



**CERTIFIKAČNÍ ORGÁN ACM DTO
PRO CERTIFIKACI PERSONÁLU
DŮM TECHNIKY OSTRAVA, spol. s r.o.**
Mariánské nám. 480/5, 709 28 Ostrava
tel: 595 620 164, fax :596 625 749
<http://www.dtostrava.cz>, e-mail: acm@dtostrava.cz
Asociace technických diagnostiků České republiky
<http://www.atdcr.cz>, e-mail: atdcr@quick.cz



POŽADAVKOVÝ LIST NA UCHAZEČE

O CERTIFIKACI OSOB PRO FUNKCI

TECHNIK DIAGNOSTIK VIBRACÍ

PROFIL PROVĚŘOVANÉHO PRO FUNKCI TECHNIK DIAGNOSTIK VIBRACÍ

1. Úvod

Analýza vibrací používající měření pro monitorování stavu a diagnózu závad strojů se stala klíčovou aktivitou programů pro prediktivní údržbu v mnoha odvětvích průmyslu.

1.1. Je zjištěno, že efektivnost aplikací technické diagnostiky závisí na schopnostech osob, které jsou za ni zodpovědné a které ji provádí. Tento profil byl připraven pro stanovení kvalifikace a certifikace osob, jejichž specifické práce vyžadují odpovídající znalosti technických principů **vibrační diagnostiky**, které jí provádí, dosvědčují, monitorují nebo vyhodnocují.

1.2. Tento profil byl sestaven Asociací technických diagnostiků ČR pro **vibrační diagnostiku** s uvážením požadavků normy ČSN ISO 18436-2.

1.3. Tento dokument slouží na pomoc žadatelům i posuzovatelům v tom, že jsou v něm uvedeny základní faktory kvalifikace osob.

2. Kategorie kvalifikace

Norma ČSN ISO 18436-2 stanovuje čtyři kategorie kvalifikace. Kategorie I je však pouze potvrzovaná. To znamená, že uchazeč se připravuje podle předepsaného programu výcviku, avšak neprochází certifikačním procesem včetně certifikační zkoušky. Místo toho po splnění předepsaného výcviku, zpravidla ve školicím pracovišti a po splnění předepsané praxe, obdrží potvrzení o splnění požadavků na kategorii I. Získání tohoto potvrzení není však nezbytnou podmínkou pro certifikaci na kategorii II.

V tomto "Profilu" jsou však požadavky na kategorii I důsledně uvedeny podle normy, a to proto, že v případě certifikace na kategorii II je nutné uvážit kumulaci požadavků na výcvik a na praxi s uvážením požadavků na obě kategorie.

2.1. Osoby, které jsou potvrzené nebo certifikované v souladu s tímto dokumentem a normou ČSN ISO 18436-2, jsou klasifikovány v jedné z několika kategorií v závislosti na jejich kvalifikaci. Musí prokázat svou způsobilost v činnosti podle konceptů monitorování vibrací strojů a diagnostiky strojů podle své klasifikační kategorie.

2.2. Odborná kritéria pro jednotlivé kategorie certifikovaných profesí a vstupní podmínky žadatele jsou uvedeny v IJ 11. 02. 03. Dále uvedená kritéria jsou s nimi kompatibilní, při uvážení specifik vibrační diagnostiky.

3. Kategorie

Jsou čtyři základní kategorie kvalifikace. Liší se úrovní vzdělání, praxe a schopností potřebných k plnění úkolů v dané kvalifikační kategorii.

3.1. Kategorie I

Osoby, které splňují požadavky pro kategorii I, jsou potvrzované jako kvalifikované pro provádění řady jednoduchých činností při jednobanálním vibračním monitorování stavu a diagnostice strojů v souladu s ČSN ISO 17359 a ČSN ISO 13373-1. Nesmí být zodpovědné například za volbu snímače, ani za jakoukoliv prováděnou analýzu, ani za hodnocení výsledků zkoušek s výjimkou zjištění stavů s výstrahou vůči předem nastaveným výstražným mezím.

Jsou kvalifikováni pro:

- a) práci s přenosnými přístroji na předem přidělených nebo předem naprogramovaných trasách,
- b) sběr odečítaných údajů z trvale instalovaných přístrojů,
- c) zapisování výsledků do databáze a pro přenos tras z počítače,
- d) provádění zkoušek za ustálených provozních podmínek podle předem specifikovaných postupů,
- e) zjištění, že není přítomný žádný užitečný signál,
- f) porovnání měření celkových hodnot vibrací nebo jednotlivých hodnot naměřených vibrací s předem nastavenými výstražnými hodnotami.

