

**ИНФОРМАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ СИСТЕМЫ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПАРАМЕТРОВ  
ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ УЗЛОВ И АГРЕГАТОВ ГРУЗОВЫХ АВТОМОБИЛЕЙ  
ПРЕДПРИЯТИЙ АПК С ПРИМЕНЕНИЕМ КОМПЬЮТЕРА****INFORMATION MODEL OF COMPUTER AIDED SYSTEM  
FOR FORECASTING THE TECHNICAL CONDITION OF UNITS  
OF LOAD-CARRYING VEHICLES AT AGRICULTURAL ENTERPRISES**

**Ключевые слова:** агрегаты и узлы грузового автомобиля, техническое состояние, прогнозирование параметров технического состояния, информационно-алгоритмическая поддержка прогнозирования, информационная модель системы прогнозирования, программно-алгоритмический и информационный комплекс, остаточный ресурс узла и агрегата.

Описана информационная модель системы программно-алгоритмических и информационных средств (ПАИС) для усовершенствованного прогнозирования параметров технического состояния узлов и агрегатов грузового автомобиля (ГА) парка хозяйства на компьютере по результатам диагностирования, представленная как иерархически связанные множества полной совокупности ее компонентов. В качестве компонентов программно-алгоритмических и информационных средств выделены множество рассматриваемых моделей ГА; их узлы и агрегаты; параметры технического состояния ГА; номинальное, текущее и допустимое без ремонта значения параметров технического состояния; остаточный ресурс параметра технического состояния; приемы совершенствования прогнозирования; коэффициент кривизны изменения прогнозируемого параметра во времени; нормативно-справочная информация; входная оперативная информация; оперативная расчетная/выходная информация; выработка управляющих воздействий; операции диагностирования агрегатов и узлов ГА при очередном техническом обслуживании № 1 и ряд других. Данная модель применима в разработке системы ПАИС в среде электронной табли-

цы компьютера для реально существующих в хозяйствах парков автомобилей.

**Keywords:** units of a load-carrying vehicle, technical condition, forecasting of technical condition parameters, informational-algorithmic forecasting support, informational model of forecasting system, software-algorithmic and informational complex, remaining life of units.

This paper discusses an information model of a computer aided system of software-algorithmic and information tools for advanced forecasting of the parameters of the technical condition of components and aggregates of a load-carrying vehicle by the results of diagnostics presented as hierarchically related sets of the complete set of its components. As components of software-algorithmic and information tools, many of the considered models of load-carrying vehicles are identified; their components and aggregates; parameters of the technical condition of load-carrying vehicles; nominal, current and permissible values of the technical condition parameters without repair; the remaining resource of the technical condition parameter; methods for improving forecasting; the coefficient of curvature of the change in the predicted parameter over time; normative and reference information; input operational information; operational calculation/output information; development of control actions; operations for diagnosing units and components of load-carrying vehicles during the next maintenance No. 1 and others. This model is applicable in the development of a system in the environment of a computer spreadsheet for load-carrying vehicles that actually exist on farms.

**Сидоренко Максим Николаевич**, аспирант, СибИМЭ, Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий РАН, п. Краснообск, Новосибирская область, Российская Федерация, e-mail: maks\_ru@bk.ru.

**Криков Аркадий Максимович**, д.т.н., профессор, гл. н.с., СибИМЭ, Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий РАН, п. Краснообск, Новосибирская область, Российская Федерация, e-mail: krikov2010@mail.ru.

**Sidorenko Maksim Nikolayevich**, post-graduate student, Siberian Federal Scientific Center of Agro-Biotechnologies, Rus. Acad. of Sci., Krasnoobsk, Novosibirsk Region, Russian Federation, e-mail: maks\_ru@bk.ru.

**Krikov Arkadiy Maksimovich**, Dr. Tech. Sci., Prof., Chief Staff Scientist, Siberian Federal Scientific Center of Agro-Biotechnologies, Rus. Acad. of Sci., Krasnoobsk, Novosibirsk Region, Russian Federation, e-mail: krikov2010@mail.ru.

