

Schädigungsdiagnose

Maßnahmen zur Ermittlung des Schädigungszustands technischer Arbeitsmittel

Die Schädigungsdiagnose umfaßt alle Maßnahmen, die an Maschinen oder Baugruppen zur Ermittlung des Schädigungszustands im Rahmen planmäßiger Überprüfungen, zur Fehlersuche in Havariefällen und zur Festlegung des Instandsetzungsumfangs vor geplanten Instandsetzungen durchgeführt werden.

Komplexdiagnose

Maßnahmen zur Ermittlung des Allgemeinzustands technischer Arbeitsmittel anhand umfassender Kenngrößen

Verfahren der Komplexdiagnose werden zur laufenden Überwachung des Zustands von Maschinen durchgeführt. Dabei wird anhand komplexer Kenngrößen der Gesamtzustand der Maschine oder mehrerer Baugruppen gleichzeitig beurteilt (z. B. Leistungs- und Rauchdichtemessung zur Einschätzung des Zustands von Motor, Einspritzanlage und Ansaugsystem). Durch Verfahren der Komplexdiagnose soll entschieden werden, ob eine tiefgründige Untersuchung der einzelnen Baugruppen überhaupt erforderlich ist. Um diese Verfahren möglichst oft durchführen zu können, sollten sie nur einen geringen Zeitaufwand erfordern.

Tiefendiagnose

Maßnahmen zur detaillierten Ermittlung des Zustands technischer Arbeitsmittel

Bei der Tiefendiagnose wird mit Hilfe spezieller Verfahren eine Detailüberprüfung von Maschinen und Baugruppen durchgeführt. Damit ist eine Einschätzung des Zustands jeder einzelnen Baugruppe oder eine Fehlerlokalisierung bei Havariefällen möglich. In der Regel finden Verfahren der Tiefendiagnose Anwendung, wenn die vorangegangene Komplexdiagnose unzulässige Werte ergeben hat (z. B. Messung des Einspritzbeginns bei Motoren, die eine zu geringe Motorleistung oder eine zu hohe Rauchdichte aufweisen).

Teildiagnose

Maßnahmen, die sich auf die Ermittlung des Zustands einzelner Teile oder Baugruppen technischer Arbeitsmittel beziehen

Eine Teildiagnose wird vielfach im Zusammenhang mit Pflegegruppen, bei Zwischenüberprüfungen oder nach Teilinstandsetzungen von Maschinen durchgeführt.

Gesamtdiagnose

Maßnahmen, die sich auf die Ermittlung des Zustands aller Baugruppen technischer Arbeitsmittel beziehen

Durch eine Gesamtdiagnose werden alle Baugruppen der Maschine beurteilt. Eine Gesamtdiagnose stellt beispielsweise die Hauptüberprüfung bei Traktoren und LKW dar.

Diagnosebefund

Ergebnis der Ermittlung des Zustands technischer Arbeitsmittel

Der Diagnosebefund stellt das Ergebnis der Diagnose dar. Er bezieht sich jeweils auf die verschiedenen Diagnosearten. Der Diagnosebefund muß Angaben über erforderliche Einstell- und Instandsetzungsarbeiten enthalten. Im Fall eines „Gut-Befundes“ muß künftig für wichtige Baugruppen der Maschinen die noch mögliche Restnutzungsdauer ausgewiesen werden.

3. Schlußbetrachtung

Die in diesem Beitrag angegebenen Begriffsfestlegungen und Definitionen wurden mit zahlreichen Fachexperten, u. a. im Arbeitskreis „Technische Diagnostik“ und im Fachausschuß „Technische Diagnostik“, diskutiert.

Die Begriffe haben bereits Eingang in den Fachbereichsstandard TGL 22 278/01 /3/ gefunden und werden auch in der Praxis zunehmend angewendet.

Es bleibt zu hoffen, daß diese Begriffe einheitlich in die Fachsprache aller Bereiche, die mit der Technischen Diagnostik zu tun haben, eingehen, damit eine eindeutige Verständigung gewährleistet ist.

Literatur

- 1/ Der große Duden. Wörterbuch und Leitfaden der deutschen Rechtschreibung. Leipzig: VEB Bibliographisches Institut 1965.
- 2/ Meyers neues Lexikon. Leipzig: VEB Bibliographisches Institut 1962.
- 3/ TGL 22 278/01: Begriffe des landtechnischen Instandhaltungswesens — Grundbegriffe. Juli 1974. A 9885

Die Technische Diagnostik von Maschinen in der Landwirtschaft

Dr. sc. techn. V. M. Michlin, GOSNITI, UdSSR¹

Effektivität und Aufgaben der Diagnostik

Ungeachtet der Maßnahmen, die zur Erhöhung der Zuverlässigkeit sowohl neuer Maschinen (Traktoren, Lastkraftwagen u. a.) als auch ihrer instand gesetzten Baugruppen (Aggregate) getroffen worden sind, ist ihr Einsatz in der Landwirtschaft einerseits mit langen Stillstandszeiten wegen technischer Schäden und andererseits mit vorzeitiger Grundüberholung einer großen Anzahl von Maschinen verbunden. Das erfordert große Ausgaben für die technische Betreuung und Instandsetzung der Maschinen.