3.2. Kategorie II

Osoby, které jsou certifikované pro kategorii II, jsou považované za kvalifikovaný personál, který je certifikován pro provádění měření vibrací průmyslových strojů a pro základní analýzu vibrací

s použitím jednobanálních měření, s nebo bez fázových spouštěcích signálů, v souladu se zavedenými a potvrzenými postupy. Personál, který je certifikován pro kategorii II, musí mít všechny znalosti a zručnosti, které se očekávají od kategorie I a musí být také kvalifikován pro:

- a) výběr odpovídající metody měření vibrací strojů,
- b) nastavení přístrojů na základní rozlišení amplitudy, frekvence a času,
- c) provádění základní analýzy vibrací strojů a komponent, jako jsou hřídele, ložiska, převody, ventilátory, čerpadla a motory s použitím spektrální analýzy,
- d) udržování databáze výsledků a trendů,
- e) provádění základní (jednobanální) zkoušky nárazem k určení vlastních frekvencí,
- f) klasifikování, interpretaci a hodnocení výsledků zkoušek (včetně přijímacích zkoušek) v souladu s aplikovatelnými specifikacemi a normami,
- g) doporučování malých nápravných zásahů,
- h) pochopení základních konceptů provozního vyvažování v jedné rovině,
- i) chápání některých příčin a důsledků špatných naměřených dat.

3.3. Kategorie III

Osoby, které jsou certifikované pro kategorii III, jsou kvalifikované pro provádění a/nebo řízení a/nebo sestavování programů pro monitorování stavu vibrací a diagnostiku strojů v souladu s ČSN ISO 17359 a ČSN ISO 13373-1. Personál, který je klasifikován pro kategorii III, musí mít všechny znalosti a zručnosti, které se očekávají od personálu klasifikovaného pro kategorii II a musí být také kvalifikován pro:

- a) výběr odpovídající metody analýzy vibrací strojů, specifikování odpovídajícího přístrojového technického vybavení a programů,
- b) měření a diagnózu jednobanálních frekvenčních spekter i grafů v časovém oboru, jako jsou časové vlny a orbity, jak za ustálených, tak za neustálených provozních podmínek, s nebo bez fázové spouště,
- c) sestavení programů pro monitorování vibrací, včetně určení strojů na periodické/trvalé monitorování, četnosti zkoušení a plánů tras,
- d) sestavení programů pro specifikaci úrovní vibrací a přijímacích kritérií pro nové stroje,
- e) měření a analýzu základních provozních tvarů kmitu,
- f) pochopení a schopnost řídit použití alternativních metod pro monitorování stavu, jako je akustická emise, termografie, analýza napájecího proudu motorů a analýza olejů,
- g) doporučování nápravných zásahů v provozu, jako je vyvažování, ustavení a výměna částí strojů,
- h) schopnost používat obálku zrychlení (demodulaci),
- i) provádění provozního vyvažování ve dvou rovinách,
- j) organizační záležitosti související s vibrační diagnostikou,
- k) přípravování zpráv pro odpovídající personál o stavu strojů, doporučeném nápravném zásahu a zprávy o efektivnosti oprav,
- l) poskytování instrukcí uchazečům a jejich technického vedení v oboru vibrací.

3.4. Kategorie IV

Osoby, které jsou certifikované pro kategorii IV, jsou kvalifikované pro provádění a/nebo řízení monitorování stavu vibrací a diagnostiku strojů v souladu s ČSN ISO 17359 a ČSN ISO 13373-1 a všech typů měření a analýzy vibrací strojů. Personál, který je klasifikován pro kategorii IV, musí mít všechny znalosti a zručnosti, které se očekávají od personálu klasifikovaného pro kategorii I, kategorii II a kategorii III a musí být také kvalifikován pro:

- a) aplikování teorie vibrací a metod, včetně měření a interpretace vícebanálních spektrálních výsledků, jako jsou funkce frekvenční odezvy, fáze a koherence,
- b) pochopení a provádění analýzy signálů, včetně znalosti zpracování v časovém a frekvenčním oboru, včetně orbit a jejich omezení,
- c) určování vlastních frekvencí, tvarů módů vibrací a tlumení systémů, komponent a sestav,
- d) určování provozních tvarů kmitu strojů a připojených konstrukcí a doporučování prostředků pro korigování,
- e) používání obecně uznávaných moderních metod pro analýzu vibrací, pro identifikaci parametrů a pro diagnózu závad,
- f) aplikování základních principů dynamiky soustavy rotoru a ložisek v diagnóze vibrací,
- g) provádění základního provozního vyvažování ve dvou rovinách,
- h) doporučování pokročilého vyvažování ve dvou rovinách pomocí příčinkových činitelů nebo kombinace statického a dvojicového vyvažování,