**Введение**

Одним из эффективных приемов технической эксплуатации грузовых автомобилей (ГА) явля-

ется прогнозирование остаточного ресурса их узлов и агрегатов, осуществляемое по результатам диагностирования с использованием из-

вестных подходов [1]. Реализация таких подходов в процессе обслуживания тракторов и грузовых автомобилей показала их практическую приемлемость и при применении информационных технологий [1, 2]. Нами были определены возможные усовершенствования упомянутых методических подходов с намерением их реализации в процессе эксплуатации грузовых автомобилей семейства КамАЗ и ГА автозавода ГАЗ как основной группы широко используемых машин в агропромышленном комплексе (АПК). Начата разработка системы программно-алгоритмических и информационных средств (ПАИС) усовершенствованного прогнозирования остаточного ресурса узлов и агрегатов грузовых автомобилей. В частности, такое усовершенствование прогнозирования параметров технического состояния узлов и агрегатов грузового автомобиля может быть осуществлено в четырех направлениях, позволяющих уточнять статистическую оценку прогнозируемого параметра и выработку управляющих воздействий по дальнейшей эксплуатации ГА. Указанные направления реализуемы на базе комплекса ПАИС [3]. Одним из этапов реализации указанных усовершенствований является разработка информационной модели (ИМ) разрабатываемой системы. Ниже дается ее изложение.

В процессе моделирования выполняется построение ИМ реально существующих в хозяйстве парка автомобилей в разрезе их узлов и агрегатов. В модели описываются и детализируются процессы, функции, информационные потоки и другие характеристики. Для построения ИМ используют системный анализ, задачей которого является выделение существенных частей и свойств разрабатываемой системы, связей между ними [4]. Выбор существенных свойств ИМ устанавливается содержанием технических параметров при ТД. В процессе прогнозирования рассматривается парк ГА хозяйства в виде их множества с заданными количественными в разрезе моделей. Целью построения ИМ является выявление полного множества компонент ПАИС и систематизация их взаимосвязей в решении задачи прогнозирования остаточного ресурса параметров технического состояния узлов и агрегатов определенного ГА, осуществляемого по результатам его диагностирования. К задачам исследования относятся выявление состава нормативно-справочной, оперативной и выходной информации, а также

приемов ее обработки в разрезе выбранных пользователем направлений прогнозирования из четырех заданных с учетом возможностей единого представления совокупности всех компонентов ПАИС в среде электронной таблицы определенного пакета программ на компьютере.

### Объекты и методы

Представим вначале информационную модель системы усовершенствованного прогнозирования как совокупность следующих трех (тройку) основных объектов, непосредственно связанных с процессом обслуживания ГА:

$$\text{ИМУПП} = \{ \text{МПАС}, \text{МОГА}_i, N_i \}, \quad (1)$$

где МПАС – множество необходимых ПАИС;

МОГА – совокупность  $i$ -х моделей ГА, которые обслуживаются данным ПАИС,  $i = 1, 2, \dots, I$ ;  $I$  – число моделей ГА, рассматриваемых в системе;

$N_i$  – число ГА  $i$ -й модели.

Каждая из составляющих выражения (1) может быть представлена в виде самостоятельных частей модели. Исходя из сказанного множество необходимых ПАИС запишется в виде:

$$\text{МПАС} = \{ \text{МИПП}, \text{СУПП}, \text{КПАИС} \}, \quad (2)$$

где МИПП – множество известных приемов прогнозирования;

СУПП – совокупность усовершенствований приемов прогнозирования;

КПАИС – комплекс программно-алгоритмических и информационных средств для реализации приемов прогнозирования.

Информационную составляющую параметра МОГА из (1) запишем в виде:

$$\text{МОГА}_i = \{ \text{НГА}_i, \text{КПГА}_i, \text{ОХП}, \text{ЧХП}_i \}, \quad (3)$$

где НГА <sub>$i$</sub>  – наименование  $i$ -й модели ГА;

КПГА – количество учитываемых параметров для  $i$ -й модели ГА;

ОХП – общая характеристика параметров ГА;

ЧХП – частная характеристика параметров  $i$ -й модели ГА.

