

	Zásady navrhování a zatížení konstrukcí - Část 4: Zatížení zásobníků a nádrží	ČSN P ENV 1991-4 73 5570
---	--	------------------------------------

Basis of design and actions on structures - Part 4: Actions in silos and tanks

Bases du calcul et actions sur les structures - Partie 4: Actions dans les silos et réservoirs

Grundlagen der Tragwerksplanung und Einwirkungen auf Tragwerke - Teil 4: Einwirkungen auf Silos und Flüssigkeitsbehälter

Tato norma je českou verzí předběžné evropské normy ENV 1991-4:1995. Předběžná evropská norma ENV 1991-4:1995 má status české předběžné normy.

This standard is the Czech version of the European Prestandard ENV 1991-4:1995. The European Prestandard ENV 1991-4:1995 has the status of a Czech Prestandard.

Tato předběžná ČSN je určena k ověření a k připomínkám. Lze ji použít jako alternativní předpis k ČSN 73 5570. Připomínky a návrhy na zlepšení lze uplatnit u Českého normalizačního institutu.

Tato předběžná norma obsahuje doslovný český překlad anglického znění ENV 1991-4:1995 (Eurokód1): Zásady navrhování a zatížení konstrukcí, část 4: Zatížení zásobníků a nádrží a Národní aplikační dokument České republiky (NAD), který se použije spolu s ENV pro návrh konstrukcí, které se budou stavět v České republice.

Účelem NAD je doplnit chybějící informace vztahující se zejména k zatížení staveb a k používaným materiálům. V NAD jsou také uvedeny hodnoty volitelné jednotlivými zeměmi. Údaje NAD jsou na území České republiky nadřazeny odpovídajícím údajům ENV.

ENV 1991-4: 1995 byla připravena Evropskou komisí pro normalizaci (CEN) a je reprodukována přesně tak, jak byla publikována a schválena CEN. Je výsledkem prací sponzorovaných zeměmi Evropské unie (EU) a Evropského sdružení volného obchodu (EFTA) pro vytvoření obecných pravidel pro návrh konstrukcí z betonu, oceli, ocelobetonu, dřeva, zdiva a projektování v oboru geotechniky a konstrukcí v seizmických oblastech.

Tato předběžná evropská norma spolu s NAD je určena k ověření při praktickém užívání po dobu tří let. Cílem ověření je získání poznatků, které budou využity k úpravě ENV tak, aby mohla být schválena jako EN. Případné připomínky a návrhy k oběma dokumentům se zasílají Českému normalizačnímu institutu, V botanice 4, 150 00 Praha 5.

Národní normy týkající se předmětu této normy jsou ponechány v platnosti.

Citované normy

ISO 3898 dosud nezavedena

ENV 1991-1 zavedena v ČSN P ENV 1991-1 Zásady navrhování a zatížení konstrukcí - Část 1: Zásady navrhování (73 0035)

ENV 1991-2-1 zavedena v ČSN P ENV 1991-2-1 Zásady navrhování a zatížení konstrukcí - Část 2-1: Zatížení konstrukcí - Objemová tíha, vlastní tíha a užitná zatížení (73 0035)

ENV 1991-2-2 zavedena v ČSN P ENV 1991-2-2 Zásady navrhování a zatížení konstrukcí - Část 2-2: Zatížení konstrukcí - Zatížení konstrukcí namáhaných požárem (73 0035)

ENV 1991-2-3 zavedena v ČSN P ENV 1991-2-3 Zásady navrhování a zatížení konstrukcí - Část 2-3: Zatížení konstrukcí - Zatížení sněhem (73 0035)

ENV 1991-2-4 zavedena v ČSN P ENV 1991-2-4 Zásady navrhování a zatížení konstrukcí - Část 2-4: Zatížení konstrukcí - Zatížení větrem (73 0035)

ENV 1991-2-5 dosud nezavedena

ENV 1991-2-6 dosud nezavedena

ENV 1991-2-7 dosud nezavedena

ENV 1991-3 zavedena v ČSN P ENV 1991-3 Zásady navrhování a zatížení konstrukcí - Část 3: Zatížení mostů dopravou

ENV 1991-5 dosud nezavedena

ENV 1992-1 zavedena v ČSN P ENV 1992-1-1 Navrhování betonových konstrukcí - Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby (73 1200)

Strana 3

ENV 1993-1-1 zavedena v ČSN P ENV 1993 Navrhování ocelových konstrukcí - Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby (73 1401)

ENV 1994-1-1 zavedena v ČSN P ENV 1994-1-1 Navrhování spřažených ocelobetonových konstrukcí - Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby (73 2089)

ENV 1995-1-1 zavedena v ČSN P ENV 1995-1-1 Navrhování dřevěných konstrukcí - Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby (73 1701)

ENV 1996-1-1 zavedena v ČSN P ENV 1996-1-1 Navrhování zděných konstrukcí - Část 1-1: Obecná pravidla pro pozemní stavby - Pravidla pro vyztužené a nevyztužené zděné konstrukce

(73 1101)

ENV 1997-1 zavedena v ČSN P ENV 1997-1 Navrhování geotechnických konstrukcí - Část 1: Obecná pravidla (73 1000)

ENV 1998 dosud nezavedena

ENV 1999 dosud nezavedena

Vypracování normy

Zpracovatel: ČVUT Praha - Kloknerův ústav, IČO 61384101, Doc. Ing. Petr Brož, DrSc.,
Ing. Olga Löwitová, CSc.

Technická normalizační komise: TNK 38 Spolehlivost stavebních konstrukcí

Pracovník Českého normalizačního institutu: Ing. Marie Plachá

Strana 4

Prázdná strana

Strana 5

PŘEDBĚŽNÁ EVROPSKÁ NORMA	ENV 1991- 4 : 1995
EUROPEAN PRESTANDARD	
PRÉNORME EUROPÉENNE	
EUROPÄISCHE VORNORM	Květen 1995

ICS 91.040.00

Deskriptory: civil engineering, structures, design, construction, buildings codes, computation, loads, silos, tanks: containers

Eurokód 1: Zásady navrhování a zatížení konstrukcí

Část 4: Zatížení zásobníků a nádrží

Eurocode 1: Basis of design and actions on structures
Part 4: Actions in silos and tanks

Eurocode 1 - Bases du calcul et actions sur les
structures - Partie 4:
Actions dans les silos et réservoirs

Eurocode 1-Grundlagen der
Tragwerksplanung und Einwirkungen auf
Tragwerke -Teil 4: Einwirkungen auf Silos
und Flüssigkeitsbehälter

Tato předběžná evropská norma (ENV) byla organizací CEN přijata 1993-06-30 k prozatímnímu užívání jako výhledová norma. Doba platnosti této normy je omezena na tři roky. Po dvou letech budou členové CEN požádáni, aby předložili své připomínky, a to zejména k otázce, zda lze ENV převést na Evropskou normu (EN).

Členové CEN se žádají, aby vyhlásili tuto ENV stejným způsobem, jako kdyby se jednalo o EN, a aby ji na národní úrovni přiměřeným způsobem zpřístupnili. Národní normy, které nejsou ve shodě s ENV, se dovoluje ponechat v platnosti (souběžně s ENV) až do konečného rozhodnutí o převedení ENV na EN.

Členy CEN jsou národní normalizační organizace Belgie, Dánska, Finska, Francie, Irska, Islandu, Itálie, Lucemburska, Německa, Nizozemí, Norska, Portugalska, Rakouska, Řecka, Spojeného království, Španělska, Švédska a Švýcarska.

CEN

Evropská komise pro normalizaci

European Committee for Standardization

Comité Européen de Normalisation

Obsah

Strana

Předmluva	8
Účel Eurokódů	8
Vývoj Eurokódů	8
Program Eurokódů	8
Národní aplikační dokumenty (NAD)	9
1 Všeobecně	9
1.1 Rozsah	9
1.1.1 Rozsah platnosti ENV 1991 - Eurokódu 1	9
1.1.2 Rozsah platnosti ENV 1991- 4 Zatížení zásobníků a nádrží	10
1.1.3 Další části ENV 1991	11
1.2 Normativní odkazy	11
1.3 Rozlišení zásad a aplikačních pravidel	12
1.4 Definice	12
1.5 Značky	15
2 Klasifikace zatížení	

18	
3	Návrhové situace
18	
4	Interpretace zatížení
19	
5	Zatížení zásobníků od zrnitých materiálů
	19
5.1	Všeobecně
19	
5.2	Štíhlé zásobníky
20	
5.2.1	Zatížení při plnění zásobníku
21	
5.2.1.1	Svislá stěnová část
21	
5.2.1.2	Plochá dna
23	
5.2.1.3	Výsypky
23	
5.2.2	Zatížení při vyprazdňování
	24
5.2.2.1	Svislá stěnová část
24	
5.2.2.2	Ploché dno a výsypka
25	
5.2.2.3	Zjednodušená metoda pro plnění a vyprazdňování zásobníku
	25
5.3	Nízké zásobníky
26	
5.4	Homogenizační zásobníky a sila s vysokou rychlostí plnění
	28
6	Zatížení nádrží kapalinami
28	

6.1	Všeobecně	28
6.2	Vlastnosti kapalin	29
7	Vlastnosti	29
7.1	Vlastnosti zrnitých materiálů	29
7.2	Zjednodušená metoda	29
7.3	Zkoušení zrnitých materiálů	30
7.3.1	Objemová tíha v nasypaném stavu	30
7.3.2	Součinitel tření o stěnu μ_m	30
7.3.3	Poměr $K_{\text{horiz}}/K_{\text{vert}}$ ke svislému tlaku	30
7.4	Součinitel zvětšení zatížení	31

Strana 7

Příloha A (informativní)	Zásady navrhování - doplňkové články k ENV 1991 - 1 pro zásobníky a nádrže	32
---------------------------------	--	----

Příloha B (informativní)	Metody pro zkoušení vlastností zrnitých materiálů	34
---------------------------------	---	----

Příloha C (informativní)	Zatížení seismickými vlivy	41
---------------------------------	----------------------------------	----

Strana 8

Předmluva

Účel Eurokódů

- (1) Eurokódy pro stavební konstrukce tvoří skupinu norem pro konstrukční a geotechnické navrhování pozemních a inženýrských staveb.
- (2) Vztahují se na provádění a kontrolu pouze v rozsahu nezbytném k určení jakosti stavebních výrobků a úrovně stavebních prací potřebných ke splnění předpokladů pravidel navrhování.
- (3) Do doby, než budou k dispozici harmonizované technické předpisy pro výrobky a pro metody jejich zkoušení, budou některé Eurokódy pro stavební konstrukce zahrnovat některá z těchto hledisek v informativních přílohách.

