

# ČESKÁ TECHNICKÁ NORMA

ICS 21.120.40 **Červenec 2014**

## **Vibrace - Vyvažování rotorů - Část 31: Náchylnost a citlivost strojů na nevyváženost**

**ČSN**  
**ISO 21940-31**  
01 1449

Mechanical vibration – Rotor balancing –  
Part 31: Susceptibility and sensitivity of machines to unbalance

Vibrations mécaniques – Équilibrage des rotors –  
Partie 31: Susceptibilité et sensibilité des machines aux balourds

Tato norma je českou verzí mezinárodní normy ISO 21940-31:2013. Překlad byl zajištěn Úřadem pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví. Má stejný status jako oficiální verze.

This standard is the Czech version of the International Standard ISO 21940-31:2013. It was translated by the Czech Office for Standards, Metrology and Testing. It has the same status as the official version.

Nahrazení předchozích norem

Touto normou se nahrazuje ČSN ISO 10814 (01 1435) z ledna 2002.

Národní předmluva

Změny proti předchozí normě

Hlavní změnou je obměna faktorů modálního zesílení tak, aby tato část ISO 21940 byla v lepším souladu s příslušnými částmi ISO 7919.

Informace o citovaných dokumentech

ISO 1925 zavedena v ČSN ISO 1925 (01 1401) Vibrace – Vyvažování – Slovník

Souvisící ČSN

ČSN ISO 1940-1 (01 1410) Vibrace – Požadavky na jakost vyvážení rotorů v konstantním (tuhém) stavu – Část 1: Stanovení vyvažovacích tolerancí a ověření nevyváženosti

ČSN ISO 7919-2 (01 1414) Vibrace – Hodnocení vibrací strojů na základě měření na rotujících hřídelích – Část 2: Parní turbíny a generátory nad 50 MW na pozemních základech se jmenovitými provozními otáčkami 1 500 1/min, 1 800 1/min, 3 000 1/min a 3 600 1/min

ČSN ISO 7919-4 (01 1414) Vibrace – Hodnocení vibračních strojů na základě měření na rotujících hřídelích – Část 4: Soustrojí s plynovou turbínou na kluzných ložiskách

ČSN ISO 11342 (01 1409) Vibrace – Metody a kritéria vyvažování pružných rotorů

Vysvětlivky k textu převzaté normy

Překlad názvu normy je v zájmu stručnosti zjednodušen natolik, že obsahuje formulační nepřesnost. Nevyváženost je ve všech praktických případech (viz Poznámka 2 v definici 3.1 v ČSN ISO 1925) veličina, která kvantitativně vyjadřuje stav (míru) vyvážení rotoru. Protože každý reálný rotor má jistou konkrétní nevyváženost  $> 0$  (např. zbytkovou nevyváženost po vyvažování), je vazba „náchylnost k nevyváženosti“ nesprávná. Správná formulace je „náchylnost ke změně nevyváženosti“ (viz 2. odstavec v kapitole 1) nebo „náchylnost ke změně vyvážení“.

V anglické verzi ISO 21940-31 se pro rozdílné veličiny, otáčky ( $n$  v r/min) a úhlovou rychlost otáčení ( $W$  nebo  $w$  v rad/s), používají v řadě případů totožné pojmy, a to „rotational speed“ (např. v 5.4.2, 5.5 jako  $n$  a v 6.3, A.3 jako  $W$  nebo  $w$ ) nebo „operating speed“ (např. v 5.4.3, 5.5, C.1 jako  $n$  a v 5.4.2 jako  $W$ ). V této české verzi (ČSN ISO 21940-31) se výrazy pro obě veličiny důsledně rozlišují.

Vypracování normy

Zpracovatel: JANDÁK Praha, IČ 12494372, SVUSS Praha, spol. s r.o., Ing. Vladimír Borůvka, CSc., Ing. František Loula

Technická normalizační komise: TNK 11 Vibrace a rázy

Pracovník Úřadu pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví: Ing. Lubomír Drápal, CSc.