В выражении (3) величина ПГА <sub>$i$</sub>  представится выражением:

$$\text{ОХП} = \{ \text{ИП}, \text{НЗП}, \text{ДЗП} \}, \quad (4)$$

где ИП – наименование параметра;

НЗП – номинальное значение параметра;

ДЗП – допустимое без ремонта значение параметра.

В выражении (3) величина ЧХП <sub>$i$</sub>  для ГА  $i$ -й модели представится выражением:

$$\text{ЧХП}_i = \{ \text{И1П}_i, \text{НЗ1П}_i, \text{ДЗ1П}_i, \text{И2П}_i, \text{НЗ2П}_i, \text{ДЗ2П}_i, \dots, \text{ИJП}_i, \text{НЗJП}_i, \text{ДЗJП}_i \}, \quad (5)$$

где  $I1Pi$  – наименование 1-го параметра ГА  $i$ -й модели;

$N13Pi$  – номинальное значение 1-го параметра ГА  $i$ -й модели;

$D13Pi$  – допустимое без ремонта значение 1-го параметра ГА  $i$ -й модели;

$I2Pi$  – наименование 2-го параметра ГА  $i$ -й модели;

$N32Pi$  – номинальное значение 2-го параметра ГА  $i$ -й модели;

$D32Pi$  – допустимое без ремонта значение 2-го параметра ГА  $i$ -й модели;

$IjPi$  – наименование  $j$ -го (последнего) параметра ГА  $i$ -й модели;

$N3jPi$  – номинальное значение  $j$ -го (последнего) параметра ГА  $i$ -й модели;

$D3jPi$  – допустимое без ремонта значение  $j$ -го (последнего) параметра ГА  $i$ -й модели.

Заметим, что в инфосистеме должно быть представлено полное множество параметров (4) по всем учитываемым моделям ГА.

Обратимся теперь к выражению (2), и информационную модель множества известных приемов прогнозирования запишем в виде:

$$МИПП = \{ ПОСИ, ПВК\alpha, ПВУВНПО \}, \quad (6)$$

где ПОСИ – прием оценки скорости изменения учитываемого параметра;

ПВК $\alpha$  – прием выбора коэффициента кривизны изменения прогнозируемого параметра;

ПВУВНПО – прием выработки управляющего воздействия на прогнозируемый объект.

Усовершенствование прогнозирования параметров технического состояния узлов и агрегатов грузового автомобиля может быть осуществлено в следующих направлениях: произвести оценку текущей скорости изменения рассматриваемого параметра на основе учета всех однотипных данных на самом диагностируемом автомобиле и на других образцах рассматриваемой его модели; осуществлять корректировку значений начально задаваемых коэффициентов  $\alpha$ , используемых при оценке динамики изменения прогнозируемых параметров, на основе реальных данных динамики применительно рассматриваемой модели автомобиля; выработка управляющих воздействий, предусматривающих формирование перечня операций для более раннего диагностирования определенных параметров автомобиля, чем это принято существующей системой его технического диагностирования; формирования управляющих воздействий в разрезе агрегатов и узлов автомобиля с

учетом значений параметров их технического состояния, близких к предельно допустимому.

Совокупность усовершенствований приемов прогнозирования можно записать в виде:

$$СУПП = \{ УПП1, УПП2, УПП3, УПП4 \}, \quad (7)$$

где УПП1, УПП2, УПП3 и УПП4 – усовершенствованные приемы прогнозирования 1, 2, 3 и 4 соответственно.

Информационная модель комплекса ПАиС по реализации приемов прогнозирования может быть представлена в виде:

$$КПАИС = \{ НСИ, ХПГА, ВОИ, ОРИ, РУВНОП \}, \quad (8)$$

где НСИ – нормативно справочная информация;

ХПГА – характеристика парка ГА СХТП;

ВОИ – входная оперативная информация;

ОРИ – оперативная расчетная/выходная информация;

РУВНОП – рекомендуемые управляющие воздействия на прогнозируемый объект (ГА).

