

<b>STN</b>	<b>Mechanické kmitanie Vyvažovanie rotorov Časť 12: Postupy a tolerancie rotorov s pružným správaním</b>	<b>STN ISO 21940-12</b>  01 1401
------------	--	--

Mechanical vibration

Rotor balancing

Part 12: Procedures and tolerances for rotors with flexible behaviour

Vibrations mécaniques

Équilibrage des rotors

Partie 12: Modes opératoires et tolérances pour les rotors à comportement flexible

Mechanische Schwingungen

Auswuchten von Rotoren

Teil 12: Verfahren und Toleranzen für Rotoren mit flexiblem Verhalten

Táto slovenská technická norma je slovenskou verziou medzinárodnej normy ISO 21940-12: 2016. Preklad zabezpečil Úrad pre normalizáciu, metrológiu a skúšobníctvo Slovenskej republiky. STN ISO 21940-12 má rovnaké postavenie, ako majú oficiálne verzie.

This standard is the Slovak version of the International Standard ISO 21940-12: 2016. It was translated by Slovak Office of Standards, Metrology and Testing. STN ISO 21940-12 has the same status as the official versions.

**137951**

Úrad pre normalizáciu, metrológiu a skúšobníctvo Slovenskej republiky, 2024

Slovenská technická norma a technická normalizačná informácia je chránená zákonom č. 60/2018 Z. z. o technickej normalizácii v znení neskorších predpisov.

## Národný predhovor

Obrázky v tejto STN sú prevzaté z elektronických podkladov dodaných z ISO, © 2016 ISO, ref. č. ISO 21940-12: 2016 (E).

Táto norma obsahuje dve národné poznámky.

### Normatívne referenčné dokumenty

Nasledujúce dokumenty, celé alebo ich časti, sú v tomto dokumente normatívnymi odkazmi a sú nevyhnutné pri jeho používaní. Pri datovaných odkazoch sa použije len citované vydanie. Pri nedatovaných odkazoch sa použije najnovšie vydanie citovaného dokumentu (vrátane všetkých zmien).

POZNÁMKA 1. – Ak bola medzinárodná publikácia zmenená spoločnými modifikáciami, čo je indikované označením (mod), použije sa príslušná EN/HD.

POZNÁMKA 2. – Aktuálne informácie o platných a zrušených STN a TNI možno získať na webovom sídle [www.unms.sk](http://www.unms.sk).

ISO 21940-2 prijatá ako STN ISO 21940-2 Mechanické kmitanie. Vyvažovanie rotorov. Časť 2: Slovník (01 1401)

ISO 2041 prijatá ako STN ISO 2041 Mechanické kmitanie, otrasy a monitorovanie prevádzkového stavu. Názvoslovie (01 1400)

ISO 21940-11 prijatá ako STN ISO 21940-11 + Amd 1 Mechanické kmitanie. Vyvažovanie rotorov. Časť 11: Postupy a tolerancie rotorov s tuhým správaním (obsahuje zmenu Amd 1) (01 1401)

ISO 21940-14 prijatá ako STN ISO 21940-14 + Amd 1 Mechanické kmitanie. Vyvažovanie rotorov. Časť 14: Postupy pri posudzovaní chýb vyváženia (obsahuje zmenu Amd 1) (01 1401)

ISO 21940-32 prijatá ako STN ISO 21940-32 Mechanické kmitanie. Vyvažovanie rotorov. Časť 32: Dohoda o rotoroch a strojných častiach spájaných perami (01 1401)

### Súvisiace normy

STN ISO 13372 Monitorovanie stavu a diagnostika strojov. Slovník (01 1440)

STN ISO 21940-31 Mechanické kmitanie. Vyvažovanie rotorov. Časť 31: Náchylnosť a citlivosť strojov na nevyváženosť (01 1401)

STN EN ISO 80000-1 Veličiny a jednotky. Časť 1: Všeobecne (ISO 80000-1) (01 1301)

STN EN ISO 80000-3 Veličiny a jednotky. Časť 3: Priestor a čas (ISO 80000-3) (01 1301)

STN EN ISO 80000-4 Veličiny a jednotky. Časť 4: Mechanika (ISO 80000-4) (01 1301)

