

ČESKÁ TECHNICKÁ NORMA

ICS 27.140

Prosinec

2002

	Vodní turbíny, akumulární čerpadla a čerpadlové turbíny - Přejímací zkoušky na modelu	ČSN EN 60193 08 5009
--	---	--------------------------------

idt IEC 60193:1999

Hydraulic turbines, storage pumps and pump-turbines - Model acceptance tests

Turbines hydrauliques, pompes d'accumulation et pompes-turbines - Essais de réception sur modèle

Hydraulische Turbinen, Speicherpumpen und Pumpturbinen - Modellabnahmeprüfungen

Tato norma je českou verzí evropské normy EN 60193:1999. Evropská norma EN 60193:1999 má status české technické normy.

This standard is the Czech version of the European Standard EN 60193:1999. The European Standard EN 60193:1999 has the status of a Czech Standard.

Nahrazení předchozích norem

Touto normou se nahrazuje ČSN EN 60193 (08 5009) z února 2001.

Národní předmluva

Změny proti předchozí normě

Zatímco EN 60193:1999 byla převzata do ČSN EN 60193:2001 schválením k přímému používání, tato norma ji přejímá do ČSN překladem.

Citované normy

IEC 60041:1991 zavedena v ČSN EN 60041:1996 (08 5010) Přejímací zkoušky na díle pro určení hydraulických charakteristik vodních turbín, akumulčních čerpadel a čerpadlových turbín (mod IEC 41:1991) (idt EN 60041:1994, mod IEC 41:1991)

IEC 60609:1978 zavedena v ČSN 08 5015:1990 Vyhodnocování kavitačního opotřebení vodních turbín, akumulčních čerpadel a čerpadlových turbín (eqv IEC 609:1978)

IEC 60609-2:1997 zavedena v ČSN EN 60609-2:2002 (08 5015) Vyhodnocování kavitačního opotřebení vodních turbín, akumulčních čerpadel a čerpadlových turbín - Část 2: Vyhodnocování u Peltonových turbín (idt EN 60609-2:1999, idt IEC 60609-2:1997)

IEC 60994:1991 zavedena v ČSN EN 60994:1997 (08 5014) Pokyny pro měření vibrací a pulzací v hydraulických strojích (turbínách, akumulčních čerpadlech a čerpadlových turbínách) na díle (idt EN 60994:1992, idt IEC 994:1991)

IEC 61364:1999 dosud nezavedena

IEC 61366 soubor dosud nezaveden

ISO 31-3:1992 zavedena v ČSN ISO 31-3:1994 (01 1300) Veličiny a jednotky. Část 3: Mechanika (idt ISO 31-3:1992)

ISO 31-12:1992 zavedena v ČSN ISO 31-12:1998 (01 1300) Veličiny a jednotky - Část 12: Podobnostní čísla (idt ISO 31-12:1992)

ISO 468:1982 zavedena v ČSN ISO 468:1993 (01 4451) Drsnosť povrchu. Parametre, ich hodnoty a všeobecné pravidlá stanovenia špecifikácií (idt ISO 468:1982), zrušena 1998-04

ISO 1438-1:1980 zavedena v ČSN ISO 1438-1:1998 (25 9331) Měření průtoku vody v otevřených korytech pomocí přelivů a Venturiho žlabů - Část 1: Tenkostěnné přelivy (idt ISO 1438-1:1980)

ISO 2186:1973 zavedena v ČSN ISO 2186:1994 (25 7715) Měření průtoku tekutin v uzavřených potrubích. Přípojky pro přenos tlakového signálu mezi primárními a sekundárními prvky (idt ISO 2186:1973)

ISO 2533:1975 + změna A1:1985 nezavedena

ISO 4006:1991 zavedena v ČSN EN 24006:1995 (25 7701) Měření průtoku tekutin v uzavřených profilech. Terminologie (idt EN 24006:1993, idt ISO:4006:1991)

ISO 4185:1980 zavedena v ČSN EN 24185 + AC:1995 (25 7750) Měření průtoku kapalin v uzavřených

profilech. Vážicí metoda (idt EN 24185:1993, idt EN 24185/AC:1993, idt ISO 4185:1980)

