

лабораторного стенда, а именно использование нижнего молокопровода для имитации доильного зала. Также установлена систематическая зависимость показаний счетчика от интенсивности молоковыведения. Указанное систематическое отклонение корректируется внесением поправочного коэффициента, который при изменении интенсивности молоковыведения от  $1,666 \times 10^{-5} \text{ м}^3/\text{с}$  до  $6,666 \times 10^{-5} \text{ м}^3/\text{с}$  меняется соответственно от 1,299 до 1,750.

### Заключение

Разработан счетчик молока на основе проточного датчика емкостного типа, который пригоден для определения интенсивности молоковыведения и ежедневного индивидуального надоя коров при доении как в доильном зале, так и в стойлах.

### Список использованных источников

1. Патент US 4,231,324. Milk quantity meter / Peter Schletter (США).
2. Патент US 5,016,569. Automatic milk counter of milking unit / G.A. Moskvina (США).
3. Кирсанов В. В. Совершенствование технических средств учета молока на базе микропроцессорной техники / В. В. Кирсанов // Материалы научнотехнич. конф. по методам и техническим средствам, применяемым при испытаниях сельскохозяйственной техники. – М.: АГРОНИИЭТО, 1988 г.
4. Акупиан А. Н. К вопросу обоснования конструктивных параметров счётчика молока / А. Н. Акупиан // Достижения науки и техники АПК №12. – 2008. – С. 56–58.
5. URL: <http://www.scrdairy.com/milking-intelligence/freeflow-series.html>
6. URL: <http://www.delaval.ru/-/Product-Information1/Milking/Products/Milking-point/Milk-recording/MM25-SG>
7. URL: <http://www.becoknows.com>
8. URL: <http://www.panazoo.it/mmcompact-plus.html>
9. Дмитрів В. Т. Обґрунтування параметрів вимірювача потоку молока в процесі машинного доїння: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук: спец. 05.05.11 «Машини і засоби механізації сільськогосподарського виробництва» / В. Т. Дмитрів. – Київ, 1995. – 20 с.
10. Ткач В. В., Ткачук С. В. Обґрунтування принципу дії проточного датчика витрат молока ємнісного типу. Механізація та електрифікація сільського господарства: загальнодержавний зб. ННЦ «ІМЕСГ». Главаха, 2016. Вип. 3 (102). С. 113–119.
11. Ткач В. В., Ткачук С. В. Теоретичні основи лічильника молока на базі проточного датчика ємнісного типу. Механізація та електрифікація сільського господарства: загальнодержавний зб. ННЦ «ІМЕСГ». Главаха, 2018. Вип. 7 (106). С. 110–116.

УДК 631.372:629.114.4

Поступила в редакцию 25.10.2019  
Received 25.10.2019

**В. И. Скибчик, Л. И. Шаповал, Р. Б. Кудринский, В. И. Днесь**

*Национальный научный центр «Институт механизации и электрификации сельского хозяйства»  
пгт. Главаха, Васильковский р-н, Киевская обл., Украина*

### **НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ОБОСНОВАНИЯ РАЦИОНАЛЬНЫХ СРОКОВ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ И РЕМОНТА МОБИЛЬНОЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ**

В статье раскрыта концепция стратегии адаптивного технического обслуживания и ремонта мобильной сельскохозяйственной техники, а также обозначены ее преимущества над известными подходами к организации ремонтно-обслуживающих работ. Раскрыты закономерности сезонной загрузки мобильной сельскохозяйственной техники в хозяйствах различных природно-производственных зон Украины. Раскрыт обобщенный алгоритм обоснования рациональных сроков технического обслуживания и ремонта мобильной сельскохозяйственной техники на основе стратегии адаптивного технического обслуживания и ремонта.

*Ключевые слова:* рациональные сроки, техническое обслуживание, ремонт, алгоритм, стратегия, сельскохозяйственная техника.

## SCIENTIFIC AND METHODOLOGICAL BACKGROUNDS OF JUSTIFICATION OF RATIONAL TERMS OF MAINTENANCE AND REPAIR OF MOBILE AGRICULTURAL EQUIPMENT

The article discloses the concept of the strategy of adaptive maintenance and repair of mobile agricultural equipment, as well as its advantages over the well-known approaches to the organization of repair and maintenance work. The discloses of seasonal loading of mobile agricultural equipment in the farms of various natural production zones of Ukraine are revealed. A generalized algorithm has been developed to justify rational terms for maintenance and repair of mobile agricultural equipment based on the adaptive maintenance and repair strategy.

*Keywords:* rational terms, maintenance, repair, algorithm, strategy, agricultural equipment.