- i) doporučování nápravných zásahů a nebo modifikací konstrukce, včetně výměny nebo opravy komponent, izolace, tlumení, změny tuhosti nebo změny hmotnosti,
- j) poskytování technického vedení uchazečům v oboru vibrací,
- k) interpretování publikovaných ISO pokynů pro technickou práci, mezinárodních norem a specifikací a hodnocení podle nich,
- l) poznávání vibrací způsobených pulsacemi plynů ve strojích, jako jsou stroje s vratným pohybem a šroubové kompresory a měření nezbytných parametrů a doporučování prostředků pro nápravu,
- m) doporučování nápravných zásahů u problémů s pružným uložením a u jiných problémů uchycení a základů.

4. Obecné požadavky pro kvalifikaci a způsobilost ke zkoušce

4.1. Žadatel o certifikaci má mít požadované vzdělání, výcvik, praxi a zkušenosti k pochopení principů a postupů v oblastech, pro které je certifikace uvažována. Uchazeči na certifikaci nemusí prokázat existenci formálního vzdělání, aby získali způsobilost. Nicméně se doporučuje, aby uchazeči na kategorii I a II měli alespoň doklad o ukončeném středoškolském nebo ekvivalentním vzdělání. Uchazeči na kategorii III a IV musí být schopni řešit jednoduché algebraické rovnice, používat základní vědeckou kalkulačku (včetně trigonometrických a logaritmických funkcí) a být seznámeni s činností osobních počítačů a zásadami práce s diagnostickými programy. Úspěšné dokončení dvou nebo více ročníků strojího inženýrství nebo mechanické technologie na akreditované univerzitě (fakultě) nebo technické škole se doporučuje u uchazečů na kategorii III a IV. Uchazeči musí potvrdit, že budou dodržovat etické zásady viz. příloha A6.

4.2. Prokázaný výcvik, práce ve funkcích a při činnostech, které jsou odpovídající kategorii II, III nebo IV, jsou považovány za splňující kritéria části 4.3.

4.3. Pracovník, uvažovaný pro certifikaci technik diagnostik vibrací, musí splňovat následující kritéria:

4.3.1. Základní výcvik:

Pro dosažení způsobilosti k certifikaci musí uchazeči předložit doklad o úspěšném dokončení výcviku schváleného certifikačním orgánem, který bude založen na požadavcích podle přílohy A1. Minimální doba trvání doporučeného výcviku je uvedena v tabulce 1. Doporučuje se, aby schválený výcvik byl ve formě přednášek, ukázek a praktických cvičení. Samostudium, zejména u vyšších kategorií, může dosahovat až do poloviny hodin předepsaného výcviku, avšak musí být doloženo výpisky či jinou vhodnou formou. Zdroje technických informací jsou uvedeny v seznamu norem a v bibliografii, avšak podle zaměření uchazeče to mohou být i jiné studijní podklady, včetně firemní literatury. Výcvik zahrnuje orientační zkoušky na školicím pracovišti pro zajištění, že přednášená látka byla pochopena. Pro dosažení zápočtu o úspěšném ukončení kursu uchazeči předloží certifikačnímu orgánu doklad o tom, že

- a) úspěšně dokončili výcvik,
- b) doba věnovaná každému tématu byla taková, jak je specifikována v příloze A a je konzistentní s kategorií, jejíž certifikace má být dosažena nebo ukázat záznam o době samostudia a o tom, že témata byla konzistentní s požadavky uvedenými v tabulce 1 a příloze A,
- c) prošli zkouškou ve výcvikovém kursu, která byla provedena školitelem (školicím pracovištěm) schváleným certifikačním orgánem.

Tabulka č. 1 - Doporučená minimální kumulativní doba trvání výcviku (hodiny)

Kvalifikační kategorie	I	II	III	IV
Odborný kurz v oblasti TD vibrací (v hodinách)	32	70	110	174

4.3.2. Další výcvik ve znalosti strojů

Kromě výcvikových hodin uvedených v tabulce č. 1 a podrobně rozepsaných v příloze A se požaduje, aby uchazeči absolvovali kurs o strojích a částech strojů v délce rovné alespoň poloviční době uvedené v tabulce č. 1. V tomto případě se automaticky započítává vzdělání získané na technické škole.

4.3.3. Provádění výcviku v oblasti technik diagnostik vibrací:

4.3.3.1. Pro účely teoretické výuky a praktického výcviku doporučuje certifikační orgán školicí střediska autorizovaná certifikačním orgánem nebo ATD ČR.

