

Ing. Marián Bujna, PhD. – Ing. Miroslav Prístavka, PhD.
doc. Ing. Peter Čičo, CSc.

SPOĽAHLIVOSŤ TECHNICKÝCH SYSTÉMOV

Nitra 2020

Vydala Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre
vo Vydavateľstve SPU

Autori: Ing. Marián Bujna, PhD. (5,41 AH)
Katedra kvality a strojárskych technológií
TF, SPU v Nitre

Ing. Miroslav Prístavka, PhD. (1,2 AH)
Katedra kvality a strojárskych technológií
TF, SPU v Nitre

doc. Ing. Peter Čičo, CSc. (0,6 AH)
Katedra kvality a strojárskych technológií
TF, SPU v Nitre

Recenzenti: doc. Ing. Miroslav Žitňák, PhD.
Ing. Petr Dostál, Ph.D.

Schválila rektorka Slovenskej poľnohospodárskej univerzity v Nitre dňa 8. 12. 2020
ako skriptá pre študentov SPU.

© M. Bujna, M. Prístavka, P. Čičo, Nitra 2020

ISBN 978-80-552-2285-1

Úvod	6
1 ZÁKLADNÉ POJMY A DEFINÍCIE V SPOĽAHLIVOSTI	7
1.1 Predmety skúmania	7
1.1.1 Technický systém	7
1.1.2 Technický proces	8
1.1.3 Výrobok a ďalšie predmety sledovania	9
1.2 Kvalita	12
1.2.1 Všeobecné znaky kvality:	12
1.3 Spôľahlivosť	13
1.3.1 Základné pojmy, definície spôľahlivosti	13
1.3.2 Úloha teórie spôľahlivosti	15
1.3.3 Vlastnosti spôľahlivosti	15
1.3.4 Ukazovatele spôľahlivosti	16
1.4 Špecifiká spôľahlivosti	17
2 UKAZOVATELE SPOĽAHLIVOSTI PRE OPRAVOVANÉ A NEOPRAVOVANÉ OBJEKTY	18
2.1 Neobnovované (neopravované) objekty	18
2.2 Obnovované (opravované) objekty	20
3 ČÍSELNÉ MATEMATICKO - ŠTATISTICKÉ SPRACOVANIE UKAZOVATEĽOV SPOĽAHLIVOSTI	22
3.1 Základný a výberový súbor	22
3.2 Štatistické triedenie početností	23
3.2.1 Variačné štatistické triedenie	23
3.3 Číselné charakteristiky štatistického súboru	25
3.3.1 Charakteristiky polohy	25
3.3.2 Kvantily	27
3.3.3 Miery variability	27
3.3.4 Miery šikmosti	29
3.4 Posúdenie vhodnosti výberového súboru	30
3.5 Grafické zobrazenie štatistických údajov	30
3.5.1 Histogram	30
3.5.2 Krabicový diagram (box plot)	32
3.5.3 Polygón	32
3.5.4 Polygón kumulatívnej relatívnej početnosti	32
4 FUNKČNÉ MATEMATICKO – ŠTATISTICKÉ SPRACOVANIE UKAZOVATEĽOV SPOĽAHLIVOSTI	33
4.1 Náhodné veličiny	33
4.2 Normálne rozdelenie	34
4.3 Weibullovo rozdelenie	37
4.4 Exponenciálne rozdelenie	38
4.5 Výber teoretického rozdelenia	39
4.6 Testovanie štatistických hypotéz	40
Testy dobrej zhody	40
4.6.1 χ^2 - test	40
4.7 Odhady používané v spôľahlivosti	41
4.7.1 Bodový odhad	42
4.7.2 Intervalové odhady	43
4.7.3 Relatívna chyba prenosu	44
5 JAVY A STAVY VÝROBKOV	45
5.1 Javy, stavy a činnosti výrobkov	45

5.2	Prestoj	47
5.3	Poruchy výrobku	47
5.3.1	Klasifikácia porúch	47
5.4	Opotrebenie, životnosť pri opotrebení	50
6	BEZPORUCHOVOSŤ STROJOV A PRVKOV	52
6.1	Ekonomické ukazovatele	52
6.2	Technické ukazovatele	53
6.2.1	Pravdepodobnosť bezporuchovej prevádzky	53
6.2.2	Pravdepodobnosť poruchy	54
6.2.3	Hustota pravdepodobnosti poruchy	54
6.2.4	Intenzita porúch	54
6.2.5	Pravdepodobnosť bezporuchovej prevádzky pre neopravované objekty	56
6.2.6	Typická krivka intenzity porúch	57
6.3	Bezporuchovosť strojových sústav	58
6.3.1	Sériové usporiadanie	58
6.3.2	Paralelné usporiadanie	60
6.3.3	Zmiešané sústavy	61
6.3.4	Usporiadanie K-Out-Of-N	63
7	ŽIVOTNOSŤ STROJOV A ICH PRVKOV	65
7.1	Medzné stavy strojov a ich prvkov	65
7.1.1	Základné pojmy	65
7.2	Životnosť súčiastky a funkčnej dvojice	66
7.2.1	Priebeh opotrebenia súčiastky a funkčnej dvojice v závislosti od času prevádzky	67
7.2.2	Individuálna metóda prognózovania	69
7.2.3	Metóda štatistického prognózovania	73
7.2.4	Stanovenie normatívov spotreby náhradných súčiastok	74
7.2.5	Vyhodnocovanie technického stavu súčiastok a funkčných dvojíc pri opravách	74
7.3	Životnosť strojov a skupín	75
7.3.1	Stanovenie ukazovateľov životnosti strojov a skupín	75
7.3.2	Ekonomické ukazovatele	77
7.3.3	Technické ukazovatele	77
8	UDRŽIAVATEĽNOSŤ STROJOV A ICH PRVKOV	80
8.1	Základné pojmy a definície	80
8.2	Optimalizácia technických údržieb	81
8.3	Ukazovatele udržiavateľnosti	82
8.3.1	Ekonomické ukazovatele udržiavateľnosti	82
8.3.2	Technické ukazovatele udržiavateľnosti	83
9	DIAGNOSTIKOVATEĽNOSŤ STROJOV A PRVKOV	85
9.1	Základné pojmy a definície	85
9.2	Ukazovatele diagnostiky	87
9.2.1	Ekonomické ukazovatele diagnostikovateľnosti	87
9.3	Technické ukazovatele diagnostikovateľnosti	87
10	OPRAVITEĽNOSŤ STROJOV A ICH PRVKOV	88
10.1	Základné pojmy a definície	88
10.2	Ukazovatele opraviteľnosti	88
10.2.1	Ekonomické ukazovatele opraviteľnosti	88
10.2.2	Technické ukazovatele opraviteľnosti	89
11	SKLADOVATEĽNOSŤ STROJOV A ICH PRVKOV	90