### Введение

Низкий уровень технического оснащения сельскохозяйственных товаропроизводителей привел к увеличению нагрузки на технические средства, в частности, на мобильную сельскохозяйственную технику (МСТ). Несоблюдение условий эксплуатации МСТ, своевременного диагностирования и выполнения технического обслуживания снижают ее надежность. Простой МСТ из-за ее технического обслуживания и ремонта в периоды интенсивного выполнения механизированных работ влекут за собой растяжение сроков выполнения работ и, соответственно, потери урожая.

Одним из путей повышения эффективности использования МСТ и уменьшения потерь урожая из-за простоя неработоспособной техники является разработка и использование стратегии ее адаптивного технического обслуживания и ремонта (САТОР).

### Основная часть

На сегодня доминирующей стратегией технического обслуживания и ремонта МСТ является плано-предупредительная [1]. Она предусматривает разработку годовых и месячных плано-графиков технического обслуживания и ремонта машин, определение количества плановых технических обслуживаний и ремонтов по каждой машине, находящейся на балансе хозяйства [1, 2, 3]. Основным недостатком плано-предупредительной стратегии технического обслуживания и ремонта МСТ является то, что техническое обслуживание или ремонт технического средства могут быть назначены на период с высокой интенсивностью выполнения сельскохозяйственных работ. Это приводит к непроизводительным простоям техники, которая ремонтируется, и, как следствие – к потерям урожая из-за увеличения сроков выполнения работ.

Предложенная нами стратегия адаптивного технического обслуживания и ремонта МСТ базируется на гипотезе о том, что в каждом сезоне выращивания продукции растениеводства существуют периоды низкой концентрации или отсутствия работ с использованием МСТ, а также периоды, в течение которых эти работы не могут выполняться (через агрометеорологические условия). В такие временные промежутки, при необходимости, целесообразно выполнять техническое обслуживание и ремонт МСТ. Вероятность появления и продолжительность указанных периодов, для условий данного сельхозтоваропроизводителя, можно прогнозировать [4, 5, 6, 7, 8].

Анализ МСТ в процессах выращивания продукции растениеводства показывает, что исполняемый ими сезонный объем механизированных работ имеет нестабильный характер с пиковыми весенними и осенними периодами (рис. 1).

Своевременность выполнения механизированных сельскохозяйственных процессов зависит от их энергообеспеченности, что отражается коэффициентом технической готовности сельхозтоваропроизводителя в определенный момент времени  $t - K_{rz}(t)$  [9]:

$$K_{rz}(t) = \frac{N_c(t)}{N_s(t)}, \quad (1)$$

где  $N_c(t)$ ;  $N_s(t)$  – число единиц исправной и общее число техники, находящейся в эксплуатации на  $t$ -й момент времени, соответственно.

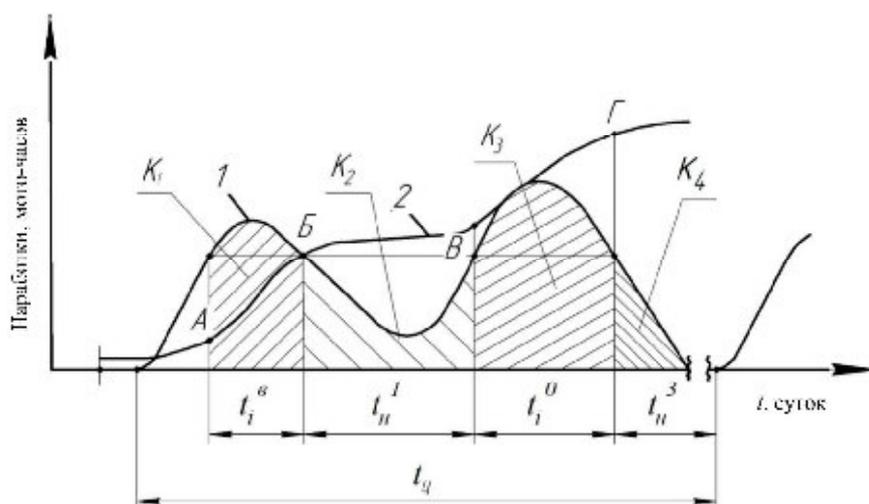


Рис. 1. – Графическая интерпретация планового сезонного объема механизированных работ в процессах выращивания продукции растениеводства (1) и аккумулятивного расхода топлива трактором (2):