4.3.3.2. Teoretickou výuku a praktický výcvik smí individuálně provádět právnická/fyzická osoba, schválená výborem ATD ČR jako školitel.

4.3.3.3. Dle vhodnosti je možné kombinovat teoretickou výuku a praktický výcvik na různých pracovištích.

4.3.3.4. Školící pracoviště nebo školitel vystaví pracovníkovi, který absolvoval předepsanou teoretickou výuku a praktický výcvik a orientační zkoušku, osvědčení o absolvování ve formě "Protokol o odborné způsobilosti" podle požadavků této směrnice.

4.3.4. Předepsaná praxe

Pro dosažení způsobilosti k certifikaci musí uchazeči prokázat praktické zkušenosti v oblasti monitorování stavu a diagnostiky strojů. Minimální doporučené požadavky na praktické zkušenosti jsou uvedeny v tabulce č. 2. Označení osoby jako nositele kategorie I není nezbytným předpokladem pro certifikaci na kategorii II, avšak certifikace osoby pro kategorii III a kategorii IV vyžaduje předchozí certifikaci v nižší kategorii. V každé vyšší klasifikační kategorii se očekává, že znalosti a zkušenosti jsou větší než u předchozí kategorie.

Tabulka č. 2 - Doporučená minimální doba trvání kumulativní praxe (měsíce)

Kvalifikační kategorie	I	II	III	IV
Praxe ve vibrodiagnostice (v měsících)	6	18	36	60

Poznámka:

Uvedené měsíce představují kumulativní součet měsíců praxe pro každou kategorii. Pracovní zkušenosti jsou založeny na běžném 40-ti hodinovém týdnu (175 hodin za měsíc).

Poznámka:

Hodnotící komise může při certifikační zkoušce přihlídnout k délce praxe uchazeče v příbuzném oboru, souvisejícím s vibrační diagnostikou nebo k prokázané dovednosti uchazeče a přiměřeně upravit požadovanou délku praxe.

5. Certifikační zkoušky

5.1. Certifikační zkouška je vykonávána na základě písemné žádosti žadatele.

5.2. Pro certifikační zkoušku jmenuje vedoucí ACM DTO minimálně tříčlennou hodnotící komisi.

5.3. Činnost komise je řízená jejím předsedou a musí obecně probíhat v souladu s postupy směrnice ACM DTO SJ 09. 03, čl. 3.3.

5.4. Pro každou kategorii certifikace se od uchazečů požaduje odpověď na řadu otázek, a to ve specifikované době trvání. Otázky, pokrývající témata uvedená v tabulce A, budou vybrány z databáze otázek, která existuje v době konání zkoušky. Otázky musí mít praktickou povahu, ale zároveň se musí u uchazečů ověřit znalosti koncepcí a principů, vyžadovaných pro provádění analýzy vibrací strojů. Otázky mohou zahrnovat interpretaci tabulek a grafů. Jsou požadovány jednoduché matematické výpočty s použitím základní vědecké kalkulačky; přehled obvyklých vzorců bude poskytnut spolu s otázkami. Všechny otázky, použité pro certifikační zkoušky musí být schváleny programovou komisí ACM DTO.

5.5. Certifikační zkouška se skládá ze tří částí: písemného testu, ústní části a z praktické části. Toto je odchylka od ČSN ISO 18436-2, kde je požadována pouze písemná zkouška. Odchylka je zdůvodněna skutečností, že rozdělení zkoušky na písemnou, ústní a zejména praktickou část umožňuje v současnosti lépe posoudit znalosti a zručnosti uchazeče a jeho schopnost prakticky aplikovat znalosti.

První dvě části certifikační zkoušky se provádějí zásadně během jednoho dne, část praktická pokud možno s minimálním časovým odstupem.

5.6. Písemná a ústní část zkoušky se provádějí v prostorách ACM DT Ostrava. Tyto části zkoušky je možné organizovat i v jednotlivých regionech, je-li tato potřeba podložena dostatečným počtem žadatelů z regionu nebo specifických profesí žadatele, která vyžaduje provedení zkoušky na jeho pracovišti včetně praktické zkoušky. O místě konání zkoušky rozhoduje vedoucí ACM DTO.

5.7. Praktická část zkoušky se provádí na vybraných pilotních pracovištích autorizovaných republikovým výborem ATD ČR.

5.8. Certifikační zkouška začíná vždy písemnou částí. Pro všechny certifikační kategorie písemná část obsahuje 50 otázek všeobecné části. Doba zpracování písemné části je 2 hodiny. Odpovědi jsou vyhodnocovány tak, že za každou správně odpovězenou otázku se udělí 2 body. Poté komise stanoví hodnocení písemné části.