### Vypracovanie slovenskej technickej normy

**Spracovateľ:** ŽIARAN & DS MECHANICS, Rovinka, prof. Ing. Stanislav Žiaran, CSc.

**Technická komisia:** TK 21 Akustika a mechanické kmitanie

**Mechanické kmitanie****ISO 21940-12****Vyvažovanie rotorov**

Prvé vydanie

**Časť 12: Postupy a tolerancie rotorov s pružným správaním**

2016-04-01

ICS 21.120.40

**Obsah**

	strana
<b>Predhovor</b> .....	5
<b>Úvod</b> .....	6
<b>1</b> Predmet.....	7
<b>2</b> Normatívne odkazy.....	7
<b>3</b> Termíny a definície.....	7
<b>4</b> Základy dynamiky a vyvažovanie rotorov s pružným správaním.....	8
<b>4.1</b> Všeobecne.....	8
<b>4.2</b> Rozloženie nevyváženosti.....	8
<b>4.3</b> Vlastné tvary rotorov s pružným správaním.....	8
<b>4.4</b> Ozva rotora s pružným správaním na nevyváženosť.....	9
<b>4.5</b> Ciele vyvažovania rotorov s pružným správaním.....	10
<b>4.6</b> Ustanovenia pre vyvažovacie (korekčné) roviny.....	11
<b>4.7</b> Spojené rotory.....	11
<b>5</b> Konfigurácie rotora.....	11
<b>6</b> Postupy vyvažovania rotorov s pružným správaním pri nízkych frekvenciách otáčania.....	14
<b>6.1</b> Všeobecne.....	14
<b>6.2</b> Výber vyvažovacích (korekčných) rovín.....	14
<b>6.3</b> Prevádzková frekvencia otáčania rotora.....	14
<b>6.4</b> Začiatočná nevyváženosť.....	14
<b>6.5</b> Postupy vyvažovania pri nízkych frekvenciách otáčania.....	15
<b>6.5.1</b> Postup A – Vyvažovanie v jednej rovine.....	15
<b>6.5.2</b> Postup B – Vyvažovanie v dvoch rovinách.....	15
<b>6.5.3</b> Postup C – Vyvažovanie samostatných komponent pred montážou.....	15
<b>6.5.4</b> Postup D – Vyvažovanie po úprave začiatočnej nevyváženosti.....	15
<b>6.5.5</b> Postup E – Postupné vyvažovanie v priebehu montáže.....	16
<b>6.5.6</b> Postup F – Vyvažovanie v optimálnych rovinách.....	16
<b>7</b> Postupy vyvažovania rotorov s pružným správaním pri vysokých frekvenciách otáčania.....	16
<b>7.1</b> Všeobecne.....	16
<b>7.2</b> Inštalácia pre vyvažovanie.....	16
<b>7.3</b> Postup G – Vyvažovanie pri viacerých frekvenciách otáčania.....	17
<b>7.3.1</b> Všeobecne.....	17

7.3.2	Začiatkové vyvažovanie pri nízkych frekvenciách otáčania .....	18
7.3.3	Všeobecný postup.....	18
7.4	Postup H – Vyvažovanie pri prevádzkovej frekvencii otáčania.....	20
7.5	Postup I – Vyvažovanie pri stanovenej frekvencii otáčania.....	21
7.5.1	Všeobecne .....	21
7.5.2	Postup.....	21
8	Kritériá hodnotenia.....	21
8.1	Výber kritérií .....	21
8.2	Prípustné hodnoty kmitania na vyvažovacom stroji .....	22
8.2.1	Prehľad .....	22
8.2.2	Všeobecne .....	22
8.2.3	Špeciálne prípady a výnimky .....	22
8.2.4	Faktory ovplyvňujúce kmitanie stroja .....	22
8.2.5	Kritické vôle a zložité sústavy strojov.....	23
8.2.6	Prípustné kmitanie na vyvažovacom stroji.....	23
8.3	Tolerancie zostatkovej nevyváženosti .....	24
8.3.1	Prehľad.....	24
8.3.2	Všeobecne .....	24
8.3.3	Prípustné hodnoty vyvažovania pri nízkych frekvenciách otáčania .....	24
8.3.4	Prípustné hodnoty vyvažovania pri viacerých frekvenciách otáčania .....	25
9	Postupy hodnotenia.....	25
9.1	Postupy hodnotenia na základe prípustných hodnôt kmitania.....	25
9.1.1	Posúdenie kmitania vo vyvažovacom stroji pri vysokých frekvenciách otáčania .....	25
9.1.2	Posúdenie kmitania na skúšobnom stanovisku .....	26
9.1.3	Posúdenie kmitania na mieste prevádzky.....	26
9.2	Hodnotenie na základe tolerancií zostatkovej nevyváženosti .....	27
9.2.1	Všeobecne .....	27
9.2.2	Hodnotenie pri nízkej frekvencii otáčania .....	27
9.2.3	Hodnotenie pri viacerých frekvenciách otáčania na základe modálnej nevyváženosti .....	27
9.2.4	Hodnotenie pri prevádzkovej frekvencii otáčania v dvoch stanovených skúšobných rovinách.....	29
<b>Príloha A</b> (informatívna) – Upozornenia týkajúce sa rotorov inštalovaných na mieste ( <i>in-situ</i> ).....		30
<b>Príloha B</b> (informatívna) – Vyvažovanie v optimálnych rovinách – Vyvažovanie v troch rovinách pri nízkej frekvencii otáčania.....		31
<b>Príloha C</b> (informatívna) – Prevodové faktory .....		33
<b>Príloha D</b> (informatívna) – Príklad výpočtu ekvivalentných zostatkových modálnych nevyvážeností .....		34
<b>Príloha E</b> (informatívna) – Postupy na určenie, či rotor vykazuje tuhé alebo pružné správanie.....		37
<b>Príloha F</b> (informatívna) – Metóda výpočtu korekcie nevyváženosti.....		39
<b>Literatúra</b> .....		40