Eine radikale Bekämpfung der genannten Schäden ist ohne planmäßige demontagelose Überprüfung mit Hilfe von Meßgeräten, ohne Prognose des technischen Zustands der Maschinen und der Vermeidung ihres Ausfalls sowie ohne

bedarfsgerechte Durchführung von Instandsetzungen und eine Reihe komplizierter Instandhaltungsmaßnahmen undenkbar. Das alles ermöglicht die Anwendung der Technischen Diagnostik. Die Praxis hat erwiesen, daß die Diagnose durch Verhinderung von Ausfällen ermöglicht, die Stillstandszeiten von Traktoren, Mähdreschern, Kraftfahrzeugen und anderen Maschinen wegen technischer Mängel auf die Hälfte zu senken und die Instandhaltungsintervalle der Maschinenaggregate auf das 1,3- bis 1,5fache zu erhöhen, wodurch die Anzahl der Instandsetzungen sowie der Arbeitsaufwand und der Ersatzteilverbrauch für die Instandsetzungen entsprechend verringert werden. Ferner gelingt es aufgrund der Diagnose, den Kraftstoffverbrauch der Maschinen um 8 bis 10 Prozent zu senken. Die Diagnostik ist demnach ein revolutionierendes Element der technischen Maschinenbetreuung.

Der vorliegende Beitrag ist den Ergebnissen eines Komplexes von Forschungs-, Experimental- und Konstruktionsarbeiten

¹ GOSNITI ist das Staatliche Technologische Unions-Forschungsinstitut für Instandsetzung und Betrieb von Traktoren und Landmaschinen

Tafel 1. Serienmäßig gefertigte Diagnosegeräte für Traktoren und Kraftwagen

Benennung	Typenbezeichnung	Anwendung
Traktoren		
1. Fahrbare Diagnoseeinrichtung (Gerätesatz)	KI-4270-GOSNITI	planmäßige Diagnose bei der Pflegegruppe 3 und nach Ablauf des Instandhaltungsintervalls, außerplanmäßige (ursachenabhängige) Diagnose von Traktoren nach 60 Parametern des technischen Zustands, ausreichend für die Betreuung von etwa 140 Traktoren
2. Ausrüstung eines stationären Diagnoseplatzes (Gerätesatz)	KI-5308-GOSNITI	siehe Punkt 1
3. Instandsetzungs- und Diagnosewerkstatt (Gerätesatz)	MPR-817D-GOSNITI	ursachenabhängige Diagnose, Beseitigung von Fehlern und Ausfällen bei der Betreuung von 100 Traktoren
4. Diagnosegerätesatz am Arbeitsplatz des Pflegemeisters	ORG-4999	planmäßige Traktorendiagnose innerhalb der Pflegegruppen 1 und 2 in der Pflegestation
5. Tragbarer Gerätesatz	KI-13901-GOSNITI	siehe Punkt 4
Kraftfahrzeuge		
6. Prüfstand für die Zugeigenschaften	KI-4856-GOSNITI	Bestimmung der Leistung an den Triebädern, des Kraftstoffverbrauchs, des Drehmoments zur Kompression, der Getriebeverlustleistung; Einstellen des optimalen Frühzündungswinkels, des Kraftstoffsystems, Überprüfung der Kupplungsfunktion
7. Bremsprüfstand	KI-4998-GOSNITI	Bestimmung der Bremskraft, der Bremsverzögerung, der Bremskraft der Feststellbremse
8. Prüfstand zum Prüfen der Einstellwinkel der gelenkten Räder	KI-4872-GOSNITI	Bestimmung der an den Rädern auftretenden Seitenkräfte, die die Lauffähigkeit der Reifen und die Fahrstabilität des Kraftfahrzeugs kennzeichnen
9. Stand für die komplexe Überprüfung von Vergasermotoren mit Hilfe eines Meßwandlersatzes	KI-4897-GOSNITI (Motorprüfgerät)	Bestimmung des Zustandes der Zündanlage, der Elektroausrüstung, des Kraftstoffsystems und der Kolben-Zylinder-Gruppe sowie der Motorleistung
10. Komplexer Kraftfahrzeugdiagnosestand	SDZK-453-TachPI KI-8901-GOSNITI	vollständige Diagnose von Kraftfahrzeugen in einer Diagnosestelle

auf dem Gebiet der Diagnose von Maschinen in der Landwirtschaft, insbesondere von Traktoren und Lastkraftwagen, gewidmet.

