

Avaldatud eesti keeles: märts 2011
Jõustunud Eesti standardina: märts 2011

KONSTRUKTSIOONIDE PROJEKTEERIMISE ALUSED
Hoonete ja kõnniteede kasutuskõlblikkus vibratsioonide
seisukohalt

Bases of design of structures
Serviceability of buildings and walkways against
vibrations

EESTI STANDARDI EESSÕNA

Käesolev Eesti standard:

- on rahvusvahelise standardi ISO 10137:2007 „Bases for design of structures - Serviceability of buildings and walkways against vibrations“ ingliskeelse teksti identne tõlge eesti keelde ning tõlgendamise erimeelsuste korral tuleb lähtuda ametlikes keeltes avaldatud tekstidest;
- on kinnitatud Eesti Standardikeskuse 28.02.2011 käskkirjaga nr 41;
- on jõustunud sellekohase teate avaldamisel EVS Teataja 2011. aasta märtsikuu numbris.

Standardi tõlkis Valdek Kulbach, TTÜ Ehitiste projekteerimise instituudi emeriitprofessor, standardi on heaks kiitnud tehniline komitee EVS/TK 13 „Ehituskonstruksioonide projekteerimine“.

Standardi tõlke koostamisettepaneku esitas EVS/TK 13, standardi tõlkimist korraldas Eesti Standardikeskus ning rahastas Majandus- ja Kommunikatsiooniministeerium.

ICS 91.080.01 Ehituskonstruksioonid üldiselt; 91.120.25 Seismika ja vibratsioonikindlus
Võtmesõnad: arvutusmeetodid, koormused, liiklus, mõõtmised, vibratsioon
Hinnagrupp S

Standardite reprodutseerimis- ja levitamiseõigus kuulub Eesti Standardikeskusele

Andmete paljundamine, taastekitamine, kopeerimine, salvestamine elektroonsesse süsteemi või edastamine ükskõik millises vormis või millisel teel ilma Eesti Standardikeskuse kirjaliku loata on keelatud.

Kui Teil on küsimusi standardite autorikaitse kohta, võtke palun ühendust Eesti Standardikeskusega:
Aru 10, 10317 Tallinn, Eesti; www.evs.ee; telefon: 605 5050; e-post: info@evs.ee

SISUKORD

EESSÕNA	V
SISSEJUHATUS.....	VI
1 KÄSITLUSALA	1
2 NORMIVIITED	1
3 TERMINID JA MÄÄRATLUSED	2
4 VIBRATSIOONIPROBLEEMI KIRJELDUS	4
4.1 Üldmärkused.....	4
4.2 Vibratsiooniallikas	4
4.2.1 Vibratsiooniallikad hoone sees	4
4.2.2 Vibratsiooniallikad väljaspool hoonet.....	4
4.3 Ülekandeteekond	5
4.4 Vastuvõtja	5
5 DÜNAAMILISED MÕJURID	5
5.1 Üldmärkused.....	5
5.2 Seadmestik	5
5.2.1 Pöörlev seadmestik	5
5.2.2 Reversiivlikumisega seadmestik	5
5.2.3 Löökseadmestik	5
5.2.4 Muu seadmestik.....	6
5.3 Sõidukite ja veokite liiklus (sõidutee ja raudtee).....	6
5.3.1 Üldmärkused.....	6
5.3.2 Mootor-liiklusvahendid	6
5.3.3 Raudteerongid	6
5.4 Genereerivad allikad	6
5.4.1 Üldmärkused.....	6
5.4.2 Genereerivad allikad pinnases	6
5.4.3 Kontrollitavad katkendlikud ja tõukavad allikad konstruktsiooni sees	7
5.4.4 Õhu või vee kaudu ülekantavad tõukeallikad	7
5.5 Inimtegevus.....	7
5.5.1 Korduvad koordineeritud tegevused määratud ala kohal	7
5.5.2 Inimeste ülekäigukonstruktsioonid	7
5.5.3 Üksikimpulsid	7
5.6 Tuul	8
5.7 Maaväringud	8
6 VASTE HINDAMINE	8
6.1 Üldmärkused.....	8
6.2 Arvutusmodelid	8
6.2.1 Üldmärkused.....	8
6.2.2 Ajas ja ruumis muutuvad koormused.....	9
6.2.3 Ajas muutuvad koormused	9
6.3 Vibratsioonitasemete hindamine arvutamisel.....	9
6.3.1 Üldmärkused.....	9
6.3.2 Sumbuvus kasutuspiirseisundi jaoks.....	9
6.3.3 Vibratsioonide levimine pidevas keskkonnas	9
6.3.4 Diskreetse keskkonna vibratsioonid	10
6.4 Vibratsioonitasemete hindamine mõõtmise abil	10
6.4.1 Üldmärkused.....	10
6.4.2 Mõõdetavad suurused	10
6.4.3 Mõõteaparatuur ja parameetrite diapsoon.....	11
6.4.4 Mõõtmispunktide sobitamine	11
6.4.5 Vibratsiooni mõõtmise analüüs ja tulemused	11
6.4.6 Mõõtmiste aruanne	12
7 VIBRATSIOONIKRITEERIUMID KASUTUSPIIRSEISUNDI JAKS	12
7.1 Üldmärkused.....	12

