

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ОБЕСПЕЧЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ ЗЕРНОУБОРОЧНЫХ КОМБАЙНОВ

Константин Думенко, Екатерина Шевченко

Николаевский государственный аграрный университет
54030, г. Николаев, ул. Крылова 17 а

Аннотация. В статье приведено теоретическое обобщение и новые способы решения научной проблемы, которая оказывается в разрабатывании научно-технических основ обеспечения надежности зерноуборочных комбайнов путем усовершенствования системы их технического обслуживания. Новое решение поставленной задачи нашло свое экспериментальное дополнение и подтверждение в определении основных параметров потоков отказов и возобновлений стареющей техники.

Ключевые слова: зерноуборочный комбайн, система, техническое обслуживание, надежность, отказ, возобновление, коэффициент готовности, коэффициент возобновления, аварийное повреждение, эксплуатация, простои, потери урожая, гистограмма распределения.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

Аграрный сектор занимает ведущее место в народном хозяйстве Украины. На сегодня основу его составляет растениеводство. Учитывая, что оптимальный период сбора урожая не преувеличивает 3-4 недель, на своевременное проведение его необходимо иметь около 120 тысяч зерноуборочных комбайнов, которые разделяются за тремя классами пропускной способности. Комбайны малой мощности должны складывать 15% от общего парка машин. Средний класс 50% и мощнейшие машины 8-12 кг/со складывают 35%.

Однако наличие необходимого количества машин еще не означает решения проблемы своевременного сбора урожая. Их эффективное использование зависит от надежности техники и состояния базы технического обслуживания.

АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Реальная картина, которая сложилась в стране с зерноуборочными машинами показывает, что механизация работ из сбора зерновых обеспечена на должном уровне лишь на 50%. В эксплуатации находится большое количество комбайнов, которые отработали большую часть

своего ресурса и требуют постоянных работ из поддержки их в работоспособном состоянии. Таким образом, эксплуатационная надежность зерноуборочной техники зависит как от технического состояния машин, так и от состояния ремонтной базы, что ее обслуживает.

ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Целью диссертационной работы является обеспечение надежности зерноуборочных комбайнов на основе системного подхода к состоянию техники и разных уровней базы ее технического обслуживания.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Достаточным уровнем надежности за показателем долговечности сложной сельскохозяйственной техники следует считать средний наработка на отказ 140-180 час., что отвечает 3% простоев. Уровень надежности отечественных зерноуборочных комбайнов согласно статистическим данным представляет 11-40 час., что дает 15-35 % простоев.

Выявленные проблемы требуют системного подхода на основе разрешения противоречий между старением существующего зерноуборочного парка комбайнов и сферой их технического обслуживания, которая может потен-

циально изменять свои возможности от деградирования к развитию и мобилизации своих возможностей.

Созданию современной зерноуборочной техники посвящено исследование многих отечественных и зарубежных ученых. Среди них известные работы: Погорелого Л. В., Литвинова О. И., Пустигина М. А., Труханова В.М., Кузнецова С.В., Жалнима Е.В., Изаксона Х.И., Сандлера Д.Г., Сисолина П. В., Козаченка О. В., Недовесова В.И. и других. Существенный вклад в развитие науки о надежности зерноуборочных машин как сложных технических систем сделали Анилович В.Я., Севернев М. М., Бойко А.И. и другие.

Достаточным уровнем надежности за показатель долговечности сложной сельскохозяйственной техники следует считать средний наработка на отказ 140-180 час., что отвечает 3% простоев. Уровень надежности отечественных зерноуборочных комбайнов согласно статистическим данным представляет 11-40 час., что дает 15-35 % простоев.

В целом последовательность оценки и расчета уровня надежности существующих технических систем сводится к таким этапам: фиксация условий эксплуатации и уровня нагрузок системы; введение показателей количественной оценки, которые характеризуют работу системы; разложение сложной системы на отдельные подсистемы и элементы, функционально связанные между собой; складывание функциональных схем систем; определение показателей надежности элементов и подсистем, и выявления вероятности их состояний в произвольный момент времени работы; установление вероятности состояний всей системы в зависимости от состояний отдельных элементов и подсистем; проведение общей оценки показателей надежности всех возможных состояний системы.

Активными факторами поддержки необходимого уровня надежности техники являются эксплуатационно-технические, связанные с периодичностью проведения регламентных работ

из обслуживания и ремонта в случае такой необходимости.

Вторую группу эксплуатационных факторов, обусловленных действием нагрузок, влиянием среды и условиями эксплуатации, напротив, направлено на формирование отказов элементов и систем в целом.