ISO 4373:1995 zavedena v ČSN ISO 4373:1998 (25 9382) Měření průtoku kapalin v otevřených korytech - Zařízení na měření úrovně vodní hladiny (idt ISO 4373:1995)

ISO 5167-1:1991 zavedena v ČSN ISO 5167-1:1993 (25 7710) Měření průtoku tekutin pomocí snímačů diferenčního tlaku. Část 1: Clony, dýzy a Venturiho trubice vložené do zcela vyplněného potrubí kruhového průřezu (idt ISO 5167-1:1991, idt EN ISO 5167-1/A1:1998, idt ISO 5167-1/Amd.1:1998)

ISO 5168:1978 nezavedena, nahrazena ISO/TR 5168:1998, dosud nezavedenou

ISO 6817:1992 zavedena v ČSN EN ISO 6817:1997 (25 7740) Měření průtoku vodivých kapalin v uzavřených profilech - Metoda užívající indukční průtokoměry (idt EN ISO 6817:1995)

ISO 7066-1:1997 dosud nezavedena

ISO 7066-2:1988 zavedena v ČSN ISO 7066-2:1994 (25 7702) Stanovení nejistoty kalibrace a použití přístrojů měřících průtok. Část 2: Nelineární kalibrační závislosti (idt ISO 7066-2:1988)

ISO 8316:1987 zavedena v ČSN EN ISO 8316:1997 (25 7755) Měření průtoku kapalin v uzavřených profilech - Metoda jímání kapaliny do odměrné nádrže (idt EN ISO 8316:1995, idt ISO 8316:1987)

Strana 3

ISO 9104:1991 zavedena v ČSN EN 29104:1995 (25 7741) Měření průtoku tekutin v uzavřených profilech. Metody hodnocení činnosti indukčních průtokoměrů kapalin (ISO 9104:1991) (idt EN 29104:1993)

VIM:1993 zavedena v ČSN 01 0115:1996 Mezinárodní slovník základních a všeobecných termínů v metrologii

POZNÁMKA ISO OIML VIM 1993 je dostupná v Českém metrologickém institutu, Okružní 31, 638 00 Brno.

Obdobné mezinárodní normy

IEC 60193:1999 Hydraulic turbines, storage pumps and pump-turbines - Model acceptance tests (*Vodní turbíny, akumulární čerpadla a čerpadlové turbíny - Přejímací zkoušky na modelu*)

Porovnání s mezinárodní normou

Obsah normy je identický s IEC 60193:1999 a navíc obsahuje normativní přílohu ZA, kterou doplnil CENELEC.

Informativní údaje z IEC 60193:1999

Mezinárodní norma IEC 60193 byla připravena technickou komisí IEC TC 4: Vodní turbíny.

Toto druhé vydání normy IEC 60193 ruší a nahrazuje první vydání normy IEC 60193 publikované v roce 1965, její změnu 1 (1977), IEC 60193A (1972), také IEC 60497 (1976) a IEC 60995 (1991).

Kapitoly 1 až 3 této normy obsahují rozsah platnosti, kterým se zabývaly výše uvedené publikace.

Doplňující informace uvádí kapitola 4.

Text této normy vychází z těchto dokumentů:

FDIS	Zpráva o hlasování
4/157/FDIS	4/162/RVD

Úplné informace o hlasování při schvalování této normy je možné nalézt ve zprávě o hlasování ve výše uvedené tabulce.

V této normě jsou přílohy B, F, G, K, L a M normativní.

Přílohy A, C, D, E, H, J, N a P jsou pouze informativní.

Komise rozhodla, že obsah této publikace zůstane platný do roku 2004. Po tomto termínu, podle rozhodnutí komise, bude publikace

- opětně potvrzena;
- zrušena;
- nahrazena revidovaným vydáním, nebo
- změněna.

Souvisící ČSN

ČSN 08 5000:1985 Názvosloví vodních turbín, akumulčních čerpadel, čerpadlových turbín a regulátorů vodních turbín

Upozornění na národní poznámky

V článcích 1.3.3.6.5, 4.5.2.5, C.1, C.2 a příloze P byly doplněny informativní národní poznámky.

Vypracování normy

Zpracovatel: Ing. Jiří Čipidla, CSc., Blansko, IČO 46932488, Ing. Jiří Čipidla, CSc.