7.1.1	Kriteeriumid inimkasutajate jaoks	12
7.1.2	Kriteeriumid hoone sisustuse jaoks	12
7.1.3	Kriteeriumid hoonekonstruktsioonide jaoks	13
7.2	Kriteeriumid inimkasutajate jaoks	13
7.2.1	Üldmärkused	13
7.2.2	Nõuded kõnniteedele	14
7.3	Hoonesisustuse vibratsioonikriteeriumid	14
7.3.1	Üldmärkused	14
7.3.2	Vibratsioonikriteeriumid seadmetiku ja protsesside jaoks projekteeritavates hoonetes	14
7.3.3	Vibratsioonide hindamine olemasolevates hoonetes	14
7.4	Vibratsioonikriteeriumid hoonekonstruktsioonide jaoks	14
7.4.1	Üldmärkused	14
7.4.2	Vibratsioonikriteeriumid löökide/impulsside mõjumisel	15
7.4.3	Vibratsioonikriteeriumid muudele mõjuritele	15
7.4.4	Empiirilised kriteeriumid	15
7.4.5	Vibratsioonikriteeriumite rakendamine mõõdetud vibratsioonidele	15
8	VIBRATSIOONIDE KONTROLLIMINE	15
9	VIBRATSIOONI LEEVENDAMINE	16
Lisa A (teatmelisa)	Dünaamilised koormused	17
Lisa B (teatmelisa)	Vibratsiooni näited	23
Lisa C (teatmelisa)	Vibratsioonikriteeriumite näited	29
Lisa D (teatmelisa)	Juhised inimvaste kohta tuule tekitatud vibratsioonide suhtes	36
Lisa E (teatmelisa)	Vibratsiooni leevendamine	38
Kasutatud kirjandus		40

EESSÕNA

ISO (Rahvusvaheline Standardimisorganisatsioon) on ülemaailmne rahvuslike standardimisorganisatsioonide (ISO rahvuslike liikmesorganisatsioonide) liit. Tavaliselt tegelevad rahvusvahelise standardi ettevalmistamisega ISO tehnilised komiteed. Kõigil rahvuslikel liikmesorganisatsioonidel, kes on mingi tehnilise komitee pädevusse kuuluvast valdkonnast huvitatud, on õigus osa võtta selle komitee tegevusest. Selles töös osalevad käsikäes ISOga ka rahvusvahelised, riiklikud ja valitsusvälised organisatsioonid. Kõikides elektrotehnika standardimist puudutavates küsimustes teeb ISO tihedat koostööd Rahvusvahelise Elektrotehnikakomisjoniga (IEC).

Rahvusvahelised standardid kavandatakse vastavalt ISO/IEC direktiivide 2. osas esitatud reeglitele.

Tehniliste komiteede peamine ülesanne on koostada rahvusvahelisi standardeid. Tehnilistes komiteedes vastu võetud rahvusvahelised standardikavandid saadetakse hääletamiseks rahvuslikele liikmesorganisatsioonidele. Avaldamine rahvusvahelise standardina eeldab heakskiitu vähemalt 75% hääletanud rahvuslikelt liikmesorganisatsioonidelt.

Tuleb pöörata tähelepanu võimalusele, et dokumendi mõned osad võivad olla patendiõiguse subjektiks. ISOt ei saa pidada vastutavaks mõne või kõigi selliste patendiõiguste väljaselgitamise osas.

ISO 10137 valmistas ette tehniline komitee ISO/TC 98, „Konstruktsioonide projekteerimise alused“ (*Bases for design of structures*) alamkomitee SC 2, „Konstruktsioonide töökindlus“ (*Reliability of structures*).