Условно зерноуборочный комбайн может быть структурирован на подсистемы, которые непосредственно участвуют в технологическом процессе сбора урожая: жатка, молотильный аппарат, клавишный соломотряс, грохот, элеваторы, решетное состояние, бункер с выгрузочным устройством. Последовательное соединение подсистем снижает общий уровень надежности комбайна. Кроме того, каждая из подсистем в результате изнашивания, усталости, коррозии, забивание и тому подобное ее элементов, накапливая повреждение, теряет свою работоспособность. Физико-химические процессы могут быть разными, однако, для каждой из подсистем в описании ее поведения характерное старение с постепенным увеличением интенсивности отказов $\lambda(t)$.

Для упрощения формализации аналитического описания поведения систем введено дополнительное фиктивное состояние, которое дает возможность математического решения задания, но усложняет описание системы в результате увеличения количества ее возможных состояний (рис.1).

На основании построенного размеченного графа переходов (рис.1) составлены дифференциальные уравнения динамического баланса для вероятностей состояний системы (системы уравнения Колмогорова):

$$\begin{cases} \frac{d}{dt} P_0(t) = -\lambda_0 P_0(t) + \mu_1 P_1(t); \\ \frac{d}{dt} P_1(t) = -\lambda_1 P_1(t) + \mu_2 P_2(t); \\ \frac{d}{dt} P_2(t) = -\lambda_2 P_2(t) + \mu_3 P_3(t). \end{cases} \quad (1)$$

Важной причиной негативного влияния на показатели надежности зерноуборочной техники следует счи-

тать недостаточный объем и уровень своевременных технических обслуживаний машин.

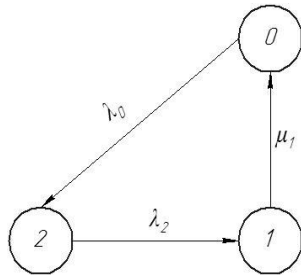


Рис. 1. Граф состояний и переходов системы, у которого интенсивность отказов увеличивается (техника стареет), а интенсивность возобновлений постоянна (база технических обслуживаний неизменна): «0» – работоспособное состояние; «1» – неработоспособное состояние (возобновление); «2» – промежуточный (фиктивное состояние); $\lambda_0, \lambda_2, \mu_1$ – соответствующие интенсивности переходов.

Fig. 1. Count of the states and transitions of the system, which intensity of refuses is increased (a technique gets older) at, and intensity of renewals is permanent (the base of technical services unchanging): «0» – capable of working state; «1» – disabled state (renewal); «2» – intermediate (fictitious state);

$\lambda_0, \lambda_2, \mu_1$ – proper intensities of transitions.

Граф переходов для «стареющих» подсистем комбайнов и «стареющих» баз их технического обслуживания представлено на рис. 2.

Процесс постепенного снижения уровня надежности подсистем зерноуборочных комбайнов является природным явлением для значительного периода их эксплуатации. Этот период продлевается в условиях налаживания производства отечественной техники или организации поставок заграничной. Неполное обеспечение хозяйств машинами предопределяет необходимость удлинения срока их эксплуата-

ции уже за пределами установленного ресурса.

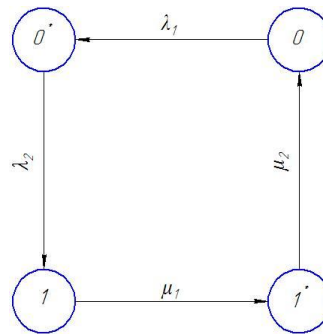


Рис. 2. Граф состояний и переходов стареющих подсистем зерноуборочного комбайна при «стареющих» базах их технического обслуживания:

«0» – работоспособное состояние; «1» – неработоспособное состояние (возобновление); «0'», «1'» – промежуточные (фиктивные) состояния, соответственно работоспособный и неработоспособный.