Technická normalizační komise: TNK 48 Vodní turbíny a akumulční čerpadla

Pracovník Českého normalizačního institutu: Ing. Jiří Holub

EVROPSKÁ NORMA
EUROPEAN STANDARD
NORME EUROPÉENNE
EUROPÄISCHE NORM

EN 60193
Prosinec 1999

ICS 27.140

Nahrazuje EN 60995:1994

Vodní turbíny, akumulční čerpadla a čerpadlové turbíny

Přijímací zkoušky na modelu

(IEC 60193:1999)

Hydraulic turbines, storage pumps and pump-turbines

Model acceptance tests

(IEC 60193:1999)

Turbines hydrauliques, pompes

d'accumulation

et pompes-turbines

Essais de réception sur modèle

(CEI 60193:1999)

Hydraulische Turbinen, Speicherpumpen

und Pumpturbinen

Modellabnahmeprüfungen

(IEC 60193:1999)

Tato evropská norma byla schválena CENELEC 1999-12-01. Členové CENELEC jsou povinni splnit Vnitřní předpisy CEN/CENELEC, v nichž jsou stanoveny podmínky, za kterých se musí této evropské normě bez jakýchkoliv modifikací dát status národní normy.

Aktualizované seznamy a bibliografické citace týkající se těchto národních norem lze obdržet na vyžádání v Ústředním sekretariátu nebo u kteréhokoliv člena CENELEC.

Tato evropská norma existuje ve třech oficiálních verzích (anglické, francouzské, německé). Verze v každém jiném jazyce přeložená členem CENELEC do jeho vlastního jazyka, za kterou zodpovídá a kterou notifikuje Ústřednímu sekretariátu, má stejný status jako oficiální verze.

Členy CENELEC jsou národní elektrotechnické komitety Belgie, České republiky, Dánska, Finska, Francie, Irsko, Islandu, Itálie, Lucemburska, Německa, Nizozemska, Norska, Portugalska, Rakouska, Řecka, Spojeného království, Španělska, Švédsko a Švýcarska.

CENELEC

Evropský výbor pro normalizaci v elektrotechnice

European Committee for Electrotechnical Standardization

Comité Européen de Normalisation Electrotechnique

Europäisches Komitee für Elektrotechnische Normung

Ústřední sekretariát: rue de Stassart 35, B-1050 Brusel

© 1999 CENELEC. Veškerá práva pro využití v jakékoli formě a v jakémkoli

Ref. č. EN 60193:1999 E

množství jsou vyhrazena národním členům CENELEC.

Text dokumentu 4/157/FDIS, budoucího 2. vydání IEC 60193, vypracovaný v technické komisi IEC TC 4, Vodní turbíny byl předložen k paralelnímu hlasování IEC-CENELEC a byl schválen CENELEC jako EN 60193 dne 1999-12-01.

Tato evropská norma nahrazuje EN 60995:1994.

Byla stanovena tato data:

- nejzazší datum zavedení EN na národní úrovni vydáním identické národní normy nebo vydáním oznámení o schválení EN k přímému používání jako normy národní (dop) 2000-09-01
- nejzazší datum zrušení národních norem, které jsou s EN v rozporu (dow) 2002-12-01

Přílohy označené jako „normativní“ jsou součástí této normy.

Přílohy označené jako „informativní“ jsou určeny pouze pro informaci.

V této normě jsou přílohy B, F, G, K, L, M a ZA normativní a přílohy A, C, D, E, H, J, N a P informativní.

Přílohu ZA doplnil CENELEC.

Oznámení o schválení

Text mezinárodní normy IEC 60193:1999 byl schválen CENELEC jako evropská norma bez jakýchkoliv modifikací.

