

Сәулет, қала құрылысы және құрылыс
саласындағы мемлекеттік нормативтер
ҚР НОРМАТИВТІК-ТЕХНИКАЛЫҚ ҚҰРАЛЫ

Государственные нормативы в области
архитектуры, градостроительства и строительства
НОРМАТИВНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ РК

БУНКЕРЛЕР МЕН РЕЗЕРВУАРЛАРДЫ ЖОБАЛАУ.
Бөлім. Жүктемелер мен әсер етуді анықтау бөлімі

ПРОЕКТИРОВАНИЕ БУНКЕРОВ И РЕЗЕРВУАРОВ.
Часть. Определение нагрузок и воздействий

ҚР НТҚ 01-04.1-2012
НТП РК 01-04.1-2012

Ресми басылым
Издание официальное

Қазақстан Республикасы Ұлттық экономика министрлігінің Құрылыс,
тұрғын үй-коммуналдық шаруашылық істері және жер ресурстарын
басқару комитеті

Комитет по делам строительства, жилищно-коммунального хозяйства и
управления земельными ресурсами Министерства национальной эконо-
мики Республики Казахстан

Астана 2015

АЛҒЫ СӨЗ

- 1 ӘЗІРЛЕГЕН:** «ҚазҚСҒЗИ» АҚ, "ЗЦ АТСЭ" ЖШС
- 2 ҰСЫНҒАН:** Қазақстан Республикасы Ұлттық экономика министрлігінің Құрылыс, тұрғын үй-коммуналдық шаруашылық істері және жер ресурстарын басқару комитетінің Техникалық реттеу және нормалау басқармасы
- 3 ҚАБЫЛДАНҒАН ЖӘНЕ ҚОЛДАНЫСҚА ЕНГІЗІЛГЕН МЕРЗІМІ:** Қазақстан Республикасы Ұлттық экономика министрлігінің Құрылыс, тұрғын үй-коммуналдық шаруашылық істері және жер ресурстарын басқару комитетінің 2014 жылғы 29-желтоқсандағы № 156-НҚ бұйрығымен 2015 жылғы 1-шілдеден бастап
- 4 ОРНЫНА:** Алғашқы рет

ПРЕДИСЛОВИЕ

- 1 РАЗРАБОТАН:** АО «КазНИИСА», ТОО "ЗЦ АТСЭ"
- 2 ПРЕДСТАВЛЕН:** Управлением технического регулирования и нормирования Комитета по делам строительства, жилищно-коммунального хозяйства и управления земельными ресурсами Министерства национальной экономики Республики Казахстан
- 3 ПРИНЯТИ ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ:** Приказом Комитета по делам строительства, жилищно-коммунального хозяйства и управления земельными ресурсами Министерства Национальной экономики Республики Казахстан от 29.12.2014 № 156-НҚ с 1 июля 2015 года
- 4 ВЗАМЕН:** Введено впервые

Осы мемлекеттік нормативті Қазақстан Республикасының сәулет, қала құрылысы және құрылыс істері жөніндегі уәкілетті мемлекеттік органының рұқсатысыз ресми басылым ретінде толық немесе ішінара қайта басуға, көбейтуге және таратуға болмайды

Настоящий государственный норматив не может быть полностью или частично воспроизведен, тиражирован и распространен в качестве официального издания без разрешения уполномоченного государственного органа по делам архитектуры, градостроительства и строительства Республики Казахстан

МАЗМҰНЫ

КІРІСПЕ.....	IV
1 ҚОЛДАНУ АЯСЫ.....	1
2 НОРМАТИВТІК СІЛТЕМЕЛЕР	1
3 БУНКЕРЛЕР	3
3.1 Жалпы ережелер.....	3
3.2 Терминдер, анықтамалар мен белгілер.....	3
3.3 Бункерлердің жіктелуі.....	11
3.4 Бункерлердің түбі.....	13
3.5 Сусымалы материалдың ағысының тәртіптері	13
3.6 Жүктемелер мен әсер ету	14
3.7 Жүктемелер мен әсер етуді қиыстырудың ережесі	27
4 РЕЗЕРВУАРЛАР	28
4.1 Жалпы ережелер.....	28
4.2 Терминдер, анықтамалар мен белгілер.....	28
4.3 Резервуарлардың жіктелуі	30
4.4 Жүктемелер мен әсер ету	30
4.5 Жүктемелер мен әсер етуді қиыстырудың ережесі	33
5 ЖҮКТЕМЕНІ АНЫҚТАУДЫҢ МЫСАЛДАРЫ	34
5.1 Жалпы ережелер.....	34
5.2 1-мысал. Болат бункер.....	36
5.3 2-мысал. Темірбетонды бункер	65
5.4 3-мысал. Резервуар.....	92

КІРІСПЕ

«Бункерлер мен резервуарларды жобалау. Бөлім. Жүктемел мен әсер етуді анықтау» нормативтік-техникалық құралын өңдеудің мақсатына қағидаттары ҚР ҚН EN 1991-1999 баяндалған әдістермен өрт кезінде конструкциялар мен әсер етудің есептерін анықтау әдістемесін тәжірибеде игеру үшін пайдаланушыларға көмек көрсету жатады.

Сонымен қатар, ҚР ҚН EN 1991-1-2 талаптарына қайшы келмейтін және осы нормативтік құжаттарға тиісті өрт кезіндегі конструкцияға беріктік пен тұрақтылықты қамтамасыз ететін баламалық әдістерді қолдануға жол беріледі.

Құралда келтірілген ережелер мен мысалдар, бірінші кезекте өрт кезіндегі конструкциялардың тұрақтылығы бойынша есептерді орындайтын және өз қызметінде ҚР ҚН EN 1991-1999 құрылыс нормаларын қолданатын жобалаушылардың пайдалануына бағытталған, сонымен қатар мамандандырылған құрылыс оқу орындарының білімгерлері оқу құралы ретінде пайдалана алады.

Құралда түсініктерді, терминологияны, жіктеме мен ҚР ҚН EN 1991-1-2:2002/2011 қабылданған өрт кезіндегі конструкциялардың тұрақтылығының есебіне қадамдарды, Қазақстан Республикасының тәжірибесінде қолданылған дәстүрлі шешімдерді құрайды.

Сонымен қатар, Құрал ҚР ҚН EN 1991-1-2:2002/2011-ді ҚР ҚН EN 1991-1999 қағидаттары мен ережелеріне қайшы келмейтін ережелермен толықтырады.

Құралда Қазақстан Республикасында қолданылатын нормативтік-техникалық құралдарда ҚР ҚН EN 1991-1-2 ережелерін тәжірибе жүзінде қолданудың тәртібін көрнекілейтін мысалдар берілген.

Құралдың мәтінін ресімдеу кезінде қабылданған белгілеулер мен жеңілдіктер:

1) ҚР ҚН EN 1991-1-2:2002/2011 (сонымен қатар – қосымшаларына да) жасалған сілтемелер нормативтің атауы көрсетілмей, шаршылық жақшаларда келтірілген.

МЫСАЛ 1 « [Е.3-кестесі] сәйкес...» мәтіні көрсетілген кестенің Е қосымшасында берілген ҚР ҚН EN 1991-1-2:2002/2011 екендігін білдіреді.

МЫСАЛ 2 «...параметр [(B3) формуласы] бойынша есептелінеді» сілтемесі ҚР ҚН EN 1991-1-2:2002/2011 (B3) формуласы келтірілгендігін білдіреді.

2) Басқа құжаттарға берілген сілтемелер құжаттың мәтіні және нөмірінің (шифры, атауы) құрылымдық элементін көрсету арқылы (талап етілген құжатты табу үшін жеткілікті көлемде) орындалған.

МЫСАЛ 3 «ҚР ҚН EN 1990 4.1-кестесіне сәйкес...» мәтіні көрсетілген кесте ҚР ҚН EN 1990 екендігін білдіреді.

МЫСАЛ 4 «...ҚР ҚН EN 1990 (6.2) формуласы бойынша есептелінеді» сілтемесі ҚР ҚН EN 1990 (6.2) формуласы келтірілгендігін білдіреді.

3) ҚР ҚН EN 1991-1-2:2002/2011 алынған формулалар мен белгілеулердің бірдей интерпретациясы үшін, формулалар мен белгілеулерге жататын таңбалардың ҚР ҚН EN 1991-1-2:2002/2011 қабылданғанға сәйкестендірілген форматы (өлшемі, сызығы, еңісі ж.с.с.) бар.

1 оқу құралының 3 бөліктері бөлімде оқу құралының әсеріне таралатын сыйымды ғимараттарға тағы басқалар бункерлерге, сүр шөп жататын мәлімет болады. 1 оқу құралының 4 бөліктері бөлімде оқу құралының әсеріне таралатын резервуар жататын мәлімет болады.

1) тармақтар, суреттер және ҚР ҚН кестесінің бөлім істеп шығылған сілтемелері (соның ішінде - қосымшада) EN 1991-4, норматив тік жақшалардағы жөн-жобасыз келтірілген.

E1]...»нің кестесімен сәйкес 1 мәтін мысал Е қосымшасында көрсетілген кесте ҚР ҚН EN 1991-4 болатынын білдіреді.

Параметр 2 сілтеме мысал [(5.28) формулаға] бойынша есептеледі EN 1991-4і ҚР ҚН (5.28) формуласы қолданғанын білдіреді.

2) тармақтар, суреттер және басқа құжаттардың кестесінің бөлім істеп шығылған сілтемелері, мәтіннің құрылымдық элементі және (көлемде, тиісті мәліметтің іздестіруі үшін жеткілікті) құжаттың (шифр, атау) нөмірінің нұсқауымен орындаған. EN 1991-1-3-ші ҚР ҚН кестесімен сәйкес 1 мәтін мысал бөлікте 1-3 көрсетілген кесте ҚР ҚН EN 1991 болатынын білдіреді. 2 сілтеме мысал ҚР ҚН (6.2) формуласы бойынша EN 1990 есептеледі EN 1990-ші ҚР ҚН (6.2) формуласы қолданғанын білдіреді.

3) формулалар және ҚР ҚН EN 1991-4 нышандар формула және белгіде (өлшем, пішін, көлбеу тағы сол сияқтылар) қалыптарды алады ұқсас ҚР ҚН EN 1991-4 қабылданған кіретін 1 оқу құралдары бөліктерде сезімімен белгілердің бірдей интерпретациясы үшін.

**ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫНЫҢ НОРМАТИВТІК-ТЕХНИКАЛЫҚ ҚҰРАЛЫ
НОРМАТИВНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН****БУНКЕРЛЕР МЕН РЕЗЕРВУАРЛАРДЫ ЖОБАЛАУ.
БӨЛІМ. ЖҮКТЕМЕЛЕР МЕН ӘСЕР ЕТУДІ АНЫҚТАУ БӨЛІМІ****ПРОЕКТИРОВАНИЕ БУНКЕРОВ И РЕЗЕРВУАРОВ
ЧАСТЬ. ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАГРУЗОК И ВОЗДЕЙСТВИЙ**

Енгізілген күні - 2015–07–01

1 ҚОЛДАНУ САЛАСЫ

1.1.1 Еурокод 1 сәйкестендірілген, Қазақстан Республикасы құрылыс нормаларына арналған нормативтік-техникалық құралдардың кешені (ары қарай – ҚР ҚН EN 1991-1-2:2002/2011 НТҚ) – нормативтік құжаттардың тізбесі, ішінде:

а) ҚР ҚН EN 1991 бойынша өрттің әсерінің есебімен есептеу мен конструкциялаудың негізгі ережелері бойынша кепілдемелер;

б) сілтемелік ақпараттарға түсініктер;

в) есептеудің сандық мысалдары;

г) қосымша анықтамалық ақпарат берілген.

1.1.2 Осы нормативтік-техникалық құрал (ары қарай – Құрал) [3] сәйкес келтірілген өрт кезіндегі конструкцияларға әсер етуге таралады.

1.1.3 Осы Құралда Қазақстан Республикасының заңдарының нормалары 09.11.2004 жылғы № 603-ІІ «Техникалық реттеу туралы», 22.11.1996 жылғы № 48-І «Өрт қауіпсіздігі туралы», Қазақстан Республикасы Үкіметінің 26.12.2008 жылғы № 1265 «Қазақстан Республикасының «Ағаш конструкцияларының қауіпсіздігіне қойылатын талаптар» техникалық регламентін бекіту туралы» қаулысы, 31.12.2008 жылғы № 1353 «Қазақстан Республикасының «Металл конструкцияларының қауіпсіздігіне қойылатын талаптар» техникалық регламентін бекіту туралы» қаулысы, 16.01.2009 жылғы № 14 «Өрт қауіпсіздігіне қойылатын жалпы талаптар» техникалық регламентін бекіту туралы», 17.11.2010 жылғы № 1202 «Ғимараттар мен құрылыстардың, құрылыс материалдары мен бұйымдарының қауіпсіздігі туралы» техникалық регламентін бекіту туралы» іске асырылған және ғимараттар мен имараттарды жобалау, құрылысын салу және пайдалануға беру кезіндегі өрт қауіпсіздігінің талаптарын реттейтін нормативтік құқықтық және техникалық актілерге сәйкес өңделген.

2 НОРМАТИВТІК СІЛТЕМЕЛЕР

Осы Құралдың 1-бөлімін қолдану үшін келесі сілтемелік нормативтік құжаттар қажет:

ҚР ҚН EN 1990 «Тіреу конструкцияларын жобалаудың негіздері» ұлттық қосымшасымен.

ҚР НТҚ 01-04.1-2012

ҚР ҚН EN 1991-1-1 «Құрылыс конструкцияларына әсер ету. 1-1 бөлімі. Жалпы әсерлер. Өзіндік салмақ, ғимараттардың ұдайы және уақытша жүктемелері» ұлттық қосымшасымен.

ҚР ҚН EN 1991-1-2 «Құрылыс конструкцияларына әсер ету. 1-2 бөлімі. Жалпы әсерлер. Өрт кезінде конструкцияға әсер ету» ұлттық қосымшасымен.

ҚР ҚН EN 1991-1-3 «Құрылыс конструкцияларына әсер ету. 1-3 бөлімі. Жалпы әсерлер. Қар жүктемелері» ұлттық қосымшасымен.

ҚР ҚН EN 1991-1-4 «Құрылыс конструкцияларына әсер ету. 1-4 бөлімі. Жалпы әсерлер. Жел жүктемелері» ұлттық қосымшасымен.

ҚР ҚН EN 1991-1-5 «Құрылыс конструкцияларына әсер ету. 1-5 бөлімі. Жалпы әсерлер. Температуралық жүктемелер» ұлттық қосымшасымен.

ҚР ҚН EN 1991-1-7 «Құрылыс конструкцияларына әсер ету. 1-7 бөлімі. Жалпы әсерлер. Апаттық жүктемелер» ұлттық қосымшасымен.

ҚР ҚН EN 1991-4 «Құрылыс конструкцияларына әсер ету. 4-бөлім. Бункерлер мен резервуарлар» ұлттық қосымшасымен.

ҚР ҚН EN 1992-3 «Темір бетонды конструкцияларды жобалау. 3-бөлім. Сұйықтықты локалдайтын және ұстап тұратын конструкциялар» ұлттық қосымшасымен.

ҚР ҚН EN 1993-4-1 «Болат конструкцияларды жобалау. 4-1-бөлімі. Бункерлер» ұлттық қосымшасымен.

ҚР ҚН EN 1993-4-2 «Болат конструкцияларды жобалау. 4-2-бөлімі. Резервуарлар» ұлттық қосымшасымен.

ҚР ҚН EN 1997-1 «Геотехникалық жобалау. 1-бөлім. Жалпы ережелер» ұлттық қосымшасымен.

ҚР ҚН EN 1998-4 «Сейсмикаға төзімді конструкцияларды жобалау. 4-бөлім: Бункерлер, резервуарлар мен құбыр жолдары» ұлттық қосымшасымен.

Көрсетілген құжаттар сілтеме жасаған стандарттар.

ЕСКЕРТПЕ Осы мемлекетті құралды пайдалану кезінде сілтемелік стандарттар мен нормативтік құжаттардың әрекетін жыл сайын басылатын «Қазақстан Республикасының стандарттау жөніндегі нормативтік құжаттардың көрсеткіші», «Стандарттау жөніндегі мемлекетаралық нормативтік құжаттардың көрсеткіші», «Қазақстан Республикасы аумағында әрекет ететін сәулет, қала құрылысы және құрылыс саласындағы нормативтік құқықтық және нормативтік-техникалық актілердің тізбесі» ақпараттық көрсеткіштердің ағынды жыл жағдайы бойынша тексеру мақсатқа сай келеді. Егер сілтемелік құжат ауыстырылған (өзгертілген) болса, онда осы нормаларды пайдалану кезінде ауыстырылған (өзгертілген) құжатты басшылыққа алу керек. Егер сілтемелік құжат ауыстырылмай алынып тасталған болса, онда оған сілтеме жасалған ереже осы сілтемені қозғамайтын бөлікте қолданылады.

3 БУНКЕРЛЕР

3.1 Жалпы ережелер

Біріншіден, негізгі ықылас 1 оқу құралының бөліктерінде (1) сусымалы материал жүктемелерге қатысты есептеулердің ұғымдарға, классификацияларға, әдістеріне бөлінген тап солдың жүктемелеріне өйткені тағы сол сияқтылар, негізінен, ҚР ҚН жағдайы EN

1991-4 арналған және, екіншіден тап солдың жүктемесі өте қауіпті құрайтын шиеленісті қалыптастырады - бункерлердің конструкцияларының өзгертілген күйі.

1 оқу құралының бөлігіндегі (төбе жасау, сегрегация, тоқтап тұру тағы басқалар) бункерлерінің жүк түсіруінің жанында мәселелер (2) жүктемедегі олардың ықпалымен тек қана байланысты есепке алынады.

3.2 Терминдер, анықтамалар мен белгілер

3.2.1 Терминология

Біріншіден, негізгі ықылас 1 оқу құралының бөліктерінде (1) сусымалы материал жүктемелерге қатысты есептеулердің ұғымдарға, классификацияларға, әдістеріне бөлінген тап солдың жүктемелеріне өйткені тағы сол сияқтылар, негізінен, ҚР ҚН жағдайы EN 1991-4 арналған және, екіншіден тап солдың жүктемесі өте қауіпті құрайтын шиеленісті қалыптастырады - бункерлердің конструкцияларының өзгертілген күйі.

1 оқу құралының бөлігіндегі (төбе жасау, сегрегация, тоқтап тұру тағы басқалар) бункерлерінің жүк түсіруінің жанында мәселелер (2) жүктемедегі олардың ықпалымен тек қана байланысты есепке алынады.

3 анықтаулар термин [ішкі бөлімге 1.5] бойынша қабылдау керек.

3.1 кестеде үшін түзету, қосымша немесе түсінікті келтірілген ел ТМДтердің тәжірибе дәстүр бойынша қолданған әр түрлі қолданушылардың арасындағы терминологиялық түсінісуді қамтамасыз ету үшін ҚР ҚН EN 1991-4 қабылданған кейбір ұғымдар келісуге зарығатын термин.

3.1-кестесі – Терминологиялық айқындау, толықтыру немесе комментарийлар

Термин	Анықтама	Айқындау, комментарийлар
бункер silo	<p>ҚР ҚН EN 1991-4: (ұстап қалу) жинақтау үшін «конструкция материала (сусымалы. Е. Бункер, қамбалар немесе » сүр шөп)</p> <p>ҚР ҚН EN 1993-4-1: «Бункер қатты материалдардың түйіршіктелген бөлшектерінің сақтауы үшін контейнер болады. Осы стандартта ол бункер терминді тік формасы болып үстінде жүктеледі басқа жағдайларда қамбалар атауға болатын қатты материалдардың бөлшектерінің сақтауы үшін барлық конструктивтік кескіндер астық немесе бункер үшін шұңқыр, қойма қосар еді жобаланады»</p>	<p>Бір терминмен ғимараттардың үш негізгі түрлері белгіленген.</p> <p>Дәстүр бойынша, бұның барлығы - сыйымды ғимараттар:</p> <p>– сізбен - жүзінші тік бөлік, преыша емес - бір жарым ең төменгі реттің ющей өздігінен жүк түсіретін бункер -;</p> <p>қысқа - уақытша сақтау және сусымалы материалдарды шамадан тыс жүктеу үшін арналған;</p> <p>– сүр шөп - жоспардағы диаметр немесе ең кішкене размерді бір жарым шама артық тік бөлікке биіктікпен өзі жүк түсіретін; алдында - ұзақ сақтау және сусымалы материалдарды шамадан тыс жүктеу үшін тағайындалған;</p> <p>– қамбалар - ғимарат жұмыс істейтін тірейтін қабырға аласа қабырғалармен жеткілікті; сусымалы материалдарды қысқа мерзімді сақтау үшін арналған.</p>

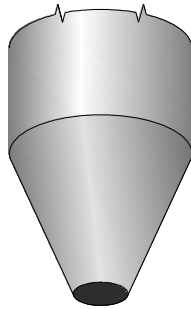
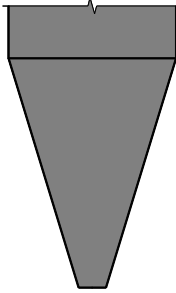
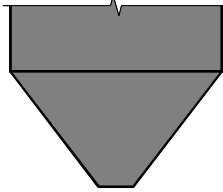
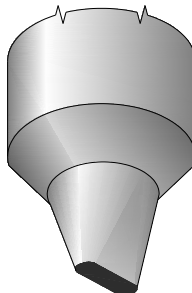
3.1-кестесі – Терминологиялық айқындау, толықтыру немесе комментарийлар
(жалғасы)

Термин	Анықтама	Айқындау, комментарийлар
Иілгіштік (slenderness)	ҚР ҚН EN 1991-4: «диаметрге биіктіктің қатынасы h_c / d_c тік бункердің бір бөлігі»	Биіктік осы анықтауда - сусымалы материалды баламалы бетке шұңқырына өткелден қашықтық. Аралас ағын, биіктік болуы мүмкін ұлғаймалы ағынның түсіру шұңқыры бар бункері үшін сусымалы материалды баламалы бетке шұңқырдың төбесінен бункердің ортақ биіктігі. Дәстүр бойынша: биіктік - сүрлем аражабынының үстінде төменгі жағына шұңқырдың жоғарғы жағынан.
Иілгіш бункер (slender silo)	ҚР ҚН EN 1991-4: «қатынаспен бункер $h_c / d_c \geq 2,0$ немесе қасында бойынша қосымша шарт 3.3 орындаған бункер»	Солқылдақ бункердің дәстүрлі анықтауымен шатыстыру керек емес - құрыштан жасалған цилиндрлік қабығы екі-екідендерін және сусымалы материал салмақтың әсерінен шынжырлы сызық тартуға жасаушы шеткі іліп қойған параболалық бункер.
тірек қабырғамен бункер, майда бункері (retaining silo)	ҚР ҚН EN 1991-4: «жазық түппен және $h_c / d_c \leq 0,4$ қатынасымен бункер»	Дәстүр бойынша: қабырғалары қамбалар деп аталуға тірейтін болып сияқты жұмыс істейтін сусымалы материалдарды сақтау үшін жер бетіндегі немесе тереңделген конструкция.
қалың қабырғалы бункер (thick-walled silo)	ҚР ҚН EN 1991-4: «қабырғаның жуандығына өлшемнің мінездемелік мәнінің қатынасы бар бункері $d_c / t = 200$ ге қарағандасы аз»	Мұндай темір бетондардан орындаған бункерлер.
жұқабүйірлі дөңгелек-бункері (thin-walled circular silo)	ҚР ҚН EN 1991-4: «қабырғаның жуандығына диаметрдің қатынасы бар дөңгелек-бункері $d_c / t = 200$ ге қарағандасы көбірек»	Мұндай әдеттегідей бункерлер орындайды болды.

3.1-кестесі – Терминологиялық айқындау, толықтыру немесе комментарийлар
(жалғасы)

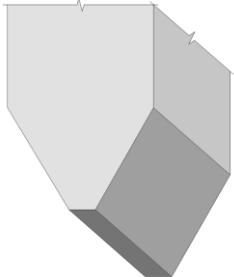
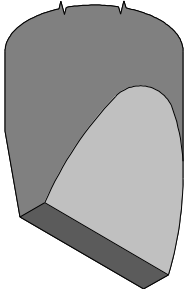
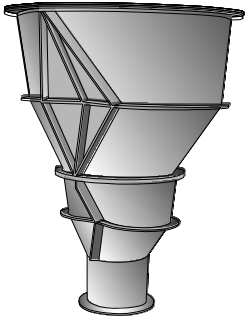
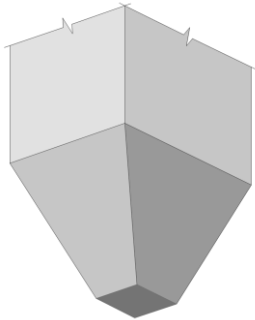
Термин	Анықтама	Айқындау, комментарийлар
бункердің тік қабырғалы (vertical walled segment)	ҚР ҚН EN 1991-4: бункердің бір бөлік немесе резервуарлар тік қабырғалармен	ҚР ҚН EN 1993-4-1 бойынша: (box) қабық дөңгелек бункерлер және термин үшін (barrel) цилиндр терминмен белгіленген - үшін тік төртбұрышты.
жазық түп (flat bottom)	ҚР ҚН EN 1991-4: «көлбеуі бар бункердің ішкі негізі 5° кем»	«[Сның қосымшасы] көлбеу бункерлердің жазық дерлік днищалары ұғым енгізілген ($\alpha \leq 20^\circ$)» Бөлімде 3.4 толық қара.
бункердің желдетілетін түбі (aerated silo bottom)	ҚР ҚН EN 1991-4: «беруге арналған құрылым немесе бункердің төменгі аймағындағы сусымалы материалды ағынды іске қосу үшін ауаның бастырмалатуларын қолданылатын бункердің түбі»	Қысылған ауаны астыдан тұжырымдалатын жабулы кеуекті элементтермен ауа таратқыш қорап тұратын аэроднища тарату дәстүр бойынша алды. Желдетін қораптарымен әдетте 25-40% днищасы бар жабады.
шұңқыр (hopper)	ҚР ҚН EN 1991-4: «Көлбеген қабырғалармен бункерлер түбі» ҚР ҚН EN 1993-4-1: «хоппер: Хоппер бункердің түбіне бағыт бойынша пікіретін секцияны болады. Ол түсіру құрылымына ауырлық күшімен қатты материалдардың беруі үшін қолданылады»	Шұңқыр бітіретін саңылауға материалдың бағыты үшін арналған. Шұңқырдың формалары ағыс режимінің түріне айтарлықтай тәуелді болады.
өткел, түйіндес (transition)	ҚР ҚН EN 1991-4: «шұңқыр және бункердің тік қабырғасының қиылысуы»	Деңгей терминдермен кездеседі «тік қабырғасы бар днища», «днища түйіндесе бастады».

3.1-кестесі – Терминологиялық айқындау, толықтыру немесе комментарийлар
(жалғасы)

Термин	Анықтама	Айқындау, комментарийлар
конустық шұңқыр (conical hopper)	ҚР ҚН EN 1991-4: «көлбеген бүйірлеу беттерде бір нүктелерде андайтын шұңқыр өстер туралы арқасында әдеттегідейі не сусымалы материалды ағым қамтамасыз етіле алады симметриялық»	
құламалы шұңқыр (steep hopper)	ҚР ҚН EN 1991-4: «қабырға туралы үйкелістің толық шамасы толтырудан кейін жұмыла кірісетін шұңқыр»	Шұңқыр көлденеңге үлкен көлбеу бұрышы бар қабырғаны алады. 3.4 Бөлімде толық қара. 
қылаңбере, жа-зықшұңқыр (shallow hopper)	ҚР ҚН EN 1991-4: «қабырғатуралыүйкелістіңтолықшамасыбункердіңтолтыруынанкейінжұмылакіріспейтіншұңқыр»	ШұңқырқабырғаныңПологиіналады. 3.4 Бөлімдетолыққара. 
«ұлғайма-лыағын-ныңшұңқы-ры» (expanded flow hopper)	ҚР ҚН EN 1991-4: «бүйірлеубет-тешұңқырдыңтөменгі ай-мағындажаппайағындықұры-лу үшінжеткілікті тіктікпенқұрасты-рылғаншұңқыр, осыуақыт-тажоғарғыай-мақтағышұңқырмайқұйғы-штәрізді ағынжатықтанаса-тынбүйірлеубеті бар, арқасынданеандакүтуі керек...»	