Fig. 2. Count of the states and transitions of senescent subsystems of combine harvester at the «senescent» bases of their technical service:

«0» – capable of working state;
 «1» – disabled state (renewal);
 «0'», «1'» – transient (fictitious) states, accordingly capable of working and disabled

Естественный процесс старения машин по возможности сдерживается сферой технического обслуживания и ремонта техники. В последнее время в связи с постоянным увеличением количества импортированных машин можно наблюдать развитие базы технического обслуживания (сервисных центров) нового поколения. Фирменный сервис, как правило, привносит новые элементы технологий и оборудования для обслуживания машин. В первую очередь это диагностическое оборудование с передовыми технологиями компьютерной обработки результатов измерений. Кроме того, обновление сферы технического обслуживания

зерноуборочных комбайнов связано с более широким внедрением в конструкции машин гидросистем и поводов, элементов своевременного контроля за состоянием подсистем, предупреждения возможных перегрузок, забиваний и аварийных повреждений. Таким образом, с позиций системного анализа надежности зерноуборочных комбайнов в предлагаемом исследовании рассматривается ситуация, когда машины постепенно снижают свой технический уровень, а ремонтная база их технического обслуживания, напротив, повышает свои потенциальные возможности. В итоге как одна, так и вторая подсистемы находятся в условиях переменных интенсивностей протекания событий, которые формируют свои особенные потоки. Размеченный граф состояний и переходов такой системы представлено на рис. 3.

Экспериментальными исследованиями предвидено, в первую очередь дополнения данных теоретического анализа надежности зерноуборочных комбайнов как сложных технических систем, а также получения новых закономерностей динамики изменений отказов и возобновлений в процессе эксплуатации.

Программа исследований содержит такие направления работ:

1. Оценка наработка комбайнов разных возрастных групп в идентичных полевых условиях реальной эксплуатации.

2. Выявление вида и характера повреждений основных подсистем (узлов и агрегатов) комбайнов.

3. Количественная оценка динамики изменения повреждений при постепенном их накоплении и старении техники.

4. Установление закономерностей формирования отказов зерноуборочных машин в процессе их эксплуатации.

5. Выявление распределения обновительных работ за их сложностью и временем выполнения.

б. Оценка λ, μ - характеристик подсистем комбайнов как основных параметров, которые определяют их надежность.

Существует два направления реализации поставленной цели. Первый связан с оптимизацией своевременного проведения регламентных работ из обслуживания машин. Второе направление предусматривает усовершенствование непосредственной базы технического обслуживания с целью сокращения времени простоя техники на проведение работ из возобновления ее работоспособности.

В силу того, что зерноуборочные комбайны имеют сезонный режим эксплуатации и находятся в работе только в относительно небольшие периоды сбора урожая, которые желательно сокращать к минимуму, показателем работоспособного состояния принята функция готовности $K_{zo}(t)$, а неработоспособной функцию возобновления $K_g(t)$.

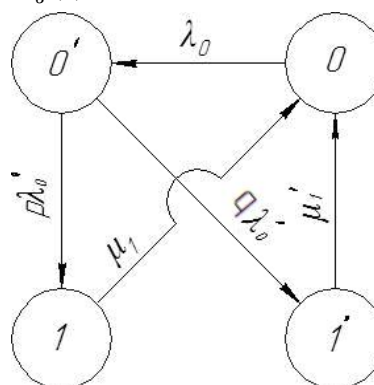


Рис. 3. Граф состояний и переходов для стареющих технических систем и молодующей базы их технического обслуживания.

Fig.3. Count of the states and transitions for the senescent technical systems and rejuvenescent base of their technical service.

Любая из адаптивных стратегий поддержки или развития базы технического обслуживания приводит к дополнительным экономическим выигрышам

в сфере товаропроизводства зерновых. Наиболее эффективной стратегией, которая приводит к максимальным прибылям есть стратегия усовершенствования базы технического обслуживания.

ВЫВОДЫ

Выявлены доминирующие причины отказов деталей и узлов зерноуборочных комбайнов, которыми является изнашивание и аварийные повреждения в результате перегрузок и попадания в механизмы посторонних предметов.