## Predhovor

ISO (Medzinárodná organizácia pre normalizáciu) je celosvetová federácia národných normalizačných organizácií (členov ISO). Na medzinárodných normách zvyčajne pracujú technické komisie ISO. Každý člen ISO, ktorý sa zaujíma o predmet, pre ktorý sa vytvorila technická komisia, má právo byť zastúpený v tejto technickej komisii. Na práci sa zúčastňujú aj medzinárodné vládne alebo mimovládne organizácie, s ktorými ISO nadviazala pracovný styk. ISO úzko spolupracuje s Medzinárodnou elektrotechnickou komisiou (IEC) vo všetkých záležitostiach normalizácie v elektrotechnike.

Postupy použité pri príprave tohto dokumentu a tie, ktoré sú určené na jeho ďalšie udržiavanie, sú opísané v smernici ISO/IEC, časť 1. Majú sa zaznamenať najmä rôzne schvaľovacie kritériá potrebné pre rôzne typy dokumentov ISO. Tento dokument bol vypracovaný v súlade s redakčnými pravidlami smerníc ISO/IEC, časť 2 (pozri [www.iso.org/directives](http://www.iso.org/directives)).

Upozorňuje sa na možnosť, že niektoré ustanovenia tohto dokumentu môžu byť predmetom patentových práv. ISO nie je zodpovedná za identifikáciu akýchkoľvek alebo všetkých patentových práv. Podrobnosti o akýchkoľvek patentových právach identifikovaných počas spracúvania dokumentu budú uvedené v úvode a/alebo v zozname prijatých patentových vyhlásení ISO [www.iso.org/patents](http://www.iso.org/patents).

Akýkoľvek obchodný názov použitý v tomto dokumente sa uvádza ako informácia pre uľahčenie práce bežných používateľov a neznamená schválenie.

Vysvetlenie významu špecifických termínov a výrazov ISO týkajúcich sa posudzovania zhody, ako aj informácie o dodržiavaní zásad WTO v technických prekážkach obchodu (TBT) ISO nájdete na nasledujúcej adrese URL: [Foreword - Supplementary information](#).

Tento dokument vypracovala technická komisia ISO/TC 108 *Mechanické kmitanie, otrasy a monitorovanie prevádzkového stavu*, subkomisia SC 2 *Meranie a vyhodnocovanie mechanického kmitania a otrasov aplikované na stroje, vozidlá a konštrukcie*.

Toto prvé vydanie ISO 21940-12 ruší a nahrádza ISO 11342: 1998, ktorá bola technicky revidovaná. Hlavnými zmenami je vypustenie termínov a definícií, ktoré boli prevedené do ISO 21940-2 a zrušenie predchádzajúcej prílohy F, ktorá je kópiou časti D.1. Zahŕňa tiež technické korigendum ISO 11342: 1998/Cor.1: 2000.

ISO 21940 pozostáva z nasledujúcich častí pod všeobecným názvom *Mechanické kmitanie. Vyvažovanie rotorov*:

- Časť 11: *Postupy a tolerancie rotorov s tuhým správaním*<sup>1)</sup>
- Časť 12: *Postupy a tolerancie rotorov s pružným správaním*<sup>2)</sup>
- Časť 13: *Kritériá a bezpečnostné opatrenia pri vyvažovaní stredných a veľkých rotorov in-situ*<sup>3)</sup>
- Časť 14: *Postupy pri posudzovaní chýb vyváženia*<sup>4)</sup>
- Časť 21: *Opis a hodnotenie vyvažovacích strojov*<sup>5)</sup>

<sup>1)</sup> Revízia ISO 1940-1: 2003 + cor. 1: 2005 *Mechanical vibration – Balance quality requirements for rotors in a constant (rigid) state – Part 1: Specification and verification of balance tolerances*. [Mechanické kmitanie. Požiadavky na kvalitu vyváženia rotorov v nemennom (tuhom) stave. Časť 1: Špecifikácia a overenie tolerancií vyváženia.]