3.1-кестесі – Терминологиялық айқындау, толықтыру немесе комментарийлар

(жалғасы)

Термин	Анықтама	Айқындау, комментарийлар
сынатырғызді шұңқыр (wedge hopper)	ҚР ҚН EN 1991-4: «көлбегенбеттердесусымалы-материалдыжазықағынныңжа-сауынмақсатпен (тікшеттер-мен) жазықтықшаңандай-тыншұңқыр»	
«chisel» шұңқыр түрі	ҚР ҚН EN 1991-4: ауыспалысы цилиндрлік формада сына формаға	
«diamond-back» шұңқыр түрі	ҚР ҚН EN 1991-4: ескерткен, бірақ сипаттамаған	
пирамида шұңқыры (pyramidal hopper)	ҚР ҚН EN 1991-4: ескерткен, бірақ сипаттамаған ҚР ҚН EN 1993-4-1: «пирамида хоппері: Жанында пирамида хоппері - ауда-рылған пирамиданың түріндегі май құйғыш тәрізді секция ретінде тік төртбұрышты бункер өзгереді. Осы стандартта оның геометриясы оңай және трапеция тәрізді форманың төрт жазық эле-менттерінің тек қанасы тұра-тынын жобаланады»	

3.1-кестесі – Терминологиялық айқындау, толықтыру немесе комментарийлар
(жалғасы)

Термин	Анықтама	Айқындау, комментарийлар
ағыс режимі (flow pattern)	ҚР ҚН EN 1991-4: «ағын сонымен бірге бункер енді толық іркістенді толтырылған күйде болатында ағымдағы сусымалы материалды геометриялық форма»	Традиционно: өтуді түр, сусымалы материалды өтуді түр. Ағымдар (ағындар) тәртіптер туралы толық бөлімде 3.5 қара.
жаппай ағын (mass flow)	ҚР ҚН EN 1991-4: «жүк түсірудің жанында сусымалы материалдың бункер болатын барлық бөлшектерінің жанында бір уақытта қозғалатын ағыс режимі»	Әдебиетте ағын зорайтылған жаппай шығын терминдермен кездесуге еврокодтарға қатысты. Дәстүр бойынша: шылқыған өту, ағынның гидравликалық формасы, өтуді екінші форма. Ағымдар (ағындар) тәртіптер туралы толық бөлімде 3.5 қара.
май құйғыш тәрізді ағын (funnel flow)	ҚР ҚН EN 1991-4: «жанында жоғары бітіретін саңылауды шектелген аймақтағы ағымдағы материалдың каналын жасалған ағыс режимі аққыштықтың жылжымайтын каналының бітіретін саңылауын жанында қабырғаға (аралас ағын) тік қабырғалар тиюға немесе сақталатын (бейнелі ағын) материалдың бетіне дейін созылып жата аладуға болып қалуға тұстасқан материал»	Әдебиетте воронка ағыны терминмен кездесуге еврокодтарға қатысты. Дәстүр бойынша: нормалы өту, сусымалы материалды өтуді бірінші форма. Ағымдар (ағындар) тәртіптер туралы толық бөлімде 3.5 қара.
аралас ағын (mixed flow)	ҚР ҚН EN 1991-4: «аққыштықтың каналының жанында сусымалы материалды бет төменде бункердің тік қабырғасымен жанасатын май құйғыш тәрізді ағыс режимі»	Дәстүр бойынша: аралас өту, ағынның аралас формасы. Ағымдар (ағындар) тәртіптер туралы толық бөлімде 3.5 қара

3.1-кестесі – Терминологиялық айқындау, толықтыру немесе комментарийлар
(соңы)

Термин	Анықтама	Айқындау, комментарийлар
Ккөл-денеңқысымның коэффициенті (lateral pressure ratio K)	ҚР ҚН EN 1991-4: «солдеңгейдесусымалыматериалдабункердіңтікқабырғаларынажәнеорташатіккернеуменорташакөлденеңқысымныңаралығындабайланыс»	Дәстүрбойынша: бүйірлеуқысымныңкоэффициенті.
жүктеме үйкеліс есебінен (traction)	ҚР ҚН EN 1991-4: «сусымалы материалмен және бункердің қабырғасының аралығында үйкелістің негізінде (көлбеген тік) бункердің қабырғасы беттің бірлігіне күш бойлай»	Дәстүр бойынша: сусымалы материалды үйкеліс күштерінің сүр шөптің қабырға жіберуші тік қысым. Күштердің есептеуінде сыртқы үйкелістің коэффициентіне қатысады.
сегрегация (segregation)	ҚР ҚН EN 1991-4: ескерткен, бірақ сипаттамаған	Дәстүр бойынша: ірілік бойынша материалдың бөлінуі. Қатты бөлшекті бункердің толтырулары уақытында жекелеулерге тенденцияны алады. Майда бөлшектен астамы бункердің орталарында басым болады, ірілеу бункердің қабырғаларында жинақталады. 
Келтірілген терминологияны кестедегі ескерту ҚР ҚН EN дабыл даналарына сәйкес келеді. Кенжелеу ресми редакциялардағы аудармалары анықтап алып және кейбір сәйкессіздіктер шеттетеді.		

3.2.2 Белгілер

(1) Белгілер [ішкі бөлімге 1.6] бойынша қабылдау керек, сонымен бірге тиісті ішкі бөлімдер бойынша ҚР ҚН EN 1990, ҚР ҚН EN 1991, ҚР ҚН EN 1992 и ҚР ҚН EN 1993.

(2) осы ішкі бөлімде қосымша ҚР ҚН EN 1990 – ҚР ҚН EN 1993 сәйкес қолданылатын қолданылған белгілер келтірілген

а) Латынша бас әріптер:

Gf - бункер сақталатын сусымалы материалды максимал салмағы;

Gr - бункердің төбесінің салмағы с обственный;

Gsw - бункердің қабырғаларының салмағы;

Mf - бункер сақталатын сусымалы материалды максимал массасы;

бункер сақталатын сусымалы материалды Vf-максимал көлемі;

Vtr - тік төртбұрышты ыдыста фигураның көлемі, құрастырылатын сусымалы материалмен.

б) Латынша кіші әріптер:

g - еркін түсу үдеуі; $g = 9,81 \text{ м/с}^2$;

gh - бункердің шұңқырының салмағынан бөлінген жүк;

gr - бункердің төбесінің өз салмағынан жүктеме аудандар бойынша таралған;

gr, рлар - бункердің төбесінің өз салмағынан жүктеме периметр бойынша таралған;

gsw - бункердің қабырғаларының салмағы тереңдікке байланысты;

gsw, рлар - бункердің қабырғаларының салмағы периметр бойынша таралған тереңдікке байланысты;

ho, lowтар - бункердің қабырғасымен сусымалы материалды байланысуды нүкте үшін здың мәні ең аласа;

o, high h - бункердің қабырғасымен сусымалы материалды байланысуды өзі биік нүкте үшін z мән;

hf - төгілген конустың төбесіне дейін бункердің толтыруын максимал биіктігі;

hwc - бункердің (діңгек) қабырғаларының биіктігі;

sr - бункердің төбесіне қардан жүктеме;

sr, рлар - қардың салмағынан қабырғадағы жүктемесі периметр бойынша бір қалыпты таратылғанға.

в) Грек кіші әріптері:

γ_{st} - меншікті салмақ болды;

γ_c - темір бетонның дара салмағы.

3.3 Бункерлердің классификациясы

3.3.1 1 Оқу құралының бөліктеріне, бункерлер қарай төмендегіше классификациялай алады:

- байланысты (ақаулар) бұзылулардың зардаптары болуы мүмкін,
- талаптардың сыныптары бойынша,
- иілгіштіктер бойынша,
- конструкциялардың материалы бойынша,
- (жұқа бүйірлі немесе қалың қабырғалы) қабырғалар жуандық бойынша.

3.3.2 Өмірлер және меншік тәуекелдермен болуы мүмкін бұзылулар немесе бункерлердің қиратуларының зардаптарымен сабақтас параметрлер бойынша классификацияны көздің нүктесімен жағдайлармен ҚР ҚН EN 1990, ҚР ҚН EN 1992, ҚР ҚН EN 1993.

сәйкес орындау керек

3.3.3 Әсерлердің анықтауындағы талаптардың сыныптары, есепке алуға қатысты екіұштылықтары бойынша классификацияны, [ішкі бөлім 2.5] жағдайлармен сәйкес орындау керек.

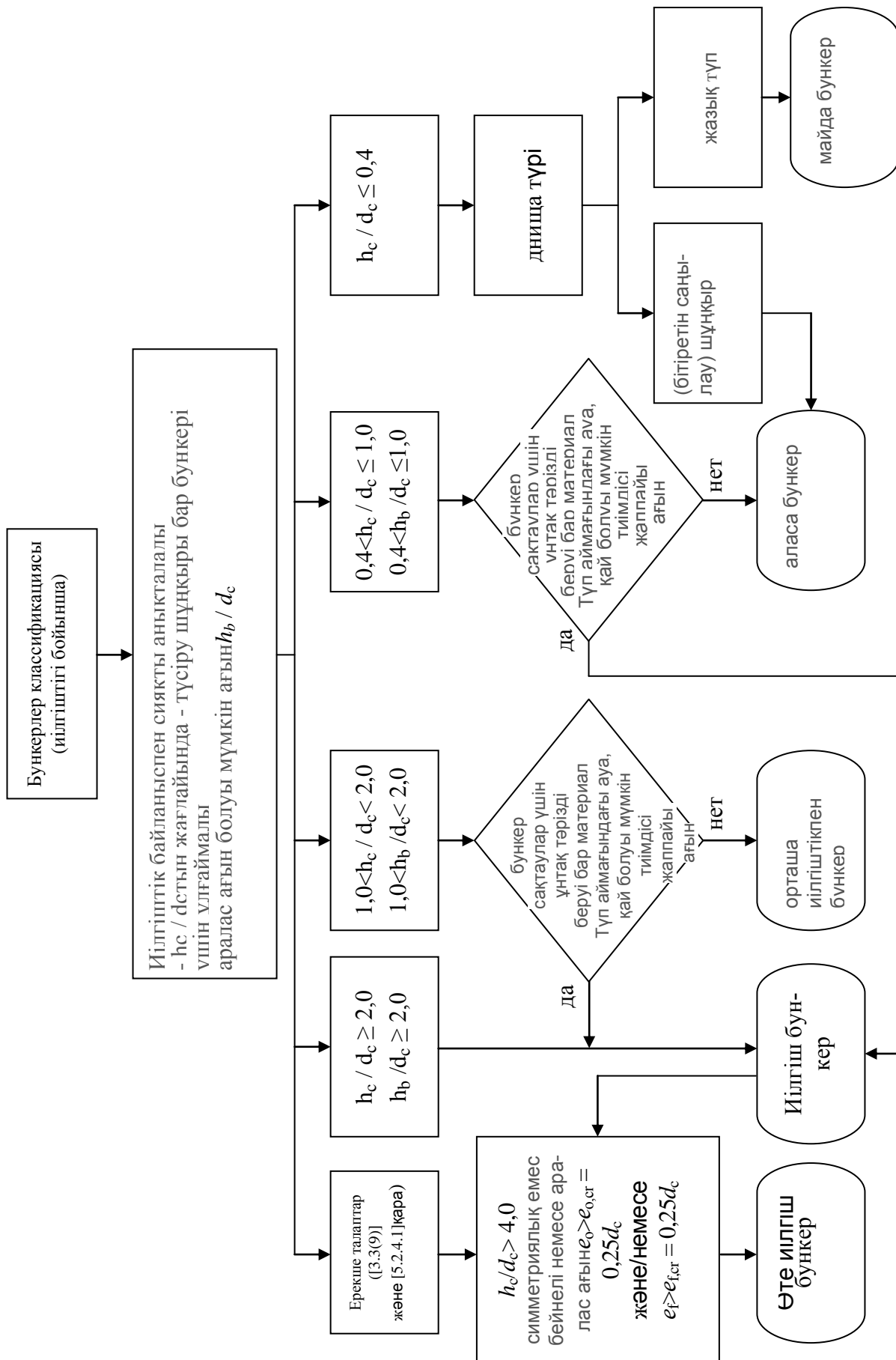
3.3.4 Иілгіштіктер бойынша классификацияны ҚР ҚН жағдайларымен сәйкес EN 1991-4 орындау керек. Иілгіштік бойынша түр қандай болмасынға бункердің жатқызуын процедураның жеңілдіктері үшін суретте 1 бейнелелген схемамен пайдалануға рұқсат етіледі.

Суретте 1 бейнелелген схема ескерту мәліметтің біріктіруін негізде жасалған, ҚР ҚН бірнеше ішкі бөлімдері бойынша бытыраңқы EN 1991-4.

3.3.5 Конструкциялардың бункерлердің тұрғызулары үшін қолданылатын материалы бойынша соңғы төмендегіше классификациялай алады:

- темірбетоны,
- құрыштан жасалғаны,
- алюминии,
- мысалы, темірбетон қабырғалар және құрыштан жасалған шұңқыр аралас конструкциялар.

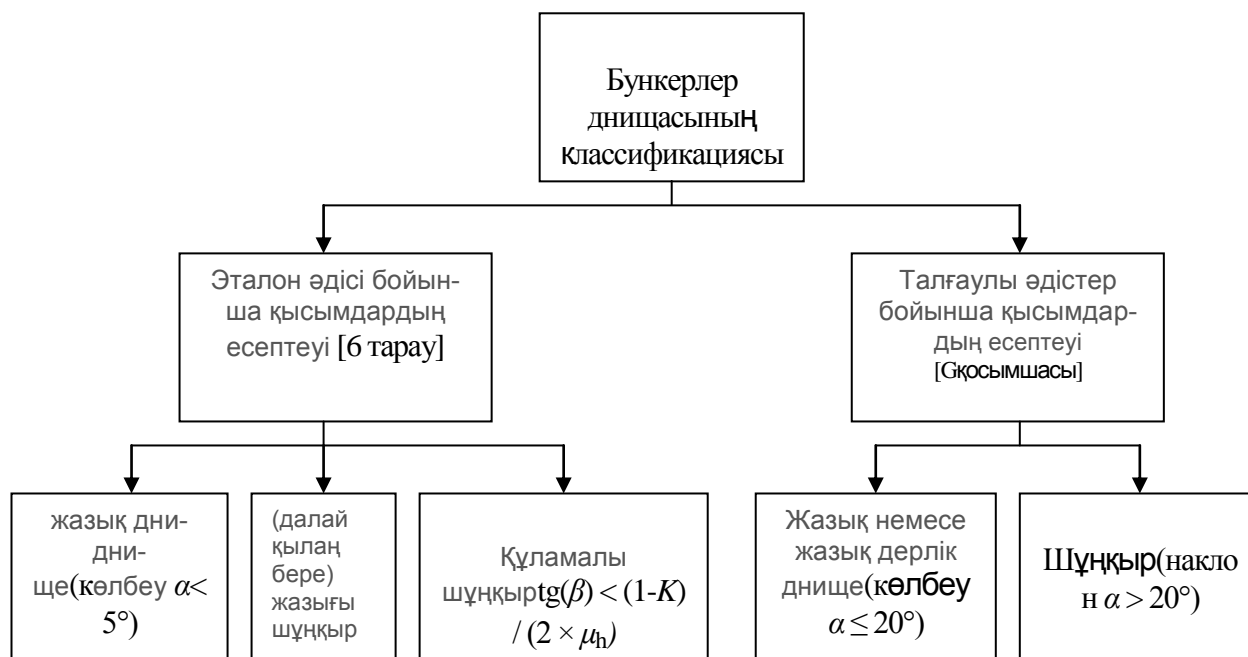
3.3.6 Керек болса, басқа белгілер бойынша классификацияның түрлеріне рұқсат етіледі. Мысалы, (тірек немесе аспалы) арқа сүйеулер түр бойынша, (аралық тағы басқалар жинағыш қабылдау) тағайындау бойынша, (бекітілген жеке) құрастырылым бойынша тағы сол сияқтылар.



Сурет 1

3.4 Бункерлердің түбі

3.4.1 ҚР ҚН ЕН әсеріне ([(6)) 1.1.2-ші тармақ] қара) 1991-4 [ішкі бөлім 6.1.1] жағдайлар негізінде [Гның қосымшасы] және (2-ші суретті қара) істелінген классификациямен қабылдана аладуға таралатын бункерлердің днищі үшін.



2 Сурет

3.4.2 Шұңқырлардың бункерлердің құрылыс қолданылатын негізгі түрлері кестеде 3.1 көрсетілген.

3.5 Сусымалы материалдың ағыс тәртіптері

3.5.1 Ағымның (ағындар) тәртіптерінің тағайындауы технологиялық жобалауға жатады және ҚР ҚН қолдануы ЕН 1991-4 облыстың сыртына болады. ([4.1 ішкі бөлім] және [Қосымша F]) қара.

ЕСКЕРТПЕ Жүктемемен конструкцияның мінез-құлығына ағынның ықпалының есепке алуы дегенмен ескерту өте маңызды фактор болып табылады. Суретте 3 бункерлердің конструкцияларының сусымалы материалды ағыс режимінің нәтижеде теріс есепке алу пайда болған бұзылулары көрсетілген.



а) май құйғыш тәрізді ағын үшін жобалап қойылған бункердегі жаппай ағынның дамытуын нәтиже



б) бункердің қабырғаларының жүк түсірудің жанында симметриялық емес ағынның әсер шақырылған орнықтылықтары жоғалту

3 Сурет

3.5.2 Ағыс режимдері классификацияны ҚР ҚН EN 1991-4 бойынша (негізгі ереже [1.5, 3.3-ші тарауларда] қара қабылдау керек.

3.5.3 Сусымалы материалдың ағымдары (тәртіптер) параметрлердің бағасын [ішкі бөлім 4.1] жағдайларға сәйкес жүзеге асыру керек [Ғтың қосымшасы] және.

жүктемелермен қолданылған есептеулерге ағындарының түрлерінің байланысының нұсқауы бар

3.5.4 Ағыс режимдерінің классификациясының ортақ схемасы сурет 4 көрсетілген.

3.6 Жүктемелер мен әсер ету

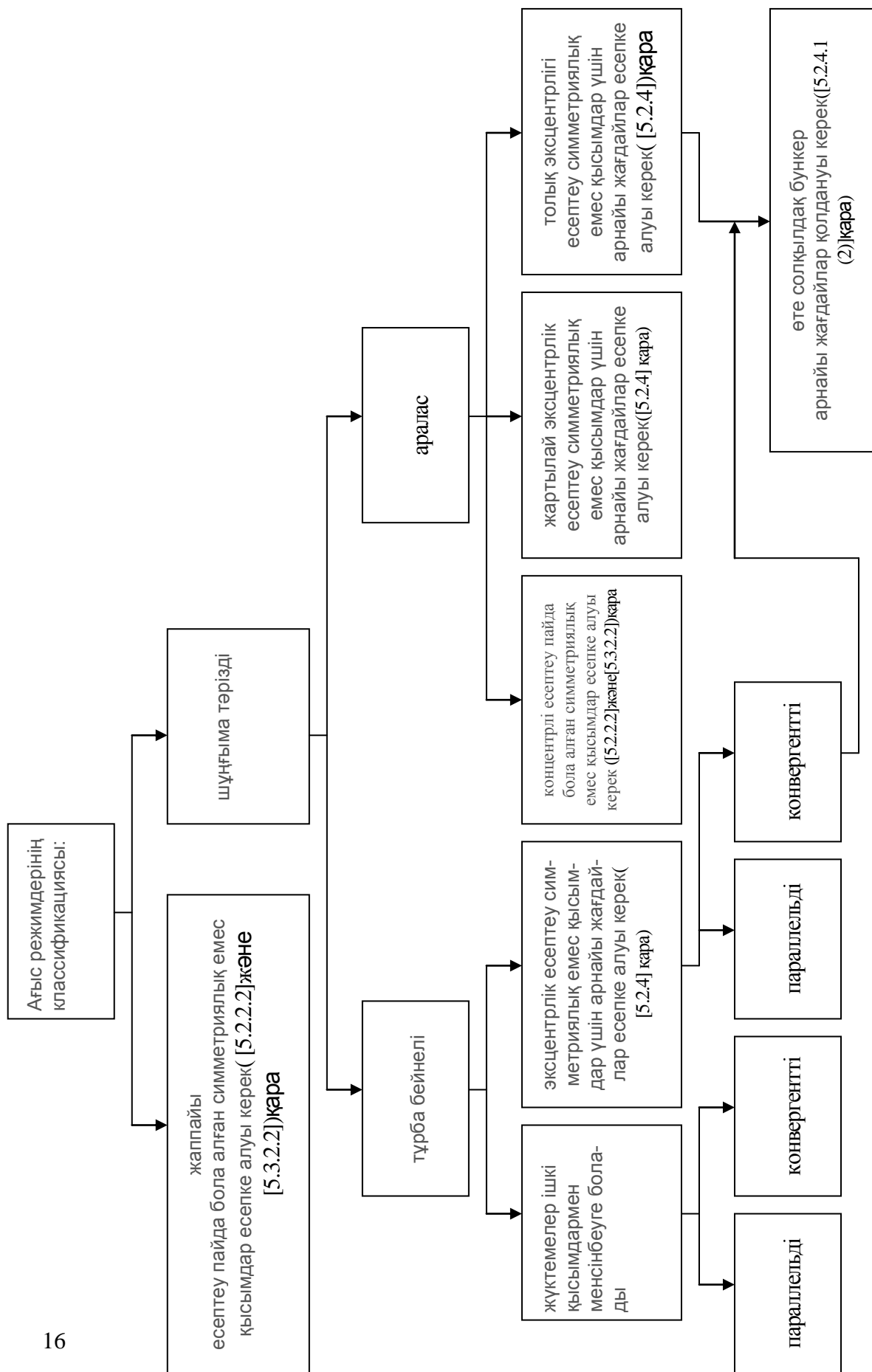
3.6.1 Негізгі ережелер

3.6.1.1 [ішкі бөлім 2.1] әсерлердің бункерлеріне ұсыныс баяндалған.

3.6.1.2 Есепті ахуалдар [бөлім 3] негізінен қарап шыққан.

3.6.1.3 Кейбір есепті ахуалдар 1 оқу құралының бөліктерінде (3) нақтылы тақырып қандай болмасын тікелей қатысты ішкі бөлімдердегі қарап шыққан. Мысалы:

- ағым тәртіптерге қатысты ішкі бөлімдер есепті ахуалдар 3.5
- бункер сақталатын сусымалы материалдардың ішкі бөлімінде үшін есепті ахуалдар 3.6.3
- қиыстырудың ережелері - бөлімде 3.7
- тағы сол сияқтылар.



4 Сурет

3.6.2 Бункерлерге қатысты әсерлер классификациясы

3.6.2.1 1 оқу құралы, жүктеменің бөліктері есептерге қарай төмендегіше классификациялай алады:

- ата-тегімен,
- қосымшаларды орын-орныменге,
- орналастырылулар және кеңістіктегі үлестірілуді сипат бойынша,
- бункердің қолдану кезіндегі күйін түр бойынша,
- ұзақтықтар және әсердің сипаты бойынша.

3.6.2.2 жүктеменің келесі түрлері ата-тегімен танып білуге керек:

- жүк көтергіш және қоршаушы құралымдар, жабдықтар, қызмет көрсетушіні өз салмағынан тағы сол сияқтылар.;
- бункер сақталатын сусымалы материалдан;
- (қар, жел, температура) климаттық әсерлерден;
- негіздіктің деформациялары;
- (жарылыс, соққы, өрт) авария оқиғаларынан;
- басқасы.

3.6.2.3 Жүктеменің қосымшаларын орын-орныменге төмендегіше классификациялайды:

- тік қабырғаларда,
- шұңқырдың қабырғаларына,
- днищеге;
- (болған жағдайда) төбеге.

3.6.2.4 Орналастырылулар және кеңістіктегі үлестірілуді сипат бойынша жүктемелер танып біледі:

- симметриялығы,
- симметриялық емесі,
- жергіліктісі.

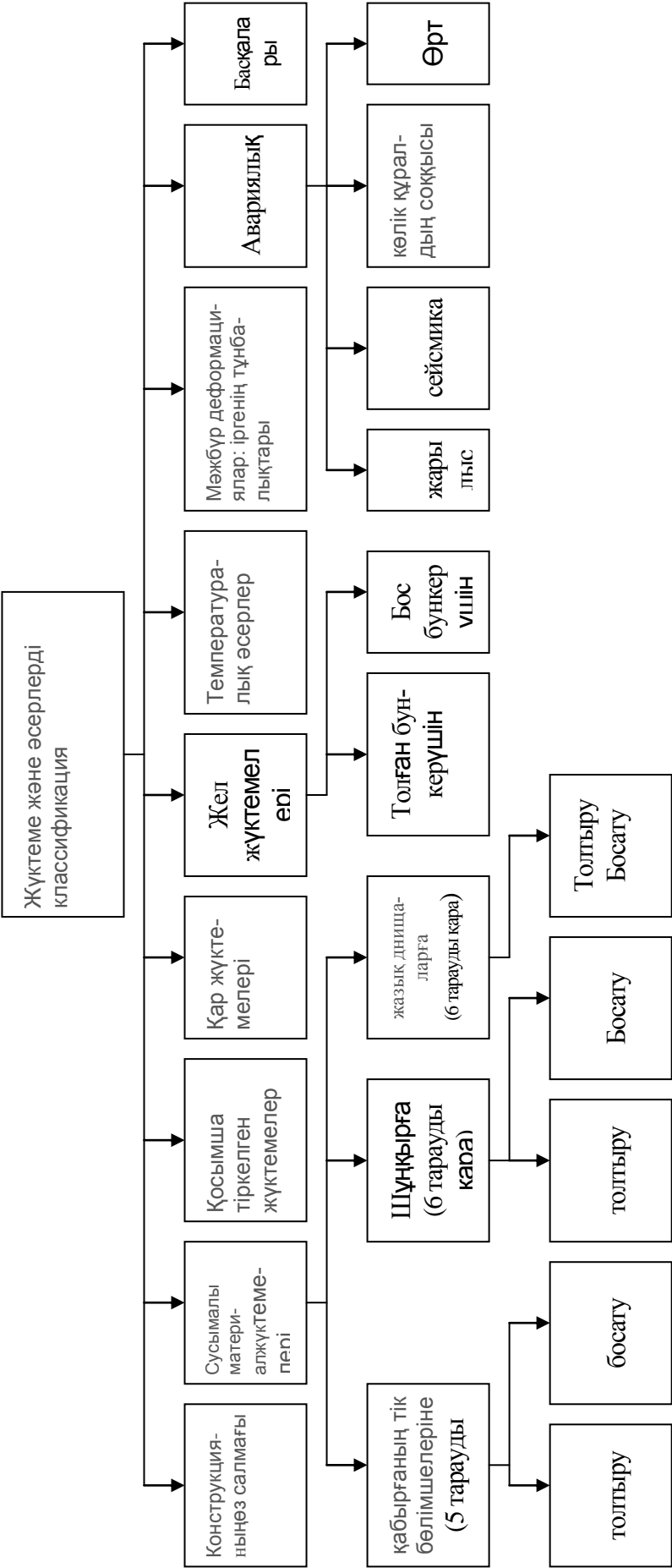
3.6.2.5 Бункердің қолдану кезіндегі күйін түр бойынша:

- толтыру,
- жүк түсіру.

3.6.2.6 Ұзақтықтар және әсердің сипаты бойынша:

- тұрақтысы,
- айнымалы бекітілгені,
- айнымалы еркіні,
- авариясы.

3.6.2.7 Жүктеме және әсерлерді қорытылған классификациялық схема 5 суретте көрсетілген.



5 Сурет

3.6.2.8 Жүктеме және әсерлерді негізгі түрлер 1 оқу құралының бөлігінің келесі ішкі бөлімдерінде қарап шыққан.

3.6.3 Сақталатын сусымалы материалданғы жүктемелері

3.6.3.1 Бункер сақталатын сусымалы материалдардың жағдайында жүктемелердің анықтауы келесі тізбекте орындауға ұсынылады.

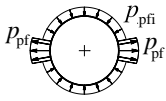
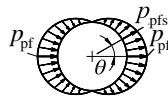
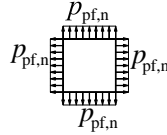
ЕСКЕРТУ: Әсерлердің тізбек және жиыны ескерту бірнеше бункер және сақталатын материалдың параметрлеріне байланысты өзгере алады.

- а) қосуы керек болатын бастапқы деректердің жиын және талдауы:
 - бункердің негізгі геометриялық өлшемдері және оның элементтері;
 - (қабырғалардың материалы, Қосу түрі тағы сол сияқтылар) конструктивтік мінездемелер;
 - сақтауы үшін бункер арналған сусымалы материалды түр.
- б) ([1-ші бөлім] қарар еді тағы басқалар) геометриялық параметрлердің анықтау және тексеруі.
- в) иілгіштік бойынша бункердің түрінің анықтауы және (3.3-ші ішкі бөлім және кестені 3.1 қара) қабырғаның жуандығы бойынша.
- г) ((3) 3.3-ші ішкі бөлімді қара) талаптардың сыныбының анықтауы.
- д) [3.2-ші ішкі бөлімімен] сәйкес [бөлім 4] жағдайларға сәйкес сусымалы материалдың мінездемелерінің анықтауы және сусымалы материалдың мінездемелерінің есепті комбинацияларының құрастыруы.
- е) сусымалы материалды ағымның (тәртіптер) параметрлерінің бағасы.
- ж) жүктемелердің бункердің қабырғасындағы сусымалы материалынан анықтау.
- 1) жүктемелердің негізгі жағдайларының анықтауын тізбек жинақ кесте бойынша 3.2 кесте қабылдана алады.

