

# Über die Bewertung der Zuverlässigkeit und Instandsetzungseignung von Landmaschinen<sup>1</sup>

Ing. E. G. LIPOWEZKI  
Ing. W. I. SMIRNOW  
Ing. F. A. GERSCHKOW

Die wichtigste Kenngröße der Zuverlässigkeit komplizierter Landmaschinen ist zur Zeit der Beiwert der Einsatzfähigkeit  $K_E$ .

Terminologie und Berechnungsgleichung des Beiwertes  $K_E$  sind im GOST 13377-67 festgelegt, und seine Zahlenwerte werden für verschiedene Landmaschinen in den technischen Herstellungsbedingungen bestimmt.

Im Artikel wird eine von den Autoren für den Reis- und Getreidemährescher SKG-4 eingeführte und entwickelte Methodik zum Bewerten der Erhöhung der Zuverlässigkeit und Instandsetzungseignung von Maschinen unter Betriebsbedingungen behandelt.

Die Berechnungen des Beiwertes der Einsatzfähigkeit  $K_E$  beruhen auf folgenden Voraussetzungen:

1. Jede technische Störung wird nur mit einer minimalen Anzahl erforderlicher Personen beseitigt, die von den Massen und Abmessungen der abzubauenen Baugruppen und Teile, ihrer Instandsetzungseignung und der Art der Störung bestimmt wird. Der Einsatz einer größeren Anzahl von Personen zum Beseitigen der Störung ist unzulässig.
2. In den Zeitmeßkarten für die Maschinenprüfungen wird gesondert eingetragen: a) Dauer  $t_s$  des mit der Beseitigung der technischen Störungen verbundenen Stillstands der Maschinen in min; Arbeitsaufwand  $t_a$  für das Beseitigen der Störung in min (beim Beseitigen der Störung durch eine Person ist  $t_s = t_a$ ).
3. Beim Berechnen von  $K_E$  werden nur die Stillstandszeiten berücksichtigt, die mit dem Beseitigen von Störungen ( $\Sigma t_s$ ) zusammenhängen.

Das Bewerten der Zuverlässigkeit von Mährescherbaugruppen erfolgt nach einem System partieller Einsatzfähigkeitsbeiwerte, die nach folgendem Ausdruck berechnet werden:

$$K_{Ei} = \frac{T_r}{T_r + \Sigma t_{si}}$$

Hierin sind:

$K_{Ei}$  der partielle Einsatzfähigkeitsbeiwert der  $i$ -ten Baugruppe (z. B. des Dreschwerkes, der Antriebsachse, des Schlußgledes der Gleiskette usw.);

$T_r$  reine Arbeitszeit der Maschine im Prüfungszeitraum;

$\Sigma t_{si}$  die mit dem Beseitigen technischer Störungen der  $i$ -ten Baugruppe zusammenhängende Stillstandszeit der Maschine.

Das Verfahren des Berechnens der Zuverlässigkeitserhöhung durch konstruktive oder technologische Maßnahmen beruht auf der Korrektur der partiellen und des gemeinsamen Einsatzfähigkeitsbeiwertes durch Eliminieren der für Störungsbeseitigungen aufgewendeten Zeit aus der Stillstandszeit ( $\Sigma t_{si}$ ) der  $i$ -ten Baugruppe.

Der Einsatzfähigkeitsbeiwert  $K_E$  wird in 2 Stufen berechnet: prognostische Berechnung der Zuverlässigkeitserhöhung durch konstruktive Entwicklungen und Prüfstandsuntersuchungen und Berechnung der tatsächlichen Zuverlässigkeitserhöhung auf der Grundlage von Betriebsuntersuchungen.

Im Verlauf der Prüfung von Serienmaschinen des ersten Herstellungsjahres oder einer Versuchsserie unter typischen Arbeitsbedingungen (z. B. beim Mährescher SKG-4 auf sehr feuchten Böden bei der Getreide-, Reis- und Sojabohnen-

ernte) werden, nachdem jede Maschine eine Arbeit verrichtet hat, die der Garantiefrist entspricht, die Einsatzfähigkeitsbeiwerte der Maschine und ihrer Baugruppen bestimmt, die als Grundlagenbeiwerte ( $K_{Egi}$ ) bezeichnet werden sollen. Alle nachfolgenden Berechnungen der Zuverlässigkeitserhöhung werden auf diese Beiwerte bezogen.

Die Genauigkeit des Berechnens der Grundlagenbeiwerte hängt von der Anzahl der geprüften Maschinen, dem Umfang der verrichteten Arbeit und der Vollständigkeit der Zeitmessungen ab, d. h., die erreichbare Genauigkeit läßt sich im voraus bestimmen. Die Prüfungsergebnisse werden nach dem Auswerten für jede Baugruppe, bei der eine Störung vorgelegen hat, in spezielle Zuverlässigkeitskarten (Tafel 1) eingetragen. Eine derartige Zuverlässigkeitskarte wird während des Vorbereitens der neuen Maschine für die Serienproduktion ausgefüllt und solange weitergeführt, bis die Maschine durch ein neues Modell ersetzt worden ist.