MEZINÁRODNÍ NORMA

Vibrace – Vyvažování rotorů – ISO 21940-31

Část 31: Náchylnost a citlivost strojů na nevyváženost První vydání  
2013-08-15

ICS 21.120.40

Obsah

Strana

Předmluva 5

Úvod 7

**1** Předmět normy 8

**2** Citované dokumenty 8

**3** Termíny a definice 8

<b>4</b>	<b>Klasifikace náchylnosti stroje</b>	<b>8</b>
<b>4.1</b>	<b>Obecně</b>	<b>8</b>
<b>4.2</b>	<b>Typ I: Malá náchylnost</b>	<b>8</b>
<b>4.3</b>	<b>Typ II: Střední náchylnost</b>	<b>8</b>
<b>4.4</b>	<b>Typ III: Velká náchylnost</b>	<b>9</b>
<b>4.5</b>	<b>Korekční faktory podle náchylnosti stroje</b>	<b>9</b>
<b>5</b>	<b>Modální citlivost</b>	<b>9</b>
<b>5.1</b>	<b>Obecně</b>	<b>9</b>
<b>5.2</b>	<b>Rozsahy modální citlivosti</b>	<b>9</b>
<b>5.3</b>	<b>Charakteristiky rozsahů modální citlivosti</b>	<b>9</b>
<b>5.4</b>	<b>Hodnoty modální citlivosti</b>	<b>10</b>
<b>5.5</b>	<b>Provozní otáčky</b>	<b>13</b>
<b>5.6</b>	<b>Přechodové otáčky</b>	<b>15</b>
<b>6</b>	<b>Experimentální určování modální citlivosti blízko rezonančních otáček při provozních podmínkách</b>	<b>16</b>
<b>6.1</b>	<b>Obecně</b>	<b>16</b>
<b>6.2</b>	<b>Postup s použitím Nyquistova diagramu</b>	<b>16</b>
<b>6.3</b>	<b>Postup s použitím Bodeova diagramu</b>	<b>17</b>
<b>7</b>	<b>Číselné hodnoty lokální citlivosti</b>	<b>18</b>
<b>8</b>	<b>Experimentální určování lokální citlivosti</b>	<b>18</b>
<b>8.1</b>	<b>Obecně</b>	<b>18</b>
<b>8.2</b>	<b>Postup</b>	<b>18</b>
<b>9</b>	<b>Analýza citlivosti na nevyváženost se zohledněním tlumení</b>	<b>19</b>
<b>Příloha A</b>	<b>(informativní) Vysvětlení termínů</b>	<b>20</b>
<b>Příloha B</b>	<b>(informativní) Příklad postupu s použitím polárního diagramu</b>	<b>22</b>
<b>Příloha C</b>	<b>(informativní) Příklad klasifikace podle modální citlivosti</b>	<b>23</b>
<b>Příloha D</b>	<b>(informativní) Příklad určení nevyváženosti pro použití v matematickém modelu</b>	<b>24</b>
	<b>Bibliografie</b>	<b>25</b>



## DOKUMENT CHRÁNĚNÝ COPYRIGHTEM

© ISO 2013

Veškerá práva vyhrazena. Pokud není specifikováno jinak, nesmí být žádná část této publikace reprodukována nebo používána v jakékoliv formě nebo jakýmkoliv způsobem, elektronickým nebo mechanickým, včetně fotokopíí a mikrofilmů, bez písemného svolení buď od organizace ISO na níže uvedené adrese, nebo od členské organizace ISO v zemi žadatele.

ISO copyright office

Case postale 56 · CH-1211 Geneva 20

Tel. + 41 22 749 01 11

Fax + 41 22 749 09 47

E-mail [copyright@iso.org](mailto:copyright@iso.org)

Web [www.iso.org](http://www.iso.org)

Published in Switzerland

### Předmluva

ISO (Mezinárodní organizace pro normalizaci) je celosvětová federace národních normalizačních orgánů (členů ISO). Mezinárodní normy obvykle vypracovávají technické komise ISO. Každý člen ISO, který se zajímá o předmět, pro který byla vytvořena technická komise, má právo být v této technické komisi zastoupen. Práce se zúčastňují také vládní i nevládní mezinárodní organizace, s nimiž ISO navázala pracovní styk. ISO úzce spolupracuje s Mezinárodní elektrotechnickou komisí (IEC) ve všech záležitostech normalizace v elektro-technice.