3.2 Кесте – Тік қабырғаларға сусымалы материалдан негізгі жүктемелердің мінездемелік мәндерінің анықтауы үшін жинақ кесте

Иілгіш бункер		Дөңгелек емес	Орташа иілгішті бункер	Төмен бункер	Ұсақ бункер
дөңгелек					
қалың бүйірлі	жұқа бүйірлі				
ТОЛТЫРУ					
(симметриялық жүктеме) көлденең қысым					
$p_{hf}(z) = p_{ho} \times Y_J(z)$ [5.2.1.1]			$p_{hf} = p_{ho} \times Y_R$ [5.3.1.1]		$p_h = \gamma \times K \times (1 + \sin(\phi_r)) \times z_s$
(симметриялық жүктеме) қабырға туралы жүктеме үйкеліс есебінен					
$p_{wf}(z) = \mu \times p_{ho} \times Y_J(z)$ [5.2.1.1]			$p_{wf} = \mu \times p_{hf}$ [5.3.1.1]		Анықталмаған

3.2 Кесте – Тік қабырғаларға сусымалы материалдан негізгі жүктемелердің мінездемелік мәндерінің анықтауы үшін жинақ кесте (жалғасы)

(симметриялық жүктеме) тік қысым						
$p_{vf}(z) = \frac{p_{ho}}{K} \times Y_J(z)$ [5.2.1.1]		$p_{vf} = \gamma \times z_v$ [5.3.1.1]		Анықталмаған		
жергілікті жүктемелер						
Талаптардың сыныбының бункерлері үшін 1 менсінбеуге болады.			Талаптардың барлық класстарының бункерлері үшін мүмкін			
Талаптардың класстары үшін 2 және 3 $p_{pf} = C_{pf} \times p_{hf}$ [5.2.1.2]						
<div><div>[5.2.1.3]</div><div>$p_{pfi} = p_{pf} / 7$</div><div></div></div>	<div><div>[5.2.1.4]:</div><div>$p_{pfs} = p_{pf} \times \cos(\theta)$</div><div></div></div>	<div><div>[5.2.1.5]</div><div>$p_{pf,nc} = 0,36 \times p_{pf}$</div><div></div></div>				<div><div>[5.2.1]</div><div>бойынша (иілгіш бункерлер үшін) ($e_f < e_{cr}$)</div></div>
Талаптардың сыныбы үшін 2 бойынша ықшамдалған жол қолданылады [5.2.1.3(4)]						
Талаптардың сыныбы үшін 2 ықшамдалған жол қолданылады						
Анықталмаған						

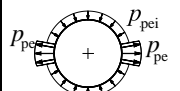

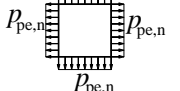
**3.2 Кесте – Тік қабырғаларға сусымалы материалдан негізгі жүктемелердің
мінездемелік мәндерінің анықтауы үшін жинақ кесте (жалғасы)**

Жергілікті жүктеменің 2 әдісінің талаптардың сыныбының бункерлері үшін симметриялық жүктеменің бір қалыпты үлкеюімен ауыстырыла алады [5.2.3]		[5.3.1.2] бойынша жергілікті жүктеменің 2 әдісінің талап- тардың сыны- бының бун- керлері үшін [5.2.3] бойынша сим- метриялық жүктеменің бір қалыпты үлкеюімен ауыстырыла алады		
БОСАТУ				
(симметриялық жүктеме) көлденең қысым				
[5.2.2.1] $p_{he} = C_h \times p_{hf}$ Беттермен $C_h = 1$ жүк түсірілетін бункерлердің талап-тарының барлық класстары үшін		[5.3.2.1(2)] жүк түсірудің жа- нында симмет- риялық жүкте- мелер тең жүктемелер- мен толтыруда қабылдана алады $p_{he} = p_{hf}$		Тікқабырғала- рға жүктүсіруді ңжа- нында жүктеме- лер толтыру- дың жүктемелер і аз қабылдана лады. Бірақ сусыма- лы материалдың бір қалыпты алы- птастау арты- нан бір қалып- ты қысым- ның бөлінуінің үмкіндігі есеп- ке алу керек.
Талаптардың класстары үшін 2 және 3: $C_h = C_o = 1,15$ Егер сусымалы материалдың параметрлерінің орташа мәндерін қолданылса талаптардың сыныбы үшін 1 К и μ : $C_h = 1,15 + 1,5 \times (1 + 0,4 \times e/d_c) \times C_{op}$	Талаптардың класстары үшін 2 және 3 $C_h = 1,0 + 0,15 \times C_s C_s = h_c/d_c - 1,0$ Егер материалдың мінездемелерінің орташа мәндерін қолданылса және талаптардың сыныбы үшін К и μ : $C_h = 1,0 + C_s \times \{0,15 + 1,5 \times C_{op} \times (1 + 0,4 \times e/d_c)\}$			

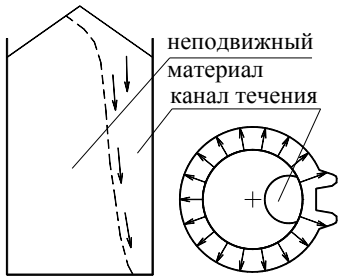
**3.2 Кесте – Тік қабырғаларға сусымалы материалдан негізгі жүктемелердің
мінездемелік мәндерінің анықтауы үшін жинақ кесте (жалғасы)**

(симметриялық жүктеме) қабырға туралы жүктеме үйкеліс есебінен			
[5.2.2.1] $p_{we} = C_w \times p_{wf}$ Беттермен $C_w = 1$ жүк түсірілетін бункерлердің талаптарының барлық класстары үшін		[5.3.2.1(2)] жүк түсірудің жаңында симметриялық жүктемелер тең жүктемелермен толтыруда қабылдана алады $p_{we} = p_{wf}$	Анықталмаған
Талаптардың класстары үшін 2 және 3: $C_w = 1,1$ Егер материалдың мінездемелерінің орташа мәндерін қолданылса талаптардың сыныбы үшін 1 K и μ : $C_w = 1,4 \times (1 + 0,4 \times e/d_c)$	Талаптардың класстары үшін 2 және 3: $C_w = 1,0 + 0,1 \times C_s$ $C_s = h_c/d_c - 1,0$ Егер материалдың мінездемелерінің орташа мәндерін қолданылса талаптардың сыныбы үшін 1 K и μ : $C_w = 1,0 + 0,4 \times (1 + 1,4 \times e/d_c) \times C_s$		
Жергілікті көтермелер			
Талаптардың сыныбы үшін 1 менсінбеуге болады .	1 жергілікті жүктеменің талаптардың сыныбы үшін есепке алыну тиісті емес		Анықталмаған
Талаптардың класстары үшін 2 және 3: $p_{pe} = C_{pe} \times p_{he}$ [5.2.2.2]	(солқылдақ бункерлер үшін қалай) 5.2.2 жағдай және жергілікті жүктеменің шамасы қолданылу тиісті қойылған ережелер		

3.2 Кесте – Тік қабырғаларға сусымалы материалдан негізгі жүктемелердің мінездемелік мәндерінің анықтауы үшін жинақ кесте (жалғасы)

<p>[5.2.2.3]</p> <p>p_{pe}</p> <p>$p_{pei} = p_{pe} / 7$</p>  <p>Талаптардың сыныбы үшін 2 бойынша ықшамдалған жол қолданыла алады [5.2.2.3(4)]</p>	<p>[5.2.2.4]</p> <p>p_{pe},</p> <p>$p_{pes} = p_{pe} \times \cos(\theta)$</p>  <p>Талаптардың сыныбы үшін 2 бойынша ықшамдалған жолдар қолданыла алады</p>	<p>[5.2.2.5]</p> <p>$p_{pe,nc} = 0,36 \times p_{pe}$</p> 	<p>Демек, 2 [5.3.2.3] жағдайдың талаптардың сыныбы үшін ауыстырыла аладуға қолданылуы керек бір қалыпты увеличением симметрич тең [5.2.3] бойынша жүктеме тасы</p> <p>Талаптардың сыныбы үшін 3 [дейін жағдай қолданылуы керек.</p>	<p>Егер ео ео аз болса, талаптардың барлық класстары үшін, $cr = 0, 1$ ме? dc, жүк түсірудің жанында жергілікті жүктеме есепке алыну тиісті емес.</p> <p>Ео 2 еоның жанында талаптардың сыныбы үшін көбірек, $cr = 0, 1$ ме? демек, dc [5.3.2.3] жағдай [5.2.3] бойынша симметриялық жүктеменің бір қалыпты үлкеюінің Сяолары алмастыра алады қолданылу тиісті</p> <p>Ео 3 еоның жанында талаптардың сыныбы үшін көбірек, $cr = 0, 1$ ме? dc [дейін жағдай қолданылуы тиісті.</p>
<p>Жергілікті жүктеменің 2 әдісінің талаптардың сыныбының бункерлері үшін [5.2.3] симметриялық жүктеменің бір қалыпты үлкеюімен ауыстырыла алады</p>				

3.2 Кесте – Тік қабырғаларға сусымалы материалдан негізгі жүктемелердің мінездемелік мәндерінің анықтауы үшін жинақ кесте (соңы)

Жүктеменің арнайы Қосымша жағдайлары (бір уақытта жұмыс істейтін симметриялық немесе жергілікті жүктемелермен қабылда- нуы керек бол)			
<p>[5.2.4.1(2)] талаптардың класстарының бункерлері үшін 2 және 3 еге- $e_{o,cr} > e_{o,cr} = 0,25 \times d_c$ или $e_f > e_{f,cr} = 0,25 \times d_c$, а бункер иілгіштігі көбірек $h_c/d_c = 4,0$, онда [5.2.4] процедуралар қолданылуы тиіс</p>  <p>Талаптардың сыныбының бункерлері үшін 2 [5.2.4.2] бойынша ықшамдалған әдіс рұқсат етілген</p> <p>Талаптардың сыныбының бункерлері үшін 3 [5.2.4.3] бойынша әдістер қолдану керек</p>		<p>[5.3.1.2(6)] Талаптардың класстары үшін қасында 2 және 3 $e_f, e_{f,cr} = 0,25 \times d_c$ [5.3.3] бойынша толтырудың үлкен эксцентриситеттері үшін жүктеменің қосымша жағдайы бекітілу міндетті.</p> <p>Еоның жанында талаптардың барлық класстары үшін $e_{o,cr} = 0,25 \times d_c$, e_o кризистік мән артық [5.3.4] нақтылы жүктемелер қосымша жағдай бекітілу міндетті.</p>	Анықталмаған

2) Кестеде 3.2 тәуелділікте жұмыс істеулердің бункердің иілгіштігінен тізбек келтірілген. Мысалы, ішкі жиыстырмалардың материалдың Псевдооператоровы, бар болуы басқа факторлар) ҚР ҚН EN 1991-4 жағдайларымен сәйкес қосымша ескеруі керек тағы сол сияқтылар.

және) днищаға жүктемелердің сусымалы материалынан анықтау.

1) ішкі бөлімнің жағдайлары бойынша (шұңқыр) днищаның түрінің анықтауы 3.4.

2) жүктемелердің негізгі жағдайларының анықтауын тізбек жинақ кесте бойынша 3.3 қабылдана алады.

3.3-кесте - Түпке сусымалы материалдан негізгі жүктемелердің мінездемелік мәндерінің анықтауы үшін жинақ кесте

Жазық түп (көлбеу $\alpha < 5^\circ$)		Жазық (ұсақ) шұңқыр	Құламалы шұңқыр	Талғаулы әдіс [G Қосымшасын қара]	
иілгі ш бун- керле р	орташа иілгіштіктің бункерлері және аласа			Жазық немесе жа- зық дерлік днище ($\alpha \leq 20^\circ$)	Шұңқыр ($\alpha > 20^\circ$)
ТОЛТЫРУ ЖӘНЕ ЖҮК ТҮСІРУ ҮШІН ОРТАҚ ПАРАМЕТРЛЕР					
Талаптардың сыныбы үшін 2 және 3: $C_b = 1$ (динамикасыз) немесе $C_b = 1,2$ (динамикамен); Талаптардың сыныбы үшін 1: $C_b = 1,3$ (динамикасыз) немесе $C_b = 1,6$ (динамикамен)			$C_b = 1,3$ (динамикасыз) $C_b = 1,6$ (динамикамен)		
ТОЛТЫРУ					
өткел немесе днищеге тік қысым					
P_{vf} 3.1 кестесі бойынша $z = h_c$ болған жағдайда					
$p_{vft} = C_b \times p_{vf}$ [6.1.2]			$p_{vfb} =$ $C_b p_{vf}$ [G.6]	$p_{vft} = p_{vf}$ өткел деңгейге тол- тырулардан кейін	
жазық днища үшін қысым, нормалы көлбеген қабырғаға - тік)					
$p_v =$ p_{vft}	$p_{vsq} = p_{vb} +$ $+ \Delta p_{sq} \times$ $\times \left(\frac{2,0 - h_c / d_c}{2,0 - h_{tp} / d_c} \right)$ [6.2.2]	$\mu_{heff} = \frac{1 - K}{2 \times tg(\beta)}$ [6.4.2] параметрлер бойынша $b = 0,2$; S по [6.1.2(7)]; $F_f = 1 - \frac{b}{\left(1 + \frac{tg(\beta)}{\mu_{heff}}\right)}$ $n = S \times (1 - b) \times$ $\times \mu_{heff} \times ctg(\beta)$	$\mu_{heff} = \mu_h$ [6.3.2] пара- метрлер бойынша $b = 0,2$; S по [6.1.2(7)]; $F_f = 1 - \frac{b}{\left(1 + \frac{tg(\beta)}{\mu_h}\right)}$ $n = S \times (1 - b) \times$ $\times \mu_h \times ctg(\beta)$	Жоғарыда н қара	μ_h — төменгі мінез- демелік мән $p_{n1} = p_{vft} \times$ $\times \left(C_b \times \sin^2(\beta) + \cos^2(\beta) \right)$ $p_{n2} = p_{vft} \times C_b \times \sin^2(\beta)$ $p_{n3} = 3,0 \times \frac{A}{U} \times$ $\times \frac{\gamma \times K}{\sqrt{\mu_h}} \times \cos^2(\beta)$
		$p_v = \left(\frac{\gamma \times h_h}{n - 1} \right) \times \left\{ \left(\frac{x}{h_h} \right) - \left(\frac{x}{h_h} \right)^n \right\} +$ $+ p_{vft} \times \left(\frac{x}{h_h} \right)^n$			
		$p_{nf} = F_f \times p_v$			$p_n = p_{n3} + p_{n2} +$ $+ (p_{n1} - p_{n2}) \times \frac{x}{h_h}$

3.3-кесте - Түпке сусымалы материалдан негізгі жүктемелердің мінездемелік мәндерінің анықтауы үшін жинақ кесте (соңы)

қабырға туралы жүктеме үйкеліс есебінен				
Анықталмаған	$p_{tf} = \mu_{\text{heff}} \times F_f \times p_v$	$p_{tf} = \mu_h \times F_f \times p_v$	Анықталмаған	$p_t = p_n \times \mu_h$
БОСАТУ				
қысым, нормалы көлбеген қабырғаға (жазық днища үшін - тік)			Жүк түсірудің жанында жүктеме-лер жүктеме-лер үшін толтыру-да жөн-жобаны пайдалана есептей алады	<p>Май құйғыш тәрізді ағыны бар бункерлердің жүктемелері үшін жүктемелер үшін толтыруда жөн-жобаны пайдалана есептей алады.</p> <p>Жаппай ағыны бар бункерлер үшін рстың қосымша бекітілген қалып-ты қысымын есеп-ке алынады (G.1 суретін қара))</p> <p>$p_s = 2 \times K \times p_{vft}$</p>
Тік қысым ұқсас тік қысымға толтырудың соңында қабылданады	ұқсас қабылданған толтыруда қабылдана алады	<p>[6.3.3] параметрлер бойынша S по [6.1.2(7)];</p> <p>$\phi_{wh} = \arctg(\mu_h);$</p> <p>$\varepsilon = \phi_{wh} + \arcsin\left(\frac{\sin(\phi_{wh})}{\sin(\phi_1)}\right)$</p> <p>$F_e = \frac{1 + \sin(\phi_1) \times \cos(\varepsilon)}{1 - \sin(\phi_1) \times \cos(2 \times \beta + \varepsilon)}$</p> <p>$n = S \times (F_e \times \mu_{\text{heff}} \times \text{ctg}(\beta) + F_e) - 2$</p> <p>Для F_e может быть приме-нен способ [G.10]</p>		
		<p>$p_v = \left(\frac{\gamma \times h_h}{n - 1}\right) \times \left\{ \left(\frac{x}{h_h}\right) - \left(\frac{x}{h_h}\right)^n \right\} + p_{vft} \times \left(\frac{x}{h_h}\right)^n$</p> <p>$p_{ne} = F_e \times p_v$</p>		
қабырға туралы жүктеме үйкеліс есебінен				
Анықталмаған	ұқсас қабылданған толтыруда қабылдана алады $p_{te} = p_{tf}$	$p_{te} = \mu_h \times F_e \times p_v$		

3) Кестеде 3.3 тәуелділікте жұмыс істеулердің днишаның түрі және бункердің иілгіштігінен тізбек келтірілген. Мысалы, материалдың Псевдооператоровы басқа факторлар) ҚР ҚН EN 1991-4 жағдайларымен сәйкес қосымша ескеруі керек. сусымалы материал бункерлеріндегі төмендегіше классификациялауы керек болуға сақталатын жүктемелері [ішкі бөлім 2.3]

3.6.3.2 Талаптарға сәйкес.

а) айнымалы бекітілген әсер Симметриялық жүктемелер -;

айнымалы еркін әсерлер қалай - Болып табыл

б) бункерлердегі толтыру және жүк түсіру процесстерге қатысты Жергілікті жүктемелер,- деп;

айнымалы бекітілген әсерлер қалай

в) эксцентриситетпен жүктемелері, бункерлердегі процесстерге қатысты толтырулары және жүк түсіруі,- деп.

3.6.4 Өз салмақ және қосымша тіркелген жүктемелер

3.6.4.1 Конструкциялардың өз салмағы ҚР ҚН EN 1991-1-1 бастапқы мәліметтер негізінде анықтау керек. Конструкциялардың өз салмағынан әсер тұрақты санау керек.

3.6.4.2 Қосымша тіркелген жүктемелер ҚР ҚН EN 1991-1-1 технологиялық тапсырманың есепке алуымен жағдайларына сәйкес анықтау керек. Қосымша тіркелген жүктемелер айнымалы әсерлер сияқты қарау керек.

3.6.5 Қар жүктемелері

3.6.5.1 Қар жүктемелері ҚР ҚН EN 1991-1-3 бастапқы мәліметтер негізінде анықтау керек.

3.6.5.2 Жобалаулар ерекше шарттардағы егер басқа анықталмаған, онда қар жүктемелері айнымалы бекітілген әсерлер сияқты классификациялау керек.

3.6.6 Желдің жүктемелері

3.6.6.1 Желдің жүктемелері ҚР ҚН EN 1991-1-4 және ҚР ҚН EN 1993-4-1 бастапқы мәліметтер негізінде анықтау керек.

3.6.6.2 Бос бункер үшін, үшін толтырылған желдің әсеріненгі жүктемелері есепке алуға керек.

3.6.6.3 Жобалаулар ерекше шарттардағы егер басқа анықталмаған, онда желдің жүктемелері айнымалы бекітілген әсерлер сияқты классификациялау керек.

3.6.7 Температуралық әсерлер

3.6.7.1 Температуралық әсерлер ыстық сусымалы материалдардан климаттық әсерлер және әсер тұрды.

3.6.7.2 Температуралық әсерлер EN 1991-1-ші және ҚР ҚН ҚР ҚН жағдайларына сәйкес [5.6-шы ішкі бөлім] EN 1991-4 бастапқы мәліметтер негізінде анықтау керек.

3.6.7.3 Температуралық әсерлер (непрямые) айнымалы жанама әсерлер сияқты классификациялау керек.

3.6.7.4 ҚР ҚН EN 1992-3 және температуралық шектеулері EN 1993-4-1 есепке алу керек.

3.6.8 Мәжбүр (қосымша тіркелген) деформациялар: іргенің тұнбалықтары

3.6.8.1 Отырып кетулермен, ауытқулармен ҚР ҚН жағдайларына сәйкес EN 1997 бастапқы мәліметтер негізінде орындау керегу тағы сол сияқтылар тұнбалықтарға қатысты мәжбүр деформациялардың анықтауы

3.6.8.2 Бір қалыпты тұнбалардан әсердің анықтауы бункерлердің топтары үшін орындауға керек. Есептеулер толтырылған және бос элементтердің өте қолайсыз комбинациясында тұрақтануы керек.

3.6.8.3 Мәжбүр (қосымша тіркелген) деформациялар (түзу емес) айнымалы жанама әсерлер сияқты классификациялау керек.

3.6.9 Авария жүктеме және әсерлері

3.6.9.1 Егер бұл құрылыстың ауданының шарттарымен и/или жобалау тапсырмасымен анықталған, онда келесі авария әсерлері және жүктеме есепке алынуы керек:

- көлік құралдың соққысынанғы әсерлері;
- жарылыс артынан жүктемелер шаң көтер;
- әсерлер өртте;
- сейсмикалық жүктемелер.

3.6.9.2 Көлік құралдың соққысынанғы әсерлері ҚР ҚН EN 1991-1-7 жағдайларына сәйкес бастапқы мәліметтер негізінде есепке алу керек.

3.6.9.3 Жарылыс артынан жүктемелер шаң көтер және ҚР ҚН EN 1991-1-7 жағдайларына сәйкес [3.6-шы ішкі бөлім] EN 1991-4 бастапқы мәліметтер негізінде есепке алу керек [Нның қосымшасы] және.

3.6.9.4 Әсерлер ҚР ҚН EN 1992, ҚР ҚН EN 1993, ҚР ҚН EN 1994, ҚР ҚН EN 1991-1-2 және тиісті жағдайларына ҚР ҚН EN 1999 жағдайларына сәйкес өртте бастапқы мәліметтер негізінде есепке алу керек.

Сейсмикалық жүктемелер (5) жағдайларына сәйкес ҚР ҚН EN 1998-4 бастапқы мәліметтер негізінде есепке алу керек.

3.6.10 Басқасы жүктеме және әсерлері

3.6.10.1 Егер бұл басқа шарттармен и/или жобалау тапсырмасымен анықталған, онда келесі әсерлер және жүктеме есепке алынуы керек:

- мысалы, Газа қысымынанғы жүктемелері пневматикалық тартушы жүйелерде;
- мысалы, Зауыт жасауының бункерлері үшін әсерлер жасау, бір жағынан жіберу және монтажда;
- бункер тұтасқан конструкция жіберуші әсерлер;
- тартушы және тиек жүйелеріненгі әсерлері.

3.6.10.2 Керек болса, 1 оқу құралының бөлік көрсетілмеген жүктемелер и/илидың әсері ескере алады.

ұзақтықтар және (тұрақты, айнымалы және басқалары) әсердің сипаты бойынша осы ішкі бөлім көрсетілген жүктемелердің классификациясын (3) технологиялық тапсырма бойынша жүзеге асыру керек.

3.7 Жүктемелер мен әсер етуді қиыстырудың ережесі

3.7.1 Қиыстыруды Ортақ ережелер қаралатын шекті күйлерден тәуелді болады және ҚРдың СНОлары сәйкес EN 1990 қолданылуы керек.

3.7.2 Барлық жағдай емес ҚР ҚН EN 1990 А1 және А2дің қосымшаларындағы бункерлер үшін және (3.6.3-ші ішкі бөлімді қара) сусымалы материалдардан жүктемелер бойынша А1)).

3.7.3 Дің тармағы конструкция үшін ең жаманға шиеленісті жетектеп жүнетін вариантты мүмкін емес анықтауға [Рды (1) 3.1-ші тармаққа ескерту] қарауға қолданылатын келтірілген - өзгертілген күйге, онда әсерлердің комбинацияларының жасауы үшін келесі жол ұсынылады:

а) сусымалы материалдың мінездемелерінің әрбір комбинациясы үшін 36.3-д) қара қабырғалар және (болат немесе темір бетон) материал және (моменттік немесе моментсіз теория, аналитикалық әдіс немесе шекті элементтер әдісі тағы сол сияқтылар) есептеудің таңдаулы әдістемесінің есепке алуы бар тап қалған бункерінің шұңқырындағы күштерді есептеледі;

б) күштерді есептеуде есепке алар еді өзара жоққа шығаруды қатынас, сопутствие немесе бір уақытта қажетті

- тік қабырғаларына жүктемелері жұмыс істейтін бір уақытта бекітілген симметриялық жүктемелер және қоса тіркелетін жергілікті жүктеме еркін жүктемеден құрайды;

- қалыпты қысымсыз қоса тіркемеуге үйкеліске қатысты жүктемені, осы уақытта қалыпты қысым үйкеліссіз басыла алады

бункердің қабырғалары үшін материал параметрлерге қатысты ең жаман комбинацияларды анықтайды және шұңқыр үшін

в) әсерлердің комбинацияларын [қосымша] көрсетілетін қиыстырудың негізгі кеңес берілетін ережелері қолдана анықтайды:

- коэффициенттер бөлінділерді тағайындайды,

- комбинациялық коэффициенттерді тағайындайды,

- (2 және 3 немесе 1) талаптардың сыныбы және тексерілетін (қолдану кезіндегі жарамдылық бойынша кәдімгі, авария, сейсмикалық кризистік күй немесе шекті күй) шекті күйді түрге байланысты ҚРдың 6.4.3 СНОларының ішкі бөлімінің жағдайларына сәйкес әсерлердің комбинациясын EN 1990 құрайды.

ЕСКЕРТПЕ: Мысалдар ескерту ішкі бөлімдердегі 5.2 және 5.3 қара.

3.7.4 ҚР ҚН EN 1990 және ҚР ҚН EN 1991 қағидаларға және ережелеріне қарама-қайшы емес талғаулы жолдардың қолдануына рұқсат етіледі. Мысалы, сусымалы материалдарданғы жүктемелердің комбинациялары әсерлердің комбинацияларының алуын алгоритмға өзара шығар әсерлер сияқты қосыла алады.

4 РЕЗЕРВУАРЛАР

4.1 Жалпы ережелер

ҚР НТҚ 01-04.1-2012

4.1.1 1 оқу құралының бөліктерінде, сонымен қатар ҚР ҚН EN 1991-4 динамикалық процесстер бола алған резервуарлар қаралмайды, соның ішінде - сабақтас сейсмикалық әсерлермен.

4.1.2 1 оқу құралының бөлігінің ұсыныстары, сонымен қатар ҚР ҚН EN 1991-4 жағдайы тек қана сұйықтары бар резервуарларға нормалы атмосфералық қысымда таралады.

4.2 Терминдер, анықтау және белгі

4.2.1 Терминология анықтаулар (3) термин [ішкі бөлімге 1.5] бойынша қабылдау керек, кестеде (4) 3.1 үшін түзету, қосымша немесе түсінікті келтірілген келісуге зарығатын термин.

4.2.2 Белгілер

4.2.2.1 Белгілер [ішкі бөлімге 1.6] бойынша қабылдау керек, сонымен бірге ҚР ҚН EN 1990, ҚР ҚН EN 1991, ҚР ҚН EN 1992 және ҚРдың СНОлары тиісті ішкі бөлімдері бойынша EN 1993.

4.2.2.2 Осы ішкі бөлімде ҚР ҚН EN 1990 қосымша ҚРдың СНОларына сәйкес қолданылатын қолданылған белгілері EN 1993 келтірілген.

а) Латынша бас әріптер:

Gr - резервуардың төбесінің салмағы

б) Латынша кіші әріптер:

hf - сұйықтың деңгейіне днищаның деңгейінен резервуардың толтыруын биіктік;

hr - төбенің биіктігі;

hwc - резервуардың тік қабырғаларының биіктігі;

gins - резервуардың изоляциясының молары 1 шаршы салмақ;

gins, рлер - резервуардың изоляциясының салмағы периметр бойынша таралған биіктікке байланысты;

gr - резервуардың төбесінің өз салмағынан жүктеме аудандар бойынша таралған;

gr, рлар - резервуардың төбесінің өз салмағынан жүктеме периметр бойынша таралған;

gsw - резервуардың қабырғаларының салмағы биіктікке байланысты;

gsw, рлар - резервуардың қабырғаларының салмағы периметр бойынша таралған биіктікке байланысты;

4.1 кесте - терминологиялық түзетулер, қосымшалар немесе түсініктемелер

Термин	Анықтама	Айқындау, комментарийлар
резервуар (tank)	ҚР ҚН EN 1991-4: «сұйықтардың сақтауы үшін конструкция» ҚР ҚН EN 1993-4-2: «Резервуар - бұл сұйық өнімдердің сақтауы үшін ыдыс. Стандарт бұл оның призмалық (резервуардың асты және жиірек төбе қоспағанда) тік өспен есептейді»	ҚР ҚН EN 1991-4 және резервуар ұғым 1 оқу құралының бөліктерінде, призмалық формамен шектелмегенінде емес, цилиндрлік форманы қосқанында.
Резервуар қабырғасы (tank wall)	ҚР ҚН EN 1993-4-2: «Төбені және түсіру шұңқырын металлдық пластинадан тік қабырға қалыптастыратын элементтері, резервуардың қабырғаларымен деп аталады. Бұл термин тік қабырғалармен шектелмейді»	Резервуардың қабырғасының 1 оқу құралының бөліктерінде тек қана тік қабырғаларды білдіреді.
бункер (hopper)	ҚР ҚН EN 1993-4-2: «Бункер - бұл резервуардың төменгі жағына қиындасатын секция. Ол (әдетте ойлап-пішілген қатты бөлшектерді мазмұнда) ауырлық жүк түсіру үшін саңылауға сұйықтардың бағыты үшін күштің әсерінен қолданылады»	ҚР ҚН EN 1993-4-1-дағы хоппер ҚР ҚН EN 1991-4-дағы шұңқыры сияқты ұғылатын және конструкция.
ЕСКЕРТУ: ҚР ҚН EN Келтірілген терминологияны кестеде дабыл даналарға сәйкес келеді. Кенжелеу ресми редакциялардағы аудармалары анықтап алып және кейбір сәйкессіздіктер шеттетеді.		

ρov - (газдық кеңістіктегі артық қысым) ішкі қысымнан жүктеме;

ρvac - (вакуум) арқасында жеткіліксіз желдетуді төмендетілген қысым;

sr - резервуардың төбесіне қардан жүктеме;

sr, *рлар* - қардың салмағынан қабырғадағы жүктемесі периметр бойынша бір қалыпты таратылғанға;

в) Грек кіші әріптері:

γ_{st} - меншікті салмақ болды;

γ_w - судың салыстырмалы салмақтар.

4.3 Резервуарлардың классификациясы

4.3.1 1 Оқу құралының бөліктеріне, резервуарлар қарай төмендегіше классификациялай алады:

- байланысты (ақаулар) бұзылулардың зардаптары болуы мүмкін,
- конструкциялардың материалы бойынша.

4.3.2 Өмірлер және меншік тәуекелдермен болуы мүмкін бұзылулар немесе резервуарлардың қиратуларының зардаптарымен сабақтас параметрлер бойынша классификацияны көздің нүктесімен ҚР ҚН EN 1990, ҚР ҚН EN 1992, жағдайларымен сәйкес ҚР ҚН EN 1993 орындау керек.

4.3.3 Конструкциялардың резервуарлардың тұрғызулары үшін қолданылатын материалы бойынша соңғы төмендегіше классификациялай алады:

- темірбетоны,
- құрыштан жасалғаны,
- алюминии.

4.3.4 Керек болса, басқа белгілер бойынша классификацияның түрлеріне рұқсат етіледі. Мысалы, (аралық тағы басқалар жинағыш қабылдау) тағайындау бойынша, (жеке, бекітілгені) құрастырылым бойынша тағы сол сияқтылар.

4.4 Жүктемелер мен әсер ету

4.4.1 Негізгі ережелер

4.4.1.1 [ішкі бөлім 2.2] әсерлердің резервуарларына ұсыныс баяндалған.

4.4.1.2 Есепті ахуалдар [бөлім 3] негізінен қарап шыққан.

4.4.2 әсерлердің резервуарларына классификация

4.4.2.1 1 оқу құралы, жүктеменің бөліктері есептерге қарай төмендегіше классификациялай алады:

- ата-тегімен,
- қосымшаларды орын-орныменге,
- резервуардың қолдану кезіндегі күйін түр бойынша,
- ұзақтықтар және әсердің сипаты бойынша.

4.4.2.2 Жүктеменің келесі түрлері ата-тегімен танып білуге керек:

- (жылытатын, қаптайтын) жүк көтергіш және қоршайтын конструкциялардың өз салмағы, жабдықтар, қызмет көрсетушіден тағы сол сияқтылар.;
- резервуар сақталатын сұйықтар;
- (қар, жел, температура) климаттық әсерлерден;
- негіздіктің деформациялары;
- (жарылыс, соққы, өрт) авария оқиғаларынан;
- басқасы.