Für das Berechnen der Zuverlässigkeit wird folgende Gleichung benutzt:

$$K_E = \frac{T_r}{T_r + \Sigma t_s} = \frac{T_r}{T_r + t_{s1} + t_{s2} + \dots + t_{si}} \quad (2)$$

Hierin sind  $t_{s1}, t_{s2}, \dots, t_{si}$  die Stillstandszeiten der Maschine für das Beseitigen der Störungen der 1., 2., ...  $i$ -ten Baugruppe.

Teilt man Zähler und Nenner im Ausdruck (2) durch  $T_r$  und setzt

$$\frac{t_{si}}{T_r} = K_{si}, \text{ so ergibt sich}$$

$$K_E = \frac{1}{1 + K_{s1} + K_{s2} + \dots + K_{si}} = \frac{1}{1 + \Sigma K_s} \quad (3)$$

Das Beseitigen der Störungen von Baugruppen durch Erhöhen der Qualität wird in der entsprechenden Zuverlässigkeitskarte durch den Stillstandsbeiwert  $\Delta K_{si}$  berücksichtigt, und nach folgendem Ausdruck (4) wird der Einsatzfähigkeitsbeiwert der modernisierten Maschine (oder Baugruppe) bestimmt:

$$K_{Em} = \frac{1}{1 + \Sigma K_s - \Delta K_{si}} \quad (4)$$

Die Zuverlässigkeitserhöhung  $\Delta K_E$  wird mit

$$\Delta K_E = K_{Em} - K_{Eg}$$

bestimmt.

Da im Verlauf des nachfolgenden Einsatzes Störungen auftreten können, die mit dem Altern der Maschine zusammenhängen und sich während des Bestimmens der „Grundlagenzuverlässigkeit“ nicht bemerkbar machen, kann  $K_{Eg}$  nach dem gleichen Verfahren korrigiert, d. h. verringert werden. Das weitere Berechnen der Zuverlässigkeitserhöhung erfolgt dann mit dem neuen Wert von  $K_{Eg}$ . In diesem Fall ist  $K_{Eg}$  eine bedingte Größe und kennzeichnet die festgestellte Höhe der Zuverlässigkeit,  $\Delta K_E$  gibt mit der geforderten Genauigkeit die absolute Erhöhung der Zuverlässigkeit der Maschine oder Baugruppe an.

Die spezifischen Einsatzbedingungen der Landmaschinen verlangen eine besondere Kenngröße ihrer Instandsetzungseignung, die die numerische Bewertung der Möglichkeit ergeben muß, Störungen unter Feldbedingungen durch nur 1 AK (den Mährescherführer) zu beheben.

<sup>1</sup> Aus: Traktoren und Landmaschinen, Moskau (1969) H. 11. Übersetzer: Dr.-Ing. W. BALKIN

Für diese Kennzeichnung wird der Beiwert

$$K_{li} = \frac{\Sigma t_{si}}{\Sigma t_{ai}} \quad (5)$$

vorgeschlagen.

Hierin sind:

$K_{li}$  Beiwert der Instandsetzungseignung der Landmaschine oder der Baugruppe während der Einsatzdauer;

$\Sigma t_{si}$  Gesamtstillstandszeit der Maschine für das Beseitigen der technischen Störungen der Baugruppe;

$\Sigma t_{ai}$  Gesamtarbeitsaufwand für das Beseitigen dieser Störungen.

Teilt man Zähler und Nenner im Ausdruck (5) durch  $T_r$  und bezeichnet

$$\frac{\Sigma t_{ai}}{T_r} = K_a$$

als Beiwert des Arbeitsaufwandes für das Beseitigen der Störungen, so erhält man

$$K_{li} = \frac{K_{si}}{K_{ai}} \quad (6)$$

Dieser Beiwert wird für die Maschine als Ganzes und für ihre einzelnen Baugruppen berechnet. Ist  $K_{li} = 1$ , so bedeutet das, daß alle Störungen der entsprechenden Baugruppe von einer Person beseitigt werden können. Der reziproke Wert von  $K_{li}$  ( $1/K_{li}$ ) gibt die mittlere Anzahl der Personen an, die für das Beseitigen der Störungen erforderlich sind.

$K_{li}$  hat nur in Verbindung mit der Zuverlässigkeit eine Bedeutung, daher kann man die Qualität einer Maschine oder einer Baugruppe richtig nur durch gleichzeitiges Auswerten beider Beiwerte bestimmen.

Aufgrund der erhaltenen Werte von  $\Delta K_E$  und  $\Delta K_I$  errechnet sich die Erhöhung der Mährescherproduktivität, der ökonomische Effekt, die Erhöhung der Zuverlässigkeit und Instandsetzungseignung unter unmittelbaren Betriebsbedingungen, so daß man die Arbeit jedes Werkes, jedes Konstruktionsbüros, jedes Konstrukteurs und jedes Technologen bewerten kann.