Strana 7

Obsah

	Strana
1 Obecná pravidla 11	
1.1 Rozsah platnosti a předmět normy..... 11	
1.1.1 Rozsah platnosti 11	
1.1.2 Předmět normy	

.....	11
1.2 Normativní odkazy	.....
.....	12
1.3 Termíny, definice, značky a jednotky.....	13
1.3.1 Všeobecně	.....
.....	13
1.3.2 Jednotky	.....
.....	13
1.3.3 Seznam termínů, definic, značek a jednotek.....	14
1.4 Podstata a rozsah záruk na hydraulické charakteristiky.....	31
1.4.1 Všeobecně	.....
.....	31
1.4.2 Hlavní záruky na hydraulické charakteristiky ověřitelné modelovými zkouškami.....	32
1.4.3 Záruky neověřitelné modelovými zkouškami.....	35
1.4.4 Doplnující informace	.....
.....	35
2 Provedení zkoušek	.....
.....	36
2.1 Požadavky na zkušební zařízení a model.....	36
2.1.1 Výběr	

laboratoře	
.....	
.....	36
2.1.2 Zkušební zařízení	
.....	
.....	36
2.1.3 Požadavky na model	
.....	
.....	37
2.2 Rozměrová kontrola modelu a prototypu.....	38
2.2.1 Všeobecně	
.....	
.....	38
2.2.2 Kontrolované rozměry modelu a prototypu.....	47
2.2.3 Zvlnění a drsnost povrchu	
.....	
..	54
2.3 Hydraulická podobnost, zkušební podmínky a postupy.....	56
2.3.1 Hydraulická podobnost	
.....	
.....	56
2.3.2 Zkušební podmínky	
.....	
.....	62
2.3.3 Zkušební postupy	
.....	
.....	63
2.4 Úvod do metod měření	
.....	
.....	72

2.4.1	Měření vztahující se k zárukám na hlavní hydraulické charakteristiky.....	73
2.4.2	Měření vztahující se k doplňujícím informacím.....	74
2.4.3	Sběr a zpracování naměřených dat.....	74
2.5	Fyzikální vlastnosti	74
2.5.1	Všeobecně	74
2.5.2	Tíhové zrychlení	74
2.5.3	Fyzikální vlastnosti vody	75
2.5.4	Fyzikální vlastnosti atmosféry	79
2.5.5	Hustota rtuti	79
3	Hlavní hydraulické charakteristiky: metody měření a výsledky.....	80
3.1	Sběr a zpracování dat	80
3.1.1	Úvod a definice	80
3.1.2	Obecné	

požadavky

..... 80

Strana 8

Strana

3.1.3 Sběr
dat

..... 81

3.1.4 Požadavky na jednotlivé části
systému..... 82

3.1.5 Kontrola systému sběru
dat

.....
85

3.2 Měření
průtoku

..... 86

3.2.1
Všeobecně

..... 86

3.2.2 Primární
metody

..... 88

3.2.3 Sekundární
metody

..... 91

3.3 Měření
tlaku

..... 93

3.3.1
Všeobecně

..... 93

3.3.2	Volba průřezu měření tlaku	93
3.3.3	Odběry tlaků a přípojovací potrubí	93
3.3.4	Přístroje na měření tlaku	95
3.3.5	Kalibrace tlakoměru	100
3.3.6	Měření podtlaku	100
3.3.7	Nejistoty měření tlaku	100
3.4	Měření volné vodní hladiny	101
3.4.1	Všeobecně	101
3.4.2	Volba průřezu měření vodní hladiny	101
3.4.3	Počet míst měření v průřezu měření	101
3.4.4	Měřicí přístroje	101
3.4.5	Nejistota měření volné vodní hladiny	103

3.5	Stanovení E a $NPSE$	.....
	.....	103
3.5.1	Všeobecně	.....
	.....	103
3.5.2	Stanovení měrné hydraulické energie E	103
3.5.3	Zjednodušené vzorce pro E	105
3.5.4	Stanovení čisté kladné sací měrné energie $NPSE$	111
3.6	Měření krouticího momentu na hřídeli.....	112
3.6.1	Všeobecně	.....
	.....	112
3.6.2	Metody měření krouticího momentu.....	113
3.6.3	Metody měření výkonu nebo příkonu.....	113
3.6.4	Schéma uspořádání	.....
	.....	114
3.6.5	Prověřování systému	.....
	.....	117
3.6.6	Kalibrace	.....
	.....	118
3.6.7	Nejistota měření krouticího momentu na hřídeli.....	118

3.7	Měření otáček	.....
	.....	119
3.7.1	Všeobecně	.....
	.....	119
3.7.2	Metody měření otáček	.....
	.....	119
3.7.3	Kontrola	.....
	.....	119
3.7.4	Nejistota měření	.....
	.....	120
3.8	Výpočet výsledků zkoušek	.....
	.....	120
3.8.1	Všeobecně	.....
	.....	120
3.8.2	Výpočet výkonu nebo příkonu, průtoku a účinnosti v zaručovaném rozsahu.....	125