4.4.2.3 Жүктеменің қосымшаларын орын-орныменге төмендегіше классификациялайды:

- тік қабырғаларда,
- (болған жағдайда) резервуардың төбесіне,
- днищеге;

4.4.2.4 қолдану кезіндегі күйді түр бойынша:

- толтырылған резервуар,
- бос резервуар.

4.4.2.5 Ұзақтықтар және әсердің сипаты бойынша:

- тұрақтысы,
- айнымалы бекітілгені,
- айнымалы еркіні,
- авариясы.

4.4. 3 Олардың (сұйықтан) толтыруы резервуарларға жүктемелер салдарынан

4.4.3.1 Олардың (сұйықтан) толтыруы резервуарларға жүктемелер салдарынан [бөлім 7] жағдайлармен сәйкес анықтау керек және резервуарларға В2.1]..

4.4.3.2 Резервуарларға жүктемелер ҚРдың СНОлары бойынша айнымалы бекітілген әсерлер EN 1990 сияқты классификациялауы керек.

4.4.4 Өз салмақ және қосымша тіркелген жүктемелер

4.4.4.1 Конструкциялардың өз салмағы ҚР ҚН EN 1991-1-1 жағдайларына сәйкес бастапқы мәліметтер негізінде анықтау керек. Конструкциялардың өз салмағынан әсер тұрақты санау керек.

4.4.4.2 Қосымша тіркелген жүктемелер технологиялық тапсырманың есепке алуымен ҚР ҚН EN 1991-1-1 жағдайларына сәйкес анықтау керек. Қосымша тіркелген жүктемелер айнымалы әсерлер сияқты қарау керек. Нагрузкидің ішкі бөлімі бойынша айнымалы бекітілген әсерлер сияқты классификациялауы керек

4.4.5 Қар жүктемелері

4.4.5.1 Қар жүктемелері ҚР ҚН EN 1991-1-3 жағдайларына сәйкес бастапқы мәліметтер негізінде анықтау керек.

4.4.5.2 Жобалаулар ерекше шарттардағы егер басқа анықталмаған, онда қар жүктемелері айнымалы бекітілген әсерлер сияқты классификациялауы керек.

4.4.6 Желдің жүктемелері

4.4.6.1 Желдің жүктемелері В2.9]ның ішкі бөлімі және ҚРдың СНОлары ҚР ҚН EN 1991-1-4, ҚР ҚН EN 1991-4 EN 1993-4-2 жағдайларына сәйкес бастапқы мәліметтер негізінде анықтау керек.

4.4.6.2 Жобалаулар ерекше шарттардағы егер басқа анықталмаған, онда желдің жүктемелері айнымалы бекітілген әсерлер сияқты классификациялауы керек.

4.4.7 Температуралық әсерлер

4.4.7.1 Температуралық әсерлер ыстық сұйықтардан климаттық әсерлер және әсер тұрды.

ҚР НТҚ 01-04.1-2012

4.4.7.2 Температуралық әсерлер әсердің В2.3].

4.4.7.3 Температурныенің ішкі бөлімі ҚР ҚН EN 1991-1-ші және ҚР ҚН EN 1991-4 жағдайларына сәйкес бастапқы мәліметтер негізінде анықтау керек (непрямые) айнымалы жанама әсерлер сияқты классификациялау керек.

4.4.7.4 ҚР ҚН EN 1992-3 және ҚР ҚН EN 1993-4-2 температуралық шектеулері есепке алу керек.

4.4.8 Мәжбүр деформациялар: іргенің тұнбалықтары

4.4.8.1 Отырып кетулермен, ауытқулармен ҚР ҚН EN 1997 жағдайларына сәйкес бастапқы мәліметтер негізінде орындау керегу тағы сол сияқтылар тұнбалықтарға қатысты мәжбүр деформациялардың анықтауы.

4.4.8.2 Бір қалыпты тұнбалардан әсердің анықтауы бункерлердің топтары үшін орындауға керек. Есептеулер толтырылған және бос элементтердің өте қолайсыз комбинациясында тұрақтануы керек.

4.4.8.3 (қосымша тіркелген) Мәжбүр деформациялар (непрямые) айнымалы жанама әсерлер сияқты классификациялау керек.

4.4.9 Авария жүктеме және әсерлері

4.4.9.1 Егер бұл құрылыстың ауданының шарттарымен и/или жобалау тапсырмасымен анықталған, онда келесі авария әсерлері және жүктеме есепке алынуы керек:

- көлік құралдың соққысынанғы әсерлері;
- әсерлер өрт немесе жарылыста;
- сейсмикалық жүктемелер.

4.4.9.2 Көлік құралдың соққысынанғы әсерлері ҚР ҚН жағдайларына сәйкес EN 1991-1-7 бастапқы мәліметтер негізінде есепке алу керек.

4.4.9.3 Әсерлер ҚР ҚН EN 1992, ҚР ҚН EN 1993, ҚР ҚН EN 1994, ҚР ҚН EN 1991-1-2 және тиісті жағдайларына ҚР ҚН EN 1999 жағдайларына сәйкес өртте бастапқы мәліметтер негізінде есепке алу керек.

4.4.9.4 Сейсмикалық жүктемелер ҚР ҚН EN 1998-4 жағдайларына сәйкес бастапқы мәліметтер негізінде есепке алу керек.

4.4.10 Басқасы

4.4.10.1 Егер бұл басқа шарттармен и/или жобалау тапсырмасымен анықталған, онда келесі әсерлер есепке алынуы керек:

- мысалы, Зауыт жасауының резервуарлары үшін әсерлер жасау, бір жағынан жіберу және монтажда;
- резервуар тұстасқан конструкция жіберуші әсерлер;
- тартушы және тиек жүйелеріненгі әсерлері.

4.4.10.2 Керек болса, 1 оқу құралының бөлік көрсетілмеген жүктемелер и/илидың әсері ескере алады.

ұзақтықтар және (тұрақты, айнымалы және басқалары) әсердің сипаты бойынша осы ішкі

4.4.10.3 Бөлім көрсетілген жүктемелердің классификациясын технологиялық тапсырма бойынша жүзеге асыру керек.

4.5 Жүктеме және әсерлерді қиыстырудың ережелері

4.5.1 Қиыстыруды Ортақ ережелер қаралатын шекті күйлерден тәуелді болады және ҚРдың СНОлары сәйкес EN 1990 қолданылуы керек.

4.5.2 Барлық жағдай емес ҚР ҚН А1 және А2дің қосымшаларындағы EN 1990 резервуарлар үшін [Рды (1) 3.1-ші тармаққа ескерту] қарауға және резервуарларға әсерлердің қиыстыруды ережесінің А1]).

4.5.3 Определяющиенің тармағы [қосымшалар және] көрсетілуге қолданылатын келтірілген.

4.5.4 ҚР ҚН EN 1990 және ҚР ҚН EN 1991 қағидаларға және ережелеріне қарама-қайшы емес талғаулы жолдардың қолдануларына рұқсат етіледі.

а) мысалы, болат сұйыққоймалар үшін талап және ҚРдың 2 СНОларының бөлімнің ұсынысы EN 1993-4-2 сақтауға ұсынылады. ҚРдың 2.1 СНОларының кестесінде жеке алғанда EN 1993-4-2 үш есепті ахуалдар үшін коэффициенттер бөлінділер келтірілген, және де - сұйықтың әр түрлі түрлері үшін.

ЕСКЕРТУ: Мысал ішкі бөлімде 5.4 қара.

б) жоқ болғанда басқа мәліметтер, сонымен бірге темірбетон сұйыққоймалар үшін EN 1993-4-2-ші ҚРдың 2.1 СНОларының кестесімен пайдалануға рұқсат етілер еді.

5 ЖҮКТЕМЕЛЕРДІҢ АНЫҚТАУЫНЫҢ МЫСАЛДАРЫ

5.1 Жалпы ережелер

5.1.1 Осы бөлімде көрсетілген мысалдар, нормативтік оқу құралының бір бөліктері болып табылмағанында емес, анықтама материалылар болғанында. Бұл кейбір жолдар және мысал қабылданған алғышарттарды нақты жобалауда алмастырғанын немесе (әдістер ENның ҚРының СНОлары қайшы келуі керек бол) ENның ҚРының СНО ескерілген есептердің шешімінің әдістерімен шартқа толықтыра алғанын білдіреді. Мүмкіндік сияқтылар, мысалдардағы осындайдалар көрсетілген.

5.1.2 Мысалы, қайда онда бұл болуы мүмкін, талғаулы әдістердің қолдануды иллюстрациясының мақсатымен, әртүрлі мысалдарда (1 және 3-ші мысалдардағы аэродинамикалық коэффициенттің мәндерінің алуын қара) ылғи бір параметрдің алуы үшін әр түрлі әдістер қолданған.

5.1.3 Мысалдардың өңдеуінің жанында негізгі қағида және есептеулердің орындауының ережелерінің оқырманмен білімі есептеді, соның ішінде - айтылған нормативтік құжаттардағы. Мысалы, мысалдардағы сондықтан кейбір тұжырымдар және құрылыс механикасының облысы және материалдар кедергісінен ұғымдары ашылмайды.

5.1.4 Осы мысалдармен сәйкес нақтылы жүктемелердің қолдануы бұдан әрі есептеулер инженер-есепшімен олардың ары қарай интерпретациясына жібереді. Мысалы, мысалы, мысалы, бұл шұңқырдың көлбеген қабырғаларына өз салмақтанғы құрайтын жүктемелеріне жіктеуі бола алады), жеке жиірек бункер немесе бөлінген жүкті түрдегі жалпы салмақтың түріндегі жүктеменің қосымшасының түрінің тандауын шекті

элементтер әдісі бойынша) есептелетін нақты үлгі үшін жүктемелердің ұсынысының басқа адымы) тағы сол сияқтылар.

5.1.5 Есептік сұлбалардағынақты конструкциялар қарағанда жеңілдетуді пайдаланған. Мысалы, конустың төбесі немесе пирамида, жүктемелердің қосымшаның схемасына дейін шұңқырдың биіктігінің қабылдануының кейбіреулері және де тағы басқалар) ЕНның ҚРының СНОларының тиісті тараулардаларында анықталған.

5.1.6 Ыңғайлы болу үшін әрбір мысал пайдаланушы көздің нүктесімен, барлық қажетті сілтемелер, суреттер, формула (кейде қайталанатын мысалға мысалдардан тіпті) тағы сол сияқтылар қосатын біткен мәтін сияқты орындаған. Мысал сайып келгенде, зерттеуде қандай болмасын басқа мысалдарға ақпаратті іздестіруге алаңдай айналуға керек болмайды.

5.1.7 Келесі шарттылықтарды мысалдардың мәтіндерінің ресімдеуінде қолданылды.
а) мысалдардағы суреттердің нөмірлері әрбір мысал шектеріндегі өз тесіп өткен нөмірлеулерін алады, және де суреттің нөміріндегі алғашқы екі цифр мысалдың ішкі бөлімін нөмірге сәйкес келеді;

б) есептеулерде, мәндердің дөңгелектеулері қалай орындалар еді, тарапқа, жүктеменің шамасының көтеру қабілеті үшін қолайсыз - үлкен тарапқа, қиманың ауданы - кіші тағы сол сияқтылар;

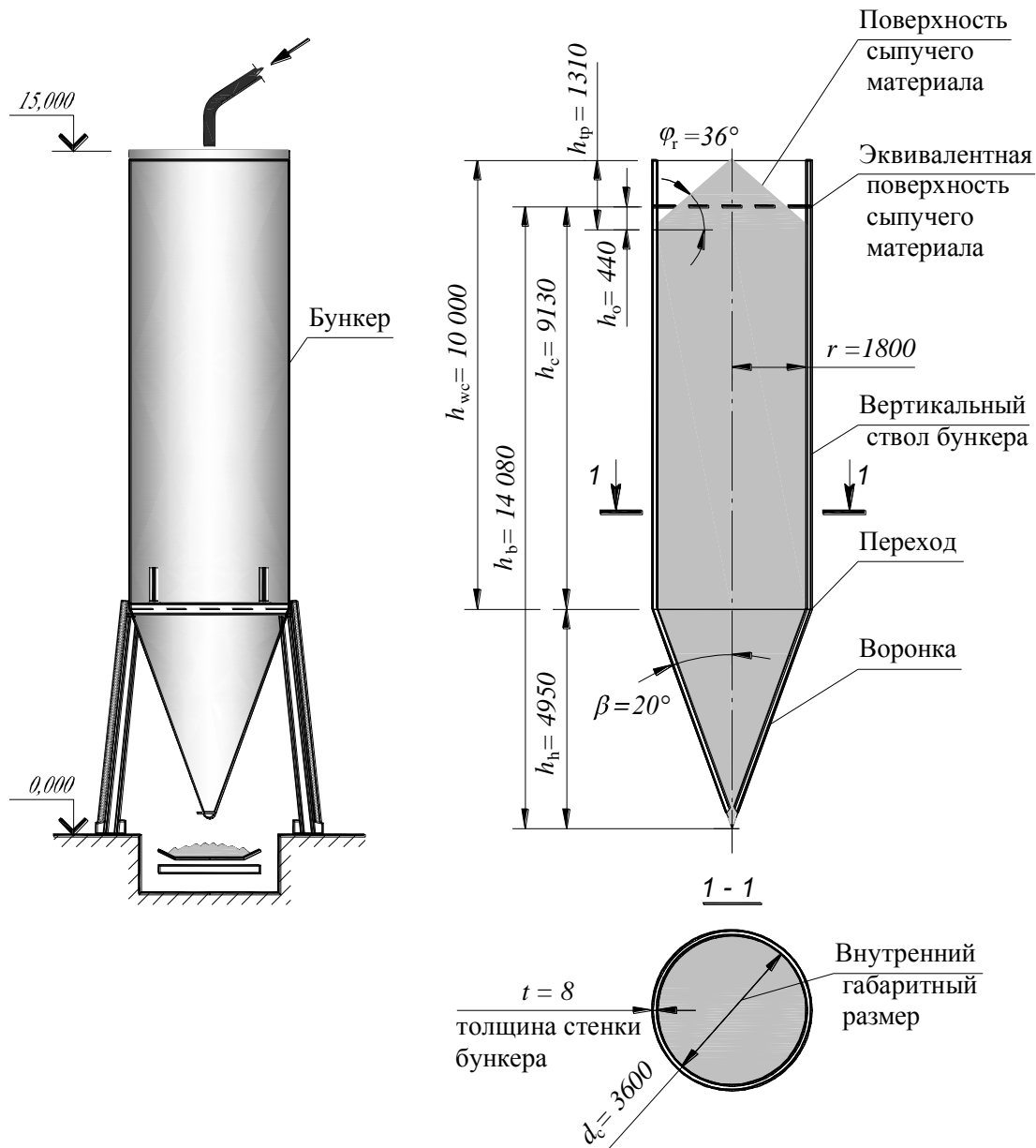
в) мысалдың формуласындағы алмастыруының жанында мәтін келтірілген сандар бойынша есептеу мысал көрсетілген нәтижеден айырмашылығы болатында жағдайлар болуы мүмкін мысалдардағы болуы мүмкін тебетейілген есептеулерді тексеруге "қол" жанында; бұл есептеуді мысалдың өңдеуінің жанында сақталған санның оларында дөңгелектендірмегенінде емес, (формуладағы алмастыруының жанында) мысалдардың мәтініне жинақталған нәтижелерді көтеріп шығарылғанында Microsoft Excel арифметикалық әсерлер айнымалы орындай бағдарламаны қолданып өндіріп алатын байланған.

МЫСАЛ

- Excel ұяшығында: «=2,00000*(1,00000-0,20000)*0,21622*1,00000»=0,3459;
- мәтінде: $2 \times (1 - 0,2) \times 0,22 \times 1,0 = 0,346$;
- «қолесеп»: $2 * 0,8 * 0,22 = 0,352$.

5.2 Құрыштан жасалған бункер

5.2.1 Бастапқы деректер



5.2.1 Сурет

5.2.1.1 Суретте 5.2.1 тебетейілген бункер цементтің сақтауы үшін арналған.

Толтыру симметриялық, орталық орналасқан жүктеуші саңылау арқылы.

Сусымалы материал ([(5)) 6.1.2] қара) конструкциялардың динамикалық жүктеуі үшін шарттарды құрмайды.

5.2.1.2 Геометриялық өлшемдер технологиялық жобалау тапсырмасы бойынша қабылданған:

- $h_{wc} = 10$ моларды (дінгек) цилиндрлік бөліктің биіктігі;
- $r = 1,8$ моларды көлденең қиманың дөңгелегінің радиусы;
- шұңқыр конустық;
- бункердің тік өстері туралы шұңқырдың жасаушы қабырғасының көлбеу бұрышы $\beta = 20^\circ$.

ҚР НТҚ 01-04.1-2012

5.2.1.3 Бункердің қабырғаларының материалы - болат.

Қосулар - дәнекерленген.

Кедір-бұдырлық бойынша қабырғаның дәрежесі ([кестені 4.1] қара) D2 қабылданған.

Алдын ала қабылданған $t = 8$ ммнің қабырғасының орташа жуандығы.

5.2.1.4 Бірге оған орнатылған жабдықпен төбенің өз салмағы $g_t = 2, 5$ кН/м²-ші шамасымен бөлінген жүкті түрде қабылданған.

5.2.1.5 $s_k = 1, 6$ кН/м²-ші құрылыстың ауданындағы жерге қар жүктемесінің Мінездемелік мәні

Құрылыстың ауданы теңіз деңгейінің үстінде 1500 модан кемді биіктікте орналастырған.

Шарттар - ((1) ҚРдың СНОлары EN 1991-1-3) 3.2-ші тармақты қара) (нормалы) кәдімгі.

5.2.1.6 Құрылыстың ауданындағы Желдің жүктемелері (EN 1991-1-4-ші ҚР ҚН 4.3.2-ші тармағын қара) IV-ші түр болатын жер үшін анықтау керек.

V_b ның құрылысының ауданындағы желдің негізді жылдамдығының негізгі мәні, $o = 23$ м/с.

Жер EN 1991-1-4, сол орографияның ықпалдары және таяудағы ғимараттардың ҚР ҚН (2) 4.3.3-ші тармақтың шарты астында тигізеді менсінбеуге рұқсат етіледі

5.2.1.7 Температуралық әсерлер түрінде бір қалыпты құрайтын температура айырымында ескереді ме? $T = 20$ градустар.

5.2.1.8 Ordinary ULS кәдімгі кризистік шекті күйді есепке алуы бар бункердің есептеуі үшін жүктеме және әсерді анықтауға керек болады, тіректердің тұнба A2)).

5.2.1.9 Неравномерностьюдің кестесін менсінбеуге рұқсат етілуге қара.

5.2.2 Шешім

5.2.2.1 Бункердің геометриялық параметрлерін мәліметті пайдалана [бөлім 1] және суретте 5.2.1 келтірілгенбіз анықтаймыз.

а) бункердің көлденең қимасының ішкі габаритті өлшемінің Мінездемелік мәні

$$d_c = 2 \times r = 2 \times 1,8 = 3,6 \text{ м.}$$

б) шұңқырдың төбе өлшенген шұңқырлар биіктік

$$h_h = r / \operatorname{tg}(\beta) = 1,8 / \operatorname{tg}(20^\circ) = 4,95 \text{ м.}$$

в) сусымалы материалды төгілген конустың биіктігін формула бойынша іздейміз

$$h_{cp} = r \times \operatorname{tg}(\phi).$$

Болғанша бункердің сыныбы анықталып, алдын ала қабылдайтындығымыз ба?демек, E1]:нің кестесіне бойынша [4.2.3] бойынша r ма? $r = 36$.

Бункер егер ескерту 3 түрге жатқызады, онда анықтауға керек пе?сақталатын ((3)) 4.2.2] қара) материалдың сынаулары r жолымен.

Сонымен, алдын ала аламыз

$$h_{cp} = 1,8 \times \operatorname{tg}(36^\circ) = 1,31 \text{ м.}$$

г) сусымалы материалды баламалы бетпен және төгілген конустың негізінің аралығында қашықтық

$$h_o = \frac{r}{3} \times \operatorname{tg}(\phi_r) = \frac{1,8}{3} \times \operatorname{tg}(36^\circ) = 0,44 \text{ м.}$$

д) баламалы бетке дейін бункердің тік оқпанын биіктігі

$$h_c = h_{wc} - h_{tp} + h_o = 10 - 1,31 + 0,44 = 9,13 \text{ м.}$$

е) баламалы бетке шұңқырдың төбесінен бункердің Ортақ биіктігі

$$h_b = h_h + h_c = 4,95 + 9,13 = 14,07 \text{ м.}$$

ж) тік оқпанды көлденең қиманың ауданы

$$A = \pi \times \frac{d_c^2}{4} = \pi \times \frac{3,6^2}{4} = 10,18 \text{ м}^2.$$

и) бункердің тік оқпанын көлденең қиманың Ішкі периметрі

$$U = \pi \times d_c = \pi \times 3,6 = 11,31 \text{ м.}$$

5.2.2.2 [(3) 1.1.2] көрсетілген шектеулер тексереміз:

а) $h_b = 14,07 \text{ м} < 100 \text{ м}$; орындалады;

б) $d_c = 3,6 \text{ м} < 60 \text{ м}$; орындалады;

в) $h_b/d_c = 14,07 / 3,6 = 3,91 < 10$ орындалады.

5.2.2.3 Бункердің түрін анықтаймыз.

а) (шұңқыр - конустық) осы жағдай үшін суретте 1 келтірілген схемаға сәйкес,

$$\text{байланысты пайдаланамыз } \frac{h_c}{d_c} = \frac{9,13}{3,6} = 2,52$$

(1-ші суретті қара) демек, иілгіштік бойынша бункер түрге солқылдақ жатады.

б) $d_c/t = 3600 / 8 = 450 > 200$ (см. [1.5.44] и [5.2.1.4(1)]), есепке ала отырып бункерді жұқа бүйірлі санаймыз.

5.2.2.4 Талаптардың сыныбын анықтаймыз.

а) сусымалы материалды массаны бункердің толық толтыруында есептейміз:

- сақталатын (шұңқырдың төбесіне дейін) материалдың максимал көлемі табамыз

$$V_f = A \times \left(h_c - h_o + \frac{1}{3} \times (h_h + h_{tp}) \right) = 10,18 \times \left(9,13 - 0,44 + \frac{4,95 + 1,31}{3} \right) = 109,7 \text{ м}^3$$

сақталатын материалдың салмағы формула бойынша анықтаймыз

$$G_f = \gamma_u \times V_f.$$

Болғанша бункердің сыныбы анықталып, алдын ала қабылдайтындығымыз ба? демек, Е1]нің кестесіне бойынша [4.2.3] бойынша $\gamma_u = 16 \text{ кН/м}^3$.

Бункер егер ескерту 3 түрге жатқызады, онда анықтауға керек γ_u сақталатын ([3) 4.2.2] қара) материалдың сынаулары γ_u жолымен.

$$G_f = 16 \times 109,7 = 1755,1 \text{ кН аламыз.}$$

- сақталатын материалдың массасы $M_f = G_f / g = 1755,1 / 9,81 = 178,9 \text{ т.}$

б) [кестеге 2.1] бойынша 2-ші талаптардың сыныбы қабылдар едік.

5.2.2.5 Талаптардың сыныбы үшін сусымалы материалды мінездеме 2, [4.2.2] сәйкес [4.2.3] және, сусымалы материалды мінездеменің Е1].

а) Принятыенің кестесіне бойынша анықтауға рұқсат етіледі төменде келтірілген:

- материалдың дара салмағы:

- төменгі мінездемелік мән $\gamma_1 = 13,0 \text{ кН/м}^3$;

- жоғарғы мінездемелік мән $\gamma_u = 16,0 \text{ кН/м}^3$;

- қиябет бұрышы $\phi_t = 36^\circ$;

ҚР НТҚ 01-04.1-2012

- ішкі үйкелісті бұрыш ϕ ;
- орташа мән $\phi_m = 30^\circ$;
- қайта есептің коэффициенті $a_\phi = 1,22$;
- К:ның көлденең жүктемесінің коэффициенті
- орташа мән $K_m = 0,54$
- қайта есебінің коэффициенті $a_K = 1,2$;
- қабырға туралы үйкелес еселігі μ D2:нің қабырғасының дәрежелерінің жанында
- орташа мән $\mu_m = 0,46$;
- қайта есептің коэффициенті $a_\mu = 1,07$
- жергілікті жүктемесі үшін коэффициент $C_{op} = 0,5$.

б) [(4.1)-шы 4.6) формулаларға] бойынша жетіспеушіліктін мінездемелік мәндер есептер едік:

- жоғарғы мінездемелік мән $K = K_m \times a_K = 0,54 \times 1,2 = 0,65$;
- төменгі мінездемелік мән $K = K_m / a_K = 0,54 / 1,2 = 0,45$;
- жоғарғы мінездемелік мән $\mu = \mu_m \times a_\mu = 0,46 \times 1,07 = 0,49$;
- төменгі мінездемелік мән $\mu = \mu_m / a_\mu = 0,46 / 1,07 = 0,43$;
- жоғарғы мінездемелік мән $\phi = \phi_m \times a_\phi = 30^\circ \times 1,22 = 36,60^\circ$;
- төменгі мінездемелік мән $\phi = \phi_m / a_\phi = 30^\circ / 1,22 = 24,59^\circ$.

в) [3.2-ші ішкі бөлімімен] сәйкес сусымалы материалдың мінездемелерінің комбинациясын құраймыз:

- келесі мәндер [кесте 3.1] мәліметті қолдана аламыз:

Комбинация №	Жүктеуді жетілетін вариант	Қолданылатын мінездемелік мән		
		Қабырға туралы үйкелес еселігі μ	Коэффициент көлденең жүктемелер K	Ішкі үйкелісті бұрыш ϕ
1	Тік қабырғаға максимал қалыпты қысымы (p_{hf} или p_{he})	0,43	0,65	24,59
2	Тік қабырғаға максимал жүктеме үйкеліс есебінен (p_{wf} или p_{we})	0,49	0,65	24,59
3	Шұңқырға максимал тік жүктемесі (p_{vf})	0,43	0,45	36,60
4	Шұңқырға максимал қысымдары толтыруда (p_{nf} и p_{tf})	0,43	0,45	24,59
5	Жүктүсірудің жанында шұңқырға максимал қысымдары (p_{ne} и p_{te})	0,43	0,65	36,60

- барлық есептеулер үшін материалдың дара салмағы жоғарғы мінездемелік мәнді сияқты қабылдаймыз сусымалы материалды ағымның параметрлерін E1)).)

5.2.2.6 Сыныбы үшін сусымалы материалды

а) шұңқырдағы үйкелес еселіктері төменгі мінездемелік мән үшін $\mu_h = 0,43$ және конустық шұңқыр, түкпірлету үшін $\beta = 20^\circ$, ([F.1дің суреті] сонымен бірге қара) [суретке 4.1a] сәйкес осы жағдайда жүк түсірудің жанында жаппай ағынның білімі болуы мүмкін табамыз.

б) болып табыл толтыру, бастапқы дерекке сәйкес - симметриялық; жүк түсіру - симметриялық, алайда, [ішкі бөлім 3.3] жағдайлармен сәйкес, симметриялық емес қысымдардың білімінің мүмкіндігі симметриялық жаппай ағында ескеру керек.

5.2.2.7 Бункердің қабырғасындағы сусымалы материалынанғы жүктемелері

) ТОЛТЫРУ.

1) Симметриялық жүктемелер.