Vývoj Eurokódů

(4) Komise Evropského společenství (CEC) iniciovala práce na vzniku souboru harmonizovaných technických pravidel pro navrhování pozemních a inženýrských staveb, která mají nejprve poskytovat alternativu k různým pravidlům používaných v některých členských státech, a která mají výhledově tato pravidla nahradit. Tato technická pravidla jsou známá pod označením Eurokódy pro stavební konstrukce.

(5) CEC předala v roce 1990 po předchozí konzultaci se svými členy další tvorbu, vydávání a modernizaci Eurokódů pro stavební konstrukce Evropskému výboru pro normalizaci (CEN). Sekretariát Evropského sdružení volného obchodu (EFTA) souhlasil s podporou činnosti CEN.

(6) Za tvorbu Eurokódů pro stavební konstrukce odpovídá technická komise CEN/TC 250.

Program Eurokódů

(7) Připravují se následující Eurokódy pro stavební konstrukce, z nichž každý sestává z několika částí:

EN 1991 Eurokód 1: Zásady navrhování a zatížení konstrukcí

EN 1992 Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí

EN 1993 Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí

EN 1994 Eurokód 4: Navrhování spřažených ocelobetonových konstrukcí

EN 1995 Eurokód 5: Navrhování dřevěných konstrukcí

EN 1996 Eurokód 6: Navrhování zděných konstrukcí

EN 1997 Eurokód 7: Navrhování geotechnických konstrukcí

EN 1998 Eurokód 8: Navrhování konstrukcí odolných vůči zemětřesení

EN 1999 Eurokód 9: Navrhování konstrukcí z hliníkových slitin

(8) Pro uvedené Eurokódy byly zřízeny zvláštní subkomise při CEN/TC 250.

(9) Tato část ENV 1991 je publikována jako předběžná evropská norma ENV 1991- 4.

(10) Tato předběžná norma je určena k experimentálním aplikacím a k předkládání připomínek, další výzkum se bude zabývat většími excentricitami a zásobníky s vnitřními táhly.

(11) Členské země CEN budou přibližně po dvou letech vyzvány k předložení připomínek, které budou podkladem pro stanovení dalšího postupu.

Strana 9

(12) Do té doby je možno připomínky a komentáře k této předběžné normě zasílat sekretariátu CEN/TC 250/ SC1 na adresu:

SIS

Box 3295

S - 10366 Stockholm

SWEDEN

nebo na adresu národní organizace pro normalizaci. 1)

Národní aplikační dokumenty (NAD)

(13) Vzhledem k odpovědnosti správních orgánů v členských zemích za bezpečnost, zdraví a další aspekty, jež jsou zahrnuty v ustanoveních "Pokynů pro zavádění výrobků (CPD)", některým prvkům s požadovanou únosností a mírou spolehlivosti byly v této ENV přiřazeny směrné hodnoty označené jako "rámečkové". Očekává se, že úřady, pro užití v národních dokumentech, přezkoumají v každé členské zemi "rámečkové hodnoty" a mohou zmíněné hodnoty s mírou bezpečnosti nahradit alternativními konečnými hodnotami.

(14) Některé ze souvisejících evropských a mezinárodních norem nemusí být k dispozici do termínu vydání této předběžné normy. Proto se předpokládá, že Národní aplikační dokument, obsahující hodnoty dosažené do výše uvedených ustanovení základní ENV, bude odkazovat na kompatibilní podpůrné normy, poskytovat návod pro národní aplikaci předběžné normy a bude vydán každou

členskou zemí, resp. její organizací pro normalizaci.

(15) Předpokládá se, že tato předběžná norma bude v době své platnosti používána pro účely navrhování společně s jednotlivými Národními aplikačními dokumenty platnými v zemi, v níž bude pozemní nebo inženýrská stavba umístěna.

(16) Rozsah platnosti ENV 1991 je definován v článku 1.1.1 a rozsah platnosti této části ENV 1991 je vyjádřen v 1.1.2. Plánované dodatkové části ENV 1991 jsou uvedeny v článku 1.1.3.

(17) Tuto část doplňuje řada informativních příloh.

1 Všeobecně

1.1 Rozsah platnosti

1.1.1 Rozsah platnosti ENV 1991 - Eurokódu 1

(1) P ENV 1991 stanoví všeobecné zásady a hodnoty zatížení pro konstrukční navrhování pozemních a inženýrských staveb včetně geotechnických hledisek a musí se používat ve spojení s ENV 1992 až 1999.

(2) Tuto ENV 1991 lze rovněž použít jako podklad pro navrhování konstrukcí, které nejsou zahrnuty v ENV 1992 až 1999 a v nichž jsou použity jiné materiály nebo jiná návrhová zatížení konstrukcí.

(3) ENV 1991 zahrnuje rovněž návrh konstrukcí pro etapu jejich provádění a dále návrhy pro dočasné konstrukce. To se vztahuje na všechny případy působení konstrukce, pro něž se požaduje, aby se konstrukce chovala odpovídajícím způsobem.

1) NÁRODNÍ POZNÁMKA - V České republice to je Český normalizační institut, V botanice 4, 150 00 Praha 5

(4) ENV 1991 není přímo určena k hodnocení existujících staveb, navrhování jejich oprav a změn nebo k vyhodnocení modifikací jejich použití.

(5) Část 1 ENV 1991 plně nepokrývá navrhování speciálních staveb, které vyžadují neobvyklé rozborů spolehlivosti, jako jsou konstrukce pro jaderné účely, pro něž je třeba použít zvláštní postupy.

1.1.2 Rozsah platnosti ENV 1991- 4 Zatížení zásobníků a nádrží

(1) Tato část obsahuje obecné zásady a hodnoty zatížení pro navrhování konstrukcí nádrží a zásobníků včetně geotechnických aspektů a musí se používat ve spojení s ENV 1991 - 1: Zásady navrhování a dalšími částmi ENV 1991 a ENV 1992 až 1999.

(2) Tuto část lze rovněž použít jako podklad pro navrhování konstrukcí, které nejsou zahrnuty v ENV 1992 až 1999 a v nichž se uplatňují materiály nebo hodnoty zatížení, které nejsou obsaženy v ENV 1991.

(3) K pravidlům pro navrhování zásobníků se vztahují tato omezení:

- tvary příčných průřezů zásobníků jsou limitovány typy uvedenými v obrázku 1.2,

- plnění zásobníků je ovlivňuje pouze zanedbatelnou měrou efekty setrvačnosti a rázovými zatíženími,

- maximální průměr částice skladovaného materiálu¹⁾ není větší než $0,3 d_c$,

Poznámka - Jsou-li částice větší než tloušťka stěny zásobníku, zatížení musí být uvažováno v podobě soustředěných břemen.

- skladovaný materiál je volně tekoucí,

- excentricita e_i skladovaného materiálu vlivem plnění je menší než $0,25 d_c$ (obrázek 1.2),

- excentricita e_o středu výpusti je menší než $0,25 d_c$; žádná část výpustného otvoru nemá větší vzdálenost než $0,3 d_c$ od střednicové roviny zásobníků s rovinným tokem nebo od osy jiných typů zásobníků (obrázek 1.2),

- jsou-li použita zařízení pro vyprazdňování (na příklad dávkovače nebo vnitřní vyprazdňovací trouba), tok materiálu je plynulý a soustředěný v rozsahu mezi excentricity uvedených výše,

- přechodovému průřezu přísluší jediná horizontální rovina.

Platí tyto geometrické meze:

$$h / d_c < 10$$

$$h < 100 \text{ m}$$

$$d_c < 50 \text{ m}$$

- každý zásobník se navrhuje pro definovaný obor vlastností částic skladovaného materiálu.

(4) Návrhová pravidla pro nádrže se vztahují pouze na nádrže pro skladování kapalin v podmínkách normálního atmosférického tlaku.

(4) Předběžná norma ENV 1991- 4 se musí používat ve spojení s ENV 1991 - 1 a dalšími částmi ENV 1991.

1.1.3 Další části ENV 1991

(1) Další části ENV 1991, které jsou v současnosti připravovány nebo plánovány, jsou uvedeny v 1.2.

1.2 Normativní odkazy

Do této předběžné evropské normy jsou začleněny formou datovaných a nedatovaných odkazů ustanovení z jiných norem. Tyto normativní odkazy jsou uvedeny na příslušných místech textu a seznam těchto publikací je uveden níže.