Нормативно-справочная информация представится в виде:

$$НСИ = \{ НСИСГА, НСИГА1, НСИГА2, \dots, НСИГАI \}, \quad (9)$$

где НСИСГА – нормативно справочная информация о составе учитываемых ГА;

НСИГА1, ..., НСИГАI – нормативно справочная информация о ГА 1-й, 2-й, ..., I моделей соответственно.

Нормативно-справочная информация о ГА в (9) представится в виде:

$$НСИГАI = \{ ШМГА1, ШМГА2, \dots, ШМГАI, СГА1, СГА2, \dots, СГАI, ХНГА1 \}, \quad (10)$$

где ШМГА1, ШМГА2, ..., ШМГАI – шифры 1-й, 2-й, ..., I-й моделей ГА соответственно; СГА1, СГА2, ..., СГАI – справочники 1-й, 2-й, ..., I-й моделей ГА соответственно.

Информация с характеристикой парка ГА СХТП представится в виде:

$$ХПГА = \{ I, ХПГА1, ХПГА2, \dots, ХПГАI \}, \quad (11)$$

где I – количество учитываемых моделей ГА;

ХПГА1, ХПГА2, ..., ХПГАI – характеристики парка ГА 1-й, 2-й, ..., I-й моделей соответственно.

Информация с характеристикой парка ГА определенной модели представится в виде:

$$ХПГАI = \{ НГАI, КГАI, ХН1ГАI, ХН2ГАI, \dots, ХН_{КГАI}ГАI \}, \quad (12)$$

где НГАI – наименование  $i$ -й модели ГА; КГАI – количество ГА  $i$ -й модели; ХН1ГАI, ХН2ГАI, ...,

$XH_{KGA}I$  – хозяйственные номера 1-го, 2-го, ...,  $KGA$ -го  $GA$  модели соответственно.

При реализации данной составляющей ИМ можно воспользоваться выражениями (3) и (4).

Входная оперативная информация может быть представлена в виде:

$$BOI = \{ \text{ШМГА, ХНГА, ДПД}, D_{0I}, PD_{0I}, \text{ШПУ} \}, \quad (13)$$

где ШМГА – шифр модели  $GA$ , поступившей на диагностирование и прогнозирование;

ХНГА – хозяйственный номер поступившего  $GA$ ;

ДПД – дата поступления  $GA$  на диагностирование;

$D_{0I}$  – пробег поступившего автомобиля к моменту текущей диагностики;

$PD_{0I}$  – значения параметров технического состояния агрегатов и узлов поступившего автомобиля по данным его текущего диагностирования;

ШПУ – шифр выбранного приема прогнозирования.

Значения параметров технического состояния агрегатов и узлов поступившего  $GA$  по данным его текущего диагностирования запишется в виде:

$$PD_{0I} = \{ I1П, 31П, I2П, 32П, \dots, ИПП, 3ПП \}, \quad (14)$$

где  $I1П, I2П, \dots, ИПП$  – наименования 1-го, 2-го, ..., последнего, соответственно, параметра поступившего  $GA$ ;  $31П, 32П, \dots, 3ПП$  – значения 1-го, 2-го, ..., последнего, соответственно, параметра поступившего  $GA$ .

Оперативная расчётная/выходная информация:

$$ORI = \{ I1П, I2П, \dots, ИПП, H31П, H32П, \dots, H3ПП, П31П, П32П, \dots, П3ПП, \alpha1П, \alpha2П, \dots, \alphaПП, 31П, 32П, \dots, 3ПП, OOP1, OOP2, \dots, OOPП, D_{0I} \}, \quad (15)$$

где  $I1П, I2П, \dots, ИПП$  – наименования 1-го, 2-го, ..., последнего, соответственно, параметров поступившего  $GA$ ;  $H31П, H32П, \dots, H3ПП$  – номинальные значения 1-го, 2-го, ..., последнего, соответственно, параметров поступившего  $GA$ ;  $П31П, П32П, \dots, П3ПП$  – предельные значения 1-го, 2-го, ..., последнего, соответственно, параметров поступившего  $GA$ ;

$\alpha1П, \alpha2П, \dots, \alphaПП$  – использованные показатели  $\alpha$  для оценки 1-го, 2-го, ..., последнего, соответственно, параметров поступившего  $GA$ ;