- Янссеннің теориясы бойынша тереңдіктің мінездемелік мәнін есептейміз:

Белгі	Формула	Комбинация		
		1	2	3
z_o	$z_o = \frac{1}{K \times \mu} \times \frac{A}{U}$	3,23	2,82	4,65

- үлкен тереңдікте асимптотикалық көлденең қысым есептейміз:

Белгі	Формула	Комбинация		
		1	2	3
p_{ho}	$p_{ho} = \gamma \times K \times z_o$	33,50	29,26	33,50

- қысымның өзгеруінің функциясы тереңдікке байланысты төменде келтірілген:

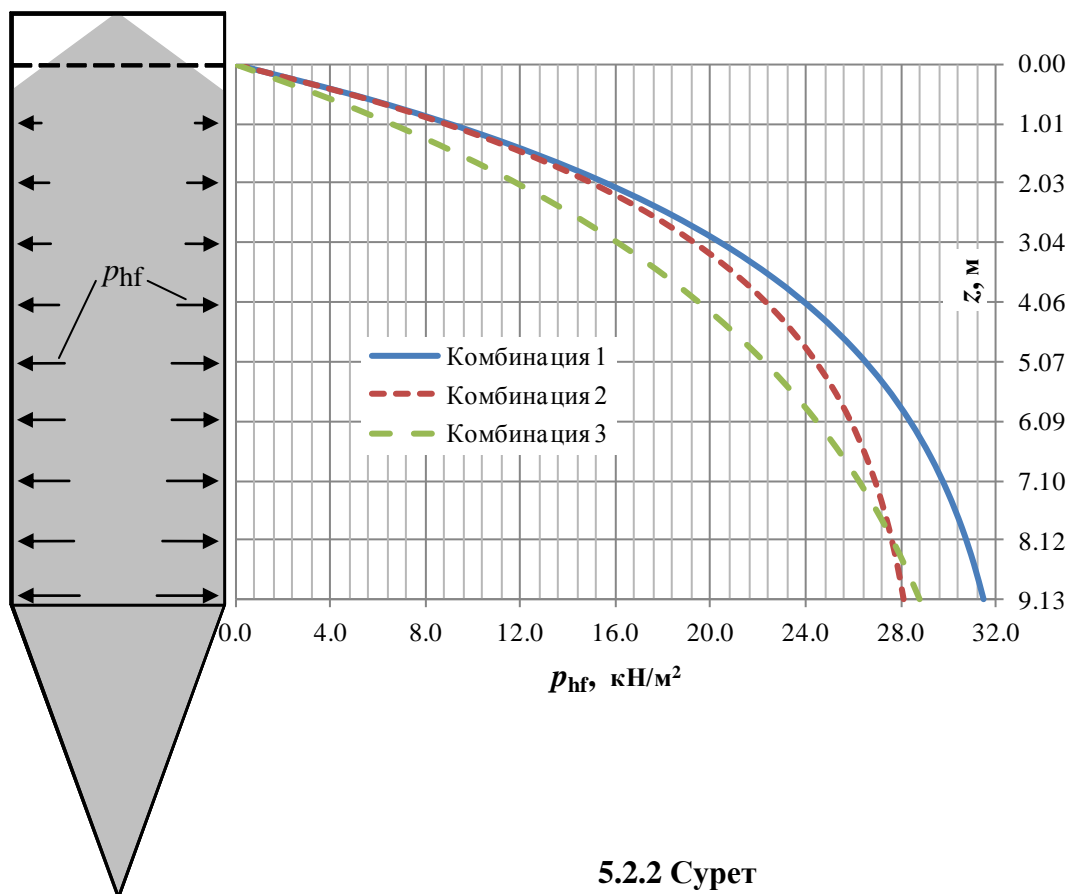
Белгі	Формула	Глубина $z, \text{ м}$	Комбинация		
			1	2	3
Y_j	$Y_j(z) = 1 - e^{-z/z_o}$	0,00	0,00	0,00	0,00
		0,61	0,17	0,19	0,12
		1,22	0,31	0,35	0,23
		1,83	0,43	0,48	0,32
		2,43	0,53	0,58	0,41
		3,04	0,61	0,66	0,48
		3,65	0,68	0,73	0,54
		4,26	0,73	0,78	0,60
		4,87	0,78	0,82	0,65
		5,48	0,82	0,86	0,69
		6,09	0,85	0,88	0,73
		6,69	0,87	0,91	0,76
		7,30	0,90	0,92	0,79
		7,91	0,91	0,94	0,82
		8,52	0,93	0,95	0,84
		9,13	0,94	0,96	0,86

ЕСКЕРТУ: Мысалы, (тереңдікке) биіктік бойынша бөлуді бұл жерде бұдан әрі адым конструкцияның бөліктеуін Шағаға байланысты түпкі элементтерге есепшіні қабылдайды

- көлденең қысымды үміт артамыз:

Белгі	Формула	Тереңдігі z , м	Комбинация		
			1	2	3
p_{hf}	$p_{hf}(z) = p_{ho} \times Y_j(z)$	0,00	0,00	0,00	0,00
		0,61	5,75	5,68	4,11
		1,22	10,51	10,25	7,71
		1,83	14,46	13,94	10,87
		2,43	17,73	16,91	13,65
		3,04	20,44	19,30	16,08
		3,65	22,68	21,23	18,22
		4,26	24,53	22,79	20,09
		4,87	26,07	24,05	21,73
		5,48	27,35	25,06	23,18
		6,09	28,40	25,87	24,44
		6,69	29,28	26,53	25,55
		7,30	30,00	27,06	26,52
		7,91	30,60	27,48	27,38
		8,52	31,10	27,83	28,13
		9,13	31,51	28,10	28,79

Бункердің қабырғасындағы көлденең қысымның үлестірілуін эпюра суретте 5.2.2 көрсетілген. Бұл сурет аралық мәндердің алуы үшін қолдануға болады.



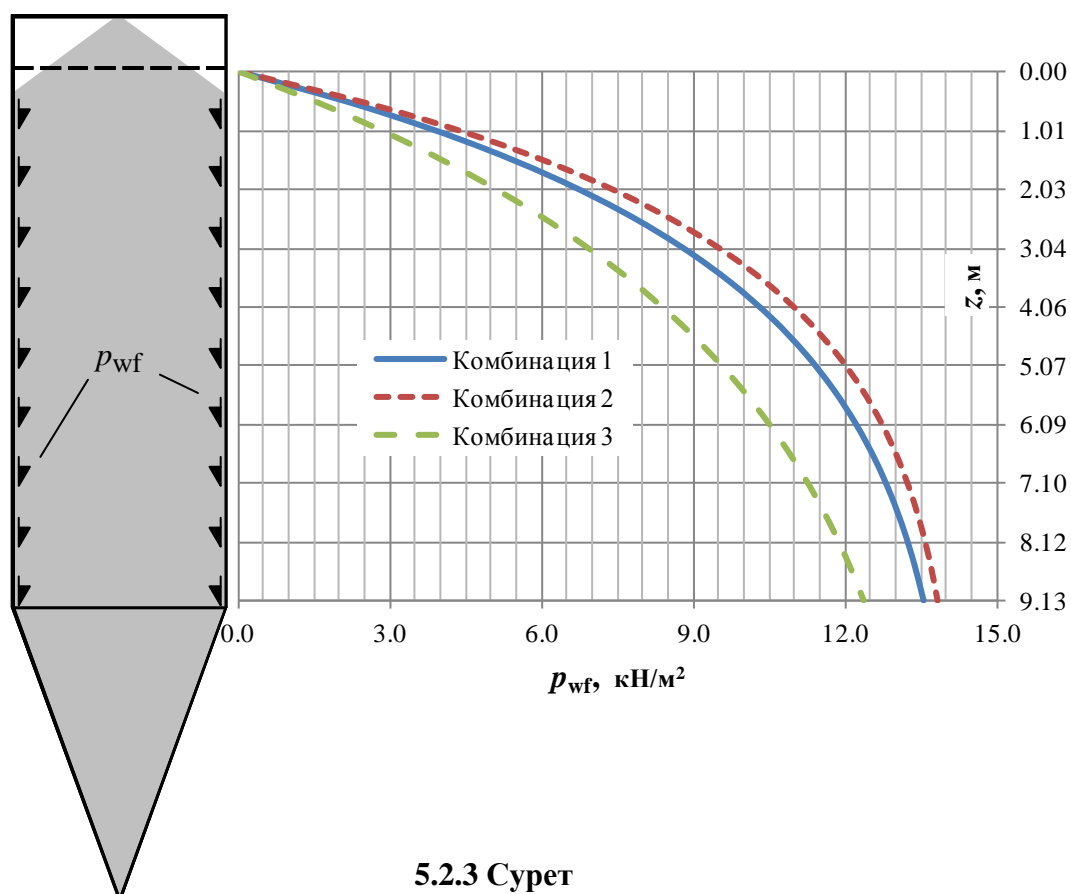
5.2.2 Сурет

Қабырға туралы жүктеме үйкеліс есебінен төменде келтірілген:

Белгі	Формула	Тереңдігі $z, \text{ м}$	Комбинация		
			1	2	3
p_{wf}	$p_{wf}(z) = \mu \times p_{ho} \times Y_j(z)$	0,00	0,00	0,00	0,00
		0,61	2,47	2,79	1,77
		1,22	4,52	5,04	3,31
		1,83	6,22	6,86	4,67
		2,43	7,62	8,32	5,87
		3,04	8,79	9,50	6,91
		3,65	9,75	10,45	7,83
		4,26	10,55	11,22	8,64
		4,87	11,21	11,83	9,34
		5,48	11,76	12,33	9,96
		6,09	12,21	12,73	10,51
		6,69	12,59	13,06	10,98
		7,30	12,90	13,32	11,40
		7,91	13,16	13,53	11,77
		8,52	13,37	13,70	12,09
		9,13	13,55	13,83	12,38

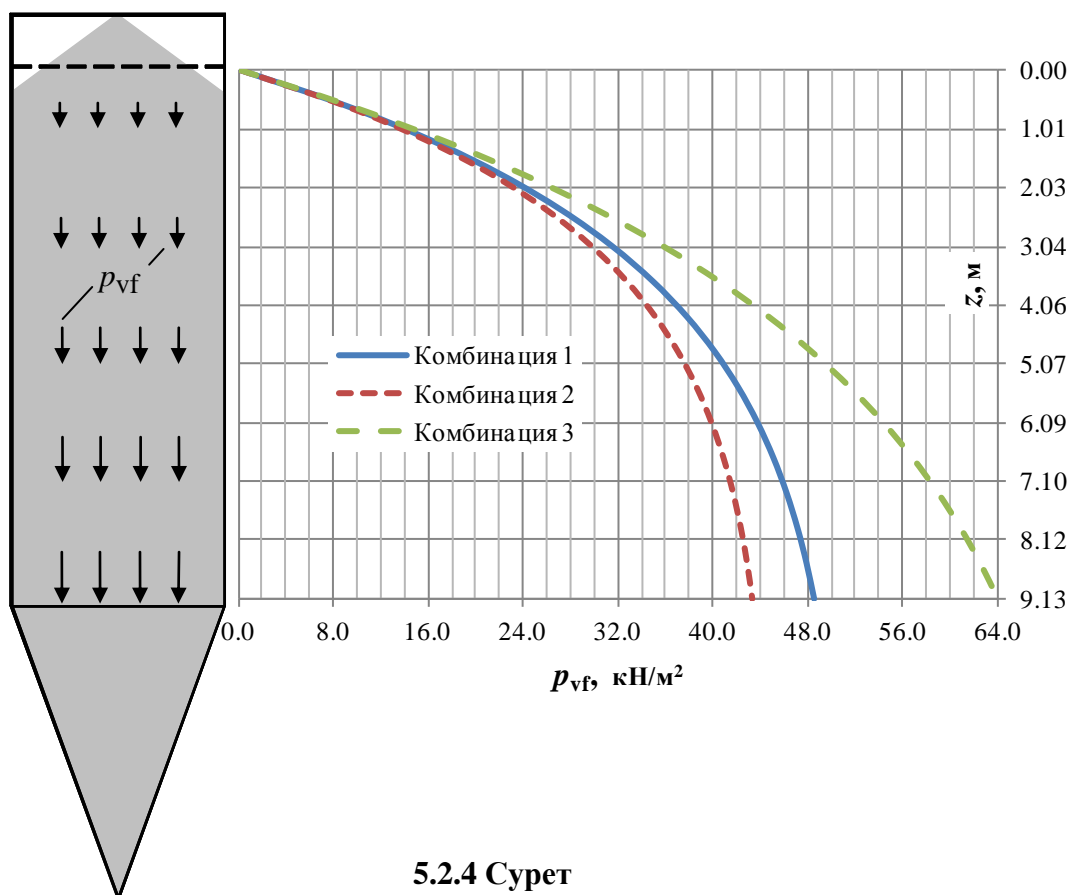
Эпюра суретте 5.2.3 көрсетілген.

тік қысымды есептейміз:



Белгі	Формула	Тереңдігі z, м	Комбинация		
			1	2	3
p_{vf}	$p_{vf} = \frac{p_{ho}}{K} \times Y_j(z)$	0,00	0,00	0,00	0,00
		0,61	8,87	8,76	9,13
		1,22	16,23	15,82	17,13
		1,83	22,31	21,51	24,16
		2,43	27,36	26,09	30,32
		3,04	31,54	29,79	35,73
		3,65	35,00	32,77	40,48
		4,26	37,86	35,17	44,64
		4,87	40,24	37,11	48,30
		5,48	42,20	38,67	51,50
		6,09	43,83	39,92	54,31
		6,69	45,18	40,94	56,78
		7,30	46,30	41,75	58,94
		7,91	47,22	42,41	60,84
		8,52	47,99	42,94	62,51
		9,13	48,63	43,37	63,97

Эпюра суретте 5.2.4 көрсетілген.



2) Жергілікті жүктемелер.

- талаптардың сыныптың жұқа бүйірлі дөңгелек дәнекерленген бункері үшін 2, [(3) 5.2.1.4] сәйкес, жергілікті жүктемесін қабылдаймыз z_p тереңдікке зодан кішісі мәнмен және 0, 5 болатын қосымша тіркелгенбіз бе?((7)-шы -шы осы мысал және 5.2.5-ші сурет) тармақтағы кестені қара h_c :

Белгі	Формула	Комбинация		
		1	2	3
z_p	Минимум из z_o и $0,5 \times h_c = 4,56\text{м}$	3,23	2,82	4,56

сусымалы материалды бетте ([1.1b-ші сурет] қара) толтыру пайда болатын төгілген конустың максимал эксцентриситетін анықтаймыз:

бастапқы дерекке сәйкес $e_f = 0$;

$E = 2 \times e_f / d_c = 0$ параметрін есептейміз;

жергілікті жүктеме үшін үлкеюдi коэффициент толтыруда [(5.9) формуланы] қолдана табамыз:

$$C_{pf} = 0,21 \times C_{op} \times (1 + 2 \times E^2) \times (1 - e^{(-1,5 \times ((h_c / d_c) - 1))}) =$$

$$= 0,21 \times 0,5 \times (1 + 0) \times (1 - e^{(-1,5 \times ((9,13 / 3,6) - 1))}) = 0,095;$$

$C_{op} = 0,5$ қоқсық бұл жерде - ((5) осы мысал) тармақты қара) жергілікті жүктеме үшін сусымалы материалды коэффициент;

- ((7)-шы -шы осы мысал) тармақты қара көлденең қысымның мәні жергілікті жүктемені қоса тіркейтiнi тереңдікке есептейміз:

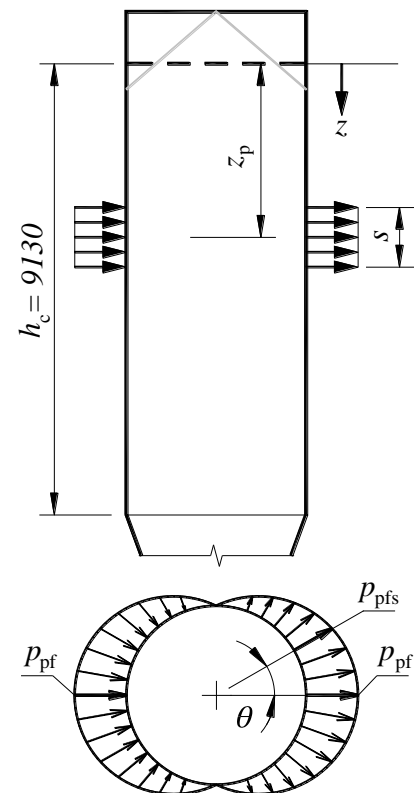


Рисунок 5.2.5

Белгі	Формула	Комбинация		
		1	2	3
p_{hf}	см. пункт (7)-а)-1)	21,17	18,49	20,94

-- толтыру үшін жергілікті қысымның амплитудасының базистік мәнін анықтаймыз:

Белгі	Формула	Комбинация		
		1	2	3
p_{pf}	$p_{pf} = C_{pf} \times p_{hf}$	2,00	1,75	1,98

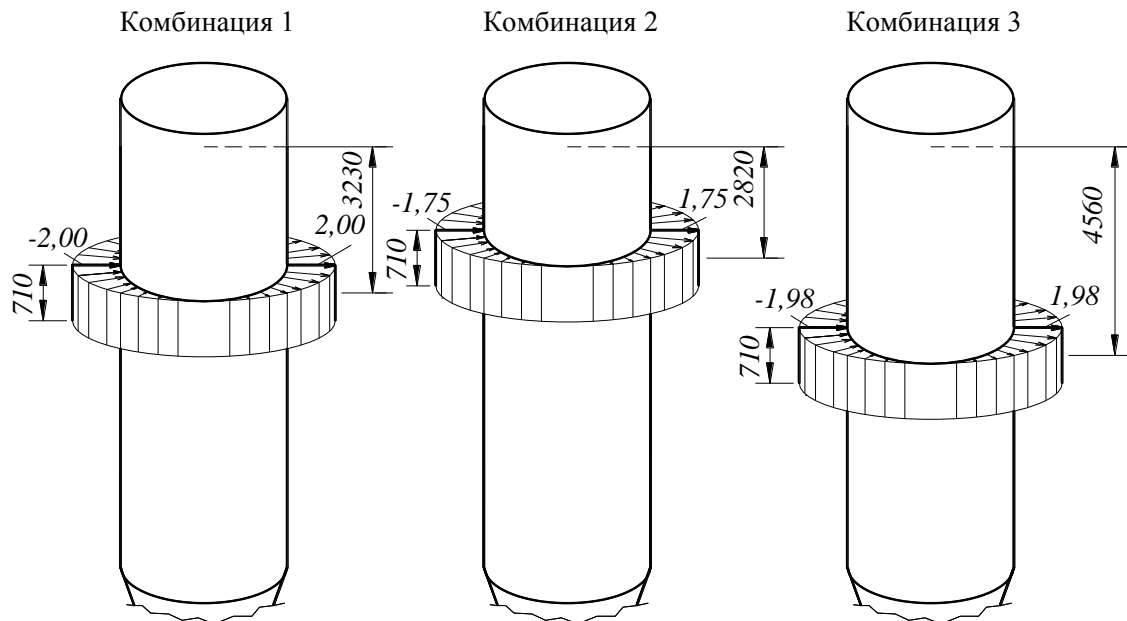
- жергілікті қысымның қосымшалары биіктікті [(5.12) формулаға] бойынша

$$\text{аламыз: } s = \pi \times d_c / 16 = 3,1416 \times 3,6 / 16 = 0,71 \text{ м;}$$

- бункердің діңгегінің қимасының дөңгелегі қысымның (өзгеріс) үлестірілуі бойлай:

Белгі	Формула	Есептеудің бұрышы θ , градус	Комбинация		
			1	2	3
p_{pfs}	$p_{pfs} = p_{pf} \times \cos(\theta)$ Ескерту Туралы 360ге туралы бұрышы θ үшін мәндер 180дегі айна келтірілген осы кестеде қабылдау.	0	2,00	1,75	1,98
		10	1,97	1,72	1,95
		20	1,88	1,64	1,86
		30	1,73	1,51	1,71
		40	1,53	1,34	1,52
		50	1,29	1,12	1,27
		60	1,00	0,87	0,99
		70	0,68	0,60	0,68
		80	0,35	0,30	0,34
		90	0,00	0,00	0,00
		100	-0,35	-0,30	-0,34
		110	-0,68	-0,60	-0,68
		120	-1,00	-0,87	-0,99
		130	-1,29	-1,12	-1,27
		140	-1,53	-1,34	-1,52
		150	-1,73	-1,51	-1,71
		160	-1,88	-1,64	-1,86
		170	-1,97	-1,72	-1,95
		180	-2,00	-1,75	-1,98

Жергілікті қысымның үлестірілуі график түрінде түрде суретте 5.2.6 көрсетілген.



5.2.6 сурет

б) БОСАТУ

1) Симметриялық жүктемелер

- талаптардың сыныбының солқылдақ бункерлері үшін 2, [(4) 5.2.2.1] сәйкес, жүк түсірудің коэффициенттері тең:

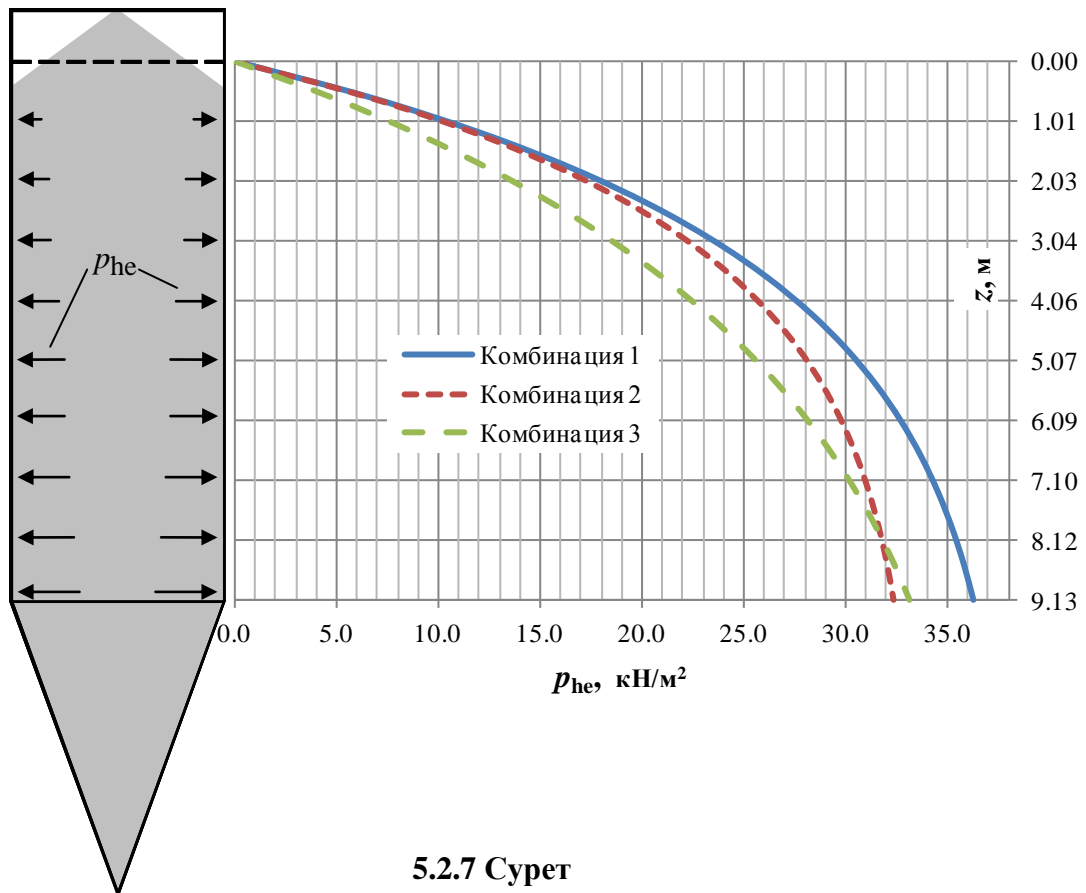
- көлденең қысым үшін $C_h = C_o = 1,15$;

- қабырғалар туралы жүктемелер үшін үйкеліс есебінен $C_w = 1,1$;

- көлденең қысымды есептейміз:

Белгі	Формула	Тереңдігі z, м	Комбинация		
			1	2	3
p_{he}	$p_{he} = C_h \times p_{hf}$, p_{hf} – осы мысалдың (7)- а)-1 бөлігін қара)	0,00	0,00	0,00	0,00
		0,61	6,61	6,53	4,72
		1,22	12,09	11,79	8,87
		1,83	16,63	16,03	12,50
		2,43	20,39	19,45	15,69
		3,04	23,50	22,20	18,49
		3,65	26,08	24,42	20,95
		4,26	28,21	26,21	23,10
		4,87	29,98	27,65	24,99
		5,48	31,45	28,81	26,65
		6,09	32,66	29,75	28,11
		6,69	33,67	30,51	29,38
		7,30	34,50	31,12	30,50
		7,91	35,19	31,61	31,49
		8,52	35,76	32,00	32,35
		9,13	36,24	32,32	33,11

Эпюра суретте 5.2.7 көрсетілген.

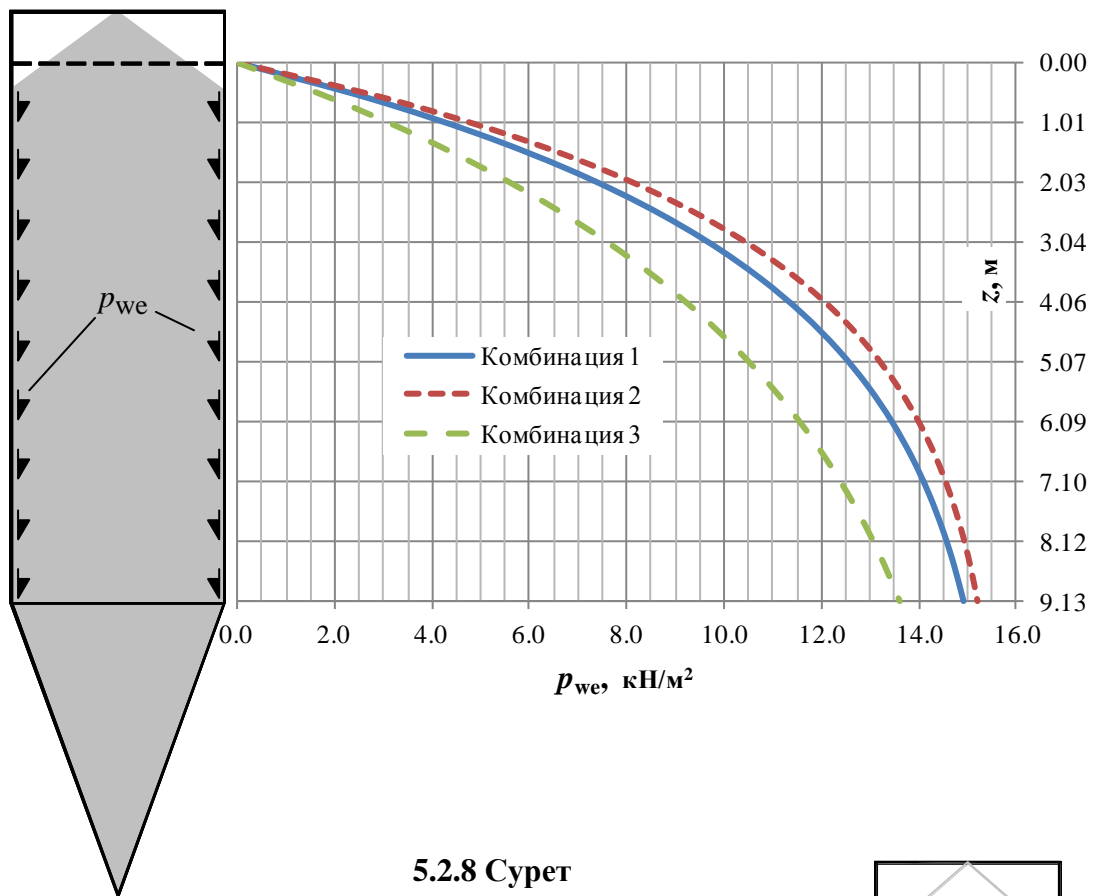


5.2.7 Сурет

- қабырға туралы жүктемені үйкеліс есебінен анықтаймыз:

Белгі	Формула	Тереңдігі $z, \text{ м}$	Комбинация		
			1	2	3
p_{we}	$p_{we} = C_w \times p_{wf},$ p_{wf} – осы мысалдың (7)-а)-1 бөлігін қара)	0,00	0,00	0,00	0,00
		0,61	2,72	3,07	1,94
		1,22	4,97	5,55	3,65
		1,83	6,84	7,55	5,14
		2,43	8,38	9,15	6,45
		3,04	9,66	10,45	7,60
		3,65	10,72	11,50	8,61
		4,26	11,60	12,34	9,50
		4,87	12,33	13,02	10,28
		5,48	12,93	13,57	10,96
		6,09	13,43	14,01	11,56
		6,69	13,85	14,36	12,08
		7,30	14,19	14,65	12,54
		7,91	14,47	14,88	12,95
		8,52	14,71	15,07	13,30
		9,13	14,90	15,22	13,61

Эпюра суретте 5.2.8 көрсетілген.



5.2.8 Сурет

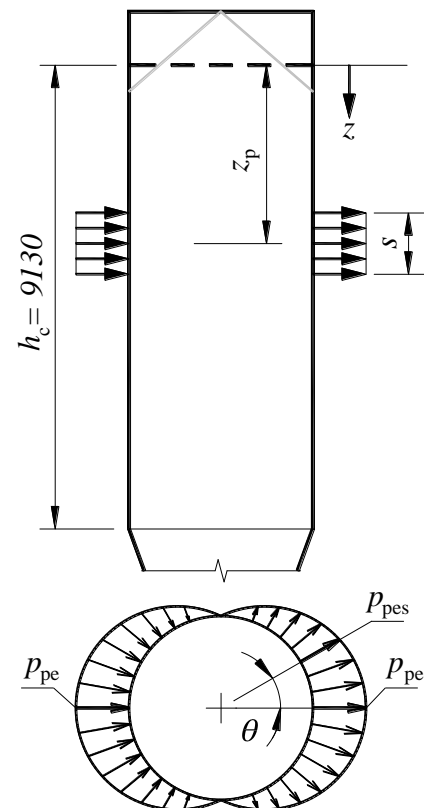
2) Жергілікті жүктемелер.

[(4) 5.2.2.2-ші тармақ] шарт тексереміз:

- $e_o = 0 < e_{o,cr} = 0,25 \times d_c = 0,9$;
- $e_f = 0 < e_{f,cr} = 0,25 \times d_c = 0,9$ при $h_c / d_c = 2,54 < 4,0$.

Шарттар орындалмайды, демек [5.2.4] процедура керек болмайды.