ISO 3898: 1987 Zásady navrhování konstrukcí

Značení. Obecné symboly

Poznámka - Odkazy na následující evropské předběžné normy, které jsou publikovány nebo se připravují, jsou uvedeny na příslušných místech v textu, jejich názvy jsou sepsány níže.

ENV 1991 - 1	Eurokód 1: Zásady navrhování a zatížení konstrukcí Část 1: Zásady navrhování
ENV 1991-2-1	Eurokód 1: Zásady navrhování a zatížení konstrukcí Část 2.1: Hustoty, vlastní tíha a užité zatížení
ENV 1991-2-2	Eurokód 1: Zásady navrhování a zatížení konstrukcí Část 2.2: Zatížení konstrukcí vystavených požáru
ENV 1991-2-3	Eurokód 1: Zásady navrhování a zatížení konstrukcí Část 2.3: Zatížení sněhem
ENV 1991-2-4	Eurokód 1: Zásady navrhování a zatížení konstrukcí Část 2.4: Zatížení větrem
ENV 1991-2-5	Eurokód 1: Zásady navrhování a zatížení konstrukcí Část 2.5: Zatížení teplotou
ENV 1991-2-6	Eurokód 1: Zásady navrhování a zatížení konstrukcí

ENV 1991-2-7	Eurokód 1: Zásady navrhování a zatížení konstrukcí
	Část 2.7: Mimořádná zatížení
ENV 1991-3	Eurokód 1: Zásady navrhování a zatížení konstrukcí
	Část 3 : Zatížení mostů dopravou
ENV 1991-5	Eurokód 1: Zásady navrhování a zatížení konstrukcí
	Část 5: Zatížení od jeřábů a strojního vybavení
ENV 1992	Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí
ENV 1993	Eurokód 3: Navrhování ocelových konstrukcí
ENV 1994	Eurokód 4: Navrhování ocelobetonových spřažených konstrukcí
ENV 1995	Eurokód 5: Navrhování dřevěných konstrukcí
ENV 1996	Eurokód 6: Navrhování zděných konstrukcí
ENV 1997	Eurokód 7: Navrhování geotechnických konstrukcí
ENV 1998	Eurokód 8: Navrhování konstrukcí odolných vůči zemětřesení
ENV 1999	Eurokód 9: Navrhování konstrukcí z hliníkových slitin

1.3 Rozlišení zásad a aplikačních pravidel

(1) V závislosti na charakteru jednotlivých článků se v této části 1 ENV 1991 rozlišují zásady a aplikační pravidla.

(2) Zásady obsahují:

- obecná ustanovení a definice, k nimž neexistuje žádná možnost,
- požadavky a analytické modely, pro něž není povolena jiná možnost s výjimkou případů výslovně uvedených.

(3) Zásady se označují písmenem P za číslem odstavce.

(4) Aplikační pravidla jsou všeobecně přijímaná pravidla, která vyplývají ze zásad a splňují jejich požadavky.

(5) Připouští se využít alternativní pravidla odlišná od aplikačních pravidel stanovených v tomto Eurokódu, pokud se prokáže, že alternativní pravidla jsou v souladu s odpovídající zásadou a zaručují nejméně stejnou spolehlivost.

(6) V této části jsou aplikační pravidla označována jen číslem v závorce, jako např. tento článek.

1.4 Definice

Pro potřeby této předběžné normy je základní seznam definic uveden v ENV 1991 - 1 "Zásady navrhování" a definice níže uvedené jsou specifické pro tuto část.

1.4.1 ekvivalentní povrch: vodorovná hladina ohraničující stejný objem skladovaného materiálu jako představuje povrch reálný (např. násypný kužel - obrázek 1.2).

1.4.2 ploché dno: ploché dno zásobníku nebo dno se skloněnými stěnami, kde $\alpha \leq 20^\circ$.

1.4.3 charakter toku: tvar proudícího toku materiálu v zásobníku, je-li dobrá funkce průtoku zajištěna (obrázek 1.1). Přitom je zásobník maximálně naplněn.

1.4.4 ztekucený materiál: skladovaný materiál čerpený vzduchem, který výrazně mění jeho vlastnosti.

1.4.5 volně tekoucí materiál: materiál s nízkou kohezí.

1.4.6 nálevkovitý tok (nebo jádrový tok) (obrázek 1.1): obraz toku, v němž se jádro tekoucího materiálu vytváří v omezené centrální oblasti nad výpustí a materiál přilehlý ke stěnám v blízkosti výpustí zůstává stacionární. Jádro toku materiálu může protínat svislé stěny nebo se může rozšířit k povrchu skladovaného materiálu.

1.4.7 homogenizační silo: zásobník obsahující ztekucený materiál.

1.4.8 výsypka: dno zásobníku se skloněnými stěnami, kde $\alpha > 20^\circ$.

1.4.9 vnitřní tok (obrázek 1.1): tok uvnitř zásobníku, v němž tekoucí jádro dosahuje povrchu skladovaného materiálu.

Strana 13

1.4.10 nárazové zatížení: lokální zatížení vyskytující se v průřezu přechodu během vyprazdňování.

1.4.11 nízká koheze: vzorek materiálu má nízkou kohezi, jestliže po předchozí konsolidaci vzorku na 100 kPa je hodnota koheze menší než 4 kPa. (Metoda pro určení koheze je uvedena v příloze B).

1.4.12 celkový tok (obrázek 1.1): model toku, u něhož všechny skladované částice jsou mobilizovány k pohybu brzy po začátku vyprazdňování.

1.4.13 místní zatížení: lokální zatížení, jež působí na vymezenou oblast jakékoliv části stěny zásobníku.

1.4.14 rovinový tok: tokový profil v zásobníku s pravoúhlým nebo čtvercovým průřezem, jenž má šterbinovitou výpust. Šterbina je přitom rovnoběžná se dvěma stěnami sila a její délka je rovna délce těchto stěn.

1.4.15 zásobník: konstrukce užívaná ke skladování zrnitých materiálů (tzn. sila a komory).

1.4.15.1 štíhlý zásobník: zásobník, kde $h/d_0 \geq 15$.

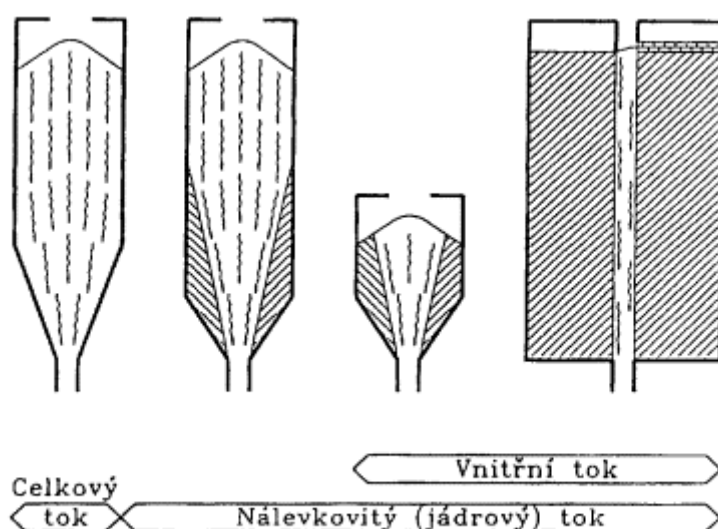
1.4.15.2 nízký zásobník: zásobník, kde $h/d_0 < 15$.

1.4.15.3 tenkostěnný kruhový zásobník: zásobník s kruhovým průřezem, bez výztuh, kde $d_0/t > 200$.