3.8.3	Výpočet ustálených průběžných otáček a průtoků při nich.....	136
3.9	Rozbor chyb	.....
	.....	140
3.9.1	Základní zásady (viz ISO	

5168).....	
140	
3.9.2 Stanovení nejistot při modelových zkouškách.....	142
3.10 Porovnání se zárukami	
....	145
3.10.1 Všeobecně	
.....	145
3.10.2 Interpolační křivka a celkové pásmo nejistoty.....	145
3.10.3 Výkon nebo příkon, průtok a/nebo měrná hydraulická energie a účinnost v zaručovaném rozsahu.....	146
3.10.4 Průběžné otáčky a průtok při nich.....	149
3.10.5 Kavitační záruky	
.....	150
4 Doplnující charakteristiky - Metody měření a výsledky.....	151
4.1 Úvod k měření doplňujících informací.....	
151	
4.1.1 Všeobecně	
.....	151
4.1.2 Zkušební podmínky a postupy	
.....	151
4.1.3 Nejistota měření	
.....	152
4.1.4 Přepočet z modelu na prototyp	

.....	152
4.2 Sběr dat a vyhodnocení měření oscilujících veličin.....	152
4.2.1 Obecně.....	152
4.2.2 Sběr dat.....	153
4.2.3 Zpracování dat.....	155
4.3 Tlakové pulzace.....	155
4.3.1 Všeobecně.....	155
4.3.2 Speciální požadavky na model a jeho instalaci.....	159
4.3.3 Snímače a kalibrace.....	159
4.3.4 Podrobné postupy.....	160
4.3.5 Měření.....	162
4.3.6 Analýza, znázornění a interpretace výsledků.....	162
4.3.7 Přepočet na prototyp.....	

.....	164
4.3.8	
Nejistoty	
.....	
.....	167
4.4	
Pulzace krouticího momentu na hřídeli.....	168
4.4.1	
Všeobecně	
.....	
.....	168
4.4.2	
Doporučení pro měření	
.....	
....	168
4.4.3	
Analýza výsledků modelových zkoušek.....	168
4.4.4	
Přepoččet na prototyp	
.....	
.....	168
4.5	
Axiální a radiální síla	
.....	
.....	168
4.5.1	
Všeobecně	
.....	
.....	168
4.5.2	
Axiální tah	
.....	
.....	170
4.5.3	
Radiální síla	
.....	
.....	174
4.6	
Hydraulická zatížení regulačních orgánů.....	176
4.6.1	

Všeobecně	176
4.6.2 Krouticí moment na rozváděcí lopatky	177
4.6.3 Krouticí moment na oběžné lopatky	181

Strana 10

	Strana
4.6.4 Síla na jehlu a moment na deflektor Peltonovy turbíny	185
4.7 Zkoušky v rozšířené provozní oblasti	187
4.7.1 Všeobecně	187
4.7.2 Terminologie	187
4.7.3 Rozsah zkoušek	190
4.7.4 Opatření pro jednotlivé zkoušky	191
4.8 Měření diferenčního tlaku se zřetelem k indexovým zkouškám prototypu	192
4.8.1 Všeobecně	192
4.8.2 Účel zkoušky	193

4.8.3	Provedení zkoušky	.....	.....
		.....	193
4.8.4	Přepočet na prototyp	.....	.....
		.....	194
4.8.5	Nejistota	.....	.....
		.....	194
Příloha A	(informativní) Bezrozměrové termíny.....		195
Příloha B	(normativní) Fyzikální vlastnosti	.....	196
Příloha C	(informativní) Odvození rovnice pro měrnou hydraulickou energii stroje.....		204
Příloha D	(informativní) Vliv hustoty reálné vody r_{wa} na měření a kalibraci.....		206
Příloha E	(informativní) Souhrnný postup zkoušek a výpočtů.....		207
Příloha F	(normativní) Přepočet hydraulické účinnosti přetlakových strojů s uvážením vlivu měřítka.....		210
Příloha G	(normativní) Výpočet maximálních ustálených průběžných otáček prototypu s uvážením třecích a ventilačních ztrát soustrojí	.....	214
Příloha H	(informativní) Příklad stanovení hladké křivky: Metoda oddělených segmentů.....		215
Příloha J	(informativní) Analýza zdrojů chyb a příklady vyhodnocování nejistoty.....		217
Příloha K	(normativní) Přepočet hydraulické účinnosti Peltonových turbín s uvážením vlivu měřítka.....		222
Příloha L	(normativní) Analýza náhodných nejistot pro zkoušku při stálých provozních podmínkách.....		225