Die Aufgaben der Diagnose bestehen im Feststellen

- der Ursachen für den Ausfall eines Maschinenaggregats während der Arbeit
- der Notwendigkeit, einzelne Paarungen und Teile während der periodischen Betreuungen nachzustellen oder auszuwechseln

Bild 1. Fahrbare Diagnoseanlage KI-4270-GOSNITI



— der Notwendigkeit, Baugruppen und vollständige Maschinen einem spezialisierten Instandsetzungsbetrieb zur Grundüberholung oder einer Instandsetzungswerkstatt zur vorbeugenden Instandsetzung zu übergeben

— bestimmter Teile und Paarungen, die bei der vorbeugenden Instandsetzung des Maschinenaggregats in Instandsetzungswerkstätten auszuwechseln sind

— der Qualität durchgeführter Instandsetzungs- und Pflegearbeiten.

Entwicklung von Diagnosemitteln

Voraussetzung der Diagnose ist die Lösung folgender Hauptprobleme: Schaffung von Diagnosemitteln, Entwicklung einer Diagnosetechnologie und Organisation des Diagnosedienstes.

Die Schaffung und serienmäßige Produktion von Diagnosemitteln ist das schwierigste und arbeitsaufwendigste Problem. Beim Entwickeln von Diagnosemitteln werden zwei Prinzipien beachtet:

— Das Diagnosemittel muß universell und bei verschiedenen Maschinen anwendbar sein.

— Je nach Art der technischen Betreuung oder Instandsetzung, der Anzahl der zu betreuenden Maschinen und unter Berücksichtigung anderer Faktoren ist es notwendig, unterschiedlich komplizierte Diagnosemittel zu verwenden: tragbarer Satz von Diagnosegeräten, fahrbare Diagnoseeinrichtung, stationärer Diagnoseplatz oder Diagnosefließstraße.

In konstruktiver Hinsicht verläuft die Entwicklung von Diagnosemitteln in folgender Richtung: subjektive Diagnoseverfahren — mechanische Meßgeräte — Gerätesatz mit mechanischen und elektronischen Meßmitteln — Satz von Diagnose-Meßwandlern (Gebern) mit universellen Meßeinrichtungen — Automatisierung des Diagnosesystems — automatisches Diagnosesystem.

Gegenwärtig wird eine umfangreiche Produktion organisiert, und es erfolgt der Praxiseinsatz eines aus Sätzen von Diagnosegeräten bestehenden Systems (Tafel 1 und Bild 1); mit der Entwicklung und dem praktischen Einsatz von Sätzen von Diagnose-Meßwandlern mit einer universellen Meßvorrichtung (Bild 2) wurde begonnen, projektiert und gebaut wird ein automatisiertes Diagnosesystem.

Bei jeder Art von Maschinenpflege (Pflegegruppe 1, 2 usw.) wird ein bestimmter Satz von Diagnosegeräten und -vorrichtungen verwendet, der als entsprechendes Teilsystem von Diagnosemitteln angesehen werden kann. Beispielsweise kann man im System der Diagnosegeräte für Traktoren zwei Teilsysteme unterscheiden: das eine wird für die Pflegegruppen 1 und 2 und das andere für die Pflegegruppe 3 und bei der Diagnose nach Beendigung des Instandhaltungsintervalls verwendet. Das bei den Traktorenpflegegruppen 1 und 2 verwendete Teilsystem besteht entsprechend der Pflegetechnologie aus mehreren einfachen Geräten und Einrichtungen. Das Geräteteilsystem, das bei der Pflegegruppe 3 und bei der Diagnose nach Beendigung des Instandhaltungsintervalls der Traktoren verwendet wird und mit dem man den Traktorzustand aus einer großen Anzahl von Zustandsparametern diagnostiziert, umfaßt beträchtlich mehr Geräte und Vorrichtungen (Tafel 2).

Das bei einfacher Maschinenpflege (Pflegegruppen 1 und 2 für Traktoren, Pflegegruppe 1 für Kraftfahrzeuge) verwendete Teilsystem von Diagnoseeinrichtungen ist gewöhnlich für die Überprüfung von Hilfsbaugruppen und -mechanismen eines Aggregats vorgesehen, soll langes und gefahrloses Funktionieren des Aggregats gewährleisten und optimale Einstellungen ermöglichen. Zu diesen Baugruppen und Mechanismen gehören u. a. im Motor der Luftfilter, die Systeme der Kraftstoffzufuhr, Schmierung und Kühlung, der Lenkmechanismus, das Bremssystem und die Abdichtelemente in den Kraftübertragungsbaugruppen. Die genannten Baugruppen und Mechanismen werden nach komplexen