5.9. Ústní část zkoušky před hodnotící komisí řídí její předseda. Komise na základě odpovědí vyhodnotí ústní část zkoušky. Délka ústní části zkoušky je max. **30** minut u jednoho žadatele pro kvalifikační kategorii II a III, resp. **60** minut u žadatele pro certifikační kategorii IV.

5.10. Pro certifikační kategorii IV může vedoucí ACM DTO rozhodnout o provedení zkoušky formou obhajoby písemné práce, vypracované na zadané téma, jehož obtížnost odpovídá dané kategorii.

5.11. U praktické části zkoušky je žadateli zadán úkol hodnotící komisí k realizaci měření zvolenou metodou a jejího vyhodnocení na připravených / předložených příkladech. Tuto část zkoušky má žadatel vykonat s potřebným přístrojovým vybavením. V případě potřeby si žadatel toto vybavení přiveze.

Při této části zkoušky musí být kromě členů hodnotící komise přítomen i pracovník organizace, u níž zkouška probíhá.

Komise má právo praktickou zkoušku zastavit, pokud v jejím průběhu žadatel významně poruší technologický postup a tím ohrozí bezpečnost práce i přístrojů. V tomto případě žadatel o certifikaci neprospěl.

Komise po skončení praktické části zkoušky vyhodnotí shodu činností a výroků žadatele s technologickým postupem.

5.12. Dílčí i celkové hodnocení certifikační zkoušky je prováděno hodnotící komisí podle postupu v IJ 09. 03. 02.

5.13. Rozhodnutí o udělení, resp. neudělení certifikátu na funkci **technik diagnostik vibrací** je v kompetenci certifikační komise. Toto rozhodnutí je zásadně vydáno do 30 dnů od termínu konání poslední (praktické) části zkoušky. Certifikační komise přitom musí mít k dispozici všechny požadované podklady, tj. žádost o certifikaci, vyplněný dotazník a zápis o certifikační zkoušce. Rozhodnutí o udělení, resp. neudělení certifikátu musí být podepsáno předsedou certifikační komise, resp. jeho pověřeným zástupcem.

Do 14 dnů od tohoto rozhodnutí vedoucí ACM DTO písemně oznámí rozhodnutí o udělení, resp. neudělení certifikátu.

6. Opakování zkoušky

Uchazeč, který nedosáhne hodnocení potřebného pro certifikaci, může být neomezeně opakovaně zkoušen za předpokladu, že opakovaná zkouška nebude provedena dříve než za 30 dnů po předchozí zkoušce. Certifikační orgán může na základě svého úsudku povolit opakování zkoušky dříve v případě, že byl proveden další výcvik akceptovatelný certifikačním orgánem. Uchazeči, kteří byli vyloučeni z důvodu neetického chování, musí před opakováním čekat alespoň 12 měsíců.

**Požadavky na kurs pro osoby, provádějící monitorování stavu vibrací
a diagnostiku strojů**

Tabulka A.1 - Přehled

Téma	Kategorie			
	I	II	III	IV
	Počet hodin			
1. Principy vibrací	6	4	2	4
2. Sběr dat	8	4	2	2
3. Zpracování signálů	2	4	3	8
4. Monitorování stavu	2	4	3	1
5. Analýza závad	2	4	8	6
6. Nápravné zásahy	2	4	6	16
7. Znalost zařízení	8	4	4	-
8. Přejímací zkoušky	2	2	2	-
9. Zkoušení zařízení a diagnostika	-	2	3	4
10. Referenční normy	-	2	2	2
11. Zprávy a dokumentace	-	2	2	4
12. Určení závažnosti závad	-	2	3	3
13. Dynamika rotorů/ložisek	-	-	-	14
Celkový počet hodin výcviku pro kategorii	32	38	40	64