- талаптардың сыныптың жұқа бүйірлі дөңгелек дәнекерленген бункері үшін 2, [(3) 5.2.2.4] сәйкес, жергілікті жүктемесін қабылдаймыз тереңдікке қосымша тіркелгенбіз z_p , зодан болатын кішісі мәнмен және 0, 5 пе?((7)-шы -шы осы мысал және 5.2.9-шы сурет) тармақтағы кестені қара h_c :



5.2.9 Сурет

Белгі	Формула	Комбинация		
		1	2	3
z_p	z_0 ішіндегі минимум және $0,5 \times h_c = 4,56$ м	3,23	2,82	4,56

- эксцентриситеттердің максималы ретінде есепті эксцентриситетті анықтаймыз e_f және e_o :
 $e = \max(e_f, e_o) = 0$;

- $E = 2e/d_c = 0$ параметрді есептейміз;

- жүк түсірудің жанында жергілікті жүктеме үшін үлкеюді коэффициент [(5.28) формуланы] колдана табамыз, өйткені $h_c / d_c = 2,54 > 1,2$:

$$C_{pe} = 0,42 \times C_{op} \times (1 + 2 \times E^2) \times (1 - e^{(-1,5 \times ((h_c / d_c) - 1))}) =$$

$$= 0,42 \times 0,5 \times (1 + 0) \times (1 - e^{(-1,5 \times ((9,13 / 3,6) - 1))}) = 0,19;$$

- Мұнда $C_{op} = 0,5$ - (5) осы мысал) тармақты қара) жергілікті жүктеме үшін сусымалы материалды коэффициент;

- ((7)-шы -шы осы мысал) тармақ қарайды екен көлденең қысымның мәні жергілікті жүктемені қоса тіркейтіні тереңдікке есептейміз

Белгі	Формула	Комбинация		
		1	2	3
p_{he}	(7)-б)-1) тарауды қара	24,35	21,27	24,08

жүк түсіру үшін жергілікті қысымның амплитудасының базистік мәнін анықтаймыз

Белгі	Формула	Комбинация		
		1	2	3
p_{pe}	$p_{pe} = C_{pe} \times p_{he}$	4,60	4,02	4,55

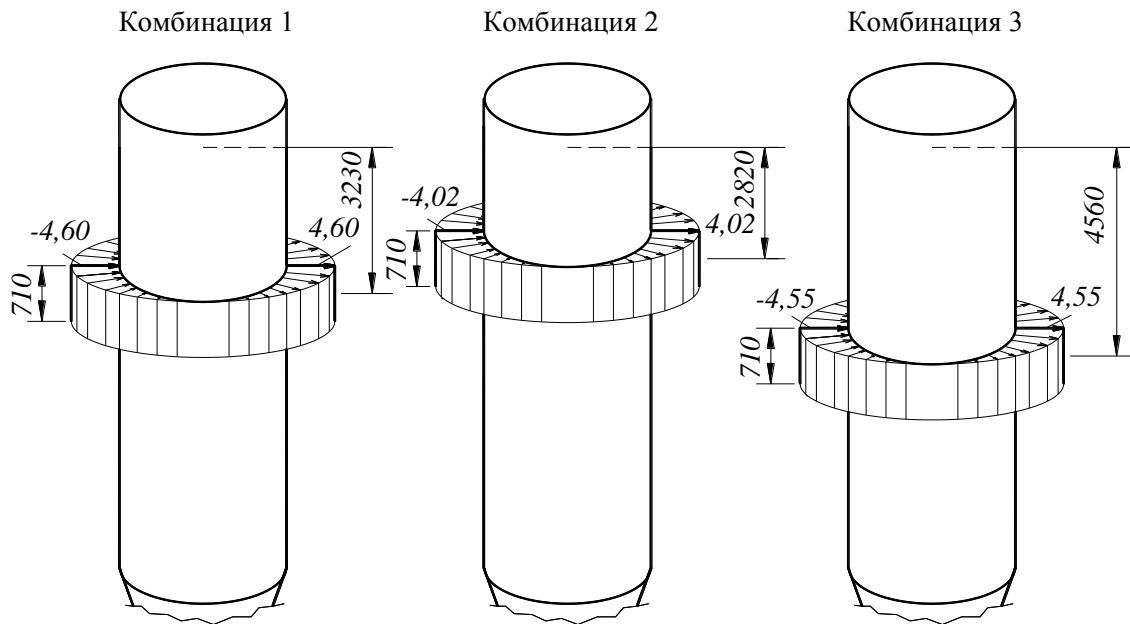
жергілікті қысымның қосымшалары биіктікті [(5.12) формулаға] бойынша аламыз:

$$s = \pi \times d_c / 16 = 3,1416 \times 3,6 / 16 = 0,71 \text{ м};$$

бункердің діңгегінің қимасының дөңгелегі қысымның (өзгеріс) үлестірілуі бойлай:

Белгі	Формула	Есептеу бұрышы θ , градус	Комбинация		
			1	2	3
p_{pes}	$p_{pes} = p_{pe} \times \cos(\theta)$ Ескерту Бұрыш үшін θ туралы 360ге туралы 180дегі айна келтірілген осы кестеде қабылдау.	0	4,60	4,02	4,55
		20	4,32	3,78	4,28
		30	3,99	3,48	3,94
		50	2,96	2,58	2,93
		60	2,30	2,01	2,28
		80	0,80	0,70	0,79
		90	0,00	0,00	0,00
		100	-0,80	-0,70	-0,79
		110	-1,57	-1,37	-1,56
		120	-2,30	-2,01	-2,28
		130	-2,96	-2,58	-2,93
		150	-3,99	-3,48	-3,94
		160	-4,32	-3,78	-4,28
		180	-4,60	-4,02	-4,55

Жергілікті қысымның үлестірілуі график түрінде түрде суретте 5.2.10 көрсетілген.



5.2.10 Сурет

5.2.2.8 Шұңқырға сусымалы материалданғы жүктемелері

а) толтыру және жүк түсіру үшін Ортақ параметрлер

1) [Р (2) 6.1.1-ші тармағы] жағдайлар бойынша шұңқырдың түрін анықтаймыз.

Қабылдаймыз

- төменгі мінездемелік мән $K = 0,45$

- төменгі мінездемелік мән $\mu_h = 0,43$;

Өйткені $\operatorname{tg}(\beta) = \operatorname{tg}(20^\circ) = 0,36 < \frac{1-K}{2 \times \mu_h} = \frac{1-0,45}{2 \times 0,43} = 0,64$, онда

шұңқыр түр құламалы болады.

2) ([формуланы 6.16] кара) құламалы шұңқыр үшін тиімді үйкелістің коэффициенті табамыз:

$\mu_{\text{heff}} = \mu_h = 0,43$.

3) днищеге жүктеменің үлкеюін коэффициентті анықтаймыз. (құламалы шұңқырмен 2-ші талаптардың сыныбының солқылдақ жұқа бүйірлі бункері, [(5)) 6.1.2-ші тармақ] көрсетілген шарттар жоқ болғанда) осы мысалдың шарттары үшін, қабылдаймыз $C_b = 1,0$.

4) тік қабырғалардың арасындағы өткелдегі тік қысымды есептейміз және [формулаға 6.2] бойынша шұңқырмен:

$$p_{\text{vft}} = C_b \times p_{\text{vf}},$$

мұндағы $p_{\text{vf}} = 63,97 \text{ кН/м}^2$ — тік қабырғаның здың тереңдігі, тең биіктігінің жанында осы мысалдың (7)-шы) тармақ есептелген толтырулар тік қысым h_c

Қажетті мәндер қоя аламыз: $p_{\text{vft}} = 1,0 \times 63,97 = 63,97 \text{ кН/м}^2$.

б) ТОЛТЫРУ.

[бөлім 6] талаптармен сәйкес шұңқырға жүктеме толтыруда анықтаймыз.

1) тиісті параметрлер табамыз:

- эмпирикалық коэффициент $b = 0,2$

- конустық шұңқырлар үшін форманың коэффициенті $S = 2$

- шұңқырдағы қысымның қатынасының мінездемелік мәні

$$F_f = 1 - \frac{b}{\left(1 + \frac{\operatorname{tg}(\beta)}{\mu_h}\right)} = 1 - \frac{0,2}{\left(1 + \frac{0,36}{0,43}\right)} = 0,89;$$

параметр $n = S \times (1 - b) \times \mu_h \times \operatorname{ctg}(\beta) = 2 \times (1 - 0,2) \times 0,43 \times 2,74 = 1,89;$

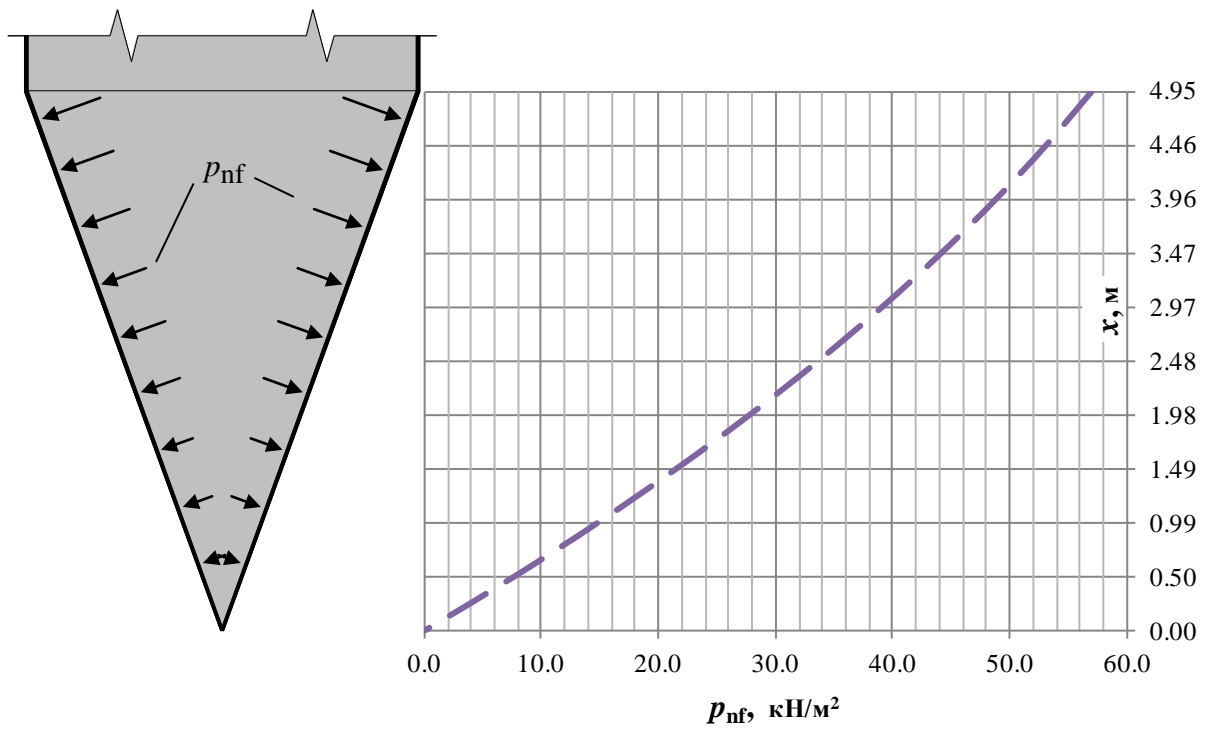
2) шұңқырдың төбесінің үстінде холардың биіктігінде материалдағы орташа тіккернеуді үміт артамыз:

Белгі	Формула	Биіктігі	Комбинация
		$x,$ м	4
p_v	$p_v = \left(\frac{\gamma \times h_h}{n - 1}\right) \times \left\{ \left(\frac{x}{h_h}\right) - \left(\frac{x}{h_h}\right)^n \right\} + p_{vft} \times \left(\frac{x}{h_h}\right)^n,$ <p>где x — шұңқырдың төбе саналатын тік координата; p_{vft} — осы мысалдың (8)-а)-4) бөлігін қара</p>	4,95	63,97
		4,45	59,58
		3,96	54,77
		3,46	49,53
		2,97	43,85
		2,47	37,73
		1,98	31,15
		1,48	24,11
		0,99	16,59
		0,49	8,57
		0,00	0,00

3) құламалы шұңқырдың қабырғасының кез келген орынындағы p_{tf} қабырғасы туралы p_{nf} және жүктемені қалыпты қысым үйкеліс есебінен толтырудан кейін табамыз:

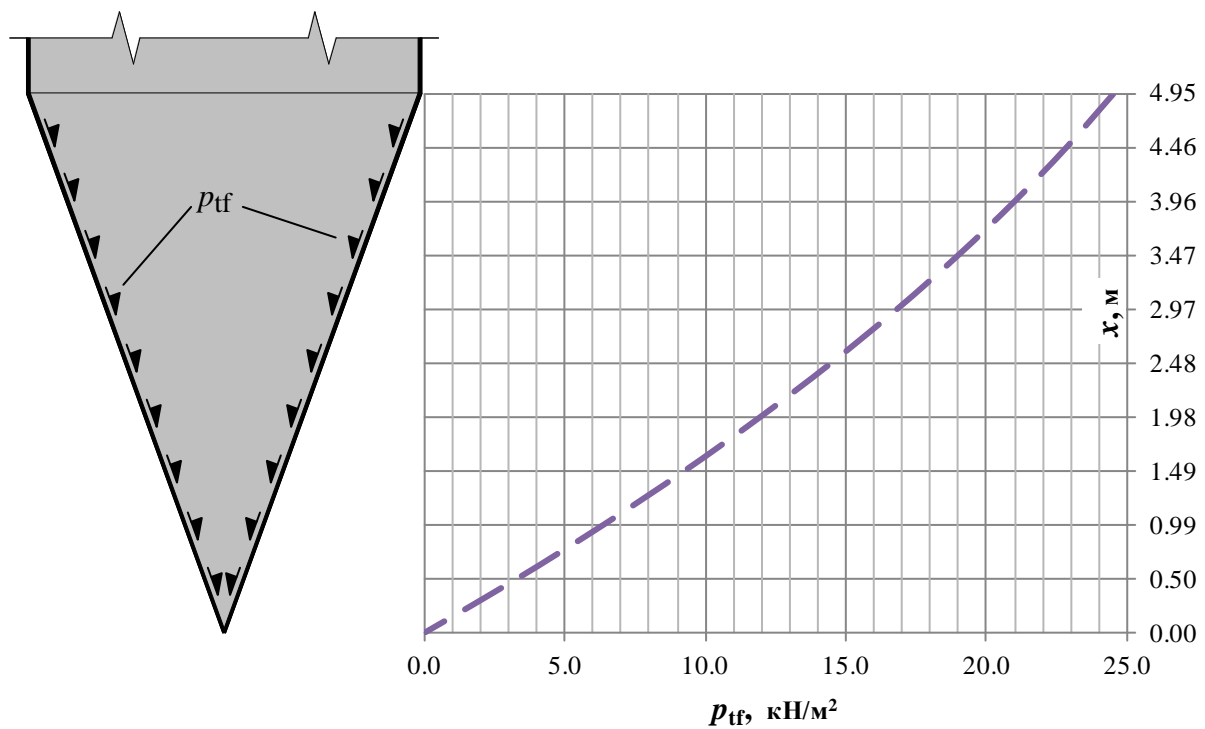
Обозначение	Формула	Высота $x,$ м	Комбинация	
			4	
			p_{nf}	p_{tf}
p_{nf} p_{tf}	$p_{nf} = F_f \times p_v$ $p_{tf} = \mu_h \times F_f \times p_v$	4,95	57,04	24,52
		4,45	53,13	22,84
		3,96	48,84	21,00
		3,46	44,17	18,99
		2,97	39,10	16,81
		2,47	33,64	14,46
		1,98	27,78	11,94
		1,48	21,50	9,24
		0,99	14,80	6,36
		0,49	7,64	3,29
		0,00	0,00	0,00

Шұңқырдың қабырғасындағы қалыпты қысымды үлестірілуін эпюра суретте 5.2.11



көрсетілген, қабырға туралы жүктеменің эпюрасы үйкеліс есебінен - суретте 5.2.12. Бұл суреттер аралық мәндердің алуы үшін қолдануға болады.

5.2.11 Сурет



5.2.12 Сурет

ҚР НТҚ 01-04.1-2012

5.2.2.8 б) ЖҮК ТҮСІРУ.

Жүк түсірудің жанында шұңқырға жүктемені анықтаймыз

1) тиісті параметрлер табамыз:

- конустық шұңқырлар үшін форманың коэффициенті $S = 2$

- шұңқырдағы қабырға туралы үйкелістің бұрышы

$$\phi_{wh} = \arctg(\mu_h) = 23,26 < \phi = \begin{cases} 24,59 & 4 \text{ комбинация сына} \\ 36,60 & 5 \text{ комбинация сына} \end{cases}$$

– епараметрін есептейміз:

Белгі	Формула	Комбинация	
		4	5
ε	$\varepsilon = \phi_{wh} + \arcsin\left(\frac{\sin(\phi_{wh})}{\sin(\phi)}\right)$	1,66	1,13

шұңқырдағы қысымның қатынасының мінездемелік мәнін есептейміз:

Белгі	Формула	Комбинация	
		4	5
F_e	$F_e = \frac{1 + \sin(\phi) \times \cos(\varepsilon)}{1 - \sin(\phi) \times \cos(2 \times \beta + \varepsilon)}$	0,75	1,09

n параметрін табамыз:

Белгі	Формула	Комбинация	
		4	5
N	$n = S \times (F_e \times \mu_{heff} \times \operatorname{ctg}(\beta) + F_e) - 2$	1,25	2,75

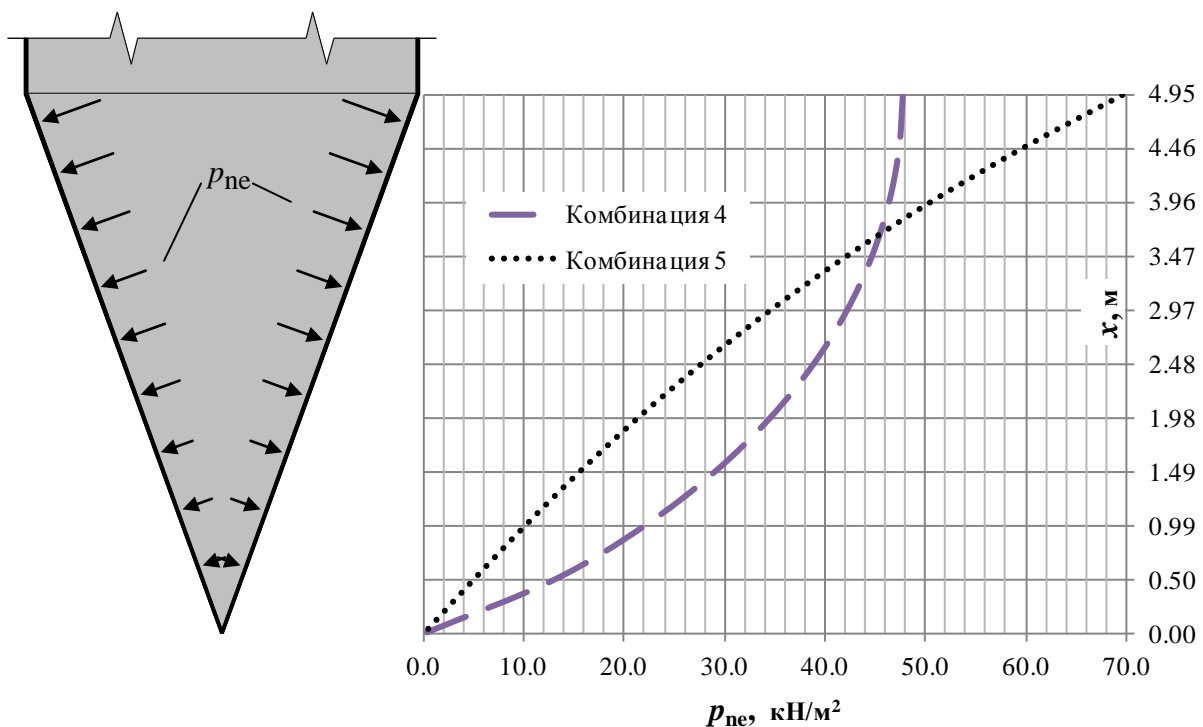
орташа тік кернеу аламыз:

Белгі	Формула	Биіктігі x , м	Комбинация	
			4	5
p_v	$p_v = \left(\frac{\gamma \times h_h}{n - 1}\right) \times \left\{ \left(\frac{x}{h_h}\right) - \left(\frac{x}{h_h}\right)^n \right\} + p_{vft} \times \left(\frac{x}{h_h}\right)^n,$ <p>мұнда x — шұңқырдың төбе саналатын тік координата; p_{vft} — осы мысалдың (8)-а)-4) бөлігін қара</p>	4,95	63,97	63,97
		4,45	63,47	54,73
		3,96	62,12	46,32
		3,46	59,83	38,68
		2,97	56,51	31,72
		2,47	52,03	25,39
		1,98	46,22	19,59
		1,48	38,83	14,24
		0,99	29,48	9,26
		0,49	17,41	4,55
		0,00	0,00	0,00

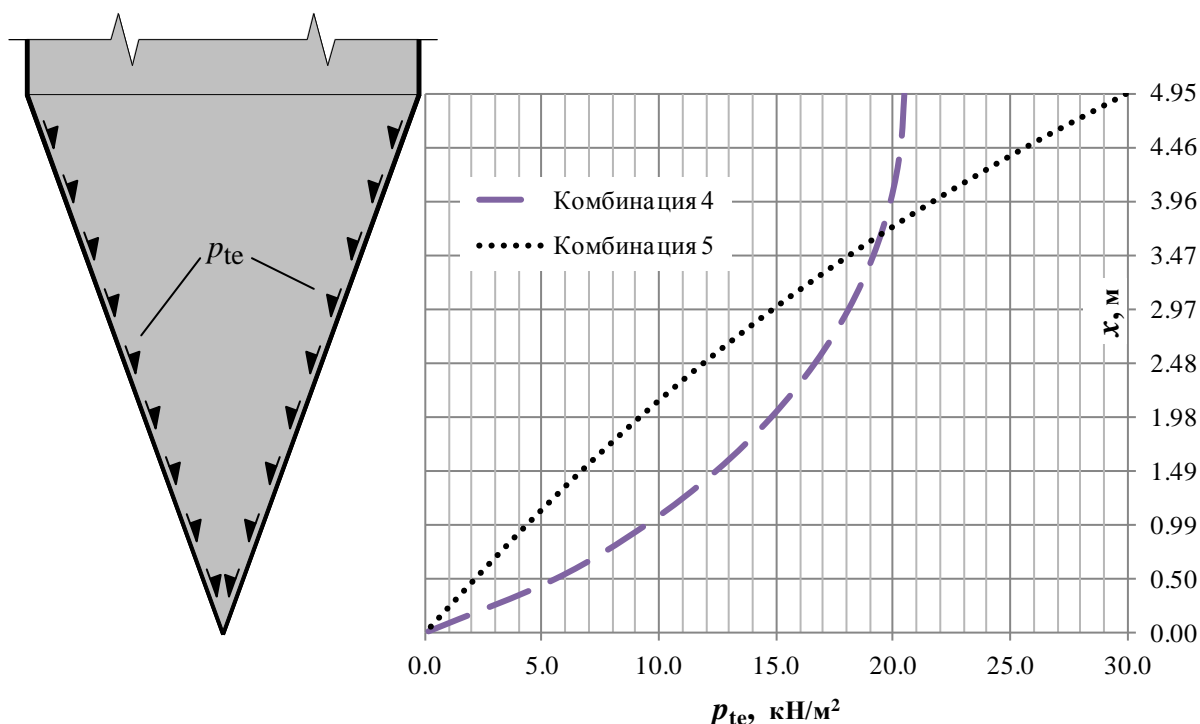
2) p_{ne} қалыпты қысымды есептейміз және p_{te} қабырға туралы жүктемелер үйкеліс есебінен жүк түсірудің жанында құламалы шұңқырдың қабырғалары кез келген орында:

Белгі	Формула	биіктігі x , м	Комбинация			
			4		5	
			p_{ne}	p_{te}	p_{ne}	p_{te}
p_{ne} p_{te}	$p_{ne} = F_e \times p_v$ $p_{te} = \mu_h \times F_e \times p_v$	4,95	47,69	20,50	69,67	29,95
		4,45	47,31	20,34	59,60	25,62
		3,96	46,30	19,91	50,44	21,69
		3,46	44,60	19,17	42,12	18,11
		2,97	42,12	18,11	34,55	14,85
		2,47	38,78	16,67	27,65	11,89
		1,98	34,45	14,81	21,33	9,17
		1,48	28,94	12,44	15,51	6,67
		0,99	21,97	9,45	10,09	4,34
		0,49	12,98	5,58	4,96	2,13
		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Шұңқырдың қабырғасындағы қалыпты қысымды үлестірілуін эпюра суретте 5.2.13 көрсетілген, қабырға туралы жүктеменің эпюрасы үйкеліс есебінен - суретте 5.2.14. Бұл суреттер аралық мәндердің алуы үшін қолдануға болады.



5.2.13 Сурет



5.2.14 Сурет

5.2.2.9 Конструкциялардың өз салмағынан жүктемені анықтаймыз.

а) төбенің жалпы салмағы $G_r = g_r \times A = 2,5 \times 10,18 = 25,42$ кН.

Төбенің салмағынан қабырғадағы жүктемесі периметр бойынша бір қалыпты таратылғанға

$$g_{r,p} = G_r / U = g_r \times r / 2 = 2,5 \times 1,8 / 2 = 2,25 \text{ кН/м.}$$

б) (діңгек) цилиндрлік бөліктің салмағынан жүктеме:

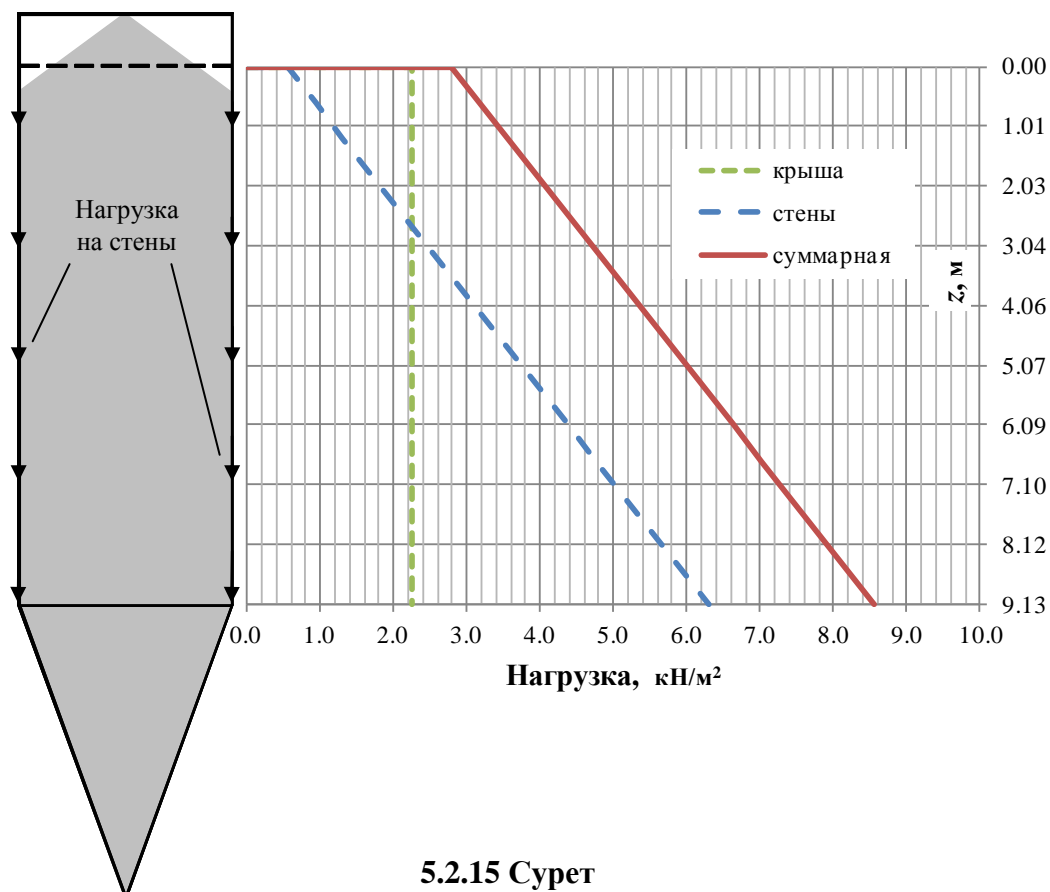
- СН РК EN 1991-1-1 бойынша меншікті салмақты қабылдаймыз $\gamma_{st} = 78,5 \text{ кН/м}^3$;

$$\begin{aligned} \text{- бункердің діңгегінің жалпы салмағы } G_{sw} &= 2 \times \pi \times t \times \left(r + \frac{t}{2} \right) \times h_{wc} \times \gamma_{st} = \\ &= 2 \times 3,1416 \times 0,008 \times \left(1,8 + \frac{0,008}{2} \right) \times 10 \times 78,5 = 71,18 \text{ кН;} \end{aligned}$$

- бункердің (діңгек) цилиндрлік бөлігінің салмағы $g_{sw,p}$ бункердің (діңгек) цилиндрлік бөлігінің салмағы периметр бойынша тереңдікке байланысты таралған тереңдіктеріне байланысты есептейміз $g_{sw,p}$

Белгі	Формула	Тереңдігі z , м	g_{sw} , кН	$g_{sw,p}$, кН/м
g_{sw} $g_{sw,p}$	$g_{sw} = G_{sw} / h_{wc} \times (z + h_{tp} - h_0)$ $g_{sw,p} = g_{sw} / U$	0,00	6,21	0,55
		0,61	10,54	0,93
		1,22	14,87	1,31
		1,83	19,20	1,70
		2,43	23,53	2,08
		3,04	27,87	2,46
		3,65	32,20	2,85
		4,26	36,53	3,23
		4,87	40,86	3,61
		5,48	45,19	4,00
		6,09	49,52	4,38
		6,69	53,86	4,76
		7,30	58,19	5,14
		7,91	62,52	5,53
		8,52	66,85	5,91
		9,13	71,18	6,29

в) бункердің қабырғасындағы конструкциялардың өз салмағынан (жиынтық) Ортақ жүктеме суретте график түрінде түрде 5.2.15: көрсетілген



5.2.15 Сурет

г) шұңқырдың өз салмағынан жүктеме

$$g_h = \gamma_{st} \times t = 78,5 \times 0,008 = 0,63 \text{ кН/м}^2.$$

5.2.2.10 Қар жүктемелері

а) тиісті параметрлерді анықтаймыз:

- қар қоқыстарымен де, қар қоқыстарысыз да 5.3.2-ші тармаққа сәйкес (бір еңісті жамылғылар) ҚР ҚН EN 1991-1-3 жүктеменің қосымшасының жағдайлары үшін суретте 5.2.16 тебетейілген схеманы қабылдаймыз;

- кесте бойынша 5.2 ҚР ҚН EN 1991-1-3, құламаның көлбеу бұрышы үшін $0^\circ \leq \alpha \leq 30^\circ$ қар жүктемесінің формасының коэффициенті табамыз $\mu_1 = 0,8$;

кесте бойынша ҚР ҚН EN 1991-1-3-ші (7) 5.2-ші тармағымен сәйкес 5.1 ҚР ҚН EN 1991-1-3 қоршаған ортаның коэффициентін қабылдаймыз ба? 1, 0

- = 1, 0-ші S_t температуралық коэффициент (8) 5.2-ші тармақтың ұсыныстарына ҚР ҚН EN 1991-1-3 шыға аламыз.