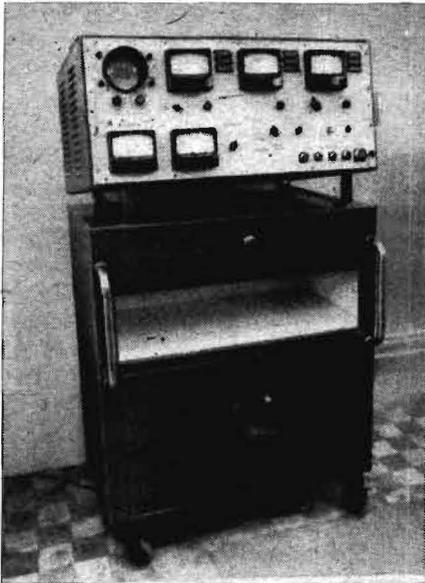


Bild 2
Motorprüfgerät
KI-4897-GOSNITI

Tafel 2. Die wichtigsten Kontroll- und Diagnosemittel für die Pflegegruppe 3 und für die Diagnose nach Beendigung der Instandhaltungsperiode bei Traktoren

Prüfstand, Gerät oder Vorrichtung	Typenbezeichnung	Zu messende Zustandskenngröße
1 Diagnoseeinrichtung für Traktoren (stationär, auch verwendbar zum Probe- lauf der Motoren nach der laufenden Instand- setzung ohne Abbau vom Traktor)	KI-4935- GOSNITI	effektive Leistung, Dreh- moment, Drehmoment infolge der Kompression an der Kurbelwelle, stünd- licher Kraftstoffverbrauch, volle Reglerkennlinie, Wassertemperatur, Öldruck im Schmiersystem
2 Motorleistungsmesser (tragbar)	IMD-2M	effektive Leistung, Kurbel- wellendrehzahl
3 Elektronisches Diagnosekleingerät	EMDP	Gesamtpegel der Schwin- gung, Kurbelwellendreh- zahl, Wasser- und Öl- temperatur, Voreinspritz- winkel
4 Gerät zum Anzeigen der in das Kurbel- gehäuse eindringenden Gasmenge	KI-4887-1	Verschleiß der Zylinder- Kolben-Gruppe und Undichtheiten der Ventile für den Gaswechsel
5 Vorrichtung zum Messen des Spiels im Kurbeltriebwerk	KI-11140	Gesamtverschleiß der Kurbellager und der Paarung Kolbenbolzen- Kolbenbolzen
6 Vorrichtung zur Kontrolle der Prä- zisionspaarungen der Kraftstoff-Einspritz- pumpe	KI-4802	von den Tauchkolben- paarungen entwickelter Druck, Dichtigkeit des Schlusses zwischen Druck- ventilen und Ventilsitzen
7 Vorrichtung zum Prüfen des Drucks im Niederdruck- Kraftstoffsystem	KI-4801	Zustand der Kraftstoff- förderpumpe, der Filter- einätze des Kraftstoff- Feinfilters und des Über- strömventils
8 Gerät zur Über- prüfung der Kontroll- Meßgeräte	Mod. 531	Zustand der Kontroll- Meßgeräte
9 Meßgerät für das Spiel in Traktor- getrieben	KI-4813	Gesamtspiel in den Getrie- ben der Kraftübertragung
10 Drehwinkelmesser	KI-5454	Verschleiß der Schalt- getriebe
11 Hydraulikprüfgerät für Traktoren	KI-1097B	Förderleistung der Öl- pumpe, Ansprechdruck des Sicherheitsventils und der Automaten des Steuerventils

Parametern des technischen Zustands bewertet, wodurch es möglich ist, bei der Diagnose die Anzahl der Messungen zu verringern. Optimale Einstellungen bewertet man nach den komplexen Betriebsparametern Leistung, Produktivität und Wirtschaftlichkeit.

Der Verwendungsbereich des Teilsystems der Diagnosemittel, die bei der umfassenden Pflege verwendet werden, ist wesentlich größer. Damit wird zusätzlich zu dem bereits

Aufgezählten der Zustand von Hauptpaarungen eines Aggregats untersucht, deren Veränderung die Grundüberholung des Aggregats erforderlich macht. Ferner werden die Restnutzungsdauer und der Umfang der durchzuführenden vorbeugenden Pflege- und Instandsetzungsarbeiten bestimmt. Zu den Hauptpaarungen des Motors gehören die Paarungen Zylinderlaufbuchse—Kolben und Lager—Kurbelwellenzapfen, zu den Hauptpaarungen des Fahrgestells die Zahnrad- und Wälzlagerpaarungen.