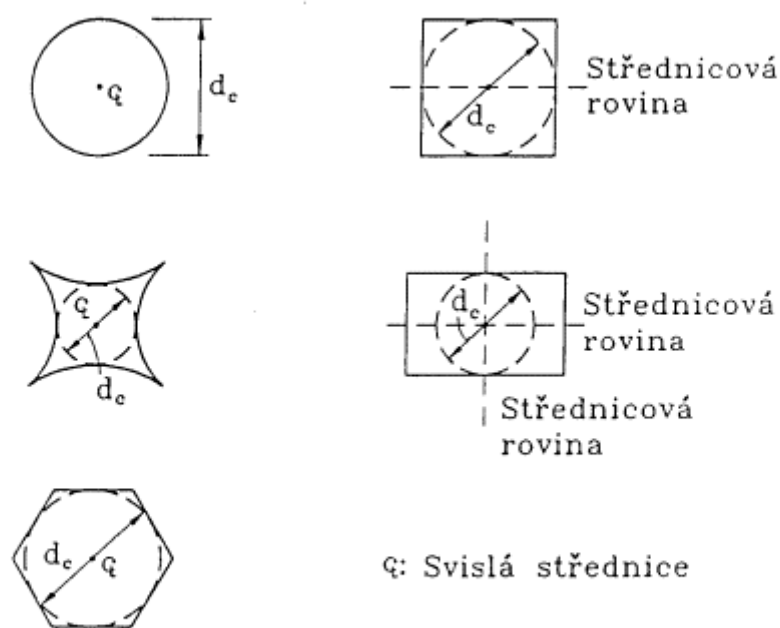
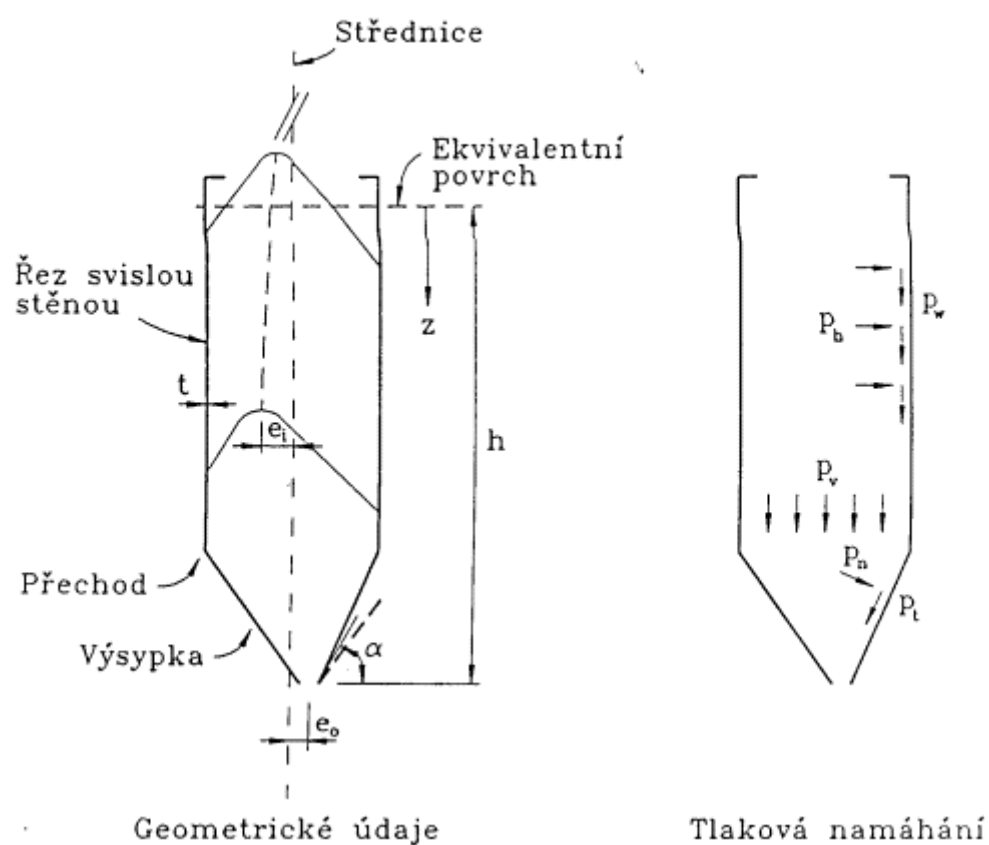
1.4.16 nádrž: konstrukce užívaná pro uskladnění kapalin.

1.4.17 přechod: styčný průřez výsypky a úseku svislé stěny.

1.4.18 úsek svislé stěny: část zásobníku nebo nádrže se svislými stěnami.



Obrázek 1.1 - Model toku



Tvary příčných průřezů

Obrázek 1.2 - Tvary zásobníků - znázornění rozměrů a označení tlakových složek namáhání

1.5 Značky

(1) Pro účely této předběžné normy se používají následující značky.

Poznámka - Použité označení vychází z ISO 3898:1987.

(2) Základní seznam značek obsahuje předběžná norma ENV 1991 - 1 "Zásady navrhování" a značky uvedené níže jsou charakteristické pro část ENV 1991 - 4.

Velká písmena latinské abecedy

A	průřezová plocha úseku svislé stěny
C	součinitel zvětšení zatížení stěny
C_D	maximální součinitel zvětšení zatížení stěny
C_b	součinitel zvětšení zatížení dna zásobníku
C_h	součinitel zvětšení vodorovného zatížení
C_w	součinitel zvětšení tření o stěnu
C_z	koeficient podle Janssena
F_p	celková vodorovná síla na tenkostěnné kruhové silo způsobená místním zatížením
K_s	návrhová hodnota poměru vodorovného ke svislému tlaku
$K_{s,m}$	střední hodnota poměru vodorovného ke svislému tlaku
P_w	výsledné svislé zatížení na jednotku obvodu svislé stěnové části
U	vnitřní obvod svislé stěnové části

Malá písmena latinské abecedy

d_c	charakteristický rozměr průřezu
e	větší z veličin e_i a e_D
e_i	excentricita z účinku plnění síla (obrázek 1.2)
e_D	excentricita středu výpusti (obrázek 1.2)
h	vzdálenost výpusti od ekvivalentního povrchu (obrázek 1.2)

h_1, h_2 parametry pro určení vertikálních tlaků v nízkých zásobnících

l_h délka stěny výsypky (obrázek 5.3)

ρ hydrostatický tlak

ρ_h horizontální tlak z účinku skladovaného materiálu

ρ_{he} horizontální tlak v průběhu vyprazdňování

$\rho_{he,s}$ horizontální tlak v průběhu vyprazdňování určený zjednodušenou metodou

ρ_{hf} horizontální tlak po naplnění zásobníku

$\rho_{hf,s}$ horizontální tlak po naplnění zásobníku stanovený zjednodušenou metodou

Strana 16

ρ_{h0} horizontální tlak po naplnění zásobníku v patním průřezu svislé stěny

ρ_{ni}, ρ_{ni} normální tlak k šikmé stěně výsypky, kde $i = 1, 2$ a 3

ρ_p místní tlak

$\rho_{p,sq}$ místní tlak v nízkých zásobnících

ρ_{ps} místní tlak (tenkostěnné kruhové zásobníky)

ρ_s nárazový tlak

ρ_t tlaková složka, tření na výsypce (obrázek 1.2)

ρ_v svislý tlak z účinku skladovaného materiálu (obrázek 1.2)

ρ_{ve} svislý tlak v průběhu vyprazdňování

ρ_{vi} složky svislého tlaku pro určení této veličiny v nízkých zásobnících; $i = 1, 2, 3$

ρ_{vf} svislý tlak po naplnění zásobníku

$\rho_{vf,sq}$ svislý tlak po naplnění nízkých zásobníků

ρ_{v0} svislý tlak po naplnění nízkých zásobníků v patním průřezu stěny

ρ_w tlaková složka tření na vertikální stěnové části zásobníku (obrázek 1.2)

ρ_{we} tlaková složka tření během vyprazdňování

$\rho_{we,s}$ tlaková složka tření během vyprazdňování stanovená zjednodušenou metodou

ρ_{wf}	tlaková složka tření po naplnění zásobníku
ρ_{wfs}	tlaková složka tření po naplnění zásobníku stanovená zjednodušenou metodou
S	rozměry oblasti ovlivněné místním zatížením ($s = 0,2 d_c$)
δ	tloušťka stěny (obrázek 1.2)
W	šířka pravoúhlého zásobníku
X	parametr pro výpočet zatížení na výsypku
z	hloubka pod ekvivalentním povrchem při maximálním naplnění
z_0	parametr pro výpočet zatížení

Malá písmena řecké abecedy

α	průměrný úhel sklonu stěny výsypky měřený od horizontály (obrázek 1.2)
β	součinitel zvětšení místního zatížení
γ	objemová tíha kapaliny nebo skladovaného materiálu
γ_1	objemová tíha ztekuceného skladovaného materiálu
γ_Q	dílčí součinitel nahodilých zatížení
ψ_0	součinitel pro kombinační hodnotu nahodilého zatížení
ψ_1	součinitel pro častou hodnotu nahodilého zatížení
ψ_2	součinitel pro kvazistálou hodnotu nahodilého zatížení

Strana 17

θ	obvodová úhlová souřadnice
μ	návrhová hodnota součinitele tření o stěnu pro výpočet tlaku
μ_m	střední hodnota součinitele tření o stěnu pro výpočet tlaku
φ	efektivní úhel vnitřního tření
φ_w	úhel tření na stěně výsypky, podle této hodnoty se klasifikuje tok materiálu v zásobníku

Strana 18

2 Klasifikace zatížení

- (1)P Zatížení způsobená skladovaným materiálem jsou klasifikována jako nahodilá, viz ENV 1991 - 1.
- (2)P Zatížení v nádržích jsou klasifikována jako nahodilá, viz ENV 1991 - 1.
- (3)P Místní zatížení v průběhu plnění a vyprazdňování zásobníků jsou klasifikována jako volná.
- (4)P Zatížení způsobená výbuchy prachu musí být klasifikována jako mimořádná.

3 Návrhové situace

- (1)P Pro návrhové postupy je možno použít obecnou úpravu uvedenou v ENV 1991 - 1.

Poznámka -To neznamena, že články a hodnoty specifikované v ENV 1991 - 1 pro pozemní stavby mohou být aplikovány na zásobníky a nádrže.

- (2)P Je nutno uvažovat vybrané návrhové situace a aplikovat kritické případy zatížení. Pro každý případ kritického zatížení musí být stanoveny návrhové hodnoty účinku kombinací zatížení.

- (3)P Pravidla pro kombinace závisí na uvažovaném výpočtu a musí být stanoveny v souladu s ENV 1991 - 1 "Zásady navrhování" a podle přílohy A .

- (4) Systémy zatížení u zásobníků a nádrží pro zatěžovací případy ve zvláštní návrhové situaci jsou ukázány dále.

- (5)P Prefabrikované zásobníky musí být navrženy na zatížení způsobená manipulací, dopravou a montáží.

- (6) Je nutné uvažovat zatížení vzniklé při maximálně možném naplnění zásobníku.

- (7) Charakter zatížení při plnění a vyprazdňování zásobníků může být aplikován pro mezní stavy únosnosti a použitelnosti.