Käesolev, teine väljaanne asendab esimest väljaannet (ISO 10137:1992) ning erineb tollest järgmise poolest:

- informatsioon asjakohaste standardite kohta on ajakohastatud,
- on lisatud menetlus kaljulõhkamisest tekitatud vibratsioonide kohta,
- inimtegevuse põhjustatud koormused on ajakohastatud (lisa A),
- on lisatud kasutatavuskriteeriumid hoonete kasutajate jaoks tuule tekitatud vibratsioonide toimetel (lisa D),
- kasutatud kirjanduse loetelu on üle vaadatud ja ajakohastatud,
- teksti on tehtud toimetuslikud täiendused ja parandused.

SISSEJUHATUS

Kõrgtugevate ja kergekaaluliste materjalide säästlikust kasutamisest on tekkinud suundumus konstruktsioonidele, mis reageerivad paremini dünaamikale. Seda suundumust on halvendanud hoonetele ja kõnniteedele mõjuvate uute vibratsiooniallikate ilmumine ning sellega liitub suurem nõudlus vibratsioonivabade keskkondade vastu, et tagada tööstuslike ja laboratoorsete protsesside ja instrumentide nõuetele vastav toimimine, suurem tööefektiivsus ja personali mugavus. Varem reguleeriti hoonete vibratsiooni pigem kindlate koormuste või staatiliste läbipainete piiramise teel või need lihtsalt ei ilmnenu hoone massiivsuse tõttu. Siiski on täheldatud mitmeid ebarahuldavaid vibratsioonitasemeid ning see näib viitavat, et kaudsed kriteeriumid pole enam sobivad. Standard koostatigi eesmärgiga esitada vibratsioonide prognoosimise printsiibid projekteerimisstaadiumis ning hinnata olemasolevate konstruktsioonide vibratsioonidele vastuvõetavust.

Standardis esitatud soovitusel on kasutuskõlblikkuse, mitte ohutuse jaoks. Siiski on võimalik, et mõned (tavaliselt resonantsiga seotud) vibratsioonid muutuvad ohlikuks. Seepärast tuleb tugevate vibratsioonikoormuste puhul läbi viia resonantsi võimaliku ilmumise ja kaasnevate piirpingete, -läbipainete ja väsimusefekti kontroll. Mainitud vibratsiooniefektid esindavad kasutuspiirseisundit vastavalt ISO 2394-le.

Kasutuspiirseisundit vibratsioonide suhtes kirjeldatakse lisatingimustega, mis sisaldavad üldiselt vibratsiooniväärtusi (siire, kiirus või kiirendus), tavaliselt koos sageduse või sagedusvahemikuga ning võimalik, et ka muude parameetritega. Lisatingimused võivad olla seotud ka pingete, deformatsioonide, pragude esinemise ja kestusega. Lisatingimusi võib määrata statistiliselt, kuid on üldiselt koodeksites ette kirjutatud deterministlikult.

Projekt või hindamiskriteeriumid, mida kasutatakse hoonete ja kõnniteede rahuldava vibratsioonikäitumise saavutamiseks kasutuspiirseisundis, peaks muuhulgas sisaldama järgmisi aspekte:

- a) kasutajate tundlikkuse varieeruvus kultuuriliste, regionaalsete või majanduslike tegurite tõttu;
- b) hoonete sisustuse tundlikkus vibratsioonide suhtes ning kasutuse ja valduse muutus;
- c) uute dünaamiliste koormuste esilekerkimine, mis pole standardiga otseselt suunitletud;
- d) materjalide kasutamine, mille dünaamilised karakteristikud võivad ajas muutuda;
- e) arvutuse ebasobivus konstruktsiooni keerukusele ja koormuse kompleksusele;
- f) mitterahuldava talitluse sotsiaalsed ja majanduslikud tagajärjed.

1 KÄSITLUSALA

Standard annab soovituselised hoonete ja kõnniteede kasutuskõlblikkuse hindamiseks vibratsioonide mõjumisel hoonetele, hoone sees olevatele või hooneid ühendavatele kõnniteedele ja hoone väliskülgedele.

See katab kolme vibratsioonide vastuvõtjat:

- a) inimesed hoonetes ja kõnniteedel;
- b) hoone sisustus;
- c) hoone konstruktsioonid.

Standard ei hõlma sõidukiliiklussildu, isegi kui need on seotud jalakäijate liiklusega, vundamente ega seadmete tugikonstruktsioone.

Standardis eeldatakse, et ehituskonstruktsiooni vastupanu koormustele vastab nondele lineaarselt. See tähendab, et konstruktsioon ei voola, varise ega ole oluliste mittelineaarsete mõjurite subjektiks.