11.1	Základné pojmy a definície.....	90
11.2	Ekonomické ukazovatele skladovateľnosti.....	91
11.3	Modely skladovateľnosti.....	91
11.3.1	Posúdenie spoľahlivosti skladovania s periodickou kontrolou	92
11.3.2	Modely spoľahlivosti skladovacia zariadenia	92
12	KOMPLEXNÁ VLASTNOSŤ SPOĽAHLIVOSTI - POHOTOVOSŤ	95
12.1	Základné pojmy a definície pohotovosti.....	95
12.2	Ukazovatele pohotovosti.....	95
12.2.1	Ekonomické ukazovatele pohotovosti	95
12.2.2	Technické ukazovatele pohotovosti.....	96
12.2.3	Odvodenie ukazovateľov pohotovosti pri strojových konštrukciách	97
12.3	Základná koncepcia pohotovosti.....	99
12.4	Vzťah medzi pohotovosťou a spoľahlivosťou	100
13	PLÁNY SKÚŠOK SPOĽAHLIVOSTI	102
13.1	Základné pojmy a definície.....	102
13.2	Klasifikácia skúšok spoľahlivosti	103
13.3	Podmienky vykonania skúšok.....	104
13.4	Konkrétne plány skúšok spoľahlivosti.....	104
14	SPOĽAHLIVOSŤ V ETAPÁCH ŽIVOTNÉHO CYKLU VÝROBKU.....	107
15	PRÍLOHA - TABULKY	111
16	POUŽITÁ LITERATÚRA	130

Úvod

Spoľahlivosť technických systémov oddávna predstavovala problematiku, na ktorú sa kládol veľký dôraz. Pri riešení a posudzovaní spoľahlivosti neustále vznikajú nové prístupy. S vývojom spoľahlivosti úzko súvisí rozvoj údržby technického systému, ktorý má počas prevádzkovej etapy životného cyklu technického systému veľký vplyv na výslednú spoľahlivosť.

Zvýšenie spoľahlivosti strojov je jednou z najdôležitejších hospodárskych úloh. Pri nedostatočnej životnosti sa stroje vyrábajú vo väčšom množstve, ako je nutné. To vedie k nadmernej spotrebe materiálov, prebytkom výrobnnej kapacity, zvýšeniu výdavkov na technickú obsluhu, opravu a prevádzku strojov. Jednou zo základných požiadaviek na techniku je jej efektívnosť a kvalita. Práve spoľahlivosť je súčasťou kvality aj efektívnosti.

Kvalita a spoľahlivosť technických systémov sú už niekoľko rokov hlavnými ukazovateľmi úrovne technických systémov spolu s výkonovými parametrami. Túto skutočnosť je potrebné zohľadňovať nielen pri projektovaní nových, ale aj pri inovácii existujúcich systémov.

Význam spoľahlivosti výrobkov a meracích zariadení je dnes už v dostatočnom povedomí odborníkov. Spoľahlivosť patrí k dôležitým hľadiskám úžitkovej hodnoty systémov. Možno ju kvantifikovať s použitím jej jednotlivých ukazovateľov podľa konkrétnych požiadaviek.

Skriptá Spoľahlivosť technických systémov ponúkajú návod ako kvantifikovať čiastkové vlastnosti spoľahlivosti predovšetkým strojov, ale aj výrobkov či meradiel. Svoje využitie nájdú v odbore Strojárstvo, predovšetkým v predmete Spoľahlivosť technických systémov.

Osobitné poďakovanie patrí prof. Ing. Jozefovi Hrubcovi, CSc., ktorý vytvoril základy tejto problematiky na katedre Kvality a strojárskych technológií Technickej fakulty SPU v Nitre. Hlavne práve z jeho poznatkov sme vychádzali pri tvorbe týchto skript. Tieto poznatky boli upravené a rozvítené podľa najnovších trendov v spoľahlivosti systémov.

Autori	Ing. Marián Bujna, PhD. Ing. Miroslav Prístavka, PhD. doc. Ing. Peter Čičo, CSc.
Názov	SPOLAHLIVOSŤ TECHNICKÝCH SYSTÉMOV
Určené	Pre študentov SPU
Vydavateľ	Slovenská poľnohospodárska univerzita v Nitre
Vydanie	Prvé
Vytlačené	December 2020
Náklad	150 kusov
Počet strán	134
AH-VH	7,21-7,42
Tlač	Vydavateľstvo SPU v Nitre
ISBN 978-80-552-2285-1	Cena 5,60 €

Rukopis neprešiel redakčnou úpravou vo vydavateľstve.
Za odbornú náplň vydania zodpovedajú autori.