$t_i^e, t_i^o$  – продолжительность весеннего и осеннего периодов интенсивного использования тракторов, соответственно;  
 $t_n^l, t_n^s$  – продолжительность летнего и зимнего периодов неинтенсивного использования тракторов, соответственно;  
 $t_{\text{ц}}$  – продолжительность сезонного цикла механизированных работ;  $A, B, \Gamma$  – характерные моменты изменения интенсивности использования тракторов;  $K_1, K_2, K_3, K_4$  – коэффициенты технической готовности трактора для весеннего, летнего, осеннего и зимнего периодов, соответственно

Учитывая изменчивость объема механизированных работ во времени, можно утверждать, что необходимый коэффициент технической готовности сельхозтоваропроизводителя тоже будет переменным. В частности, на периоды высокой интенсивности выполнения сельскохозяйственных работ ( $t_i^e, t_i^o$ , рис. 1) этот коэффициент должен быть высоким. Уменьшение  $K_{rz}(t)$  приводит к снижению энергообеспеченности механизированных сельскохозяйственных процессов, что является причиной несвоевременности их выполнения, а затем потерь потенциального урожая ( $B_r$ ):

$$B_r = f(N_3(t) \cdot K_{rz}(t)). \quad (2)$$

В результате выполнения техническим средством сельскохозяйственных работ в каждый сезон аккумулятивный (суммарный) расход горючего ним, характеризующий наработку, будет увеличиваться (кривая 2, рис. 1), а показатели работоспособности средства уменьшаться. В периоды высокой концентрации работ наработка МСТ будет расти стремительнее, соответственно работоспособность техники уменьшаться быстрее. Сезонный объем сельскохозяйственных работ зависит от природно-производственных характеристик  $P_B$  сельхозтоваропроизводителя – характеристик производственных планов выращивания культур (площади полей, длины их гона, виды культур) по состоянию предмета труда (полей и растений на них). Соответственно можно утверждать, что наработка  $Gt$  является функцией природно-производственных характеристик  $P_B$  сельхозтоваропроизводителя. Кроме того, наработку отдельной единицы МСТ определяют характеристики технического обеспечения  $T_n$  сельхозтоваропроизводителя – количественный и качественный состав парка МСТ:

$$Gt = f(P_B, T_n). \quad (3)$$

Спрогнозировав сезонный наработка МСТ в условиях сельхозтоваропроизводителя, можно определить необходимость проведения ремонтно-обслуживающих работ в сезон. Рациональные сроки выполнения ремонтно-обслуживающих работ МСТ с учетом природно-производственных характеристик сельхозтоваропроизводителя и характеристик его технического обеспечения можно обосновать на основе САТОР. Рассмотрим более подробно этапы формирования САТОР (рис. 2).



Рис. 2. – Обобщенный алгоритм обоснования рациональных сроков технического обслуживания и ремонта мобильной сельскохозяйственной техники на основе САТОР

Первыми двумя этапами формирования САТОР (рис. 2) предусматривается идентифицировать природно-производственные и агрометеорологические условия выращивания продукции растениеводства сельхозтоваропроизводителем. Если природно-производственные условия в течение сезона являются относительно неизменными и планируются заранее, то агрометеорологические условия являются изменчивыми в течение как всего сезона, так и отдельных суток. Для определения вероятности появления и продолжительности периодов, в которые невозможно выполнять те или иные сельскохозяйственные работы с агрометеорологических причин, следует создать их математические модели. Не вдаваясь в методологию создания и использования таких моделей [4, 5, 6, 7, 10], необходимо отметить, что они базируются на многолетних ретроспективных данных по изменению агрометеорологических показателей на территории данного сельхозтоваропроизводителя.

Третьим этапом (рис. 2) для обоснования рациональных сроков технического обслуживания и ремонта МСТ на основе САТОР предусматривается анализ ремонтно-эксплуатационных показателей (остаточный ресурс, наработка) заданной единицы МСТ сельхозтоваропроизводителя. Результатом его реализации являются текущие значения остаточного ресурса и наработка каждой единицы МСТ сельхозтоваропроизводителя. Это является отправной точкой для дальнейшего статистического имитационного моделирования процессов сезонного использования МСТ сельхозтоваропроизводителем и прогнозирования изменения остаточного ресурса и наработки техники.