<sup>2)</sup> Revízia ISO 11342: 1998 + cor. 1: 2000 *Mechanical vibration – Methods and criteria for the mechanical balancing of flexible rotors*. [Mechanické kmitanie. Metódy a kritériá pre mechanické vyvažovanie pružných rotorov.]

<sup>3)</sup> Revízia ISO 20806: 2009 *Mechanical vibration – Criteria and safeguards for the in-situ balancing of medium and large rotors*. [Mechanické kmitanie. Kritériá a bezpečnostné opatrenia na vyvažovanie stredných a veľkých rotorov in-situ.]

<sup>4)</sup> Revízia ISO 1940-2: 1997 *Mechanical vibration – Balance quality requirements of rigid rotors – Part 2: Balance errors*. [Mechanické kmitanie. Požiadavky na kvalitu vyváženia tuhých rotorov. Časť 2: Chyby vyváženia.]

<sup>5)</sup> Revízia ISO 2953: 1999 *Mechanical vibration – Balancing machines – Description and evaluation*. [Mechanické kmitanie. Vyvažovacie stroje. Opis a hodnotenie.]

- Časť 23: Kryty a iné ochranné opatrenia pre meracie stanoviisko vyvažovacích strojov<sup>6)</sup>
- Časť 31: Náchylnosť a citlivosť strojov na nevyváženosť<sup>7)</sup>
- Časť 32: Dohoda o rotoroch a strojných častiach spájaných perami<sup>8)</sup>
- Časť 2: Slovník<sup>9)</sup>

## Úvod

Cieľ vyvažovania akéhokoľvek rotora je dosiahnuť uspokojivý chod po jeho inštalácii (montáži) na mieste prevádzky (*in-situ*). V tomto kontexte „uspokojivý chod“ znamená, že nevyváženosť zostávajúca v rotore nespôsobuje viac než prijateľnú veľkosť kmitania (vibrácií). V prípade rotora s pružným správaním to tiež znamená, že v rotore pri akejkoľvek frekvencii otáčania až do maximálnej prevádzkovej frekvencie otáčania nepresiahne priehyb rotora maximálne prijateľnú hodnotu výchylky.

Väčšina rotorov je vyvážená vo výrobe pred montážou do stroja, pretože potom môže byť napríklad len obmedzený prístup k rotoru. Okrem toho je vyváženie rotora často etapa, v ktorej je rotor schválený kupujúcim. Zatiaľ čo cieľ je uspokojivý chod *in-situ*, kvalita vyváženia rotora sa zvyčajne najprv hodnotí vo vyvažovacom stroji. Uspokojivý chod *in situ* sa vo väčšine prípadov posudzuje na základe kmitania vyvolaného rôznymi príčinami, zatiaľ čo vo vyvažovacom stroji sa berú do úvahy predovšetkým vplyvy zodpovedajúce frekvencii otáčania rotora.

Táto časť ISO 21940 klasifikuje rotory v súlade s ich požiadavkami na vyváženie a stanovuje metódy posúdenia zostatkovej nevyváženosti.

Táto časť ISO 21940 tiež ukazuje, ako možno odvodiť kritériá pre použitie vo vyvažovacom stroji buď stanovením prípustných hraníc kmitania určených pre zmontovaný a inštalovaný stroj, alebo určením prípustných hraníc nevyváženosti pre konkrétny rotor. Ak takéto hranice nie sú k dispozícii, táto časť ISO 21940 ukazuje, ako ich možno odvodiť z ISO 10816 a ISO 7919, ak je to potrebné, pokiaľ ide o kmitanie, alebo z ISO 21940-11, ak sa vyžaduje prípustná zostatková nevyváženosť. ISO 21940-11 sa zaoberá kvalitou vyváženia rotorov s tuhým správaním a nie je priamo aplikovateľná na rotory s pružným správaním, pretože rotory s pružným správaním môžu podliehať značnému priehybu. V tejto časti ISO 21940 sa však uvádzajú metódy umožňujúce prispôsobiť kritériá ISO 21940-11 rotorom s pružným správaním.

