural Production Research*. Kyiv. Ukraine. 12(2). 123-131. <http://dx.doi.org/10.31548/machenergy2021.02.123>.

ВЛИЯНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ БЕЗОТКАЗНОСТИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ МАШИН НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИХ МАШИНОИСПОЛЬЗОВАНИЯ

И. Л. Роговский

Аннотация. В статье проведен анализ поддержки существующих сельскохозяйственных машин в трудоспособном состоянии, по которому следует отработать систему технического обслуживания с учетом условий реформирования аграрного сектора. Эксплуатационно-технологические и функциональные показатели определялись для прямого комбайнирования пшеницы. В данных условиях эксплуатации производительность за 1 час основного времени составила 17,6 т, что несколько меньше значение при технических условиях – не менее 18 т. Это объясняется малой урожайностью убираемой культуры. Комбайн зерноуборочный самоходный КЗС-9М устойчиво выполнял технологический процесс, о чем свидетельствует значение данного коэффициента равного 1, что также соответствует значению по техническим условиям – не менее 0,98. Все показатели качества выполнения технологического процесса: потери зерна по молотилке комбайна и по жатке, качество зерна из бункера комбайна (дробление и содержание мусорной примеси) находятся в пределах допустимых значений по техническим условиям. Так например: потери зерна по молотилке комбайна получены 1,06% (по техническим условиям не более 1,5%) и по жатке 0,24% (по техническим условиям не более 0,5%). За период наблюдений по данным комбайнов выявлено пять отказов и все они II группы сложности. Среднее количество отказов II группы сложности составило 1,7. Нарботка на отказ II группы сложности получена 307,6 часа (5006,7 тонны), что выше значения при технических условиях не менее 100 часов. За четыре сезона наблюдений за комбайнами средняя наработка получена равной 1055 часов (11387 тонны). Нарботка на отказ II группы сложности при этом за четыре года наблюдений составила 105,5 часов (по техническим условиям не менее 100 часов). Это свидетельствует о достаточной технической надежности комбайнов. Деталей (узлов), достигших предельного износа (ресурса) за четыре года наблюдений за комбайнов зерноуборочных самоходных КЗС-9М не обнаружено.

Ключевые слова: методология, коэффициент готовности, эффективность, сельскохозяйственная машина.

INFLUENCE OF OPERATING FAILURE OF AGRICULTURAL MACHINES ON EFFICIENCY OF THEIR MACHINE USE

I. L. Rogovskii

Abstract. The article analyzes the maintenance of existing agricultural machinery in working order, which should work out the maintenance system, taking into account the conditions of reforming the agricultural sector. Operational-technological and functional indicators were determined by direct combining of wheat. Under these operating conditions, the productivity for 1 hour of main time was 17.6 tons, which is slightly less than the technical

conditions - not less than 18 tons. This is due to low yields of harvested crops. Self-propelled combine KZS-9M steadily performed the technological process, as evidenced by the value of this coefficient equal to 1, which also corresponds to the value of the technical conditions - not less than 0.98. All indicators of the quality of the technological process: the loss of grain behind the combine thresher and the reaper, the quality of grain from the combine hopper (crushing and the content of impurities) are within acceptable values for technical conditions. For example: grain losses on the combine thresher were received 1.06% (according to technical conditions not more than 1.5%) and on the reaper 0.24% (according to technical conditions not more than 0.5%). During the period of observations according to the data of combines five failures were revealed and all of them of the II group of complexity. The average number of failures of group II complexity was 1.7. The operating time for failure of group II complexity was 307.6 hours (5006.7 tons), which is higher than the technical conditions of at least 100 hours. For four seasons of observations of combines, the average operating time was 1055 hours (11387 tons). Operating time for failure of the II group of complexity at the same time for four years of supervision made 105,5 hours (on technical conditions not less than 100 hours). This indicates sufficient technical reliability of combines. Details (units) that have reached the limit of wear (resource) for four years of observations of self-propelled combine harvesters KZS-9M were not found.

Key words: methodology, availability, efficiency, agricultural machine.

І. Л. Роговський ORCID 0000-0002-6957-1616.