Postupy použité při tvorbě tohoto dokumentu a postupy určené pro jeho další udržování jsou popsány ve směrnících ISO/IEC, část 1. Zejména se má věnovat pozornost rozdílným schvalovacím kritériím potřebným pro různé druhy dokumentů ISO. Tento dokument byl vypracován v souladu s redakčními pravidly uvedenými ve směrnících ISO/IEC, část 2 (viz [www.iso.org/directives](http://www.iso.org/directives)).

Upozorňuje se na možnost, že některé prvky tohoto dokumentu mohou být předmětem patentových práv. ISO nelze činit odpovědnou za identifikaci jakéhokoliv nebo všech patentových práv. Podrobnosti o jakýchkoliv patentových právech identifikovaných během přípravy tohoto dokumentu budou uvedeny v úvodu a/nebo v seznamu patentových prohlášení obdrženyých ISO (viz [www.iso.org/patents](http://www.iso.org/patents)).

Jakýkoliv obchodní název použitý v tomto dokumentu se uvádí jako informace pro usnadnění práce uživatelů a neznamena schválení.

Za tento dokument je odpovědná komise ISO/TC 108 *Vibrace, rázy a monitorování stavu*, subkomise SC 2 *Měření a hodnocení vibrací a rázů používané u strojů, vozidel a konstrukcí*.

Toto první vydání ISO 21940-31 zrušuje a nahrazuje ISO 10814:1996 a je její technickou revizí. Hlavní změnou je obměna faktorů modálního zesílení tak, aby tato část ISO 21940 byla v lepším souladu s příslušnými částmi ISO 7919, např. stroje s očekávaným provozem v pásmu A podle ISO 7919-2<sup>[2]</sup> budou klasifikovány jako stroje\_s velmi nízkou citlivostí (rozsah A) a stroje s očekávaným provozem

v pásmu B podle ISO 7919-2<sup>[2]</sup> budou klasifikovány jako stroje s nízkou citlivostí (rozsah B).

ISO 21940 sestává z následujících částí se společným názvem *Vibrace – Vyvažování rotorů*:

- Část 1: Úvod<sup>1)</sup>
- Část 2: Slovník<sup>2)</sup>
- Část 11: Postupy a tolerance pro rotory v tuhém stavu<sup>3)</sup>
- Část 12: Postupy a tolerance pro rotory v pružném stavu<sup>4)</sup>
- Část 13: Kritéria a bezpečnostní opatření pro vyvažování středních a velkých rotorů in situ<sup>5)</sup>
- Část 14: Posuzování chyb vyvážení<sup>6)</sup>
- Část 21: Popis a hodnocení vyvažovacích strojů<sup>7)</sup>
- Část 23: Kryty a jiná ochranná opatření pro měřicí stanoviště vyvažovacích strojů<sup>8)</sup>
  
- Část 31: Náchylnost a citlivost strojů na nevyváženost<sup>9)</sup>
- Část 32: Zohlednění per u hřídelů a kol<sup>10)</sup>

## Úvod

Pro dosažení přijatelných velikostí vibrací za provozu obvykle stačí vyvážení rotoru během výroby (jak je např. popsáno v ISO 1940-1<sup>[1]</sup> a ISO 11342<sup>[4]</sup>), jestliže nejsou přítomny jiné zdroje vibrací. Během uvádění do provozu však může nastat nutnost dodatečného vyvážení a po uvedení do provozu mohou některé stroje potřebovat občasné nebo dokonce časté dovyvážení in situ.

Jestliže jsou velikosti vibrací během uvádění do provozu neuspokojivé, může být příčinou nedostatečné vyvážení nebo montážní chyby. Další důležitou příčinou může být skutečnost, že smontovaný stroj je obzvláště citlivý na poměrně malé zbytkové nevyvážky, které jsou zcela v obvyklých tolerancích vyvážení.