На этапе 4 (рис. 2) выполняется статистическое имитационное моделирование процессов сезонного использования МСТ сельхозтоваропроизводителем. Предварительно для этого следует разработать соответствующую компьютерную модель. Статистическая имитационная модель процессов сезонного использования МСТ сельхозтоваропроизводителем должна: посезонно формировать объемы механизированных работ в соответствии с заданными исходными данными природно-производственных характеристик сельхозтоваропроизводителя и характеристик его технического обеспечения; моделировать агрометеорологические условия периода выполнения механизированных работ; формировать сезонную календарную ось с ненастными промежутками времени, в которые выполнение механизированных работ невозможно; воспроизводить процессы выполнения механизированных сельскохозяйственных работ каждым техническим средством МСТ сельхозтоваропроизводителя и моделировать изменение их остаточного ресурса и наработки; определять сезонные периоды с низкой интенсивностью выполнения сельскохозяйственных работ МСТ; формировать множество возможных вариантов адаптивных планов сезон-

ного технического обслуживания и ремонта каждой единицы МСТ; генерировать технико-экономические показатели адаптивных планов сезонного технического обслуживания и ремонта каждой единицы МСТ.

Этапом 5 (рис. 2) предполагается обработка и анализ результатов статистического имитационного моделирования процессов сезонного использования МСТ сельхозтоваропроизводителем, стоимостное оценивание реализации возможных адаптивных планов технического обслуживания и ремонта каждой единицы МСТ по полученным технико-экономическим показателям.

На этапе 6 (рис. 2) выполняется обоснование рационального сезонного адаптивного плана технического обслуживания и ремонта МСТ по критерию минимума совокупных затрат средств при реализации САТОР. Совокупные затраты средств при реализации САТОР учитывают затраты на выполнение технического обслуживания и ремонта  $r$ -й единицы МСТ ( $Z_{TOP_r}$ ), стоимость потерь потенциального урожая ( $B_r$ ), вызванных несвоевременным выполнением механизированных сельскохозяйственных работ  $r$ -й единицей МСТ через ее неработоспособность, затраты средств через недоиспользование технического ресурса  $r$ -й единицей МСТ ( $Z_{P_r}$ ):

$$B_{\Sigma} = \sum_r (Z_{TOP_r} + B_r + Z_{P_r}) \rightarrow \min. \quad (4)$$

Реализация разработанного алгоритма обоснования рациональных сроков технического обслуживания и ремонта мобильной сельскохозяйственной техники на основе САТОР позволит выполнять техническое обслуживание и ремонт МСТ в периоды низкой концентрации или отсутствия механизированных работ, обоснованные с учетом природно-производственных характеристик сельхозтоваропроизводителя, характеристик его технического обеспечения и агрометеорологических условий.

### Заключение

Итак, действующая планово-предупредительная стратегия технического обслуживания и ремонта техники не учитывает периоды высокой интенсивности выполнения сельскохозяйственных работ, обусловленные природно-производственными характеристиками сельхозтоваропроизводителя, характеристиками его технического обеспечения и агрометеорологических условий. Это является основанием разработки и использования стратегии адаптивного технического обслуживания и ремонта мобильной сельскохозяйственной техники.

Установлено, что основными факторами, которые обуславливают потребность технического обслуживания и ремонта техники является ее остаточный ресурс и наработка, а факторами, которые определяют возможные периоды технического обслуживания и ремонта техники – природно-производственные и агрометеорологические характеристики сельхозтоваропроизводителя. Прогнозирование влияния обоснованных факторов на процессы использования мобильной сельскохозяйственной техники лежит в основе обоснования рациональных сроков ее технического обслуживания.

Формирование стратегии адаптивного технического обслуживания и ремонта мобильной сельскохозяйственной техники базируется на статистическом имитационном моделировании процессов сезонного использования техники сельхозтоваропроизводителем. Такая модель должна учитывать природно-производственные характеристики сельхозтоваропроизводителя, характеристики его технического обеспечения, агрометеорологические условия и генерировать технико-экономические показатели множества возможных вариантов адаптивных планов сезонного технического обслуживания и ремонта каждой единицы техники.

Установлено, что критерием обоснования рационального сезонного адаптивного плана технического обслуживания и ремонта мобильной сельскохозяйственной техники является минимум совокупных средствозатрат при реализации соответствующей стратегии. Совокупные затраты средств должны учитывать расходы на выполнение технического обслуживания и ремонта техники, стоимость потерь потенциального урожая, вызванных несвоевременным выполнением механизированных сельскохозяйственных работ техникой через ее неработоспособность, и расходы средств через недоиспользование технического ресурса техники.