Příloha M (normativní) Výpočet Thomova čísla elektrárny

S_{pl} 228

Příloha N (informativní) Podrobný diagram bilance měrné hydraulické energie, průtoku a výkonu/příkonu..... 231

Příloha P (informativní)

Bibliografie

.....
233

Příloha ZA (normativní) Normativní odkazy na mezinárodní publikace a na jim příslušející evropské publikace... 235

Strana 11

1 Obecná pravidla

1.1 Rozsah platnosti a předmět normy

1.1.1 Rozsah platnosti

Tato mezinárodní norma se používá při práci s laboratorními modely rovnotlakých nebo přetlakových turbín, akumulačních čerpadel nebo čerpadlových turbín jakéhokoliv typu.

Používá se pro modely prototypů s výkonem nebo příkonem větším než 5 MW nebo se vztažným průměrem větším než 3 m. Plné použití obsažených postupů, zde popsané, není pro stroje s menším výkonem nebo příkonem a velikostí obecně oprávněné. Přesto může být této normy pro takové stroje použito po dohodě mezi odběratelem a dodavatelem.

Pro účely této normy se „turbínou“ rozumí i čerpadlová turbína pracující jako turbína a „čerpadlem“ i čerpadlová turbína pracující jako čerpadlo.

Norma se netýká otázek výlučně obchodního rázu, s výjimkou těch, které jsou nezbytně spojeny s provedením zkoušek.

Norma nepojednává ani o konstrukčních detailech strojů, ani o mechanických vlastnostech jejich součástí pokud nemají vliv na modelové charakteristiky nebo na vztah mezi charakteristikami modelu a prototypu.

1.1.2 Předmět normy

Tato mezinárodní norma obsahuje opatření pro provedení modelových přejímacích zkoušek vodních turbín, akumulačních čerpadel a čerpadlových turbín jimiž lze určit, zda jsou splněny hlavní smluvní záruky na hydraulické charakteristiky (viz 1.4.2).

Obsahuje pravidla provedení zkoušek a předepisuje měření, která je třeba uskutečnit, je-li některá fáze zkoušek sporná.

Hlavním účelem normy je:

- definovat použité termíny a veličiny;
- specifikovat metody zkoušení a měření potřebných veličin k zjištění hydraulických charakteristik modelu;
- specifikovat metody výpočtů a srovnání výsledků se zárukami;
- stanovit, zda jsou splněny smluvní záruky, které spadají do rozsahu této normy;
- definovat rozsah, obsah a členění závěrečné zprávy.

Záruky mohou být dány jedním z těchto způsobů:

- záruky na hydraulické charakteristiky prototypu vypočítané z výsledků modelových zkoušek s uvážením vlivu měřítka;
- záruky na modelové hydraulické charakteristiky.

Dále jsou nutné informace o doplňujících provozních charakteristikách (viz 1.4.4) pro konstrukci a provoz prototypu hydraulického stroje. Tyto doplňující informace, uvedené v kapitole 4, jsou typu doporučení nebo návodu pro uživatele (viz 4.1) na rozdíl od požadavků kapitol 1 až 3, které se týkají hlavních hydraulických charakteristik.

Zvláště je třeba doporučit provedení modelových přejímacích zkoušek, neumožní-li předpokládané podmínky přejímací zkoušky na díle (viz IEC 60041) pro ověření záruk daných na prototyp.

Normu lze také použít pro modelové zkoušky na jiné účely, například pro srovnávací zkoušky, výzkumné a vývojové práce.

Jestliže jsou provedeny modelové přejímací zkoušky, mohou se zkoušky na díle zúžit na indexové zkoušky (viz IEC 60041, kapitola 15).

V případě rozporu mezi touto normou a jinými normami má přednost tato norma.

-- Vynechaný text --