По результатам исследований разработаны математические модели надежности, которые содержат новые отличия относительно описания переходных процессов для систем: «стареющая техника - неизменная база технического обслуживания»; «стареющая техника - стареющая база технического обслуживания»; «стареющая техника - молодеющая база технического обслуживания», какие дали возможность выявить вид и характер функций готовности возобновления, как основных динамических характеристик надежности указанных систем.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ломакин С. 2005 : Зерноуборочной комбайн для вашего поля. Взвешиваем все «за» и «против» / Ломакин С. // Аграрный эксперт. — № 1—3.
2. 1998 : Ринок сільськогосподарської техніки України щиро вітає фірму «Кейс» // Сільськогосподарська техніка. — № 5.
3. 2001 : Как поступить, если у Вашего хозяйства появилась возможность обновить сельскохозяйственную технику // Бюллетень информационно-консультационной службы Московской области. — Вып. №3.
4. 2002 : Модернизация зерноуборочного комбайна СК-5 «Нива» / Коваль С., Войтюк Д., Горбатов В., Афанасьев С. // Техника АПК. — № 7—9, 12—15.
5. Думенко К. М. 2007 : Расчет величины зависимого допуска. Классификация деталей по категориям пригодности при независимых и зависимых допусках / К. М. Думенко, Г. О. Иванов, Д. В. Бабенко // Надежность инструмента и оптимизация технологических систем. Сборник научных трудов. - Краматорск. — № 22, 170—177.
6. Думенко К. М. 2008 : Приоритетные направления обеспечения надежности современной сельскохозяйственной техники / К. М. Думенко, А. И. Бойко, О. В. Бондаренко // Таврический научный вестник. — Херсон: Айлант., — Вып. 59, 331—334.
7. Думенко К. М. 2008 : Особенности распространения нелинейных волн при взаимодействии рабочих органов машин с обрабатываемыми неупругими сплошными средами. Часть 1 / К. М. Думенко, В. С. Ловейкин, Ю. В. Човнюк, Ю. О. Ромасевич, Г. О. Иванов // Вестник аграрной науки Причерноморья. — Николаев: МДАУ. — Вып. 4(47), 230—238.
8. Бондаренко О.В. 2010 : Теоретичне обґрунтування механічної технології відокремлення качанів кукурудзи від стебел інерційними силами / О.В. Бондаренко // MOTROL. MOTORYZACJA I ENERGETYKA ROLNICTWA. – LUBLIN – Tom 12 A, 84 – 92.
9. Anatoliy Yakovenko. 2004 : Оптимизация режимов работы тракторных агрегатов / Anatoliy Yakovenko, Leonid Doroshenko, Krzysztof Plizga // MOTROL. MOTORYZACJA I ENERGETYKA ROLNICTWA. – LUBLIN – Tom 6, 269 – 273.
10. Volodymir Bulgakov. 2004 : Проектування сільськогосподарської техніки, її відповідальність міжнародним вимогам якості, стандартизації і сертифікації / Volodymir Bulgakov, Oleksandr Sidorchuk // MOTROL. MOTORYZACJA I ENERGETYKA ROLNICTWA. – LUBLIN – Tom 9 A, 207 – 211.

11. Жалним Э. В. 1998 : Прогнозы развития зерноуборочной техники / Э. В. Жалним // Техника в сел. хозяйстве — №4.

12. Кукса В. 2001 : Комбайни «CLAAS». Технологічні можливості і ефективність використання в умовах України / Кукса В., Гулько О. // Техніка АПК — №10—12, 19—22.

13. Горбатов В. 2006 : Конструктивні особливості зернозбиральних комбайнів 3000-ї серії фінської компанії «SAMPO SERENLEV» / Горбатов В. // Техніка АПК — № 1—2, 12—14.

14. Нечипоренко В. И. 1997 : Структурный анализ систем (эффективности и надежности) / Нечипоренко В. И. // — М. : Советское радио, 211.

15. Труханов В. М. 1995 : Методы обеспечения надежности изделий машиностроения / В. М. Труханов // — М.: Машиностроение, 304.

16. Каштанов В. А. 2002 : Теория надежности сложных систем / В. А. Каштанов, А. И. Медведев. — М. : Издво «Европейский центр по качеству», 469.

17. Липаев В. В. 1998 : Надежность программных средств / В. В. Липаев. — М. : Синтез, 246.

18. Острейковский В. А. 2009 : Теория надежности / В. А. Острейковский. — М. : Высшая школа, 363.

19. Гнеденко Б. В. 1965 : Математические методы в теории надежности / Б. В. Гнеденко, Ю. К. Беляев, А. Д. Соловьев. — М. : Наука, 524.

20. Ермаков А. А. 1999 : Прогнозирование состояний систем / А. А. Ермаков. Иркутск: ИрИИТ, 112.

reliability of combine harvesters by the improvement of the system of their technical service. The new decision of the put task was found by the experimental addition and confirmation in determination of basic parameters of streams of refuses and proceedings in a senescent technique.

Key words: combine harvester, system, technical service, reliability, refuse, renewals, coefficient of readiness, coefficient of renewal, emergency damage, exploitation, outages, losses of harvest, distributing histogram.

DESIGN OF PROCESS OF PROVIDING OF RELIABILITY OF COMBINE HARVESTERS

Abstract. In the article theoretical generalization and new methods is resulted decision of scientific problem which appears in development of scientific and technical bases of providing of