Tabulka A.2 - Podrobný seznam obsahu a hodin výcviku

Téma	Kategorie			
	I	II	III	IV
1. Principy vibrací	6	4	2	4
Základní pohyb	*	*	*	
Perioda, frekvence	*	*	*	
Amplituda: špička, špička-špička, efektivní	*	*	*	
Parametry: výchylka, rychlost, zrychlení	*	*	*	
Jednotky, konverze jednotek	*	*	*	
Časový a frekvenční obor	*	*	*	
Vektory, modulace			*	*
Fáze		*	*	*
Vlastní frekvence, rezonance, kritické otáčky	*	*	*	*
Síla, odezva, tlumení, tuhost			*	*
Nestability, nelineární systémy				*
2. Sběr dat	8	4	2	2
Přístrojové vybavení	*	*	*	*
Dynamický rozsah, odstup signálu od šumu			*	*
Snímače	*	*	*	
Připevnění snímačů, vlastní frekvence namontovaného snímače	*	*	*	
F_{max} , doba sběru dat		*	*	
Konvence pro bezdotykové snímače výchylky		*	*	
Spouštění		*	*	
Plánování zkoušky		*	*	*
Postupy zkoušek	*	*	*	*
Formáty dat		*	*	
Přenos databáze do a z počítače	*			
Odlišení špatných dat	*	*	*	
3. Zpracování signálů	2	4	3	8
Detekce efektivní a špičkové hodnoty				*
Analogově digitální převod				*
Analogové vzorkování, digitální vzorkování		*	*	*
Výpočet FFT			*	*
Aplikace FFT	*	*		
Časová okna: obdélníkové, Hanningovo, s plochým vrchem		*	*	
Filtry: dolní propust, horní propust, pásmový filtr, souběžový filtr		*	*	*
Antialiasing		*	*	*
Šířka pásma, rozlišení		*	*	*
Snižování šumu				*
Průměrování: lineární, synchronní časové, exponenciální		*	*	*
Dynamický rozsah		*	*	*
Odstup signálu od šumu				*
Spektrální mapy			*	*
4. Monitorování stavu	2	4	3	1
Sestavení a údržba počítačové databáze			*	
Hodnocení zařízení a stanovení priorit		*		
Návrh programu pro monitorování		*	*	*
Nastavení poplachů: úzkopásmové poplachy, obálkové poplachy			*	
Určení referenčních stavů, trendy		*	*	
Plánování trasy		*	*	
Alternativní metody: analýza olejů, infračervená termografie, analýza napájecího proudu motorů, akustická emise			*	*
Zjištění stavu se závadou	*	*		

(pokračování)

Tabulka A.2 - Podrobný seznam obsahu a hodin výcviku*(pokračování)*

5. Analýza závad	2	4	8	6
Analýza spekter, harmonické složky, postranní pásma		*	*	*
Analýza časové vlny			*	*
Analýza fáze			*	*
Analýza přechodových dějů			*	*
Analýza orbit			*	*
Analýza polohy středu hřídele			*	*
Obálky			*	*
Nevyváženost		*	*	
Nesouosost		*	*	
Mechanické uvolnění		*	*	
Přidírání, nestability			*	*
Závady ložisek: valivá ložiska, kluzná ložiska		*	*	
Závady elektromotorů		*	*	*
Vibrace vyvolané prouděním plynů a kapalin			*	*
Analýza převodovek		*	*	
Rezonance a kritické otáčky		*	*	*
Turbinové stroje			*	*
Obecné zjišťování závady	*			
6. Nápravné zásahy	2	4	6	16
Ustavení hřídelů		*	*	
Provozní vyvažování		*	*	*
Výměna strojních částí			*	
Úprava proudění			*	*
Izolace a tlumení			*	*
Řízení rezonance			*	*
Základní zásahy údržby	*	*	*	
7. Znalost zařízení	8	4	4	
Elektromotory, generátory a pohony	*	*	*	
Čerpadla a ventilátory	*	*	*	
Parní turbíny, spalovací turbíny		*	*	
Kompresory	*	*	*	
Stroje s vratným pohybem		*	*	
Válcovací stroje, papírenské stroje, jiné výrobní zařízení	*	*	*	
Obráběcí stroje	*	*	*	-
Struktury, potrubí	*	*	*	
Převodovky	*	*	*	
Valivá ložiska		*	*	
Kluzná ložiska		*	*	
Převody		*	*	
Spojky, řemeny		*	*	
8. Přejímací zkoušky	2	2	2	
Postup zkoušky	*	*		
Specifikace a normy		*	*	-
Zprávy		*	*	

(pokračování)