- (8) Jako mimořádné musí být uvažovány tato zatížení i situace:

- zatížení od účinku výbuchů;
- zatížení způsobená nárazem vozidel;
- seismická zatížení;
- návrhové situace příslušné účinku požáru.

- (9) V zásobnících a nádržích mohou být skladovány kapaliny nebo zrnité materiály způsobující výbuchy. Některé z těchto materiálů, jež mohou být příčinou explozí, jsou uvedeny v tabulce 7.1.

(10) Potenciální poškození způsobené explozemi prachu by mělo být omezeno nebo eliminováno volbou jednoho nebo obou následujících opatření:

- zavedením oblasti dostatečného odlehčení tlakového účinku;
- návrhem konstrukce odolné proti výbuchu.

(11) Tlak výbuchu v zásobníku bez příslušné oblasti odlehčení může být roven až 1 N/mm^2 .

(12) Prevence prašných explozí by měla být v návrhu zajištěna volbou jednoho nebo více opatření, jež následují:

- předepsání vhodné údržby a čisticích procedur;
- vyloučit vznícení výběrem bezpečného elektronického vybavení;
- opatrné užití svářecích souprav .

Strana 19

(13) Výskyt trhlin musí být limitován pro mezní stav použitelnosti, aby se zabránilo pronikání vody v případě zásobníků navrhovaných pro materiály citlivé na vodu.¹⁾

(14) Pro zásobníky a nádrže, které jsou podrobeny průměrně více než jednomu zatěžovacímu cyklu za den, musí být vzaty v úvahu únavové efekty. Cyklus zatížení je roven jednomu naplnění a vyprázdnění. Jev únavy musí být také uvažován v zásobnících ovlivňovaných vibrujícím strojním zařízením.

(15)P Do veličiny zatížení uvažující účinek únavy je nutno zahrnout namáhání od sousedních konstrukcí.

4 Interpretace zatížení

(1)P Konstrukční tvar zásobníku musí být zvolen tak, aby byla zajištěna jeho malá citlivost vůči odchylkám zatížení.

(2)P Zatížení působené zrnitými materiály musí být stanoveno jak pro proces plnění, tak vyprazdňování zásobníku. Velikost a rozdělení návrhových zatížení závisí na konstrukci zásobníku, vlastnostech skladovaného materiálu a modelů toku vznikajících během vyprazdňování.

(3) Podstatná variabilita skladovaných materiálů a zjednodušení modelů zatížení způsobují rozdíly mezi skutečnými zatíženími zásobníků a namáháními danými návrhovými pravidly podle oddílu 5.

Například rozdělení tlaků při vyprazdňování se podél stěny zásobníku mění jako funkce času a přesná predikce středního tlaku ani jeho směrodatná odchylka nejsou v současnosti k dispozici.²⁾

(4) Při výpočtu zatížení zásobníků se mohou použít zjednodušená pravidla pro predikci modelů toku (obrázek 5.1).

(5) Tato zjednodušená pravidla pro predikci modelů toku (obrázek 5.1) by neměla být aplikována při návrhu zásobníků na průtok.

5 Zatížení zásobníků od zrnitých materiálů

5.1 Všeobecně

(1) Zatížení z účinku zrnitých materiálů závisí na:

- rozsahu materiálových vlastností;
- změně podmínek povrchového tření (na stěně);
- geometrii zásobníku;
- způsobech plnění a vyprazdňování.

(2) Model (celkový či nálevkovitý tok) by měl být stanoven z obrázku 5. 1.

(3) K určení modelu toku může být úhel tření na stěně stanoven buď zkouškou, jejíž popis je uveden v odstavci 5.3.2, nebo užitím přibližných hodnot koeficientu tření o stěny podle tabulky 7.1; pro předmětný úhel platí vztah

$$\varphi_w = \arctg \mu_m \quad (5.1)$$

1) NÁRODNÍ POZNÁMKA - Viz NAD, články 3.2.1 a 3.2.2

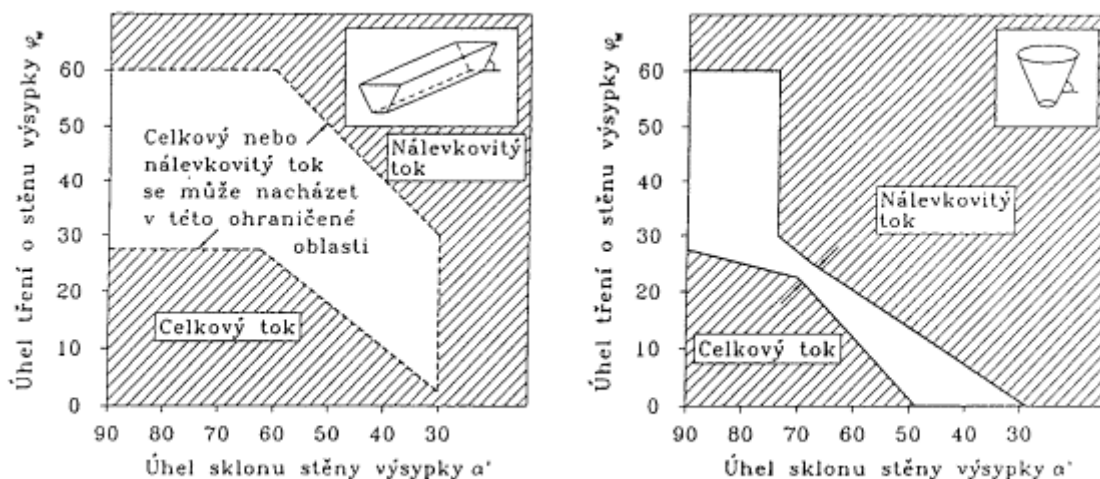
2) Národní poznámka - Viz NAD, článek 3.3.1

(4) Charakteristické hodnoty pro zatížení při plnění a vyprazdňování jsou předepsány pro tyto typy zásobníků:

- štíhlá síla;

- nízká síla;
- zásobníky homogenizační a s velkou rychlostí plnění.

(5) Jakékoliv podepření, které pro stěnu zásobníku představuje tuhost zrnitého materiálu, lze při výpočtu zatížení ignorovat. To znamená, že spolupůsobení deformace stěny a zatížení z účinku skladovaného materiálu je možno zanedbat.¹⁾



Obrázek 5.1 - Hranice mezi celkovým a nálevkovitým tokem pro kuželové a klínovité výsypky

5.2 Štíhlé zásobníky

(1) Podrobná pravidla pro výpočet zatížení při plnění jsou dána v 5.2.1 a pro zatížení při vyprazdňování v 5.2.2. Zjednodušená pravidla pro plnění a vyprazdňování jsou uvedena v 5.2.3.

(2) P Obecné rovnice pro výpočet zatížení na stěny zásobníku jsou dány v 5.2.1. Je nutno je použít jako základ pro výpočet těchto návrhových zatížení:

- na svislé stěnové části po naplnění (5.2.1);
- na plochá dna po naplnění (5.2.1);
- na výsypky po naplnění (5.2.1);
- na vertikální stěnové části při vyprazdňování (5.2.2);
- na rovinná dna a výsypky při vyprazdňování (5.2.2).

5.2.1 Zatížení při plnění zásobníku¹⁾

(1) Po naplnění tlaková složka tření na stěně p_{wf} , vodorovný tlak p_{hf} a svislý tlak p_v v libovolné hloubce musí být uvažovány takto:

$$p_{wf}(z) = \gamma \frac{A}{U} C_z(z) \quad (5.2)$$

$$p_{hf}(z) = \frac{\gamma A}{\mu U} C_z(z) \quad (5.3)$$

$$p_v(z) = \frac{\gamma A}{K_s \mu U} C_z(z) \quad (5.4)$$

kde:

$$C_z(z) = 1 - e^{(-z/z_0)} \quad (5.5)$$

kde γ je objemová tíha;

μ součinitel tření o stěny;

K_s poměr vodorovného ku svislému tlaku;

z hloubka;

U vnitřní obvod.

(2) Výsledná svislá síla ve stěně na jednotku obvodu působící v libovolné hloubce z je rovna

$$P_w(z) = \int_0^z p_{wf}(z) dz = \gamma \frac{A}{U} [z - z_0 C_z(z)] \quad (5.7)$$

(3) Metody pro stanovení vlastností zrnitého materiálu, a to objemové tíhy, tření na stěně a poměru tlaků jsou uvedeny v oddílu 7.3.

5.2.1.1 Svislá stěnová část

(1) Zatížení při plnění zásobníku se skládá z pevného a volného zatížení a nazývá se místní zatížení.

(2) P Pevné zatížení musí být určeno z výrazů (5.2) a (5.3).

(3) O místním tlaku je nutno předpokládat, že působí na libovolnou část stěny zásobníku a je dán vztahem

$$p_p = 0,2 \beta p_{nt} , \quad (5.8)$$

kde

$$\beta = 1 + 4 e_i / d_c , \quad (5.9)$$

když veličiny e_i a d_c jsou znázorněny v obrázku 1.2.

(4) V případě betonových zásobníků, zásobníků s výztuhami a zásobníků s nekruhovým příčným průřezem, je nutno o místním tlaku předpokládat, že působí na dvou protilehlých čtvercových plochách o délce strany s (obrázek 5.2); je dán výrazem

1) NÁRODNÍ POZNÁMKA - Viz NAD, článek 3.4.2

Strana 22

$$s = 0,2 d_c \quad (5.10)$$

(5) U mnohých zásobníků lze pro místní zatížení aplikovat zjednodušený postup. Nejnepříznivější případy zatížení mohou být realizovány tak, že lokální plocha se umístí ve středu výšky zásobníku a v této úrovni se zavede procentuální přírůstek pro stěnová napětí, takže se tyto složky zvětší v celé konstrukci.