Existujú prípady, v ktorých u inak prijateľne vyváženého rotora dochádza k neprípustnej hladine kmitania *in situ* v dôsledku rezonancií v nosnej konštrukcii. V podmienkach rezonancie alebo v jej blízkosti môže sa u málo tlmenej nosnej konštrukcie aj s malou nevyváženosťou vybudíť nadmerné kmitanie. V takýchto prípadoch môže byť praktickejšie preladenie vlastnej frekvencie alebo zmena tlmenia konštrukcie, než vyváženie na veľmi nízku úroveň tolerancií, ktoré nemusia byť trvale udržateľné (pozri tiež ISO 21940-31).

---

<sup>6)</sup> Revízia ISO 7475: 2002 *Mechanical vibration – Balancing machines – Enclosures and other protective measures for the measuring station*. [Mechanické kmitanie. Vyvažovacie stroje. Kryty a iné ochranné opatrenia pre meraciu stanicu.]

<sup>7)</sup> Revízia ISO 10814: 1996 *Mechanical vibration – Susceptibility and sensitivity of machines to unbalance*. [Mechanické kmitanie. Náchylnosť a citlivosť strojov na nevyváženosť.]

<sup>8)</sup> Revízia ISO 8821: 1989 *Mechanical vibration – Balancing – Shaft and fitment key convention*. [Mechanické kmitanie. Vyvažovanie. Dohoda o rotoroch a spájacích perách.]

<sup>9)</sup> Revízia ISO 1925: 2001 *Mechanical vibration – Balancing – Vocabulary*. [Mechanické kmitanie. Vyvažovanie. Názvoslovie.]

## 1 Predmet

Táto časť ISO 21940 predstavuje typické konfigurácie rotorov s pružným správaním v súlade s ich charakteristikami a požiadavkami na vyvažovanie, opisuje postupy vyvažovania, špecifikuje metódy hodnotenia konečného stavu vyváženia a stanovuje usmernenia pre kritériá kvality vyváženia.

Táto časť ISO 21940 môže slúžiť aj ako základ pre rozsiahlejšie skúmanie, napr. kedy je potrebné presnejšie určenie vyžadovanej kvality vyváženia. Ak sa venuje náležitá pozornosť stanoveným výrobným metódam a toleranciam vyváženia, možno očakávať uspokojivé prevádzkové podmienky.

Táto časť ISO 21940 nie je určená na to, aby slúžila ako preberacie technické podmienky pre akýkoľvek rotor, ale skôr na to, aby uviedla, ako sa vyhnúť veľkým nedostatkom a zbytočne obmedzujúcim požiadavkám.

Problém rezonancie konštrukcií a ich úprav je mimo predmetu tejto časti ISO 21940.

Uvedené metódy a kritériá sú výsledkom skúseností získaných z prevádzky bežných priemyselných strojov. Tieto metódy a kritériá sa nemusia priamo aplikovať na špeciálne zariadenia alebo za zvláštnych okolností. Preto sa môžu vyskytnúť prípady, keď sa môže od tejto časti ISO 21940 odchýliť.

## 2 Normatívne odkazy

Nasledujúce dokumenty, celé alebo ich časti, sú v tomto dokumente normatívnymi odkazmi a sú nevyhnutné pri jeho používaní. Pri datovaných odkazoch sa použije len citované vydanie. Pri nedatovaných odkazoch sa použije najnovšie vydanie citovaného dokumentu (vrátane všetkých zmien).

ISO 21940-2\*) *Mechanical vibration – Rotor balancing – Part 2: Vocabulary*. [Mechanické kmitanie. Vyvažovanie rotorov. Časť 2: Slovník.]

ISO 2041 *Mechanical vibration, shock and condition monitoring – Vocabulary*. [Mechanické kmitanie, otrasy a monitorovanie prevádzkového stavu. Názvoslovie.]

ISO 21940-11 *Mechanical vibration – Rotor balancing – Part 11: Procedures and tolerances for rotors with rigid behaviour*. [Mechanické kmitanie. Vyvažovanie rotorov. Časť 11: Postupy a tolerancie rotorov s tuhým správaním.]

ISO 21940-14 *Mechanical vibration – Rotor balancing – Part 14: Procedures for assessing balance errors*. [Mechanické kmitanie. Vyvažovanie rotorov. Časť 14: Postupy pri posudzovaní chýb vyváženia.]

ISO 21940-32 *Mechanical vibration – Rotor balancing – Part 32: Shaft and fitment key convention*. [Mechanické kmitanie. Vyvažovanie rotorov. Časť 32: Dohoda o rotoroch a strojných častiach spájaných perami.]

**koniec náhľadu – text ďalej pokračuje v platenej verzii STN**

---

\*) NÁRODNÁ POZNÁMKA 1. – V anglickej verzii uvedená ISO 1925, ktorá bola zrušená a nahradená ISO 21940-2.