Jestliže jsou velikosti vibrací neuspokojivé, je často prvním krokem pokus snížit vibrace vyvážením in situ. Lze-li velké vibrace snížit poměrně malými korekčními hmotami, ukazuje to na vysokou citlivost na nevyváženost<sup>NP1)</sup>. To může vzniknout například tehdy, jsou-li některé rezonanční otáčky blízko obvyklých provozních otáček a tlumení dané soustavy je malé.

Citlivý stroj, je-li také vysoce náchylný ke změně nevyváženosti, může vyžadovat časté dovyvážení in situ.

Může to být způsobeno například změnami v opotřebením, teplotě, hmotnosti, tuhosti a tlumení během provozu.

Jsou-li nevyváženost a jiné podmínky provozu stroje v podstatě neměnné, mělo by stačit občasné dovyvážení. Jinak může být k dosažení přijatelných velikostí vibrací nezbytné upravit stroj tak, aby se změnil rezonanční otáčky, tlumení nebo jiné parametry. Proto je třeba brát v úvahu přípustné hodnoty citlivosti stroje.

Reprodukovatelnost citlivosti určitého stroje na nevyváženost je ovlivněna několika činiteli a může se za provozu měnit. Některé tepelné stroje, zvláště takové, které mají kluzná ložiska, mají modální vibrační charakteristiky, měnící se s určitými provozními parametry (např. s tlakem a teplotou páry, parciálním ostřikem páry nebo teplotou oleje). U elektrických strojů mohou vibrační stav ovlivňovat jiné parametry, jako budicí proud. Obecně vzato jsou vibrační charakteristiky stroje ovlivňovány jeho konstrukčními vlastnostmi, včetně připojení rotoru a podmínek jeho uložení včetně základu. Je třeba poznamenat, že podmínky uložení rotoru se mohou měnit s časem (například následkem opotřebením a prasklin).

Tato část ISO 21940 se zabývá pouze vibracemi s otáčkovou frekvencí způsobenými nevyvážeností; je

si však třeba uvědomit, že nevyváženost není jedinou příčinou vibrací s otáčkovou frekvencí.

## 1 Předmět normy

Tato část ISO 21940 stanovuje metody pro určení citlivosti vibrací strojů na nevyváženost a poskytuje hodnotící vodítko jako funkci blízkosti příslušných rezonančních otáček k otáčkám provozním. Tato část ISO 21940 se zabývá pouze vibracemi s otáčkovou frekvencí způsobenými nevyvážeností. Poskytuje také doporučení, jak používat číselné hodnoty citlivosti v některých zvláštních případech.

Zahrnuje klasifikační soustavu použitelnou pro stroje a vztahující se k jejich náchylnosti ke změně nevyváženosti<sup>NP2</sup>. Stroje jsou roztříděny do tří typů podle náchylnosti a do pěti rozsahů citlivosti.

Hodnoty citlivosti jsou

určeny k používání pro jednoduché strojní soustavy, přednostně u rotorů, které mají pouze jedny rezonanční otáčky v celém rozsahu provozních otáček. Hodnoty citlivosti lze také použít pro stroje, které mají více rezonančních otáček v rozsahu provozních otáček, jsou-li rezonanční otáčky od sebe výrazně vzdáleny (např. o více než 20 %).

Uvedené hodnoty citlivosti nejsou určeny k tomu, aby sloužily jako přijímací údaje pro jakoukoli skupinu strojů, ale spíše poskytují podklady k tomu, jak se vyhnout hrubým chybám stejně jako stanovení přehnaných nebo nedosažitelných požadavků. Mohou také sloužit jako podklad pro složitější zkoumání (např. když je ve speciálních případech nutné přesněji určit požadovanou citlivost). Když se patřičně zohlední uvedené hodnoty, lze ve většině případů očekávat uspokojivý provozní stav.

Respektování hodnot citlivosti samo o sobě ještě nezaručí, že určitá velikost vibrací nebude v provozu překročena. Může se vyskytnout mnoho jiných zdrojů vibrací, které nejsou předmětem této části ISO 21940.

Konec náhledu - text dále pokračuje v placené verzi ČSN.