2 NORMIVIITED

Järgmised dokumendid on vajalikud standardi rakendamiseks. Dateeritud viidete puhul kehtib üksnes viidatud väljaanne. Dateerimata viidete korral kehtib viidatud dokumendi uusim väljaanne koos võimalike parandustega.

ISO 2041, *Mechanical vibration, shock and condition monitoring — Vocabulary*

ISO 2372, *Mechanical vibration of machines with operating speeds from 10 to 200 rev/s — Basis for specifying evaluation standards*

ISO 2394:1998, *General principles on reliability for structures*

ISO 2631-1:1997, *Mechanical vibration and shock — Evaluation of human exposure to whole-body vibration — Part 1: General requirements*

ISO 2631-2:2003, *Mechanical vibration and shock — Evaluation of human exposure to whole-body vibration — Part 2: Vibration in buildings (1 Hz to 80 Hz)*

ISO 3010:2001, *Basis for design of structures — Seismic actions on structures*

ISO 3898, *Bases for design of structures — Notations — General symbols*

ISO 4354, *Wind actions on structures*

ISO 4866:1990, *Mechanical vibration and shock — Vibration of buildings — Guidelines for the measurement of vibrations and evaluation of their effects on buildings*

ISO 6897, *Guidelines for the evaluation of the response of occupants of fixed structures, especially buildings and off-shore structures, to low-frequency horizontal motion (0,063 to 1 Hz)*

ISO 8041, *Human response to vibration — Measuring instrumentation*

ISO 8569, *Mechanical vibration and shock — Measurement and evaluation of shock and vibration effects on sensitive equipment in buildings*

ISO 8930, *General principles on reliability for structures — List of equivalent terms*

ISO/TS 10811-1, *Mechanical vibration and shock — Vibration and shock in buildings with sensitive equipment — Part 1: Measurement and evaluation*

ISO/TS 10811-2, *Mechanical vibration and shock — Vibration and shock in buildings with sensitive equipment — Part 2: Classification*

ISO 10816 (kõik osad), *Mechanical vibration — Evaluation of machine vibration by measurements on non-rotating parts*

ISO 14837-1, *Mechanical vibration — Ground-borne noise and vibration arising from rail systems — Part 1: General Guidance*

3 TERMINID JA MÄÄRATLUSED

Standardi rakendamisel kasutatakse järgmisi ning standardites ISO 2041 ja ISO 8930 antud termineid ja määratlusi.

MÄRKUS Vt ka ISO 3898 ja ISO 2394.

- 3.1**
võimendumine, laienemine (*amplification*)
vibratsiooni amplituudide suurenemine teatmeamplituudi suhtes
- 3.2**
sumbumine, nõrgenemine (*attenuation*)
vibratsioonienergia kadu piki ülekandeteekonda
- 3.3**
laiaribaline spekter (*broadband spectrum*)
vibratsioonispekter, mis on jagunenud laial sagedusribal (näiteks oktaavriba spekter, ühe kolmandiku oktaavriba spekter)
- 3.4**
summutus (sumbumine) (*damping*)
energia hajumine vibreerivas süsteemis
- 3.5**
dünaamilised koormused (*dynamic actions*)
koormused, mis muutuvad nii kiiresti, et viivad vibratsiooni suurenemisele
- 3.6**
dünaamilised jõud (*dynamic forces*)
jõud, mis muutuvad nii kiiresti, et viivad vibratsiooni suurenemisele
- 3.7**
Fourier' teisendus (*Fourier transformation*)
matemaatiline protseduur, mis ilma teabekaota teisendab aja salvestuse kompleksseks sagedusspektriks (Fourier' spektriks)
- 3.8**
sageduskomponendid (*frequency components*)
kitsa riba sageduskomponentide kese, milles on kontsentreeritud spektrienergia
- 3.9**
sageduse vastefunktsioon (*frequency response function*)
väljumissignaali sageduse vastefunktsioon, mille sisendussignaali sagedusspektri funktsioon on jaotanud
- MÄRKUS Sageduse vaste antakse tavaliselt graafiliselt kõveratega, mis näitavad amplituudide suhet, ning kui see on rakendatav, siis faasinihet või faasinurka funktsioonina sagedusest. See võib olla ka konstruktsiooni impulsi vaste Fourier' teisendus.
- 3.10**
geomeetiline hajumine (*geometric spreading*)
vibratsiooni amplituudide langus vahekauguse suurenemisel allikast, kui energia on hajutatud suurele mahule