$OOP1, OOP2, \dots, OOPП$  – пробеги поступившего  $GA$  по оценке остаточного ресурса соответственно 1-го, 2-го, ..., последнего параметров;

$D_{0I}$  – пробег автомобиля к моменту текущей диагностики  $I$  модели автомобиля на бланке сведений о диагностируемых автомобилях;

ИМ наименований агрегатов, узлов и кинематических пар  $I$ -й модели автомобиля может быть представлена записью вида:

$$HUA_I = \{ KAUGA_I, H1AUGA_I, H2AUGA_I, \dots, H_{KAUGA_I}AUGA_I \}, \quad (16)$$

где  $KAUGA_I$  – количество рассматриваемых агрегатов, узлов и кинематических пар  $I$  модели автомобиля;

$H1AUGA_I, H2AUGA_I, \dots, H_{KAUGA_I}AUGA_I$   $П_I$  – наименования 1-го, 2-го, ...,  $KAUGA$   $I$ -го агрегатов, узлов и кинематических пар  $I$  модели автомобиля.

### Результаты исследования и их обсуждение

По результатам прогнозирования выдаются рекомендуемые управляющие воздействия на прогнозируемый объект. Ввиду сложности такой процедуры ее ИМ здесь не приводится. Результаты ее решения представляются в документах "Заключения по результатам диагностирования агрегатов и узлов грузового автомобиля" и "Операции диагностирования агрегатов и узлов автомобиля при очередном ТО1" [5]. Прогнозирование оставшегося ресурса  $GA$  по параметрам его технического состояния, выполняемого после осуществления очередного диагностирования, выводится по расчетам приведенных выше соотношений, учитывая результаты совместно с статистической оценкой прогнозного параметра. При этом взамен вышеуказанного допущения о неизменности прогнозируемого параметра скорости появится вариант учета его статистических характеристик. В основе этого и корректируется величина  $\alpha$  [6]. Вводной формой будет являться "Свод учитываемых автомобилей". В данной форме вводятся строки по  $GA$  учитываемых моделей завода  $GA3$ . При переходе к книге по строке определенной марки  $GA$  открывается первая страница книги "Прогноз Марка  $GA.xls$ ". При этом открывается страница с формой "Сведения о диагностируемых автомобилях". Из нее можно перейти к страницам "Справочник параметров состояний агрегатов и узлов автомобиля выбранной модели  $GA$ ", "Бланк для записи результатов диагностирования выбранной модели  $GA$ " и к страницам с выбранными образцами самих  $GA$  [7, 8].



### Заключение

Наполнение информационного потока описания моделей и их компонентов мы считаем существенно начать с наиболее простого варианта, постепенно накапливая и формируя информационный фонд, соответствующий сингонию информационного сопровождения. Практически реализовать ИМ следует в виде новых вариантов ПАиС, разработать на их базе уже имеющиеся прототипы применительно к тракторам типа К-700 и ГА моделей КамАЗ, а в качестве информационной среды использовать пакет электронной таблицы Microsoft Excel. Практическую реализацию приемов совершенствования целесообразно представлять в виде специальных вариантов ПАиС, сформированных в среде электронной таблицы MS-Office.

### Библиографический список

1. Криков, А. М. Разработка системы информационного обеспечения технического обслуживания грузовых автомобилей АПК / А. М. Криков, А. Г. Федоров. – Текст: непосредственный // Труды ГОСНИТИ. – Москва: ГОСНИТИ, 2013. – Т. 112, Ч. 2. Техническое обслуживание. Ремонт. – С. 48-50.
2. Бердникова, Р. Г. Информационное обеспечение технического обслуживания тракторов / Р. Г. Бердникова, А. М. Криков. – Текст: непосредственный // Труды ГОСНИТИ. – Москва, ГОСНИТИ, 2013. – Т. 113. – С. 173-178.
3. Прогнозирование остаточного ресурса узлов и агрегатов грузовых автомобилей в среде электронной таблицы / А. Г. Федоров, А. М. Криков, В. Н. Деягин [и др.]. – Текст: непосредственный // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. – 2016. – № 3. – С. 89-95.
4. Криков, А. М. Совершенствование прогнозирования остаточного ресурса параметров узлов и агрегатов грузовых автомобилей на основе информационных технологий / А. М. Криков, М. Н. Сидоренко. – Текст: непосредственный // Материалы VII Международной научно-практической конференции, посвященной 70-летию Горно-Алтайского государственного университета. – Горно-Алтайск, 2019. – С. 494-497.
5. Сидоренко, М. Н. Программно-алгоритмические и информационные средства усовершенствованного прогнозирования остаточного ресурса параметров узлов и агрегатов / М. Н. Сидоренко, А. М. Криков, А. Г. Федоров. – Текст: непосредственный // Научно-техническое