(6) V případě tenkostěnných kruhových zásobníků musí být působení místního tlaku uvažováno po výšce s , avšak s přídatným účinkem maximálního vnějšího tlaku p_p na jedné straně a se stejným přídatným účinkem k vnitřnímu tlaku p_p na opačné straně (obrázek 5.2). Tato závislost je vyjádřena ve tvaru

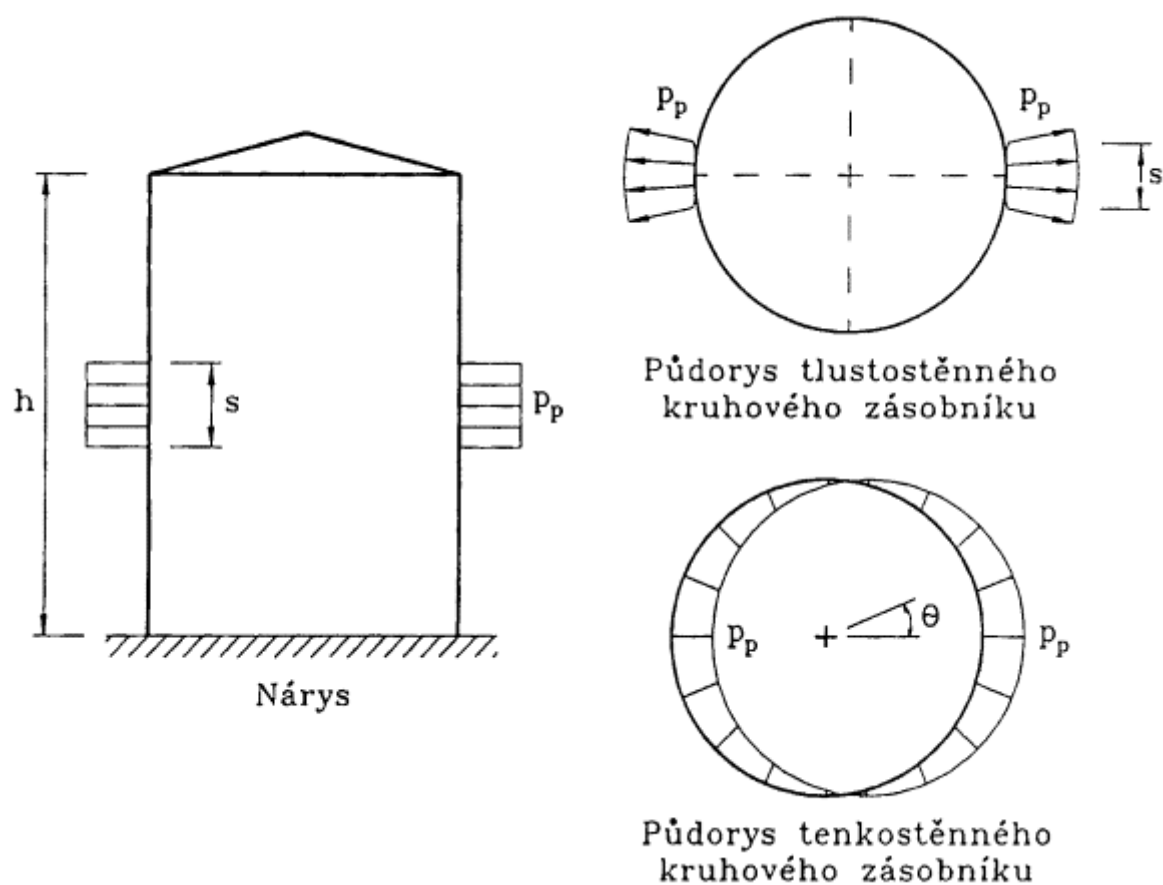
$$p_{ps} = p_p \cos \theta , \quad (5.11)$$

kde θ je znázorněn na obrázku 5.2.

(7) Celková vodorovná síla F_p z účinku místního zatížení na nevyztužené ocelové zásobníky je dána rovnicí

$$F_p = \frac{\pi}{2} s d_c p_p \quad (5.12)$$

(8) K aplikaci místního zatížení na tenkostěnné kruhové zásobníky lze užít zjednodušenou metodu. Předpokládá se, že místní zatížení působí v hloubce z_0 pod ekvivalentním povrchem nebo ve středu výšky svislé stěnové části, podle toho, který parametr dává vyšší zatížení.



Obrázek 5.2 - Nárys a půdorys místního zatížení

5.2.1.2 Plochá dna

(1) Svislá zatížení, působící na plochá nebo mírně zakřivená dna zásobníků (o sklonech $\alpha < 20^\circ$), musí být určována ze vztahu

$$p_{vf} = C_b p_v \quad (5.13)$$

kde p_v se stanoví z výrazu (5.4)

C_b je součinitel zvětšení zatížení dna uvažovaný pro případ nerovnoměrného rozdělení namáhání, tento součinitel je dán vztahem (5.14).

$$C_b = 1,2 \quad (5.14)$$

5.2.1.3 Výsypky

(1) Pokud-li v obrázku 5.3 úhel $\alpha > 20^\circ$, složka tlaku ρ_n , normální k šikmé stěně výsypky, se určí z výrazů

$$\rho_n = \rho_{n3} + \rho_{n2} + (\rho_{n1} - \rho_{n2}) \frac{x}{h} \quad (5.15)$$

$$\rho_{n1} = \rho_{v0} (C_b \cos^2 \alpha + \sin^2 \alpha) \quad (5.16)$$

$$\rho_{n2} = C_b \rho_{v0} \cos^2 \alpha \quad (5.17)$$

$$\rho_{n3} = 3\rho \frac{A}{U} \frac{K_s}{\sqrt{\mu}} \sin^2 \alpha \quad (5.18)$$

kde x je délka mezi 0 a h (viz obrázek 5.3);

ρ_{n1} a ρ_{n2} tlakové složky z účinku plnění výsypky;

ρ_{n3} tlak normální k šikmé stěně výsypky ve skladovaném materiálu bezprostředně v přechodovém průřezu;

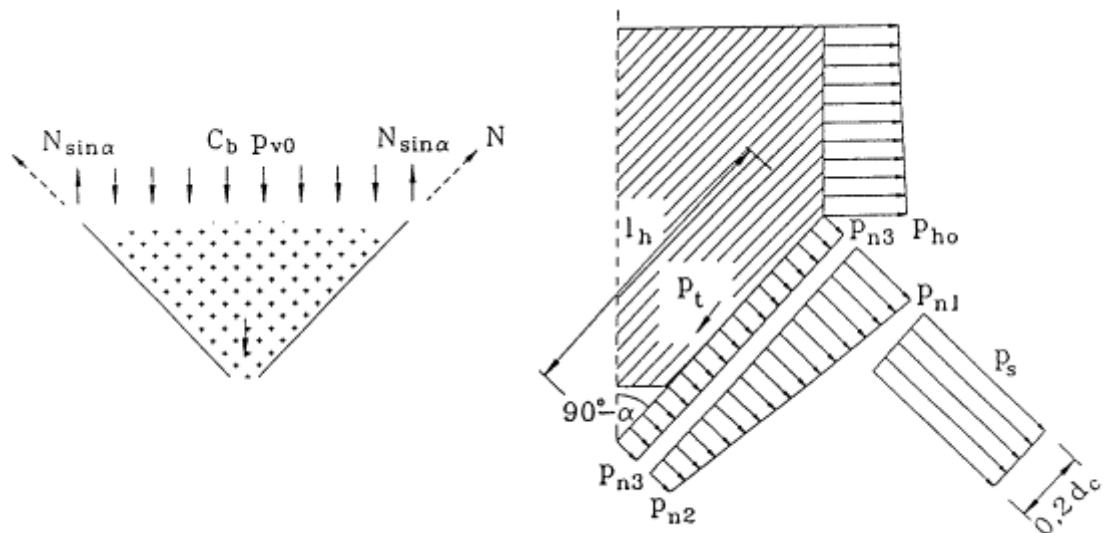
C_b součinitel zvětšení zatížení na dno zásobníku podle výrazu (5.14);

ρ_{v0} svislý tlak působící v přechodovém průřezu odvozený ze vztahu (5.4).

(2) Velikost tlaku ρ_t jako tření o stěnu je dána rovnicí

$$\rho_t = \rho_n \mu \quad ; \quad (5.19)$$

ρ_n se určí z výrazu (5.15).



Obrázek 5.3 - Zatížení výsypky a tahová síla v jejím vrcholu

(3) Pro návrh zásobníku může být žádoucí svislá složka tahové síly ve vrcholu výsypky (např. pro návrh podpor nebo okružní nosník v úrovni přechodu). Svislou složku je nutno určit z rovnováhy sil se zahrnutím dodatečného zatížení $C_b p_{v0}$ příslušného přechodového průřezu a tíhy obsahu výsypky (obrázek 5.3)

5.2.2 Zatížení při vyprazdňování

5.2.2.1 Svislá stěnová část

(1) P Zatížení při vyprazdňování jsou složena z pevného a volného zatížení a nazývají se místní zatížení.