Maßnahmen zum Verkürzen der Diagnosedauer

Hauptmängel der vorhandenen Mittel der Traktoren- und Kraftfahrzeugdiagnose bei der umfassenden Pflege sind die verhältnismäßig lange Dauer der Arbeiten (beim Traktor 3 bis 4 h und beim LKW rd. 1 h) sowie das Fehlen ausreichend wirksamer Mittel für die Diagnose des Zustands der Kraftübertragung. Der An- und Abbau der Anschluß- einrichtungen erfordert beim Traktor etwa 60 Prozent der Gesamtzeit und beim Kraftfahrzeug etwa 30 Prozent. Zum eigentlichen Messen der Diagnosekenngrößen sind beim Traktor 25 Prozent und beim Kraftfahrzeug 55 Prozent der Gesamtzeit erforderlich, und für das Auswerten und Festhalten der Meßergebnisse braucht man 15 Prozent der gesamten Diagnosedauer.

In Tafel 3 sind Maßnahmen zum Verkürzen der Diagnose- dauer angeführt: Durch das Anwenden universeller Dia- gnosemethoden (vibroakustische und thermische Methoden, spektrografische Ölanalyse u. a.) sowie von Meßmethoden bei Übergangsvorgängen des Betriebsregimes wird die Anzahl der an die Maschine anzuschließenden Meßwandler (Geber) stark verringert. Durch Anordnung vereinheitlichter Anschlußstellen an den zu diagnostizierenden Aggregaten sowie durch Verwendung aufzusetzender und einzubauender Meßwandler wird wie im ersten Fall die Zeit für den Anschluß an die Diagnoseeinrichtung verkürzt. Bei Dia- gnosesystemen, die in die Maschine ständig eingebaut sind, braucht überhaupt keine Zeit für den Anschluß aufgewendet zu werden.

Ein sehr guter Erfolg ergibt sich beim Benutzen von Gerätesätzen mit mechanischen und teilweise elektronischen Meß- mitteln, wenn die Diagnosemaßnahmen in optimaler Auf- einanderfolge durchgeführt werden. Dadurch wird die

Tafel 3. Maßnahmen zum Verkürzen der Diagnosedauer Diagnosearbeiten

An- und Abbau der Anschlußvorrichtungen	Bestimmen des Betriebszustands und Messen der Zustandskenngrößen	Registrieren und Vergleich der Meßergebnisse, Prognose der Nutzungsdauer der Aggregate
Anwenden von uni- versellen Diagnose- methoden sowie von Methoden, die auf Übergangsvorgängen des Betriebsregimes beruhen	Verwenden großer Skalen mit gleich- mäßiger Ausleuch- tung in den anzeigen- den Meßgeräten	Festhalten der zuläs- sigen Werte und Bereiche in den anzeigenden Meßgeräten
Schaffung verein- heitlichter Anschluß- stellen an den zu diagnostizierenden Aggregaten	Verwenden elektro- nischer Meßmittel	Verwenden selbst- schreibender Meßgeräte
Verwenden aufsetz- barer Meßwandler (Geber)	Gleichzeitiges Messen der Zustandsgrößen	Verwenden von Logik- einrichtungen und von Geräten, die die Erge- bnisse der Meßvergleiche ausdrücken
Verwenden einge- bauter Meßwandler	Einführen einer opti- malen Aufeinander- folge der Diagnose- maßnahmen an den Maschinen	Verwenden von Vor- richtungen, die die Nutzungsdauerreserve der Aggregate pro- gnostizieren
Einsatz von in die Maschine eingebauten Diagnosesystemen		
Einführen einer opti- malen Aufeinander- folge der Diagnose- maßnahmen an den Aggregaten		

Gesamtzeit für die Kontrolle des technischen Zustands auf die Hälfte und weniger verkürzt. Optimale Aufeinanderfolge erreicht man, wenn zunächst Paarungen und Baugruppen geprüft werden, deren Diagnose einen geringen Arbeitsaufwand erfordert, und bei denen die Wahrscheinlichkeit von Defekten besonders hoch ist; ferner, wenn eine geringe Anzahl von komplexen Parametern, die den Gesamtzustand des Aggregats (Komplexdiagnose) kennzeichnen, ohne Ausnahme gemessen werden, während die zahlreichen anderen Kenngrößen, die den Zustand einzelner Elemente der Baugruppe oder des Aggregats kennzeichnen (Tiefendiagnose), nur dann, wenn die Notwendigkeit besteht, gemessen werden. Die letztgenannten Größen müssen gemessen werden, wenn die Änderung einer der komplexen Parameter das zulässige Maß überschreitet.

Die Arbeiten, die durchzuführen sind, um die Maschine für die Diagnose vorzubereiten und die Zeit für die Überprüfung ihres Zustands zu verkürzen, lassen sich in vier Stufen mit fortschreitend wachsenden Kosten, größer werdendem Arbeitsaufwand und steigendem Effekt der Bewertung der Ergebnisse einteilen:

- Entwicklung von Adaptern zum Anschluß der Diagnoseeinrichtungen an verschiedene Maschinen
- Schaffung vereinheitlichter Anschlußstellen an den zu diagnostizierenden Aggregaten
- Entwicklung von Meßwandlern zum Einbau in die zu diagnostizierenden Aggregate
- Entwicklung von Diagnosesystemen zum Einbau in die zu diagnostizierenden Maschinen.