Es soll die Berechnung der Erhöhung der Zuverlässigkeit und Instandsetzungseignung an Beispielen konstruktiver und technologischer Maßnahmen am Fahrwerk des Gleiskettenmähreschers SKG-4 betrachtet werden. Zur Einsparung von Raum in der Kartei wurden alle Störungen des Fahrwerks im „Grundlagenjahr“ in nur eine Zuverlässigkeitskarte eingetragen (Tafel 1).

Als Ergebnis der Modernisierung verringerte sich der Stillstandsbeiwert  $K_{si}$  dieser Baugruppen von 0,087 auf 0,047. Setzt man den ermittelten Wert  $\Delta K_{si} = 0,040$  in Gleichung (4) ein, so ergibt sich für das Fahrwerk  $K_{EM} = 0,955$  und für den Mährescher als Ganzes  $K_{EM} = 0,795$ . Die Erhöhung der Zuverlässigkeit beträgt für den Mährescher  $\Delta K_E = 0,025$  und für das Fahrwerk  $\Delta K_E = 0,035$ . Diese Ergebnisse wurden durch staatliche und betriebliche Prüfungen bestätigt.

Beim Führen der Zuverlässigkeitskartei bestimmt man die potentielle Erhöhung der Zuverlässigkeit jeder Baugruppe, bei der Störungen aufgetreten waren und vollständig beseitigt wurden. So ist aus der Tafel zu ersehen, daß sich durch das Beseitigen aller Störungen am Schaltgetriebe der Zuverlässigkeitsbeiwert des Mähreschers von 0,795 auf 0,81 erhöhen läßt.

Das gestattet nicht nur, den zuständigen Fachleuten konkrete Aufgaben zu stellen, sondern auch für vorgesehene Modernisierungen wirtschaftliche Grenzen festzusetzen, die die zulässige Erhöhung des Preises einer Baugruppe infolge konstruktiver und technologischer Maßnahmen angeben.

AU 8047

Tafel 1. Störungen im Grundlagenjahr

Struktur und Art der Störungen	Ergebnisse des Grundlagenjahres						Maßnahmen zum Erhöhen der Zuverlässigkeit und Instandsetzungseignung	Ergebnisse der Erhöhung der Zuverlässigkeit und Instandsetzungseignung					
	$t_s$	$t_a$	$K_s$	$K_a$	$K_{EG}$	$K_{IG}$		$\frac{t_s}{\Delta t_s}$	$\frac{t_a}{\Delta t_a}$	$\frac{K_s}{\Delta K_s}$	$\frac{K_a}{\Delta K_a}$	$K_{EM}$	$K_{Ia}$
Instabilität der Regelungen des Mährescher-Lenkensystems	455	455	0,032	0,032	0,969	1	Einführung einer neuen Konstruktion mit Reibungslenkungen	$\frac{75}{380}$	$\frac{75}{380}$	$\frac{0,0048}{0,025}$	$\frac{0,0048}{0,025}$	0,986	1
Ausfall der Führungen infolge der Unmöglichkeit, ihre Befestigungen während des Betriebes anzuziehen	131	262	0,0084	0,0168	0,991	0,5	Änderung der Konstruktion der Laufrollen-Aufhängung	$\frac{0}{131}$	$\frac{0}{262}$	$\frac{0}{0,084}$	$\frac{0}{0,01687}$	1	1
Verschleiß des Schließgliedes	72	144	0,0046	0,0093	0,995	0,5	Einführung einer neuen Konstruktion des Schließgliedes	$\frac{0}{12}$	$\frac{0}{144}$	$\frac{1}{0,0046}$	$\frac{0}{0,0093}$	0,995	1
Regulierung der Gleiskettenspannung	56	54	0,0036	0,0036	0,996	1	Einführung eines Spannmehanismus	$\frac{18}{38}$	$\frac{18}{38}$	$\frac{0,0012}{0,0024}$	$\frac{0,0012}{0,0024}$	0,996	1
Störungen im Schaltgetriebe	426	852	0,0274	0,0548	0,973	0,61		$\frac{18}{408}$	$\frac{18}{816}$	$\frac{0,0214}{0,0263}$	$\frac{0,6548}{0,0526}$	0,999	1
darunter													
a) Versagen des Ausrückdrucklagers	240	480	0,015	0,030	—	0,5	—	$\frac{0}{240}$	$\frac{0}{480}$	$\frac{0}{0,0154}$	$\frac{0}{0,0308}$	0,988	1
b) Instabilität der Kupplungseinstellung	36	36	0,0024	0,0024	—	1	—	$\frac{18}{18}$	$\frac{18}{18}$	$\frac{0,0012}{0,0012}$	$\frac{0,0012}{0,0012}$	0,989	1
c) Unzuverlässige Befestigung des Kupplungsgehäuses	150	300	0,0096	0,0192	—	0,5	—	$\frac{0}{150}$	$\frac{0}{300}$	$\frac{0}{0,0096}$	$\frac{0}{0,0132}$	0,998	1