(2) Pro pevná zatížení p_{we} a p_{he} platí vztahy

$$p_{we} = C_w p_{wf} \quad (5.20)$$

$$p_{he} = C_h p_{hf} \quad , \quad (5.21)$$

kde C_w a C_h jsou součinitelé zvětšení zatížení podle výrazů (5.22) a (5.23).

Pro zásobníky, u nichž je materiál odebrán z hladiny (bez toku) :

$$C_w = C_h = 1,0 \quad (5.22)$$

V jiných štíhlých zásobnících součinitelé zvětšení jednak tlaku na stěnu, jednak vodorovného zatížení jsou rovny

$$C_w = 1,1_a \quad C_h = C_0 \quad (\text{viz 7.1}) \quad (5.23)$$

(3) Velikost místního tlaku p_p při vyprazdňování

Strana 25

$$p_p = 0,2\beta p_{he} \quad (5.24)$$

kde p_{he} se stanoví z výrazu (5.21)

β závisí na větší z excentricit - buď při plnění nebo při vyprazdňování a platí

$$\beta = 1 + 4e/d_c \quad (5.25)$$

(4) Místní zatížení při vyprazdňování lze určit dle postupu daného pro odvození místního zatížení při plnění zásobníku (5.2.1.1(4) až (8)).

5.2.2.2 Ploché dno a výsypka

(1) V případě nálevkovitého toku v zásobníku může být zatížení při vyprazdňování na dna a výsypky stanoveno užitím postupu pro zatížení při plnění (5.2.1.2 a 5. 2.1.3).

(2) Pro celkový tok se aplikuje přídavný pevný normální tlak - nárazové zatížení p_s (viz obrázek 5.3) působící na délce $0,2d_c$ podél stěny výsypky a po obvodě. Uvedená veličina je dána vztahem

$$p_s = 2p_{h0} \quad , \quad (5.26)$$

kde p_{h0} je vodorovný tlak v přechodovém průřezu při plnění zásobníku.

5.2.2.3 Zjednodušená metoda pro plnění a vyprazdňování zásobníku

(1) U zásobníků, kde d_c je menší než 5 m, lze použít zjednodušený postup pro hodnocení procesů plnění a vyprazdňování. Pro tuto proceduru mohou být stanovena místní zatížení podle 5.2.1 a 5.2.2,

a to zvětšením vodorovných tlaků.

(2) Pro betonové zásobníky, zásobníky s výztuhami a tyto konstrukce s nekruhovým příčným průřezem jsou zvětšené vodorovné tlaky při plnění ($p_{he,s}$) vyjádřeny ve tvaru

$$p_{hf,s} = p_{hf}(1+0,2\beta) \quad (5.27)$$

$$p_{he,s} = p_{he}(1+0,2\beta) \quad (5.28)$$

přitom se p_{hf} určí ze vztahu (5.3)

p_{he} ze vztahu (5.21)

a β z výrazů (5.9) a (5.25).

(3) V případě tenkostěnných kruhových zásobníků jsou zvětšené vodorovné tlaky při plnění $p_{hf,s}$ a při vyprazdňování $p_{he,s}$ a zvětšený svislý tlak při plnění $p_{wf,s}$ a při vyprazdňování $p_{we,s}$ dány rovnicemi

$$p_{hf,s} = p_{hf}(1+0,1\beta) \quad (5.29)$$

Strana 26

$$p_{he,s} = p_{he}(1+0,1\beta) \quad (5.30)$$

$$p_{wf,s} = p_{wf}(1+0,2\beta) \quad (5.31)$$

$$p_{we,s} = p_{we}(1+0,2\beta) \quad (5.32)$$

kde p_{hf} se určí ze vztahu (5.3),

p_{he} z (5.21),

p_{wf} z (5.2),

p_{we} z (5.20),

β se počítá z výrazů (5.9) nebo (5.25).

5.3. Nízké zásobníky

(1) Zatížení stěn v nízkých zásobnících by měla být uvažována jako pro štíhlé konstrukce (viz 5.2) s modifikacemi pro součinitele zvětšení zatížení, místní tlak a vodorovné tlaky a pro zatížení na dna zásobníků.

(2) Modifikace pro součinitele zvětšení zatížení C_{ha} C_w a pro místní tlak jsou dány takto:

V případě zásobníků, u nichž $h/d_c \leq 1,0$:

$$C_w = C_h = 1,0, \quad p_{p,sq} = 0 \quad (5.33)$$

Pro zásobníky, kde $1 < h/d_c < 1,5$:

$$C_w = 1,0 + 0,2(h/d_c - 1,0) \quad (5.34)$$

a

$$C_h = 1,0 + 2(C_0 - 1,0)(h/d_c - 1,0) \quad (5.35)$$

a

$$p_{p,sq} = 2p_p(h/d_c - 1,0) \quad (5.36)$$

když p_p se určuje podle (5.2.1.1) a (5.2.2.1).

(3) Modifikace pro boční tlak jsou znázorněny v obrázku 5.4. Boční tlak p_h může být v bodě, kde se horní povrch skladovaného materiálu dotýká stěny zásobníku, redukován na nulovou hodnotu. Pod tímto bodem lze předpokládat lineární průběh tlaku (obr. 5.4), položíme-li $K_s = 1$, až potud, než velikost lineárního tlaku dosáhne hodnoty stanovenou z rovnice 5.3 nebo 5.21.

Strana 27

(4) Svislé tlaky $p_{vt,sq}$ působící během plnění a vyprazdňování na ploché dno zásobníku jsou vyjádřeny ve tvaru: 1)

$$p_{vt,sq} = C_b(p_{v1} + (p_{v2} - p_{v3})(1,5D - h)/(1,5D - h_1)) \quad (5.37)$$

kde p_{v1} se obdrží z výrazu (5.4) pro $z = h$

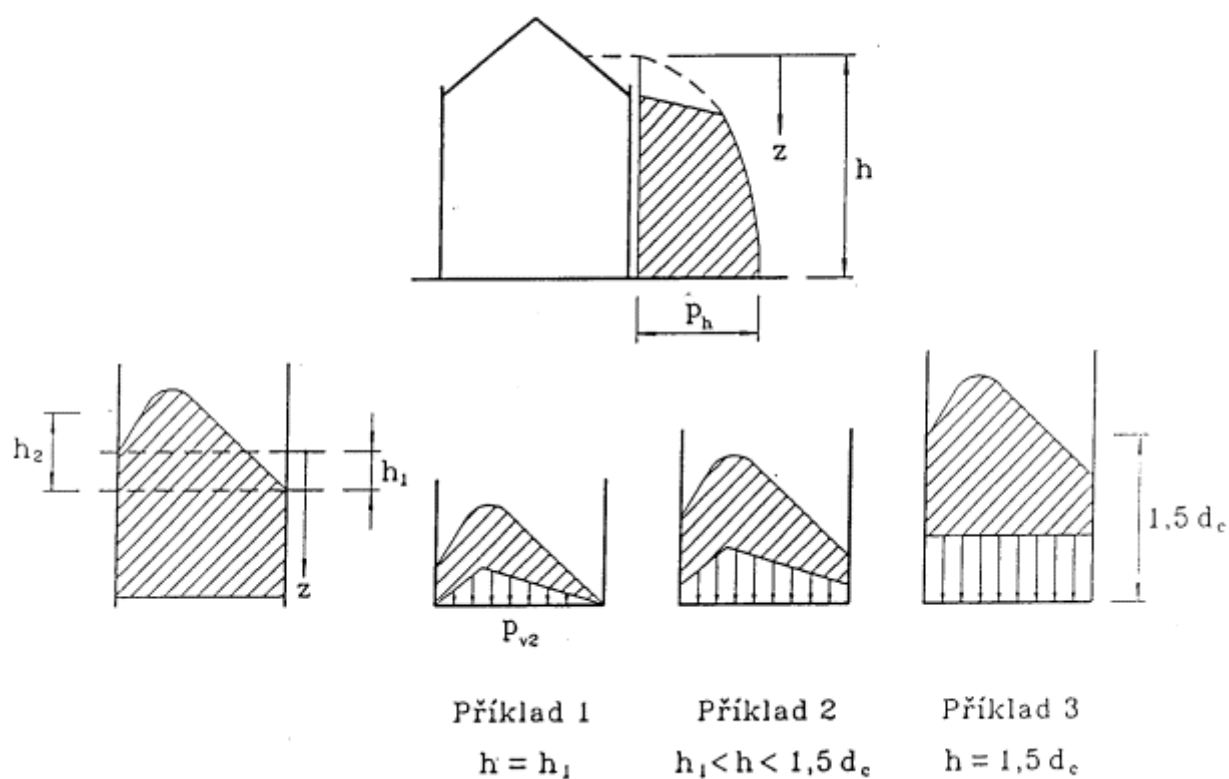
$$p_{v2} = \gamma h_2$$

p_{v3} dostaneme z rovnice (5.4) při $z = h_1$ (viz obrázek 5.4) a předpokládá se, že nejnižší bod stěny není v kontaktu se skladovaným materiálem (obrázek 5.4)

C_b je dáno rovnicí (5.14)

(5) Zatížení na výsypku během plnění je nutno uvažovat podle rovnice (5.15)

(6) Zatížení na výsypku v průběhu vyprazdňování musí být odvozeno podle postupu uvedeného v odstavci 5.2.2.2 pro plochá dna výsypky.