Tabulka A.2 - Podrobný seznam obsahu a hodin výcviku*(pokračování)*

9. Zkoušení zařízení a diagnostika		2	3	4
Zkouška nárazem		*	*	*
Zkouška vynucené odezvy		*	*	*
Analýza přechodového děje			*	*
Přenosové funkce	-			*
Hodnocení tlumení				*
Vzájemná fáze mezi kanály, koherence			*	*
Provozní tvary kmitů				*
Modální analýza				*
Torzní vibrace				*
10. Referenční normy		2	2	2
ISO	-	*	*	*
IEC		*	*	*
Souvisící národní normy		*	*	*
11. Zprávy a dokumentace		2	2	4
Zprávy o monitorování stavu	-	*	*	*
Zprávy o diagnostice vibrací		*	*	*
12. Určení závažnosti závad		2	3	3
Analýza spekter		*	*	*
Analýza časové vlny, analýza orbit	-		*	*
Úrovně: celková, úzkopásmová, složková		*	*	*
Tabulky závažnosti, grafy a vzorce		*	*	*
13. Dynamika rotorů/ložisek				14
Charakteristiky rotorů	-	-	-	*
Charakteristiky ložisek				*
Vyvažování rotorů				*
POZNÁMKA 1 Značka * označuje předmět, který musí být pokryt v přiděleném čase.				
POZNÁMKA 2 Kategorie II zahrnuje znalosti kategorie I; kategorie III zahrnuje znalosti kategorie I a kategorie II; kategorie IV zahrnuje znalosti nižších kategorií.				
POZNÁMKA 3 Pokud se značka * vyskytuje pro daný předmět u více než jedné kategorie, je to chápáno tak, že u kategorie X jsou vyžadovány hlubší znalosti předmětu než u kategorie X-1.				

Aplikovatelné ČSN a mezinárodní normy

ČSN ISO a ISO normy	Kategorie			
	I	II	III	IV
ČSN ISO 1925, Vibrace - Vyvažování - Slovník		•	•	•
ČSN ISO 1940-1, Vibrace - Požadavky na jakost vyvážení tuhých rotorů - Část 1: Stanovení přípustných zbytkových nevyvážků		•	•	•
ČSN ISO 1940-2, Vibrace - Požadavky na jakost vyvážení tuhých rotorů - Část 2: Chyby spojené s vyvažováním			•	•
ČSN ISO 2017-1, Vibrace a rázy - Pružné systémy uložení - Část 1: Aplikace izolování zdroje a ovlivňovaného zařízení				•
ČSN ISO 2041, Vibrace a rázy - Slovník		•	•	•
ČSN ISO 2954, Vibrace strojních zařízení s rotačním a vratným pohybem - Požadavky na přístroje pro měření mohutnosti vibrací				•
ČSN ISO 5348, Vibrace a rázy - Mechanické připevnění akcelerometrů		•	•	•
ČSN ISO 7919-1, Vibrace - Hodnocení vibrací strojů na základě měření na rotujících hřídelích - Část 1: Obecné směrnice	•	•	•	•
ČSN ISO 7919-2, Vibrace strojů s nevratným pohybem - Měření na rotujících hřídelích a kritéria hodnocení - Část 2: Parní turbíny a generátory nad 50 MW na pozemních základech s normálními pracovními otáčkami 1 500 1/min, 1 800 1/min, 3 000 1/min a 3 600 1/min		•	•	•
ČSN ISO 7919-3, Vibrace strojů s nevratným pohybem - Měření na rotujících hřídelích a kritéria hodnocení - Část 3: Průmyslová soustrojí		•	•	•
ČSN ISO 7919-4, Vibrace strojů s nevratným pohybem - Měření na rotujících hřídelích a kritéria hodnocení - Část 4: Plynové turbíny		•	•	•
ČSN ISO 7919-5, Vibrace strojů s nevratným pohybem - Měření na rotujících hřídelích a kritéria hodnocení - Část 5: Soustrojí ve vodních elektrárnách a čerpacích stanicích		•	•	•
ČSN ISO 8528-9, Střídavá zdrojová soustrojí poháněná pístovými spalovacími motory - Část 9: Měření a hodnocení mechanických vibrací		•	•	•
ČSN SO 8569, Vibrace a rázy - Měření a hodnocení účinků rázů a vibrací na citlivé přístroje v budovách			•	•
ČSN ISO 10816-1, Vibrace - Hodnocení vibrací strojů na základě měření na nerotujících částech - Část 1: Všeobecné směrnice	•	•	•	•

(pokračování)

Aplikovatelné ČSN a mezinárodní normy

(dokončení)