Die Diagnosedauer wird am wirkungsvollsten durch das Anwenden universeller Verfahren, in erster Linie durch das vibroakustische Verfahren, gekürzt, bei dem nur ein bis zwei aufzusetzende Meßwandler verwendet werden.

Der Informationsgehalt der vibroakustischen Diagnose ist günstig bei der Untersuchung von Elementen. Dagegen ist das Verfahren der Spektralanalyse des Öls informationsreicher, einfacher und leichter durchführbar, wenn bei der Komplexdiagnose der Maschine der Gesamtzustand der Aggregate und auch der Ölzustand festgestellt wird.

Bestimmen der optimalen Zeiträume zwischen den Diagnosen

Zum Entwickeln einer Technologie für die Diagnose von Maschinenaggregaten gehören folgende besonderen Maßnahmen:

- Es ist eine optimale Aufeinanderfolge der Diagnosemaßnahmen zu bestimmen.
- Als optimale Normative sind Zeitabstände zwischen den einzelnen Diagnosen und zulässige Werte der Parameter (jedoch keine Grenzwerte) des technischen Zustands der Aggregate festzusetzen.
- Über die Diagnoseergebnisse ist die Restnutzungsdauer der Maschinenaggregate zu bestimmen.

Im vorangegangenen Teil ist das Wesen der optimalen Aufeinanderfolge der Diagnosemaßnahmen betrachtet worden. Die Zeitabstände t_m zwischen den einzelnen Diagnosen und die zulässigen Änderungen der Parameter D_i , bei deren Einhaltung die Arbeit des Aggregats bis zur nächsten Durchsicht gewährleistet ist, sind die bestimmenden Hauptkenngrößen bei der Pflege und Instandsetzung der Maschinen /1/. Die Zielfunktion der Optimierung dieser Kenngrößen hat bei n unabhängigen zu messenden Parametern des technischen Zustands eines Aggregats folgende Form:

$$C(D, t_m) = \min_{\substack{0 \leq D_i \leq U_{gi} \\ 0 \leq t_m}} \left\{ \sum_{i=1}^n \frac{Q_i(D, t_m) A_i}{t_{fi}(D, t_m)} + \frac{[1 - Q_i(D, t_m)] C_i}{t_{fi}(D, t_m)} + \frac{K_i(D, t_m) B_i}{t_{fi}(D, t_m)} \right\} \quad (1)$$

U_{gi}	Grenzwert für die Änderung (Zunahme) des i -ten Parameters, insbesondere der Grenzverschleiß einer Paarung
$Q_i(D, t_m)$	Wahrscheinlichkeit des Ausfalls
$t_{fi}(D, t_m)$	mittlere Nutzungsdauer
$K_i(D, t_m)$	Anzahl der Überprüfungen nach dem i -ten Parameter
A_i	Kosten, die mit dem Ausfall verbunden sind
C_i	Kosten der vorbeugenden Instandsetzung
B_i	Kosten der Diagnose für den i -ten Parameter

Durch Approximation der Änderung des Parameters einer zufälligen elementären Potenzfunktion mit α als Exponenten wurden ein Algorithmus, Tabellen und ein Nomogramm zum Bestimmen der optimalen zulässigen Änderung des Parameters und des optimalen Zeitabstands zwischen den einzelnen Diagnosen gewonnen /1/. Die Eingangs- und Ausgangsdaten des Nomogramms (Bild 3) sind, um es vielseitig anwenden zu können, dimensionslos:

$$D_0 = \frac{D_i}{U_{gi}}; t^0 = \frac{T_{mittl}}{t_m}; N = \frac{A_i}{C_i}; B = \frac{B_i}{C_i}; V.$$

T_{mittl}	mittlere Nutzungsdauer
V	Variationskoeffizient der Nutzungsdauer für den i -ten Parameter bei $D_i = U_{gi}$, d. h., wenn ein System zulässiger Parameterwerte nicht vorhanden ist.

Um die optimalen Zeitabstände zwischen den einzelnen Diagnosen eines Aggregats zu bestimmen, wird die Funktion der spezifischen Kosten für jeden i -ten Parameter minimiert. Die Summe dieser Werte für n Parameter ergibt den Wert der zu summierenden Funktionswerte /1/. Unter Berücksichtigung der zwischen den einzelnen Diagnosen erreichten Nutzungsdauer findet man das Minimum der Summenfunktion und die entsprechenden optimalen Zeitabstände zwischen den Diagnosen des Aggregats.