Obrázek 5.4 - Zatížení na stěny a plochá dna nízkých zásobníků

1) NÁRODNÍ POZNÁMKA - Viz NAD, článek 3.4.3

5.4. Homogenizační zásobníky a síla s vysokou rychlostí plnění

(1) P Zásobníky homogenizační a s vysokou rychlostí plnění musí být navrhovány na tyto zatěžovací stavy:

- se skladovaným materiálem fluidizovaným,

- se skladovaným materiálem nefluidizovaným (čeření, použití fluidního roštu).

(2)P O zásobnících na prachové materiály, kde rychlost stoupání povrchu při plnění skladované hmoty přesahuje 10 m/h, se předpokládá, že tento skladovaný materiál je fluidizovaný (ztekucený).

(3)P Tlak na stěny zásobníku p z účinku fluidizovaného materiálu musí být stanoven z relace

$$p = \gamma_1 Z \quad (5.38)$$

kde γ_1 značí fluidizovanou objemovou tíhu.¹⁾

(4) Fluidizovanou objemovou tíhu γ_1 prachových materiálů lze uvažovat podle vztahu:

$$\gamma_1 = 0,8 \gamma \quad (5.39)$$

kde γ je objemová tíha prachu v naspaném stavu určená podle oddílu 7.

(5)P Návrhová zatížení v případě neztekuceného materiálu musí být odvozena pro štíhlé zásobníky podle oddílu 5.2 a pro nízké konstrukce podle oddílu 5.3.

6 Zatížení nádrží kapalinami ²⁾

6.1 Všeobecně

(1) Při zatížení kapalinami se uvažuje:

- definovaný objem kapaliny, která má být v nádrži skladována;
- geometrie nádrže;
- maximálně možná výška hladiny kapaliny v nádrži.

(2) Charakteristická hodnota tlaku p je:

$$p(z) = \gamma z ,$$

kde z je výška hladiny

γ je objemová tíha kapaliny

1), 2) NÁRODNÍ POZNÁMKA - Viz NAD, článek 3.5.1

Strana 29

6.2 Vlastnosti kapaliny

(1) Objemové tíhy jsou dány ENV 1991-2-1 Objemová tíha, vlastní tíha a užitná zatížení.

7 Vlastnosti materiálů

7.1 Vlastnosti zrnitých materiálů

(1) Vlastnosti zrnitých materiálů se určují buď zjednodušeným postupem podle 7.2 nebo na základě zkoušek, jak je uvedeno v 7.3. Maximální součinitel zvětšení zatížení C_0 je dán v tabulce 7.1, nebo jej lze stanovit podle 7.4.

7.2 Zjednodušená metoda

(1) Vlastnosti materiálu jsou definovány v tabulce 7.1. Hodnoty pro γ jsou veličiny na horní hranici, zatímco μ_m a $K_{s,m}$ jsou střední hodnoty.

(2) Aby byla vzata v úvahu i náhodná proměnnost vlastností zrnitého materiálu a získaly se hodnoty reprezentující extrémy materiálových vlastností, hodnoty μ_m a $K_{s,m}$ by měly být upraveny prostřednictvím převodních součinitelů 0,9 a 1,15. Při výpočtu maximálních zatížení jsou tedy použity tyto kombinace:

$$\text{Max } p_h \text{ pro } K_s = 1,15 K_{s,m} \text{ a } \mu = 0,9 \mu_m \quad (7.1)$$

$$p_v \text{ pro } K_s = 0,9 K_{s,m} \text{ a } \mu = 0,9 \mu_m \quad \text{Max} \quad (7.2)$$

$$\text{Max } p_w \text{ pro } K_s = 1,15 K_{s,m} \text{ a } \mu = 1,15 \mu_m \quad (7.3)$$

Poznámka - Pro skořepinové konstrukce může být minimální (podporové) zatížení nepříznivé.

Tabulka 7. 1 - Vlastnosti zrnitého materiálu¹⁾

Příslušný materiál	Objemová tíha g ³⁾ [kN/m ³]	Poměr napětí $K_{s,m}$	Součinitel tření o stěnu μ_m		Maximální součinitel zvětšení zatížení C_0
			Ocel ⁴⁾	Beton	
Ječmen ¹⁾	8,5	0,55	0,35	0,45	1,35
Cement	16,0	0,50	0,40	0,50	1,40
Cementový slínek	18,0	0,45	0,45	0,55	1,40
Suchý písek ²⁾	16,0	0,45	0,40	0,50	1,40
Mouka ¹⁾	7,0	0,40	0,30	0,40	1,45
Létavý popílek ²⁾	14,0	0,45	0,45	0,55	1,45

Kukuřice ¹⁾	8,5	0,50	0,30	0,40	1,40
Cukr ¹⁾	9,5	0,50	0,45	0,55	1,40
Pšenice ¹⁾	9,0	0,55	0,30	0,40	1,30
Uhlí ^{1,2)}	10,0	0,50	0,45	0,55	1,45

Poznámka : 1) U tohoto materiálu se může vyskytnout exploze prachu

2) Vzhledem k možnému kolísání materiálových vlastností je žádoucí zvýšená pozornost

3) Objemová tíha slouží pro výpočet zatížení a nikoliv pro výpočet objemu. Tíhy z oddílu

2

"Objemová tíha, vlastní tíha a užitná zatížení" ENV 1991-2-1 mohou být použity pro výpočet objemu

4) Neuvažovat pro vlnité stěny

1) NÁRODNÍ POZNÁMKA - Viz NAD, článek 3.6.1

7.3 Zkoušení zrnitých materiálů

(1) P Zkoušení se musí provádět na reprezentativních vzorcích zrnitého materiálu. Střední hodnota pro každou vlastnost materiálu se určí tak, že se bere ohled na změnu druhotných parametrů jako jsou složení, zrnitost, obsah vlhkosti, teplota, stáří, elektrický náboj při manipulaci a výrobní způsob.

(2) P Střední hodnoty ze zkoušek je třeba upravit převodním součinitelem, aby se získala krajní hodnota. Převodní součinitel se vybere tak, aby se bral ohled na změnu vlastností materiálu v průběhu životnosti sila a také na nepřesnosti při odebírání vzorků.

(3) P Převodní součinitel pro vlastnosti materiálu je nutno upravit, pokud působení jednoho z druhotných parametrů činí víc než 75% krajní meze zavedené pro vlastnosti materiálu pomocí převodního součinitele.

7.3.1 Objemová tíha γ v nasypaném stavu

(1) Objemová tíha v nasypaném stavu má být určena na úrovni namáhání odpovídající maximálnímu vodorovnému tlaku v silu. Vodorovný tlak P_{vt} v silu lze stanovit pomocí výrazu (5.4).

(2) Způsob zkoušení pro měření objemové tíhy v nasypaném stavu je popsán v příloze B.

(3) Převodní součinitel nemá být menší než 1,15.

7.3.2 Součinitel tření o stěny m_m

(1) Doporučuje se měřit dvě hodnoty μ_m . Jedna se použije pro určení modelů toků a druhá se použije pro výpočet zatížení na stěnu.

(2) Zkoušky k určení μ_m pro vyhodnocení modelů toků se mají provádět při nízké úrovni tlaku, který odpovídá úrovni tlaku zjištěného během toku ve spodní části násypky.

(3) Zkoušky k určení μ_m pro výpočet zatížení se mají provádět při hladině napětí, která odpovídá

maximálnímu vodorovnému tlaku P_{ht} ve vodorovné části sila; P_{ht} může být stanoveno pomocí výrazu (5.3).

(4) Zkušební metody pro měření dvou hodnot H_{II} jsou popsány v příloze B.

(5) Převodní součinitel nesmí být menší než 1,15 pro horní mezní hodnotu, nebo větší než 0,9 pro dolní mezní hodnotu.

7.3.3 Poměr vodorovného tlaku ke svislému tlaku

(1) Poměr vodorovného a svislého tlaku $K_{s,m}$ se musí určit pro hodnotu svislé složky napětí odpovídající maximálnímu svislému tlaku v silu. Přitom musí být zamezeno posunutí zkušebního vzorku v příčném směru.. Vodorovný tlak se může určit pomocí výrazu (5.4).

(2) Zkušební metoda je dána v příloze B.

(3) Alternativní zkušební metoda založená na měření vnitřního úhlu tření je rovněž dána.

(4) Převodní součinitel nesmí být menší než 1,15 pro horní mezní hodnotu, nebo větší než 0,9 pro dolní mezní hodnotu.

7.4 Součinitel zvětšení zatížení

(1) Součinitel zvětšení zatížení C bere ohled na množství jevů vyskytujících se během vyprazdňování sila. Velikost součinitele zvětšení roste spolu se vzrůstající materiálovou pevností.

(2) Vhodná zkušební metoda pro parametr C nebyla dosud vyvinuta. Součinitel zvětšení zatížení je založen na zkušenostech a vztahuje se na sila s obvyklým systémem plnění a vyprazdňování, a opírá

se o obvyklé tolerance užívané v praxi.

(3) Pro materiály, které nejsou uvedeny v tabulce 7.1, lze maximální stěnový součinitel zvětšení získat použitím vztahů:

$$\text{Pro } \varphi \leq 30^\circ \quad C = 1,35$$

$$\text{Pro } \varphi > 30^\circ \quad C = 1,35 + 0,02(\varphi - 30^\circ) \quad (7.4)$$

kde φ je vyjádřeno ve stupních

(4) Zkušební metoda pro určení φ je dána v příloze B.

(5) Příslušný součinitel zvětšení pro zvláštní typy zásobníků se speciálními druhy skladovaného materiálu může být odhadnut na základě zkoušek v měřítku 1:1, provedených na takových konstrukcích.

-- Vynechaný text --