ČSN ISO a ISO normy	Kategorie			
	I	II	III	IV
ČSN ISO 10816-2, Vibrace - Hodnocení vibrací strojů na základě měření na nerotujících částech - Část 2: Parní turbíny a generátory nad 50 MW na pozemních základech s normálními pracovními otáčkami 1 500 1/min, 1 800 1/min, 3 000 1/min a 3 600 1/min		•	•	•
ČSN ISO 10816-3, Vibrace - Hodnocení vibrací strojů na základě měření na nerotujících částech - Část 3: Průmyslové stroje se jmenovitým výkonem nad 15 kW a jmenovitými otáčkami mezi 120 1/min a 15 000 1/min při měření <i>in situ</i>		•	•	•
ČSN ISO 10816-4, Vibrace - Hodnocení vibrací strojů na základě měření na nerotujících částech - Část 4: Soustrojí poháněná plynovou turbínou s výjimkou leteckých pohonných jednotek		•	•	•
ČSN ISO 10816-5, Vibrace - Hodnocení vibrací strojů na základě měření na nerotujících částech - Část 5: Soustrojí ve vodních elektrárnách a čerpacích stanicích		•	•	•
ČSN ISO 10816-6: Vibrace - Hodnocení vibrací strojů na základě měření na nerotujících částech - Část 6: Stroje s vratným pohybem se jmenovitým výkonem nad 100 kW		•	•	•
ČSN ISO 11342, Vibrace - Metody a kritéria vyvažování pružných rotorů				•
ČSN ISO 13372, Monitorování stavu a diagnostika strojů - Slovník	•	•	•	•
ČSN ISO 13373-1, Monitorování stavu a diagnostika strojů - Monitorování stavu vibrací - Část 1: Obecné postupy	•	•	•	•
ČSN ISO 13379, Monitorování stavu a diagnostika strojů - Obecné směrnice pro techniky na interpretaci a diagnostiku dat			•	•
ISO 14694, Průmyslové ventilátory - Specifikace kvality vyváženosti a úrovní vibrací	•	•	•	•
ISO 14695, Průmyslové ventilátory - Metoda měření vibrací ventilátoru			•	•
ČSN ISO 17359, Monitorování stavu a diagnostika strojů - Obecné směrnice	•	•	•	•
ČSN ISO 18436-1, Monitorování stavu a diagnostika strojů - Požadavky na výcvik a certifikace personálu - Část 1: Požadavky na certifikační orgány a certifikační proces				•

Literatura - doporučená

- [1] ČSN ISO 10814, Vibrace - Náchylnost a citlivost strojů na nevyváženost.
- [2] ČSN ISO 10817-1, Zařízení pro měření vibrací rotujících hřídelů - Část 1. Relativní a absolutní snímání radiálních vibrací.
- [3] ČSN ISO 7626-1, Vibrace a rázy - Experimentální určování mechanické pohyblivosti - Část 1. Základní definice a snímače.
- [4] ČSN ISO 7626-2, Vibrace a rázy - Experimentální určování mechanické pohyblivosti - Část 2. Měření pomocí translačního buzení v jednom bodě s připojeným vibrátorem.
- [5] ČSN ISO 7626-5, Vibrace a rázy - Experimentální určování mechanické pohyblivosti - Část 5. Měření pomocí buzení nárazem s budičem nepřipojeným ke konstrukci.
- [6] ISO 8579-2, Acceptance code for gears – Part 2. Determination of mechanical vibrations of gear units during acceptance testing (Norma pro přejímku převodovek - Část 2. Určení vibrací převodovek při přejímacích zkouškách)
- [7] EISENMANN, Sr., R. C. *Machinery Malfunction Diagnosis and Correction*. Prentice Hall, 1992. (Diagnóza a náprava chybné funkce strojů)
- [8] ESHLEMAN, R. L. *Basic Machinery Vibration Analysis*. VI Press, Clarendon Hills Press, IL, 1999. (Základní analýza vibrací strojů)
- [9] EWINS, D. J. *Modal Testing – Theory and Practice*. McGraw Hill, 1992. (Modální zkoušení - Teorie a praxe)
- [10] HARRIS, C. M. *Shock and Vibration Handbook*. McGraw Hill, 1988. (Příručka pro rázy a vibrace)
- [11] MITCHELL, J. S. *An Introduction to Machinery Analysis and Monitoring*. PennWell, 1993. (Úvod do analýzy a monitorování strojů)
- [12] PIOTROWSKI, J. *Shaft Alignment Handbook*. Marcel Dekker, 1986. (Příručka pro ustavování hřídelů)
- [13] BISHOP, R. E. D. *Kmitání*. SNTL 1978
- [14] MILÁČEK, S. *Měření a vyhodnocování mechanických veličin*. Vydavatelství ČVUT, 2001. ISBN 80-01-02417-2
- [15] JULIŠ, K., BORŮVKA, V., FRYML, B. *Základy dynamického vyvažování*. SNTL 1979
- [16] TŮMA, J. *Zpracování signálů zaslaných z mechanických systémů užitím FT*. Vydavatelství Praha - Sdělovací technika, 1997. ISBN 80-901936-1-7
- [17] HELEBRANT, F., ZIEGLER, J. *Technická diagnostika a spolehlivost II - Vibrodiagnostika*. Ediční středisko VŠB-TU Ostrava, 2004. 178 s. ISBN 80-248-0650-9