б) ҚР ҚН EN 1991-1-3 (5.1) формуланы пайдаланар еді, (бункердің төбесін) жамылғыға қардан жүктемені есептейміз:

$$s_r = \mu_1 \times C_e \times C_t \times s_k = 0,8 \times 1,0 \times 1,0 \times 1,6 = 1,28 \text{ кН/м}^2.$$

в) қардың салмағынан қабырғадағы жүктемесі периметр бойынша бір қалыпты таратылғанға:

5.2.2.11 Желдің жүктемелері

а) тиісті параметрлерді нұсқауға ере бөлімде 4 ҚР ҚН EN 1991-1-4: келтірілгенбіз анықтаймыз- ҚР ҚН EN 1991-1-4:-ші (2) 4.2-ші тармаққа сәйкес желдің бағыт есепке алатын коэффициент

$$c_{dir} = 1,0;$$

- маусымды коэффициент, (2) 4.2-ші тармаққа сәйкес ҚР ҚН EN 1991-1-4:

$$c_{season} = 1,0;$$

- қабылдаймыз жер (2) 4.3.3-ші тармақтың шарты астында ҚР ҚН EN 1991-1-4 тигізетінін есепке ала орографиялық коэффициент

$$c_o(z) = 1,0;$$

-ауа тығыздығы 2 (1) 4.5-ші тармаққа ескертуді қара ҚР ҚН EN 1991-1-4):

$$\rho = 1,25 \text{ кг/м}^3;$$

б) (IV-ші түр, бастапқы деректер қарар еді) жерлер тап қалған түр үшін кесте бойынша 4.1 ҚР ҚН EN 1991-1-4 келесі параметрлері боламыз:

$$- z_o = 1,0 \text{ м};$$

$$- z_{o,II} = 0,05 \text{ м};$$

$$- z_{min} = 10,0 \text{ м}.$$

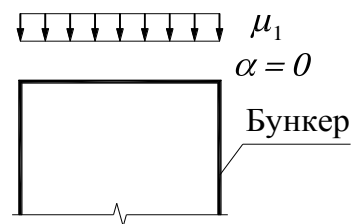
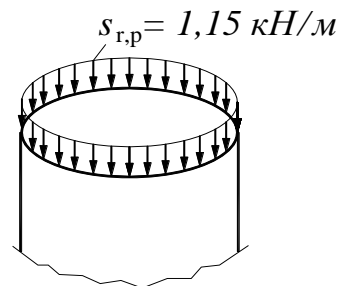


Рисунок 5.2.16



5.2.17 Сурет

в) (дөңгелектендіребірнеше) қабылдаймыз

$$z_{\max} = 15,0 \text{ м.}$$

г) желдің жылдамдығының негізді мәні (4.1) формула бойынша ҚР ҚН EN 1991-1-4: есептейміз

$$v_b = c_{\text{dir}} \times c_{\text{season}} \times v_{b,0} = 1,0 \times 1,0 \times 23,0 = 23,0 \text{ м/с}^2.$$

д) жердің коэффициенті (4.5) формула бойынша анықтаймыз ҚР ҚН EN 1991-1-4:

$$k_r = 0,19 \times \left(\frac{z_0}{z_{0,\Pi}} \right)^{0,07} = 0,19 \times \left(\frac{1}{0,05} \right)^{0,07} = 0,234.$$

е) $c_r(z)$ жерінің түрі) есепке алатын коэффициент табамыз, және жерді деңгейдің үстімізде здың биіктігінде $v_m(z)$ желдің орташа жылдамдығын есептейміз:

Белгі	Формула	Биіктігі z , м	$c_r(z)$	$v_m(z)$, м/с
$c_r(z)$ $v_m(z)$	$c_r(z) = k_r \times \ln\left(\frac{z}{z_0}\right)$ $z_{\min} \leq z \leq z_{\max}$ үшін	15	0,635	14,6
		14	0,618	14,2
		13	0,601	13,8
	$c_r(z) = c_r(z_{\min})$ $z \leq z_{\min}$ үшін	12	0,582	13,4
		11	0,562	12,9
	$v_m(z) = c_r(z) \times c_o(z) \times v_b$	от 0 до 10	0,540	12,4

ж) (2 (1) ҚРдың СНОлары EN 1991-1-4) 4.4-ші тармаққа ескертуді қара) турбуленттіктің коэффициенті:

$$k_I = 1, 0$$

және) (2 (1) ҚРдың СНОлары EN 1991-1-4) 4.4-ші тармаққа ескертуді қара) (z) I_v -ші турбуленттіктің қарқыны аламыз және ((1) ҚРдың СНОлары EN 1991-1-4) 4.5-ші тармақты қара) (z) қрның шапшаң күшінің қарға мәні:

Белгі	Формула	Биіктігі z , м	$I_v(z)$	$q_p(z)$, кН/м ²
$I_v(z)$ $q_p(z)$	$I_v(z) = \frac{k_I}{c_o(z) \times \ln(z/z_0)}$ $z_{\min} \leq z \leq z_{\max}$	15	0,369	0,477
		14	0,379	0,462
		13	0,390	0,445
	$I_v(z) = I_v(z_{\min})$ $z \leq z_{\min}$	12	0,402	0,428
		11	0,417	0,409
	$q_p(z) = (1 + 7 \times I_v(z)) \times \frac{1}{2} \times \rho \times v_m^2(z)$	от 0 до 10	0,434	0,389

к) EN 1991-1-4 зеннің негізді биіктігіне ҚР ҚН (6) 7.9.1-ші тармағымен сәйкес жердің бедерінің үстімізде қаралатын қималардың биіктігіне қабылдаймыз.

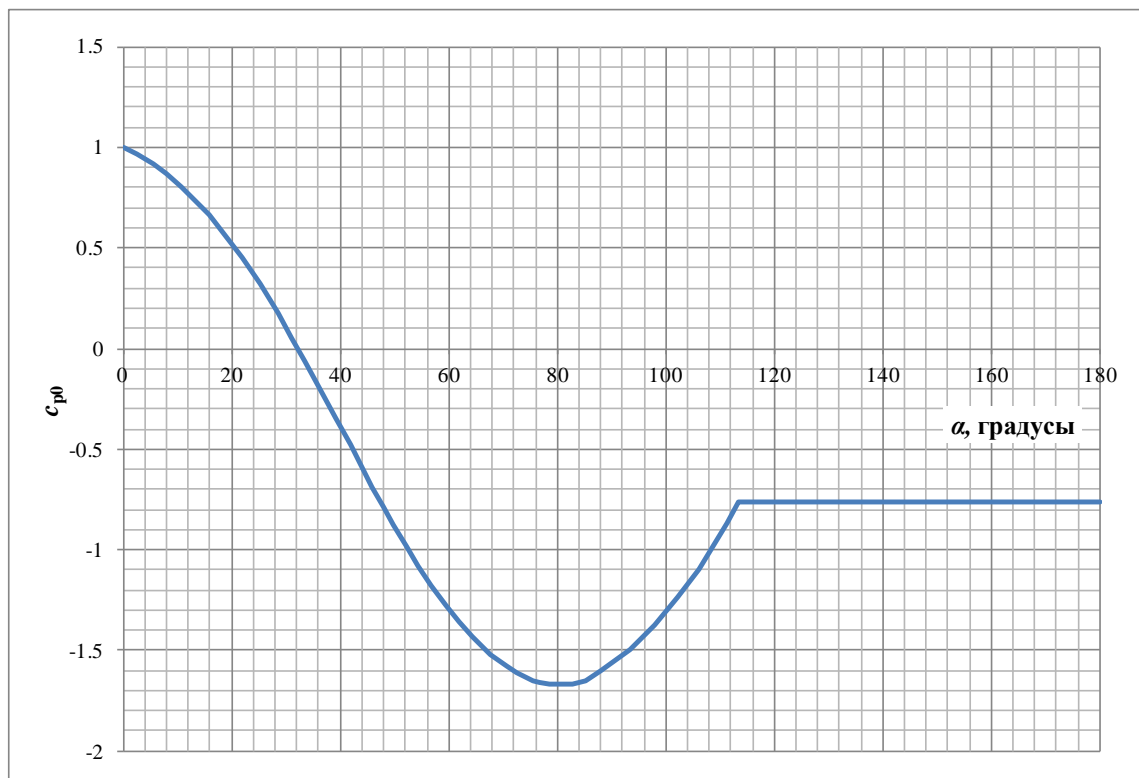
ҚР НТҚ 01-04.1-2012

Сонда, ҚР ҚН (1) 7.9.1-ші тармағына сәйкес EN 1991-1-4, әрбір қаралатын қима үшін қарға жылдамдықты және Рейнольдстің санын табамыз:

Белгі	Формула	Биіктігі z , м	$v(z_e)$, м/с	R_e
$v(z_e)$ R_e	$v(z_e) = \sqrt{\frac{2 \times q_p}{\rho}}$ $R_e = \frac{b \times v(z_e)}{\nu}$	15	27,6	6661700
		14	27,2	6552883
		13	26,7	6435339
		12	26,2	6307573
		11	25,6	6167670
		от 0 до 10	24,9	6013127

$R_e = 6 \times 10^6$ (кейбір қормен) қабылдаймыз барлық қаралатын қималар үшін.

л) ҚР ҚН EN 1991-1-4 келтірілген мәліметтер интерполяция жасай шексіз ұзындығы бар цилиндр үшін c_p , оның сыртқы қысымының коэффициентінің графигін саламыз.



1.1 5.2.18 Сурет

Кейбір бұрыштар үшін $c_{p,0}$ оның сыртқы қысымының коэффициентінің сандық мәндері α төменде қара, р) тармақта.

м) табамыз $\alpha_{\min} = 83^\circ$, $\alpha_A = 113^\circ$.

н) EN 1991-1-4-ші ҚРдың 7.16 СНОларының осы кестесімен арналған, 15 моларды lдың жанында айналма цилиндрлары үшін,

$\lambda = \min(l/b, 70)$.

70нің өйткені $l/b = 10/3$, $6 = 2$, 77сі, біржолата тағайындаймыз

$\lambda = 2,77$.

п) ҚРдың 7.36 СНОларының суретіне сәйкес EN 1991-1-4, ойықтықтың коэффициентінде $me = 1$ және $me = 2$, 77, шеткі эффект есепке алатын коэффициентті анықтаймыз

$\psi_{\lambda} = 0,64$.

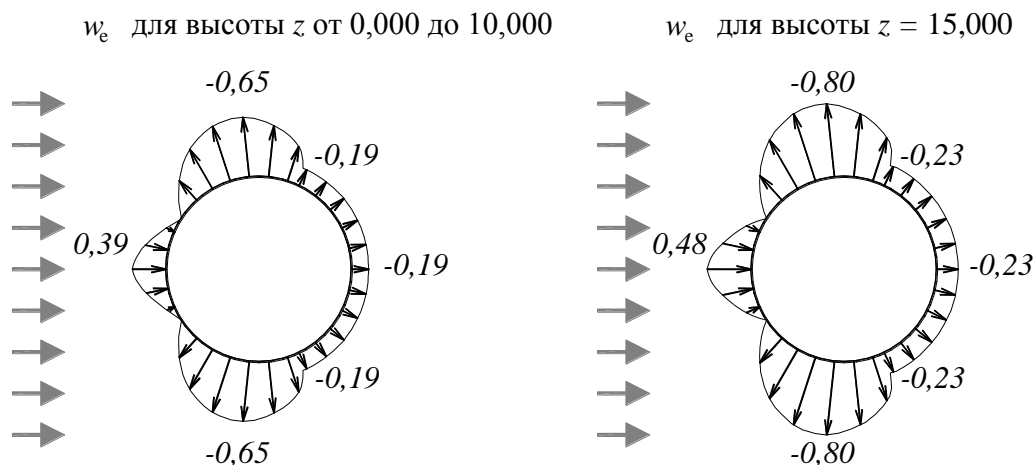
р) EN 1991-1-4-ші ҚР ҚН (4) 7.9.1-ші тармағымен сәйкес, әртүрлі бұрыштар үшін шеткі эффект есепке алатын коэффициент аламыз α :

Белгі	Формула	Бұрыш α , гра- дус	$c_{p,o}$	$\psi_{\lambda,\alpha}$
$\psi_{\lambda,\alpha}$	$\psi_{\lambda\alpha} = 1 \quad \text{для } 0^\circ \leq \alpha \leq \alpha_{\min}$ $\psi_{\lambda\alpha} = \psi_{\lambda} + (1 - \psi_{\lambda}) \times \cos\left(\frac{\pi}{2} \times \left(\frac{\alpha - \alpha_{\min}}{\alpha_A - \alpha_{\min}}\right)\right) \quad \text{для } \alpha_{\min} < \alpha < \alpha_A$ $\psi_{\lambda\alpha} = \psi_{\lambda} \quad \text{для } \alpha_A \leq \alpha \leq 180^\circ$	0	1,000	1,000
		11	0,804	1,000
		22	0,451	1,000
		31	0,050	1,000
		42	-0,480	1,000
		52	-0,980	1,000
		62	-1,360	1,000
		73	-1,614	1,000
		83	-1,671	1,000
		93	-1,497	0,999
		102	-1,240	0,999
		111	-0,872	0,999
		113	-0,765	0,640
		180	-0,765	0,640

с) сыртқы қысымның коэффициенті және сыртқы бет жұмыс істейтін желдің қысымын есептейміз

Белгі	Формула	Бұрыш α , градус	c_{pe}	w_e , кН/м ² для высоты, м					
				от 0 до 10	11	12	13	14	15
c_{pe} w_e	$c_{pe} = c_{p,o} \times \psi_{\lambda\alpha}$ $w_e = q_p(z_e) \times c_{pe}$	0	1,000	0,39	0,41	0,43	0,45	0,46	0,48
		11	0,804	0,31	0,33	0,34	0,36	0,37	0,38
		22	0,451	0,18	0,18	0,19	0,20	0,21	0,22
		31	0,050	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
		42	-0,480	-0,19	-0,20	-0,21	-0,21	-0,22	-0,23
		52	-0,980	-0,38	-0,40	-0,42	-0,44	-0,45	-0,47
		62	-1,360	-0,53	-0,56	-0,58	-0,61	-0,63	-0,65
		73	-1,614	-0,63	-0,66	-0,69	-0,72	-0,75	-0,77
		83	-1,671	-0,65	-0,68	-0,72	-0,74	-0,77	-0,80
		93	-1,497	-0,58	-0,61	-0,64	-0,67	-0,69	-0,71
		102	-1,240	-0,48	-0,51	-0,53	-0,55	-0,57	-0,59
		111	-0,872	-0,34	-0,36	-0,37	-0,39	-0,40	-0,42
		113	-0,490	-0,19	-0,20	-0,21	-0,22	-0,23	-0,23
		180	-0,490	-0,19	-0,20	-0,21	-0,22	-0,23	-0,23

Бункердің қабырғаларының сыртқы беттеріне желдің қысымының үлестірілуін эпюра сурет 5.2.19 көрсетілген.



5.2.19 Сурет

т) желден қысымды бункердің іші есепке алмаймыз, өйткені жабулы оның қабырғасының (ойықтарды алмайды) өткізбейтін бункерлері.

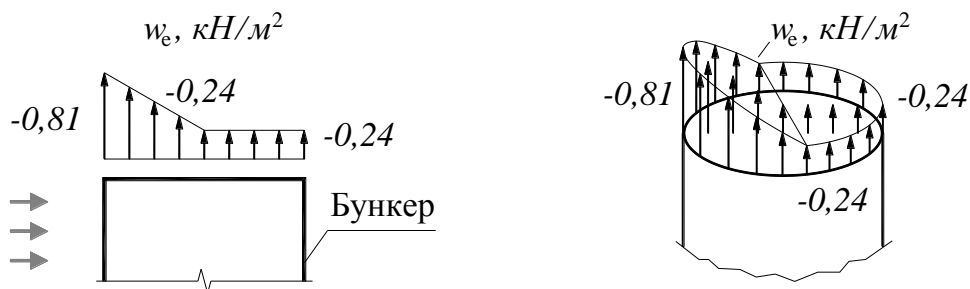
у) бункердің төбесіне желдің әсері.

Ғимараттар дөңгелек жоспарда үшін EN 1991-1-4-ші ҚРдың 7.12 СНОларының суретімен f тың аз мәндерінде пайдаланамыз.

үшін сонда $h/d = 15/3, 6 = 4, 2$ сыртқы қысымның коэффициентінің үлестірілуі және бункердің төбе жұмыс істейтін желдің қысымы аламыз:

Белгі	Формула	Зонаға w_e , кН/м ²		
		А	Б	С
c_{pe}	$c_{pe} = c_{pe,10}$	-1,7	-0,5	-0,5
w_e	$w_e = q_p(z_e) \times c_{pe}$	-0,81	-0,24	-0,24

Бункердің төбесінің сыртқы бетіне желдің қысымының үлестірілуін эпюра сурет 5.2.20 көрсетілген.



5.2.20 сурет

5.5.2.12 Температуралық әсерлер

а) тиісті параметрлерді нұсқауға ере [ішкі бөлім 5.6] келтірілгенбіз анықтаймыз:

- ([5.6.2-ші тармақ] қара) температуралық жүктеме үшін көбейткіш:

= 3-ші ст

- (ҚР ҚН EN 1991-1-5 C1дің кестесін қара) бункердің қабырғасының жылулық ұлғаюын коэффициент:

$$\alpha_w = 0,000012$$

- (болат) бункердің қабырғасының серпімділік модулы:

$$E_w = 206000000 \text{ кН/м}^2;$$

- ([5.6.2-ші тармақ] қара) сусымалы материал үшін Пуассонның коэффициенті:

$$\nu = 0,3;$$

- жүктелмеген сусымалы материалды тиімді серпімділік модулы C15)] формулаға бойынша іздейміз.

$$E_{sU} = \chi \times p_{vft},$$

χ — жуықтауды коэффициент C10.2(2)]:

$$p_{vft} \text{ тармағына сәйкес } \chi = 7 \times \gamma^{3/2} = 7 \times 16^{3/2} = 448;$$

p_{vft} - осы мысалдың (8)-шы) тармағын қара

Қоя, аламыз

$$E_{sU} = 448 \text{ бе? } 63, 97 = 28659 \text{ кН/м}^2.$$

б) бункердің тік қабырға жұмыс істейтін қосымша қалыпты қысым [(5.101) формулаға] бойынша анықтар едік:

$$p_{HT} = C_T \times \alpha_w \times \Delta T \times \frac{E_w}{((r/t) + (1 - \nu) \times (E_w / E_{sU}))} =$$

$$= 3 \times 0,000012 \times 20 \times \frac{206000000}{((1,8/0,008) + (1 - 0,3) \times (206000000/28659))} = 28,2 \text{ кН/м}^2.$$

5.2.2.13 әсерлердің комбинациялары

а) келесі әсерлер осы мысалда кризистік шекті күйді есепке алуы бар бункердің есептеуінде қарауы керек:

Белгі	Анықтама	Осы мысалдың бөліктері
Q_f	сусымалы материалдарды толтыру және сақтау	5.2.1(7)-а) және 5.2.1(8)-б)
Q_d	сусымалы материалдарды жүк түсіру	5.2.1(7)-б) және 5.2.1(8)-в)
G	конструкциялардың өз салмағынанғы жүктемелері	5.2.1(9)
Q_s	Қар жүктемелері	5.2.1(10)
Q_w	Жел жүктемелері	5.2.1(11)
Q_t	температуралық әсерлер	5.2.1(12)

ҚР НТҚ 01-04.1-2012

б) Қиыстырылғаны әсерлер ҚР ҚН А1дің жағдайлары бойынша А2.1]) сәйкес төменде көрсетілетін EN 1990 қабылданған коэффициенттердің есепке алуымен (талаптардың сыныбы - 2, шекті күй - кәдімгі) А2]нің кестесіне бойынша орындар едік:

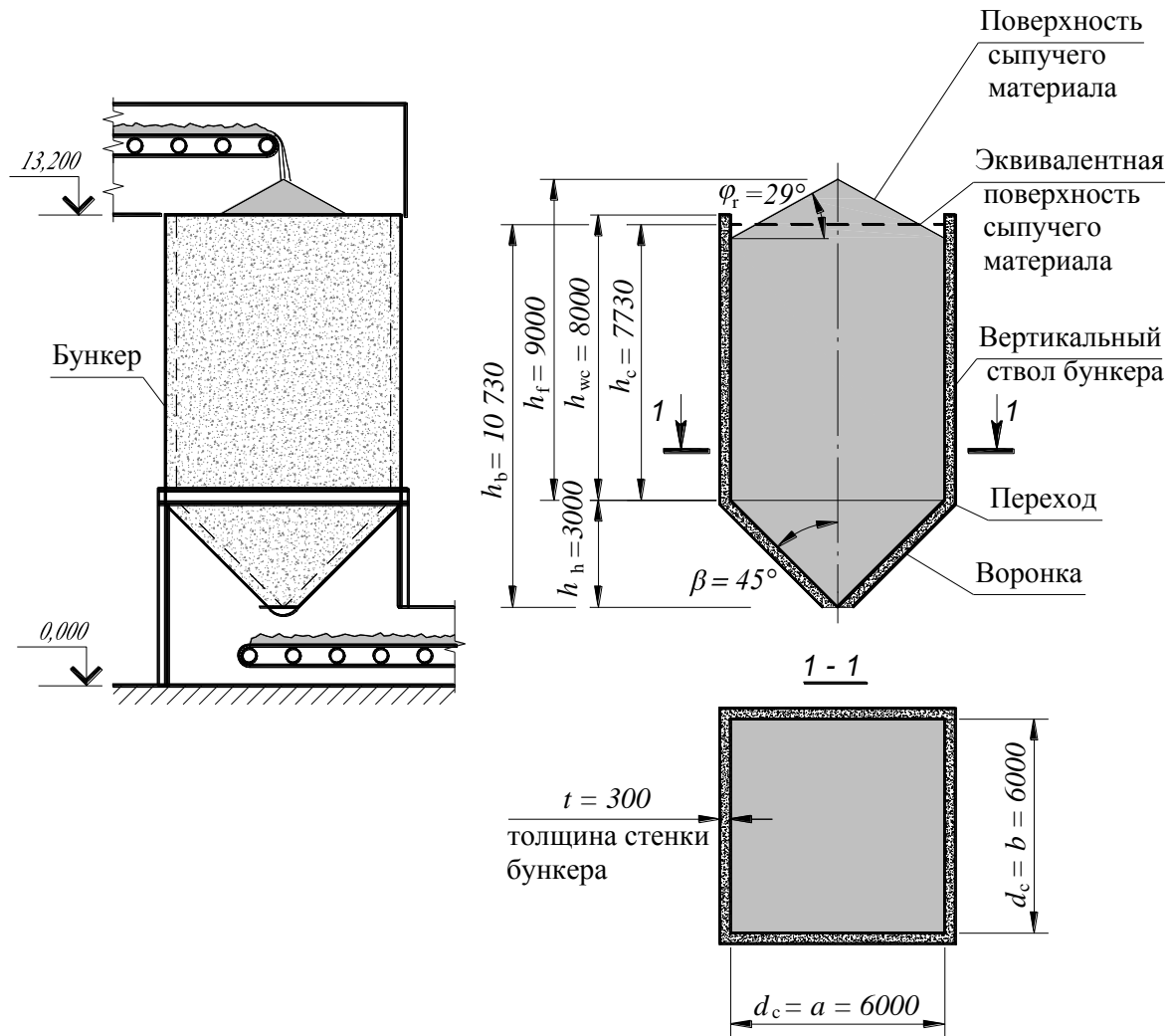
Белгі	Анықтама	Формула
D	сусымалы материалдарды жүк түсіру	$1,35 \times G \llcorner + \gg 1,5 \times Q_d \llcorner + \gg 1,5 \times 0,6 \times (Q_s \llcorner + \gg Q_w \llcorner + \gg Q_t)$
S	қар	$1,35 \times G \llcorner + \gg 1,5 \times Q_f \llcorner + \gg 1,5 \times 0,6 \times Q_s$
WF	Жел және толтырылған бункер	$1,35 \times G \llcorner + \gg 1,5 \times Q_f \llcorner + \gg 1,5 \times 0,6 \times Q_w$
WE	Жел және бос бункер	$1,35 \times G \llcorner + \gg 1,5 \times 0,6 \times Q_w$
T	температура	$1,35 \times G \llcorner + \gg 1,0 \times Q_f \llcorner + \gg 0,6 \times Q_t$

ЕСКЕРТУ 1. Демек, 1-ші ескерту +ның нышаны формуланың тиісті мүшелерімен бір жерден шығуы керек білдіреді олар есепті тіркестерді құратында есепке алынатынын (EN 1190-ші ҚР ҚН 6.4.3.2-ші тармағын қара) ескертеміз.

ЕСКЕРТУ 2. Q_f және Q_d тің жүктемелері үшін 2-ші ескерту конструкция үшін ең жаманға шиеленісті жетектеп жүнетін (материалдардың мінездемелерінің комбинациясы) вариант жобаланады - үшін әсерлердің (тіркес) есепті комбинациясы қорытынды жасалатын конструкцияның өзгертілген күйіне.

5.2.3. Мысыл 2. Темірбетон бункер

5.3.1 Бастапқы деректер



5.3.1 Сурет

5.3.1.1 Суретте 5.3.1 тебетейілген бункер соя бұршақтарының сақтауы үшін арналған. $H_f = 9,0$ м төгілген (технологиялық тапсырма бойынша) конустың төбесіне дейін максимал биіктігі.

Төгілген конустың максимал эксцентриситеті 0,5 мді құрайды.

Сусымалы материал ([5]) 6.1.2] қара) конструкциялардың динамикалық жүктеуі үшін шарттарды құрмайды.

5.3.1.2 Геометриялық өлшемдер технологиялық жобалау тапсырмасы бойынша қабылданған:

- $h_{wc} = 8$ мларды (бункердің діңгегі) тік қабырғалары бар бункердің бір бөлігінің биіктігі;
- $a = b = 6,0$ мларды көлденең қиманың тарабының өлшемі;
- шұңқыр пирамида;
- бункердің тік өстері туралы шұңқырдың қабырғасының көлбеу бұрышы ең үлкен бе? $\beta = 45^\circ$.

5.3.1.3 Бункердің қабырғаларының материалы - темір бетон.

Кедір-бұдырлық бойынша қабырғаның дәрежесі ([кестені 4.1] қара) D3 қабылданған. Алдын ала қабылданған $t = 300$ ммнің қабырғасының орташа жуандығы.

ҚР НТҚ 01-04.1-2012

5.3.1.4 Қарданғы әсерлері тұстасқан конструкциялардың конструктивтік шешімімен шығарған.

5.3.1.5 Құрылыстың ауданындағы Желдің жүктемелері (EN 1991-1-4-ші ҚР ҚН 4.3.2-ші тармағын қара) II-ші түр болатын жер үшін анықтау керек.

V_b ның құрылысының ауданындағы желдің негізді жылдамдығының негізгі мәні, $v = 25$ м/с.

Жер EN 1991-1-4, сол орографияның ықпалдары және таяудағы ғимараттардың ҚР ҚН (2) 4.3.3-ші тармақтың шарты астында тигізеді менсінбеуге рұқсат етіледі.

5.3.1.6 Ordinary ULS кәдімгі кризистік шекті күйді есепке алуы бар бункердің есептеуі үшін жүктеме және әсерді анықтауға керек болады, тіректердің тұнба A2)].

5.3.1.7 Неравномерностьюдің кестесін менсінбеуге рұқсат етілуге қара.

5.3.2 Шешім

5.3.2.1 Бункердің геометриялық параметрлерін мәліметті пайдалана [бөлім 1] және суретте 5.3.1 келтірілгенбіз анықтаймыз.

а) бункердің көлденең қимасының ішкі габаритті өлшемінің Мінездемелік мәні

$d_c = a = b = 6,0$ м.

болып табыл) шұңқырдың төбе өлшенген шұңқырлар биіктік

$h_h = d / 2 / \tan(\alpha) = 3, (45) / \tan = 3,0$ м.

б) сусымалы материалды төгілген конустың биіктігін формула бойынша бункердің диагональсінің жартысының ұзындығынан сүйене іздейміз

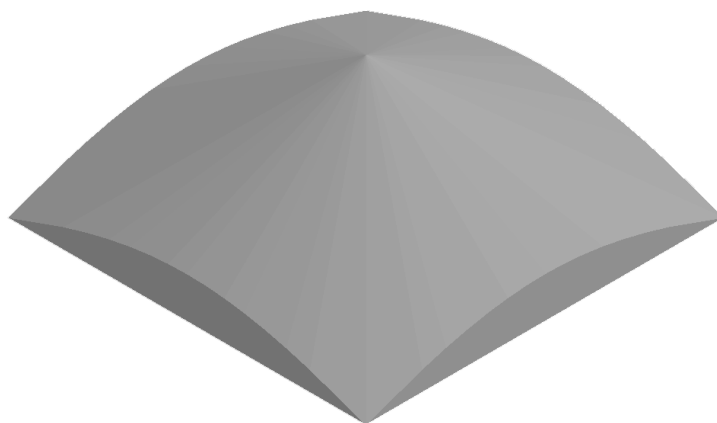
в) Болғанша бункердің сыныбы анықталып, алдын ала қабылдайтындығымыз ϕ_t демек, [E1]:нің кестесіне бойынша [4.2.3] бойынша $\phi_t = 29^\circ$.

ЕСКЕРТУ Бункер егер 3 түрге жатқызады, онда анықтауға керек пе?сақталатын ([3]) 4.2.2] қара) материалдың сынаулары г жолымен.

Сонымен, алдын ала аламыз $h_{tp} = \frac{6,0 \times \tan(29^\circ)}{\sqrt{2}} = 2,35$ м.

г) сусымалы материалды Баламалы бетті график түрінде табамыз:

(5.3.2-ші сурет) тік төртбұрышты ыдыста сусымалы материал құрастырылатын фигураны (AutoCAD, progeCAD тағы сол сияқтылар) сапрды бағдарламада құрастырамыз:



5.3.2 Сурет

- САПР бағдарламалары құралдары арқылы алған фигураның көлемін анықтаймыз:

$$- V_{\text{tp}} = 38,8 \text{ м}^3;$$

- сусымалы материалды суретте 5.3.2 бейнелелген баламалы бетке фигураның төменгі жағынан қашықтықты табамыз:

$$- h_{\text{o,low}} = V_{\text{tp}} / d_c^2 = 38,8 / 6,0^2 = 1,08 \text{ м.}$$

д) баламалыбеткедейінбункердіңтікоқпанынбиіктігі

$$h_c = h_f - h_{\text{tp}} + h_{\text{o,low}} = 9,0 - 2,35 + 1,08 = 7,73 \text{ м.}$$

е) баламалы беткешұңқырдың төбесінен бункердің Ортақ биіктігі

$$h_b = h_h + h_c = 3,0 + 7,73 = 10,73 \text{ м.}$$

ж) тік оқпандық өлденең қиманың ауданы

$$A = d_c^2 = 36,0 \text{ м}^2.$$

и)

$$U = 4 \times d_c = 4 \times 6,0 = 24,0 \text{ м.}$$

5.3.2.2 [1.1.2 (3)] көрсетілген шектеулерді тексереміз:

$h_b = 10,73 \text{ м} < 100 \text{ м}$; орындалуда;

$d_c = 6,0 \text{ м} < 60 \text{ м}$; орындалуда;

$$h_b/d_c = 10,73 / 6,0 = 1,79 < 10; \text{ орындалуда}$$

5.3.2.3 Бункердің түрін анықтаймыз.