обеспечение АПК Сибири: материалы Международной научно-технической конференции. – 2019. – С. 245-250.

6. Затонский, А. В. Оптимизация модели информационной системы поддержки техобслуживания и ремонта оборудования / А. В. Затонский. – Текст: непосредственный // Информационные технологии. – 2007. – № 3. – С. 2-7.

7. Бердникова, Р. Г. Информационное обеспечение технического обслуживания тракторов / Р. Г. Бердникова, А. М. Криков. – Текст: непосредственный // Труды ГОСНИТИ. – Москва, ГОСНИТИ, 2013. – Т. 113. – С. 173-178.

8. Криков, А. М. Совершенствование прогнозирования остаточного ресурса параметров узлов и агрегатов грузовых автомобилей / А. М. Криков, А. Г. Федоров, М. Н. Сидоренко. – Текст: непосредственный // Наземные транспортно-технологические средства: проектирование, производство, эксплуатация: сборник трудов / II Всероссийская научно-практическая конференция (30-31 октября 2018 г.). – Чита, 2018. – С. 191-195.

### References

1. Krikov A.M., Fedorov A.G. Razrabotka sistemy informatsionnogo obespecheniia tekhnicheskogo obsluzhivaniia gruzovykh avtomobilei APK // Trudy GOSNITI. – Moskva: GOSNITI, 2013. – T. 112, Ch. 2. Tekhnicheskoe obsluzhivanie. Remont. – S. 48-50.
2. Berdnikova R.G., Krikov A.M. Informatsionnoe obespechenie tekhnicheskogo obsluzhivaniia traktorov: trudy GOSNITI. – Moskva, GOSNITI, 2013. – T. 113. – S. 173-178.
3. Fedorov A.G., Krikov A.M., Deliaagin V.N. i dr. Prognozirovaniie ostatochnogo resursa uzlov i agregatov gruzovykh avtomobilei v srede elektronnoi tablitsy // Sibirskii vestnik selskokhoziaistvennoi nauki. – 2016. – No. 3. – S. 89-95.
4. Krikov A.M., Sidorenko M.N. Sovershenstvovanie prognozirovaniia ostatochnogo resursa parametrov uzlov i agregatov gruzovykh avtomobilei na osnove informatsionnykh tekhnologii // Materialy VII-i Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii, posviashchennoi 70-letiiu Gorno-Altayskogo gosudarstvennogo universiteta. – Gorno-Altaysk, 2019.
5. Sidorenko M.N., Krikov A.M., Fedorov A.G. Programmno-algoriticheskie i informatsionnye sredstva usovershenstvovannogo prognozirovaniia ostatochnogo resursa parametrov uzlov i agregatov

// Nauchno-tehnicheskoe obespechenie APK Sibiri, materialy Mezhdunarodnoi nauchno-tehnicheskoi konferentsii. – 2019. – S. 245-250.

6. Zatonskii A.V. Optimizatsiia modeli informatsionnoi sistemy podderzhki tekhnobsluzhivaniia i remonta oborudovaniia // Informatsionnye tekhnologii. – 2007. – No. 3. – S. 2-7.

7. Berdnikova R.G., Krikov A.M. Informatsionnoe obespechenie tekhnicheskogo obsluzhivaniia

traktorov: trudy GOSNITI. – Moskva, GOSNITI, 2013. – T. 113. – S. 173-178.