Die Restnutzungsdauer eines Aggregats wird nach den Paarungen bestimmt, deren Auswechslung eine Grundüberholung erforderlich macht. Hierbei wendet man das Verfahren der Prognose der Parameteränderung entsprechend dem realen Vorgang an. Bei in der Praxis sich ergebender gleichmäßiger Veränderung des Parameters nach einer elementaren zufälligen Potenzfunktion wird die Restnutzungsdauer des Elements mit Hilfe folgender Gleichung berechnet:

$$t_{res} = t \left[\left(\frac{U_{gi}}{U_i(t)} \right)^{\frac{1}{\alpha}} - 1 \right] \quad (2)$$

$U_i(t)$ Änderung (Zunahme) des i -ten Zustandsparameters im Nutzungsbereich t

Wenn die tatsächliche Parameteränderung die Form eines unstetigen Verlaufs hat, wird sie durch eine elementare zufällige Potenzfunktion (erster Summand) und eine Zufallsgröße (zweiter Summand) approximiert, die den der Parameteränderung proportionalen Extrapolationsfehler angibt. In Abhängigkeit von den jeweiligen Bedingungen bestimmt man die Restnutzungsdauer bei vorgegebener Konfidenzwahrscheinlichkeit und die wirtschaftlich begründete Grenzwert oder Optimalrestnutzungsdauer. Bei Normalverteilung des Extrapolationsfehlers mit mittlerer quadratischer Abweichung der zu erwartenden Änderung eines Parameters v_z ist die Restnutzungsdauer bei vorgegebener Konfidenzwahrscheinlichkeit $F_0(B)$

$$t_{res} = t \left[\left(\frac{U_{gi} + B v_z}{U_i(t) + B v_z + 1} \right)^{\frac{1}{\alpha}} - 1 \right] \quad (3)$$