## Список использованных источников

1. ГОСТ 18322-78 (СТ СЭВ 5151-85) Система технического обслуживания и ремонта техники. Термины и определения. – Москва: Издательство стандартов, 1991. – 21 с.
2. Новицький, А. В. Моніторинг тенденцій розвитку системи технічного обслуговування і ремонту сільськогосподарської техніки / А. В. Новицький / Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів. Науковий журнал, Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка. – 2014. – С. 41–48.
3. Молодик, М. В. Обґрунтування правил призначення ремонтно-обслуговуючих робіт для забезпечення надійності сільськогосподарської техніки / М. В. Молодик, О. В. Смашнюк / Вісник ХНТУСГ імені Петра Василенка. – 2010. – Вип. 96. – С. 3–10.
4. Сидорчук, О. В. Аналіз методів дослідження та моделей подій у проектах на різних етапах планування збирання ранніх зернових. / О. В. Сидорчук, В. І. Днесь, В. І. Скібчик / Комп'ютерно-інтегровані технології: освіта, наука, виробництво. Науковий журнал. Луцьк, ЛНТУ. – 2011. – №7. – С.141–144.
5. Днесь, В. І. Прогнозування дат досягання ранніх зернових культур на основі моделювання / В. І. Днесь, В. І. Скібчик, С. Г. Жуль / Механізація та електрифікація сільського господарства: міжвід. темат. наук. зб. Глеваха. – 2014. – Т. 2, Вип. 99. – С. 384–391.
6. Сидорчук, О. В. Аналіз процесу формування добового організаційно-відкоригованого фонду робочого часу на виконання післязбиральної обробки зерна / О. В. Сидорчук, В. І. Днесь, В. І. Скібчик / Перспективи і тенденції розвитку конструкцій та технічного сервісу сільськогосподарських машин і знарядь: тези доп. II Всеукраїнська наук.-практ. конф. Житомир: ЖАТК. – 2016. – С. 61–64.
7. Сидорчук, О. В. Подієвий підхід до моделювання агрометеорологічних умов під час збирання ранніх зернових культур / О. В. Сидорчук, В. І. Днесь, В. І. Скібчик / Математичне та імітаційне моделювання систем. МОДС 2016: тези доп. Одинадцятій Міжнародній наук.-практ. конф. Чернівці: ЧДІТУ. – 2016. – С. 59–63.
8. Kudrynetskyi, R. Methodical principles of modeling of subject-agrometeorological events in technological processes growing of grain crops / R. Kudrynetskyi, V. Dnes, V. Skibchuk // ТЕКА. An International Quarterly Journal on Motorization, Vehicle Operation, Energy Efficiency and Mechanical Engineering. Lublin-Rzeszow. – 2018. – Vol. 18. No. 3. – Pp. 129–139
9. Молодик, М.В. Наукові основи системи технічного обслуговування і ремонту машин у сільському господарстві / М.В. Молодик. – Кіровоград: КОД, 2009. – 180 с.
10. Сидорчук, О. В. Реформування сільськогосподарських підприємств і параметри сервісних систем / О. В. Сидорчук, В.М. Боярчук, А.М. Тригуба, І.М. Бендера, С.Р. Сенчук / Зб. наук. праць, № 10. – Кам'янець-Подільський: Ред.-вид. відділ ПДАТА. – 2002. – С. 221–223.

УДК 631.937.33

Поступила в редакцію 25.10.2019  
Received 25.10.2019

**С. О. Маранда**

*Национальный научный центр «Институт механизации и электрификации сельского хозяйства»,  
пгт Глеваха, Украина,*

### **ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА РАСПРЕДЕЛЕНИЯ БИОМАТЕРИАЛА НА ПОЛЕ ПРИ РАССЕЛЕНИИ ТРИХОГРАММЫ БЕСПИЛОТНЫМ ЛЕТАТЕЛЬНЫМ АППАРАТОМ**

В статье рассматривается проблема повышения качества сельскохозяйственной продукции растениеводства за счет внедрения метода биологической защиты растений от вредителей.

Для решения данной задачи проведены теоретические исследования процесса полета частицы биоматериала и проведена экспериментальная проверка дозирующе-высевающего устройства (ДВУ) беспилотного летательного аппарата для расселения трихограммы по определению распределения биоматериала на поле.

*Ключевые слова:* дозирующе-высевающее устройство, эжектор, беспилотный летательный аппарат, биологическая защита растений, расселение трихограммы, норма расселения, ширина захвата.

**S. O. Maranda**

*National Science Center “Institute of Agricultural Mechanization and Electrification”,  
Glevakha Township, Ukraine,*

### **RESEARCH OF THE PROCESS OF DISTRIBUTION OF BIOMATERIAL ON THE FIELD AT THE RESERVATION OF THE TRIGROGRAM BY AN UNMANNED AIRCRAFT**

The article deals with the problem of improving the quality of agricultural crop production due to the introduction of biological protection of plants from pests.

To solve this problem, theoretical studies of the process of flight of a particle of biomaterial were carried out and an experimental verification of the dosing and seeding device of an unmanned aerial vehicle for settling the trichogram was performed to determine the distribution of biomaterial on the surface of the field.