8. Krikov A.M., Fedorov A.G., Sidorenko M.N. Sovershenstvovanie prognozirovaniia ostatochnogo resursa parametrov uzlov i agregatov gruzovykh avtomobilei // Nazemnye transportno-tehnologicheskie sredstva: proektirovanie, proizvodstvo, ekspluatatsiia: sbornik trudov / II Vserossiiskaia nauchno-prakticheskaiia konferentsiia (30-31 oktiabria 2018 g.). – Chita, 2018. – S. 191-195.



УДК 667.6

DOI: 10.53083/1996-4277-2021-204-10-106-111

А.В. Пчельников, В.В. Коротких, А.П. Илясов

A.V. Pchelnikov, V.V. Korotkikh, A.P. Ilyasov

## ПОВЫШЕНИЕ ДОЛГОВЕЧНОСТИ ЗАЩИТНЫХ ПОКРЫТИЙ МАШИН И ОБОРУДОВАНИЯ АПК НАНОМОДИФИЦИРОВАННЫМИ ЛАКОКРАСОЧНЫМИ МАТЕРИАЛАМИ

### INCREASING DURABILITY OF PROTECTIVE COATINGS OF FARM MACHINERY AND EQUIPMENT WITH NANO-MODIFIED PAINTWORK MATERIALS

**Ключевые слова:** защитные покрытия, наномодификация, лакокрасочные покрытия, коррозионная защита, огнестойкость, адгезия, терморегуляция, антистатика.

Рассмотрены актуальные направления работы для обеспечения эксплуатационных качеств защитных покрытий машин и оборудования в АПК для условий Сибири. Определены 5 основных направлений: коррозионная защита, терморегуляция, огнестойкость, антистатика и радиационная защита. Выявлено, что наиболее эффективным способом для обеспечения эксплуатационных качеств покрытий является их наномодификация. Представлена методика проведения испытаний на огнестойкость, разработанная в Новосибирском ГАУ. Представлены результаты предварительных испытаний по двум направлениям: огнестойкость и коррозионная защита. Одна из перспективных нанодобавок – оксид висмута, которая позволяет повысить огнестойкость и физико-механические свойства. По результатам исследований при достижении концентрации оксида висмута 5% наблюдается экстремум для значений твердости (86-94) и адгезии (3,3-3,6 МПа) покрытия. В то же время добавление оксида висмута в концентрации 7,5% позволило добиться существенного повышения огнестойкости покрытия. Огнестойкость и время воспламенения повысились до 240°C и 65 с соответственно. Определены одни из наиболее эффективных добавок и обозначена дальнейшая направленность исследования, которая заключается в оптимизации составов защитных покрытий и обеспечении комплекса свойств для условий эксплуатации в каждом конкрет-

ном случае. Необходимо также учитывать совместное влияние наномодификаторов на свойства защитного покрытия.

**Keywords:** protective coatings, nanomodification, paint and varnish coatings, corrosion protection, fire resistance, adhesion, thermoregulation, antistatics.

This paper discusses the current areas of work to ensure the performance of protective coatings for machinery and equipment in the agricultural industry complex for the conditions of Siberia. The following five main areas were identified: corrosion protection, thermoregulation, fire resistance, antistatics and radiation protection. It was found that the most efficient way to ensure the performance of coatings is their nanomodification. The method of fire resistance tests developed at the Novosibirsk State Agricultural University is presented. The results of preliminary tests in two areas are presented: fire resistance and corrosion protection. One of the promising nano-additives is bismuth oxide which may improve fire resistance and physical and mechanical properties. According to the research results, when the concentration of bismuth oxide reaches 5%, an extremum is observed for the values of hardness (86-94) and adhesion (3.3-3.6 MPa) of the coating. At the same time, the addition of bismuth oxide in a concentration of 7.5% made it possible to achieve a significant increase in the fire resistance of the coating. Fire resistance and ignition time increased to 240°C and 65 s, respectively. Some of the most effective additives are identified and the further direction of the study is indicated which consists in optimizing the compositions of protective coatings and