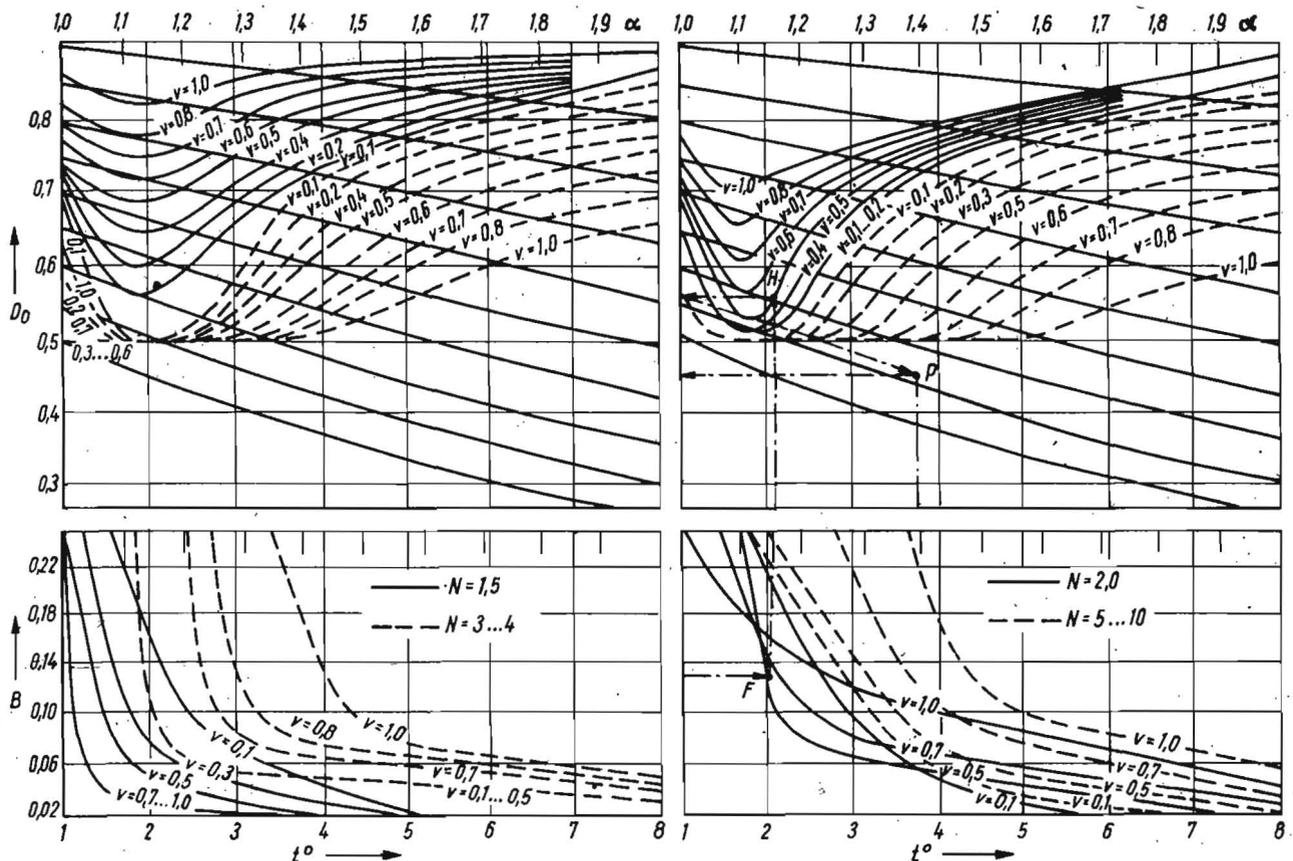


Bild 3. Nomogramm zum Bestimmen der optimal zulässigen Parameteränderung und des zwischen den Diagnosen erzielten Arbeitsergebnisses eines Maschinenelements;
 Reihenfolge beim Ablesen aus dem Nomogramm:
 $B \rightarrow V(N) \rightarrow t^0(\text{opt}) \rightarrow V(N) D_0^{\text{opt}} (\alpha = 1)$
 $\rightarrow \alpha \rightarrow D_0^{\text{opt}} (\alpha = 1)$
 (Erläuterung der Formelzeichen im Text)

B. normierte Abweichung, die der angenommenen Konfidenzwahrscheinlichkeit entspricht; bei $F_0(B) = 0,5$ geht der Ausdruck (3) in den Ausdruck (2) über

Die wirtschaftlich begründete Restnutzungsdauer wird unter Beachtung folgender Bedingungen ermittelt: Die voraussichtlichen spezifischen Kosten, die bei Beseitigung des Ausfalls während des Prognosezeitraums t_m und bei vorbeugendem Auswechseln eines Elements am Ende dieses Zeitraums entstehen, müssen geringer sein als die Kosten des vorbeugenden Auswechselns zum Zeitpunkt t der Überprüfung. Die Bedingung wird erfüllt, wenn folgende Ungleichung gilt:

$$f(t_m^0) = (N - 1) Q(t_m^0) - \int_0^{t_m^0} P(t_{\text{res}}^0) dt_{\text{res}} \leq 0 \quad (4)$$

$Q(t_m^0)$ Wahrscheinlichkeit eines Ausfalls
 $P(t_{\text{res}}^0)$ Wahrscheinlichkeit ausfallfreier Arbeit des Elements

$$t_m^0 = \frac{t_m}{t}; \quad t_{\text{res}}^0 = \frac{t_{\text{res}}}{t}$$

Den Grenzwert der Restnutzungsdauer ergibt der Ausdruck (4), wenn das Gleichheitszeichen gilt, und die optimale Restnutzungsdauer ergibt das Minimum dieses Ausdrucks.

Nach den angeführten Gleichungen sind entsprechende Nomogramme angefertigt und Tabellen zusammengestellt worden, die in der technischen Dokumentation für die Maschinendiagnose verwendet werden.

Zusammenfassung

Im Beitrag werden die Ergebnisse von Untersuchungen zum Entwickeln von Hilfsmitteln und einer Technologie für die Diagnose an landtechnischen Arbeitsmitteln behandelt. Es

werden die Effektivität und die Aufgaben der Diagnose sowie die Richtung in der Entwicklung von Diagnosemitteln gezeigt. Typen und Zweckbestimmung serienmäßig hergestellter Diagnosegeräte werden erläutert. Vermittelt werden Maßnahmen zum Verkürzen der Dauer der Maschinendiagnose und Empfehlungen sowie ein Nomogramm zum Bestimmen der optimalen Zeiträume zwischen den Diagnosen. Es folgen schließlich die zulässigen Werte für die Zustandskenngrößen der Aggregate sowie Gleichungen zum Bestimmen der Restnutzungsdauer der Aggregate nach den Ergebnissen der Messungen der Parameter.

Literatur

/1/ Michlin, V. W.; Sel'cer, A. A.: Methodische Anweisungen für die Prognose des technischen Zustands von Maschinen. Moskau: Verlag Kolos 1972 (in russischer Sprache). AU 9869

Tagungsankündigung

Der Fachverband Silikattechnik der KDT veranstaltet in Zusammenarbeit mit den Fachverbänden Chemische Technik, Lebensmittel sowie Land-, Forst- und Nahrungsgütertechnik und dem Bezirksverband Gera sowie unter Beteiligung von Experten aus der UdSSR und der CSSR die 2. wissenschaftliche Tagung zum Thema

Einsatzmöglichkeiten und Erfahrungen bei der Verwendung von Rohrleitungen und technischen Anlagen aus Glas in der Industrie

am 18. und 19. Sept. 1975.

Rückfragen sind zu richten an
 Kammer der Technik, FV Silikattechnik
 1086 Berlin, Clara-Zetkin-Str. 115/117

AK 9946