а) (шұңқыр - пирамида) осы жағдай үшін суретте 1 келтірілген схемаға сәйкес,

байланысты пайдаланамыз $\frac{h_c}{d_c} = \frac{7,73}{6,0} = 1,29$

(1-ші суретті кара) демек, иілгіштік бойынша бункер орташа иілгіштігі бар түрге жатады.

б) есепке ала отырып $d_c / t = 6000 / 300 = 20 < 200$ (см. [1.5.43]) бункерді «қалың бүйірлі» деп есептейміз.

5.3.2.4 Талаптардың сыныбын анықтаймыз.

а) сусымалы материалды массаны бункердің толық толтыруында есептейміз:

- сақталатын (шұңқырдың төбесіне дейін) материалдың максимал көлемі табамыз

$$- V_f = A \times (h_f - h_{\text{tp}}) + V_{\text{tp}} + \frac{1}{3} \times A \times h_h = 36 \times (9 - 2,35) + 38,8 + \frac{36 \times 3}{3} = 314,1 \text{ м}^3 \quad ;$$

- сақталатын материалдың салмағы формула бойынша анықтаймыз

$$G_f = \gamma_u \times V_f.$$

Болғанша бункердің сыныбы анықталып, алдын ала қабылдайтындығымыз ба?демек, E1]:нің кестесіне бойынша [4.2.3] бойынша $\gamma_u = 8 \text{ кН/м}^3$.

ҚР НТҚ 01-04.1-2012

ЕСКЕРТУ Бункер егер 3 түрге жатқызады, онда анықтаюға керек пе?сақталатын ([(3)) 4.2.2] қара) материалдың сынаулары и жолымен.

$$G_f = 8 \times 314,1 = 2513,1 \text{ кН.}$$

$$\text{- сақталатын материал массасы } M_f = G_f / g = 2513,1 / 9,81 = 256,2 \text{ т.}$$

б) [кестеге 2.1] бойынша 2-ші талаптардың сыныбы қабылдар едік.

5.3.2.5 Талаптардың сыныбы үшін сусымалы материалды мінездеме 2, [4.2.2] сәйкес [4.2.3] және, сусымалы материалды мінездеменің Е1].

а) Қабылданған кестесіне бойынша анықтауға рұқсат етіледі төменде келтірілген:

- материалдың дара салмағы:

- төменгі мінеземелік мән $\gamma_l = 7,0 \text{ кН/м}^3$;

жоғарғы мінеземелік мән $\gamma_u = 8,0 \text{ кН/м}^3$;

қиябет бұрышы $\phi_l = 29^\circ$;

- ішкі үйкелісті бұрыш ϕ :

Орташа мән $\phi_{im} = 25^\circ$;

Қайта есептеу коэффициенті $a_\phi = 1,16$;

Көлбеу жүктеме коэффициенті K :

Орташа мән $K_m = 0,63$;

Қайта есептеу коэффициенті $a_K = 1,11$;

қабырға туралы үйкелес еселігі μ қабырғаның дәрежелерінің жанында D3:

Орташа мән $\mu_m = 0,48$;

Қайта есептеу коэффициенті $a_\mu = 1,16$;

жергілікті жүктеме үшін коэффициент $C_{op} = 0,5$.

б) (4.1) формулаларға бойынша жетіспеушілікетін мінеземелік мәндерді есептейміз – (4.6)]:

$$\text{- жоғарғы мінеземелік мән } K = K_m \times a_K = 0,63 \times 1,11 = 0,70;$$

$$\text{- төменгі мінеземелік мән } K = K_m / a_K = 0,63 / 1,11 = 0,57;$$

$$\text{- жоғарғы мінеземелік мән } \mu = \mu_m \times a_\mu = 0,48 \times 1,16 = 0,56;$$

$$\text{- төменгі мінеземелік мән } \mu = \mu_m / a_\mu = 0,48 / 1,16 = 0,41;$$

$$\text{- жоғарғы мінеземелік мән } \phi_l = \phi_{im} \times a_\phi = 25^\circ \times 1,16 = 29,00^\circ;$$

$$\text{- төменгі мінеземелік мән } \phi_l = \phi_{im} / a_\phi = 25^\circ / 1,16 = 21,55^\circ.$$

-

в) [3.2-ші ішкі бөлімімен] сәйкес сусымалы материалдың мінеземелерінің комбинациясын құраймыз:

- келесі мәндер [кесте 3.1] мәліметті қолдана аламыз:

Комбинация №	Жүктеуді жетілетін вариант	Қолданылатын мінездемелік мән		
		Коэффициент қабырғатуралы үй- үй- келістер μ	Көлденең жүктеменің коэффици- енті K	Ішкі үй- келісті бұрыш ϕ
1	Тік қабырғаға максимал қалыпты қысымы (p_{hf} немесе p_{he})	0,41	0,70	21,55
2	Тік қабырғаға максимал жүктеме үйкелісе- себінен (p_{wf} немесе p_{we})	0,56	0,70	21,55
3	Тік қабырғаға максимал жүктеме (p_{vft})	0,41	0,57	29,00
4	Шұңқырға максимал жүктеме толтыруда (p_{nf} және p_{tf})	0,41	0,57	21,55
5	Жүктүсірудің жанында шұңқырға макси- мал жүктеме (p_{ne} және p_{te})	0,41	0,70	29,00

- барлық есептеулер үшін материалдың дара салмағы жоғарғы мінездемелік мәнді сияқты қабылдаймыз сусымалы материалды ағымның параметрлерін Е1)).

5.3.2.6 Определяемнің кестесіне ескертуді қара

а) шұңқырдағы үйкелес еселіктері төменгі мінездемелік мән үшін $\mu_h = 0,41$ және шұңқырлар, түкпірлету $\beta = 45^\circ$, ([F.1дің суреті] сонымен бірге қара) [суретке 4.1а] сәйкес осы жағдайда табамыз:

- жүк түсірудің жанында жаппай ағынның білімінің конустық шұңқыры үшін күмән;
- жүк түсірудің жанында жаппай ағынның білімінің сына тәрізді шұңқыры үшін болуы мүмкін;

Пирамида шұңқыры үшін қаралатын жағдайда аралас ағынның білімі болуы мүмкін қабылдаймыз.

б) толтыру, бастапқы дерекке сәйкес, өйткені аз эксцентриситеті болар еді $e_f = 0,5 \text{ м} < e_{f,cr} = 0,25 \times d_c = 1,5 \text{ м}$);

- жүк түсіру - симметриялық, тіпті симметриялық емес қысымдардың білімінің мүмкіндігі симметриялық аралас ағында ескеру керек, алайда, [ішкі бөлім 3.3] жағдайлармен сәйкес.

5.3.2.7 Бункердің қабырғасындағы сусымалы материалынанғы жүктемелері

а) ТОЛТЫРУ

1) Симметриялық жүктемелер.

- Янссеннің теориясы бойынша тереңдіктің мінездемелік мәнін анықтаймыз:

Белгі	Формула	Комбинация		
		1	2	3
z_o	$z_o = \frac{1}{K \times \mu} \times \frac{A}{U}$	5,18	3,85	6,39

- үлкен тереңдікте асимптотикалық көлденең қысымды есептейміз:

Белгі	Формула	Комбинация		
		1	2	3
p_{ho}	$p_{ho} = \gamma \times K \times z_o$	29,0	21,6	29,0

- симметриялық толтырылған тік төртбұрышты бункер үшін қабырғамен сусымалы материалды байланысуды өзі биік нүкте үшін z мән екі әдіс арқылы аламыз:

- [(5.78) формулаға] бойынша: $h_o = \frac{d_c}{4} \times \operatorname{tg}(\phi_r) = \frac{6}{4} \times \operatorname{tg}(29^\circ) = 0,83$ м.

- (5.3.2-ші суретті кара) сапруды бағдарламадағы фигураға осы жағдай үшін тікелей өлшемімен салынған: $h_{o,high} = 0,39$ м.

- Соңғы шешім $h_o = h_{o,high} = 0,39$ м.

- n параметрін есептейміз:

Белгі	Формула	Комбинация		
		1	2	3
n	$n = -(1 + \operatorname{tg}(\phi_r)) \times (1 - h_o / z_o)$	-1,44	-1,40	-1,46

- қысымның өзгеруінің функциясының мәні тереңдікке байланысты есептейміз:

Белгі	Формула	Тереңдіг i $z, \text{ м}$	Комбинация		
			1	2	3
Y_R	$Y_R = \left(1 - \left(\left(\frac{z - h_o}{z_o - h_o} \right) + 1 \right)^n \right)$	0,39	0,00	0,00	0,00
		0,52	0,04	0,05	0,03
		1,03	0,16	0,21	0,14
		1,55	0,27	0,33	0,23
		2,06	0,35	0,42	0,30
		2,58	0,42	0,50	0,36
		3,09	0,47	0,55	0,42
		3,61	0,52	0,60	0,47
		4,12	0,56	0,64	0,51
		4,64	0,60	0,67	0,54
		5,15	0,63	0,70	0,57
		5,67	0,66	0,73	0,60
		6,18	0,68	0,75	0,63
		6,70	0,70	0,77	0,65
		7,21	0,72	0,78	0,67
		7,73	0,74	0,80	0,69

Ескерту: биіктік бойынша бөлуді бұл жерде бұдан әрі адымның ескертуі конструкцияның бөліктеуін Шағаға байланысты түпкі элементтерге есепшіні қабылдайды.

– Көлбеу қысымды есептейміз:

Белгі	Формула	Тереңдігі z , м	Комбинация		
			1	2	3
p_{hf}	$p_{hf}(z) = p_{ho} \times Y_R(z)$	0,39	0,00	0,00	0,00
		0,52	1,05	1,04	0,86
		1,03	4,78	4,55	3,99
		1,55	7,74	7,14	6,57
		2,06	10,13	9,12	8,74
		2,58	12,10	10,67	10,57
		3,09	13,74	11,92	12,14
		3,61	15,13	12,94	13,50
		4,12	16,32	13,79	14,68
		4,64	17,35	14,51	15,72
		5,15	18,24	15,11	16,64
		5,67	19,02	15,64	17,46
		6,18	19,71	16,09	18,18
		6,70	20,32	16,49	18,84
		7,21	20,87	16,84	19,43
		7,73	21,36	17,15	19,96

–

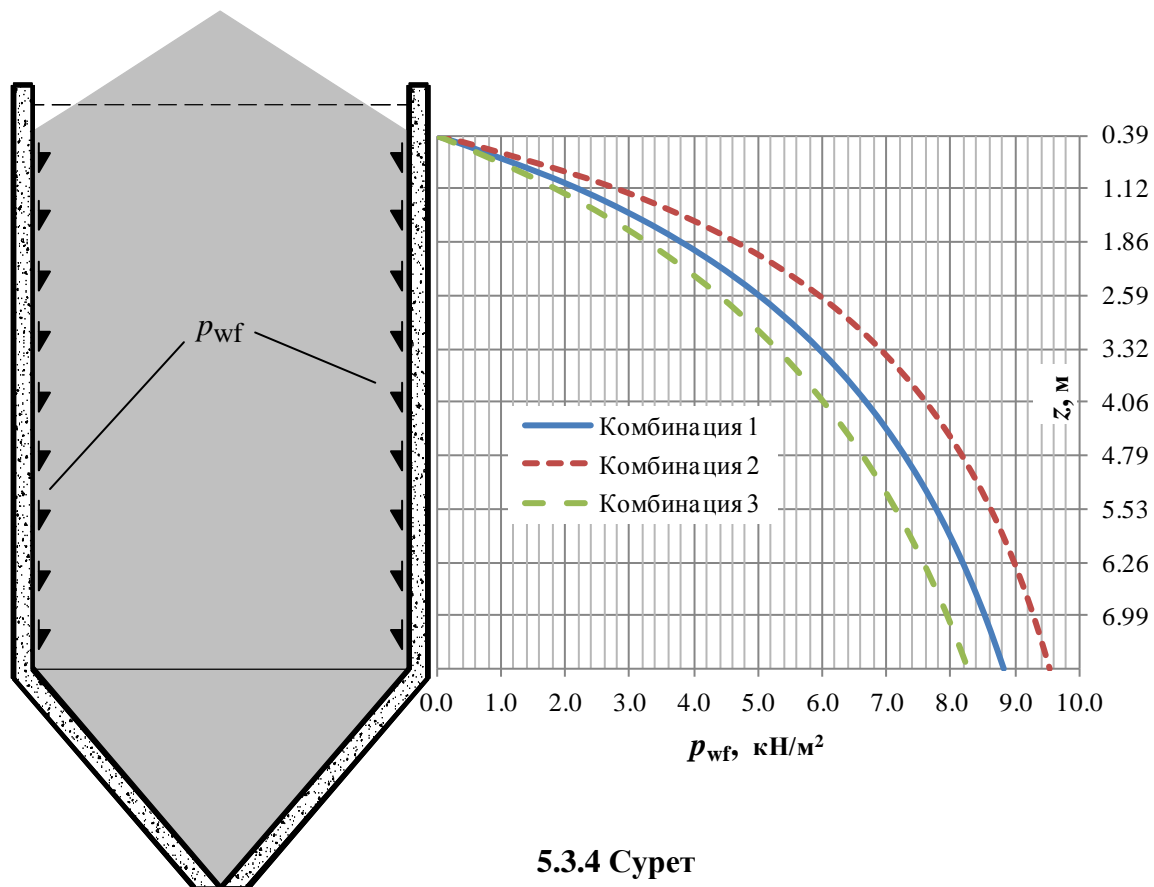
– Бункердің қабырғасындағы көлденең қысымының үлестірілуі график түрінде түрде тереңдікке байланысты суретте 5.3.3 көрсетілген. Бұл сурет аралық мәндердің алуы үшін қолдануға болады.

– қабырға туралы жүктемені үйкеліс есебінен үміт артамыз:

–

Белгі	Формула	Тереңдігі z , м	Комбинация		
			1	2	3
p_{wf}	$p_{wf}(z) = \mu \times p_{hf}$	0,39	0,00	0,00	0,00
		0,52	0,44	0,58	0,36
		1,03	1,98	2,53	1,65
		1,55	3,20	3,97	2,72
		2,06	4,19	5,08	3,62
		2,58	5,01	5,94	4,37
		3,09	5,69	6,64	5,02
		3,61	6,26	7,21	5,59
		4,12	6,75	7,68	6,08
		4,64	7,18	8,08	6,51
		5,15	7,55	8,42	6,89
		5,67	7,87	8,71	7,22
		6,18	8,16	8,96	7,52
		6,70	8,41	9,18	7,80
		7,21	8,64	9,38	8,04
		7,73	8,84	9,55	8,26

– Қабырға туралы салмақты үлестіру график түрінде түрде үйкеліс есебінен суретте 5.3.4: көрсетілген



5.3.4 Сурет

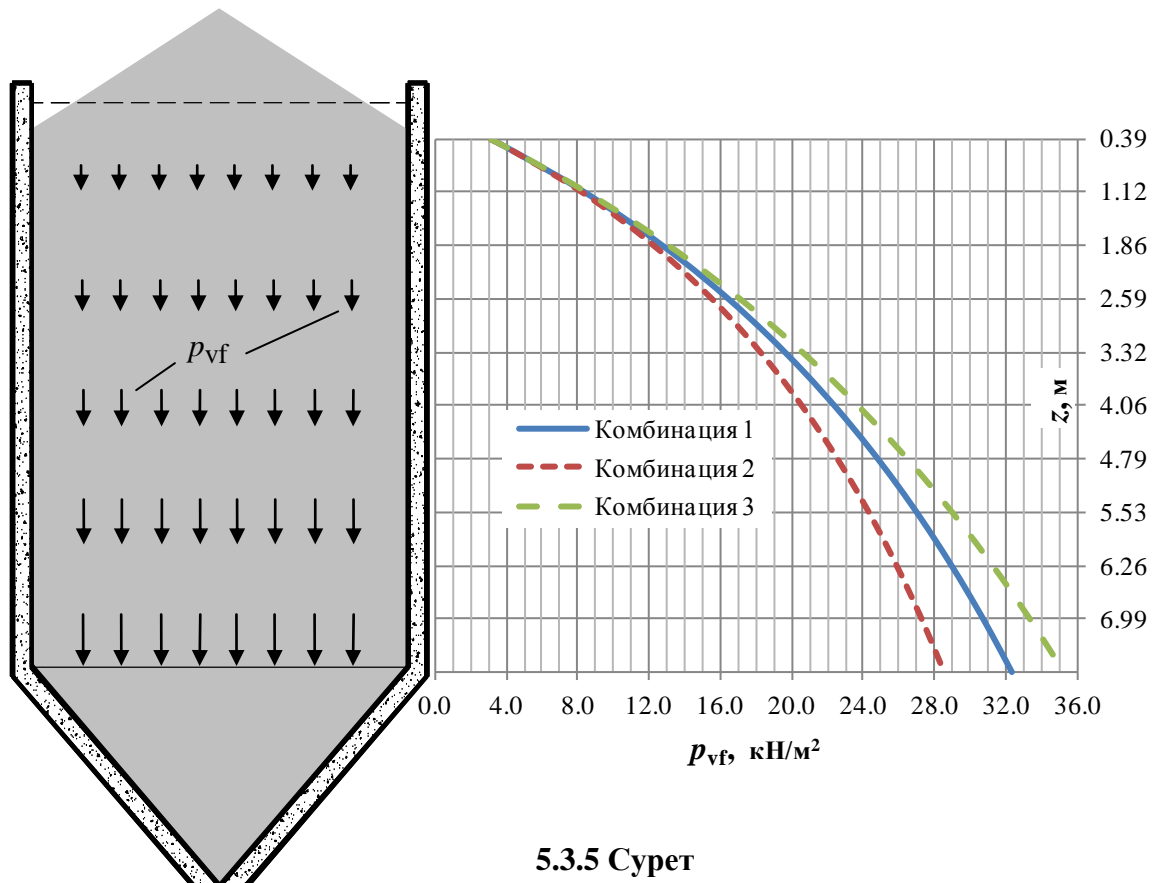
– тік қысымның бағасы үшін тереңдіктің параметрін есептейміз:

Белгі	Формула	Тереңдігі z , м	Комбинация		
			1	2	3
z_v	$z_v = h_0 - \frac{1}{(n+1)} \times \left(z_0 - h_0 - \frac{(z + z_0 - 2 \times h_0)^{n+1}}{(z_0 - h_0)^n} \right)$	0,39	0,39	0,39	0,39
		0,52	0,51	0,51	0,51
		1,03	0,97	0,96	0,98
		1,55	1,38	1,33	1,40
		2,06	1,73	1,65	1,78
		2,58	2,05	1,93	2,13
		3,09	2,34	2,17	2,44
		3,61	2,59	2,39	2,73
		4,12	2,83	2,59	2,99
		4,64	3,05	2,76	3,24
		5,15	3,24	2,92	3,46
		5,67	3,43	3,07	3,68
		6,18	3,60	3,21	3,87
		6,70	3,76	3,33	4,06
		7,21	3,91	3,45	4,24
		7,73	4,05	3,56	4,40

– Тік қысымды анықтаймыз:

Белгі	Формула	Тереңдігі z , м	Комбинация		
			1	2	3
p_{vf}	$p_{vf} = \gamma \times z_v$	0,39	3,12	3,12	3,12
		0,52	4,10	4,10	4,11
		1,03	7,80	7,66	7,87
		1,55	11,02	10,66	11,24
		2,06	13,87	13,21	14,27
		2,58	16,40	15,44	17,01
		3,09	18,68	17,39	19,52
		3,61	20,75	19,14	21,81
		4,12	22,64	20,70	23,93
		4,64	24,36	22,11	25,89
		5,15	25,95	23,40	27,71
		5,67	27,43	24,58	29,40
		6,18	28,79	25,66	30,99
		6,70	30,07	26,67	32,48
		7,21	31,26	27,60	33,88
		7,73	32,38	28,47	35,20

– Графика түрінде:



2) Жергілікті жүктемелер.

- талаптардың сыныптың орташа иілгіштігі бар бункері үшін 2, [(5) 5.3.1.2-ші тармаққа] сәйкес, жергілікті жүктемелі [5.2.1.2-ші тармақтар және 5.2.1.5] жағдайлар бойынша (5.3.6-шы суретті қара) толтыруда есептейміз және онының қосымша тіркелген здың кез келген тереңдігінде қабылдаймыз

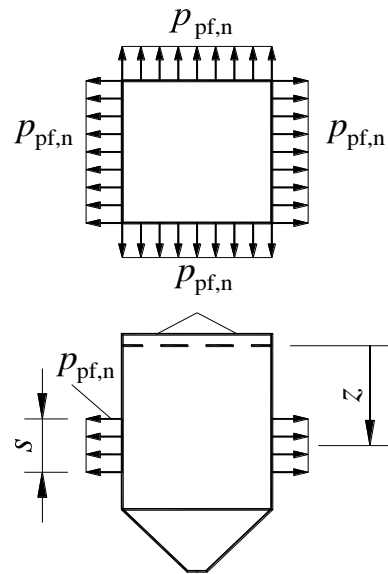


Рисунок 5.3.6

- жергілікті қысымның қосымшасының аймақтары биіктікті [(5.12) формулаға] бойынша аламыз: $s = 0,2 \times d_c = 0,2 \times 6,0 = 1,2$ м;

- сусымалы материалды бетте ([1.1b-ші сурет] қара) толтыру пайда болатын төгілген конустың максимал эксцентриситетін анықтаймыз:

бастапқы дерекке сәйкес $e_f = 0,5$ м;

- [(6) 5.3.1.2-ші тармақ] шарт тексереміз

$$- e_f = 0,5 \text{ м} < e_{f,cr} = 0,25 \times d_c = 1,5 \text{ м};$$

- шарт орындалады, демек [5.3.3] процедура керек болмайды.

- параметрді есептейміз

$$- E = 2 \times e_f / d_c = 2 \times 0,5 / 6,0 = 0,167;$$

- жергілікті жүктеме үшін үлкеюді коэффициент толтыруда [(5.9) формуланы] қолдана табамыз:

$$\begin{aligned} - C_{pf} &= 0,21 \times C_{op} \times (1 + 2 \times E^2) \times (1 - e^{(-1,5 \times ((h_c / d_c) - 1))}) = \\ &= 0,21 \times 0,5 \times (1 + 2 \times 0,167^2) \times (1 - e^{(-1,5 \times ((7,73 / 6,0) - 1))}) = 0,039; \end{aligned}$$

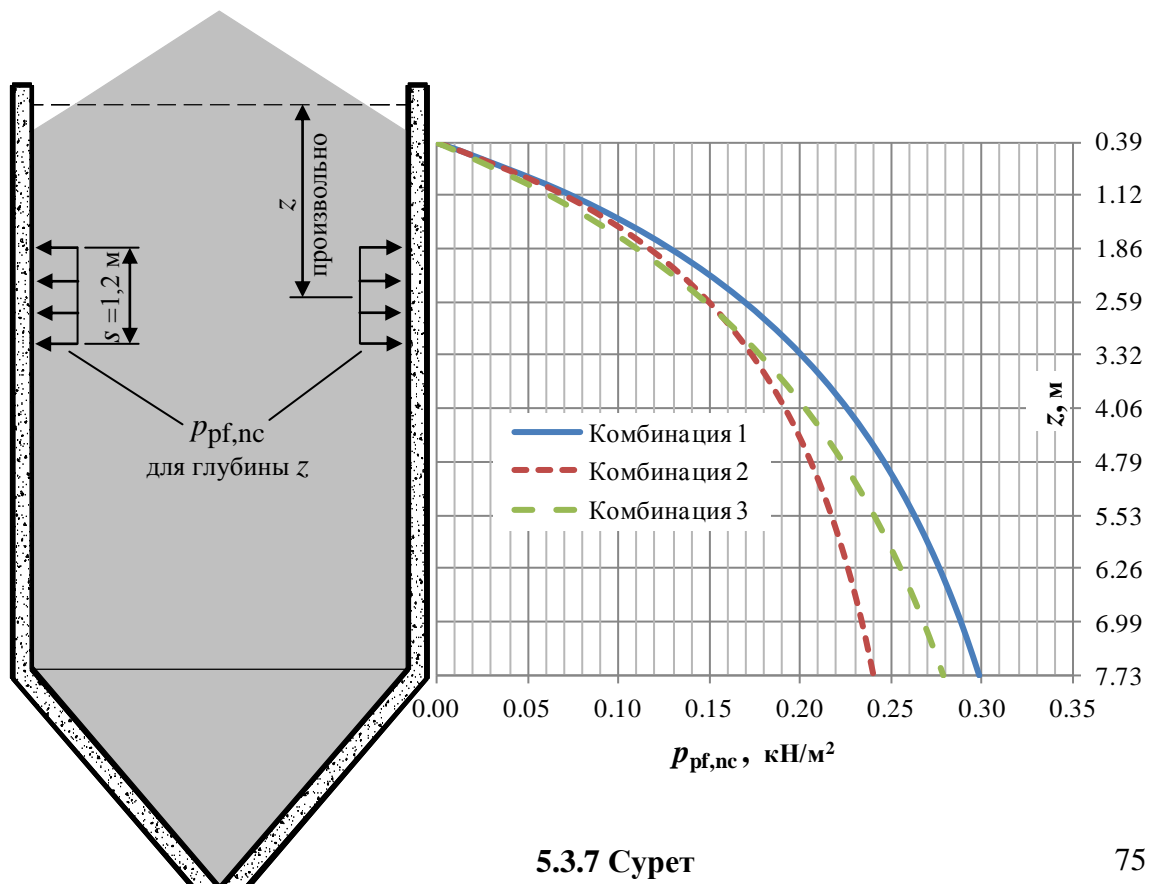
- Мұнда $C_{op} = 0,5$ — бұл жерде - ((5) осы мысал) тармақты қара) жергілікті жүктеме үшін сусымалы материалды коэффициент;

- рpfтың толтыруы және жергілікті жүктеме, рpf, ((5.8) [(5.17) формуланы] және) фор-

муланы] қара) не ұсынатын бір қалыпты қысым үшін жергілікті қысымның амплитудасының базистік мәнін анықтаймыз:

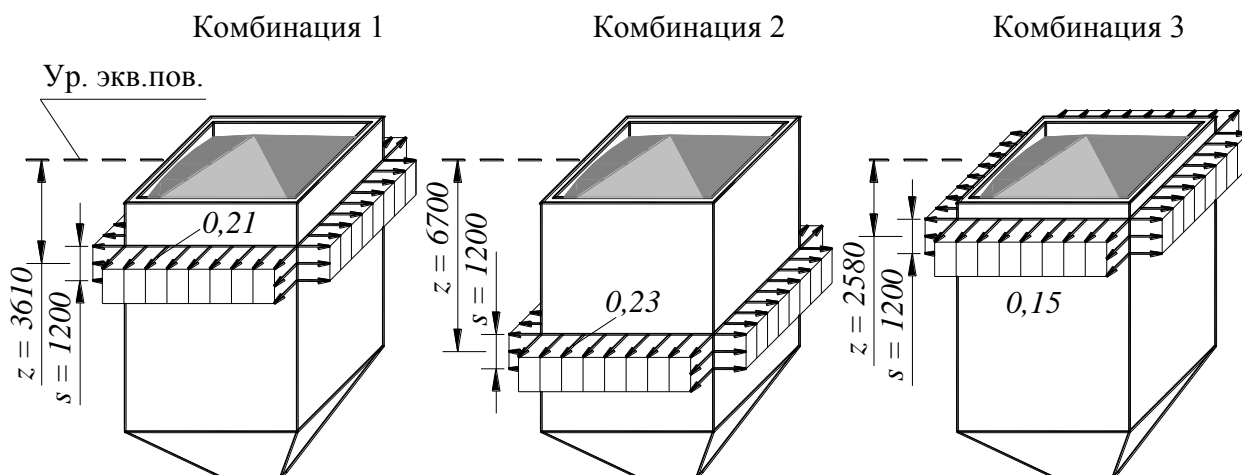
Белгі	Формула	Тереңдіг i z, М	Комбинация					
			1		2		3	
			p_{pf}	$p_{pf,nc}$	p_{pf}	$p_{pf,nc}$	p_{pf}	$p_{pf,nc}$
p_{pf} $p_{pf,nc}$	$p_{pf} = C_{pf} \times p_{hf}$, где p_{hf} см. (7)-а)-1); $p_{pf,nc} = 0,36 \times p_{pf}$	0,39	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		0,52	0,04	0,01	0,04	0,01	0,03	0,01
		1,03	0,19	0,07	0,18	0,06	0,15	0,06
		1,55	0,30	0,11	0,28	0,10	0,26	0,09
		2,06	0,39	0,14	0,35	0,13	0,34	0,12
		2,58	0,47	0,17	0,41	0,15	0,41	0,15
		3,09	0,53	0,19	0,46	0,17	0,47	0,17
		3,61	0,59	0,21	0,50	0,18	0,52	0,19
		4,12	0,63	0,23	0,54	0,19	0,57	0,21
		4,64	0,67	0,24	0,56	0,20	0,61	0,22
		5,15	0,71	0,26	0,59	0,21	0,65	0,23
		5,67	0,74	0,27	0,61	0,22	0,68	0,24
		6,18	0,77	0,28	0,63	0,23	0,71	0,25
		6,70	0,79	0,28	0,64	0,23	0,73	0,26
		7,21	0,81	0,29	0,65	0,24	0,75	0,27
		7,73	0,83	0,30	0,67	0,24	0,78	0,28

– Бункердің қабырғасындағы қысымның бөлінуі график түрінде түрде тереңдікке байланысты суретте 5.3.7 көрсетілген.



5.3.7 Сурет

Суретте 5.3.8 материалдардың мінездемелерінің ұшқомбинацияларының здың кезкелген күйінделері үшін жергілікті қысымның қосымшасының мысалдары көрсетілген және тиісті $p_{pf,nc}$.



5.3.8 Сурет

б) ЖҮК ТҮСІРУ.

1) Симметриялық жүктемелер

- талаптардың сыныбының орташа иілгіштігі бар бункерлері үшін 2, [(5) 5.3.2.1] сәйкес, жүк түсірудің коэффициенттері тең:

- иілгіштіктің түзетуін коэффициент $C_s = h_c / d_c - 1 = 0,29$;

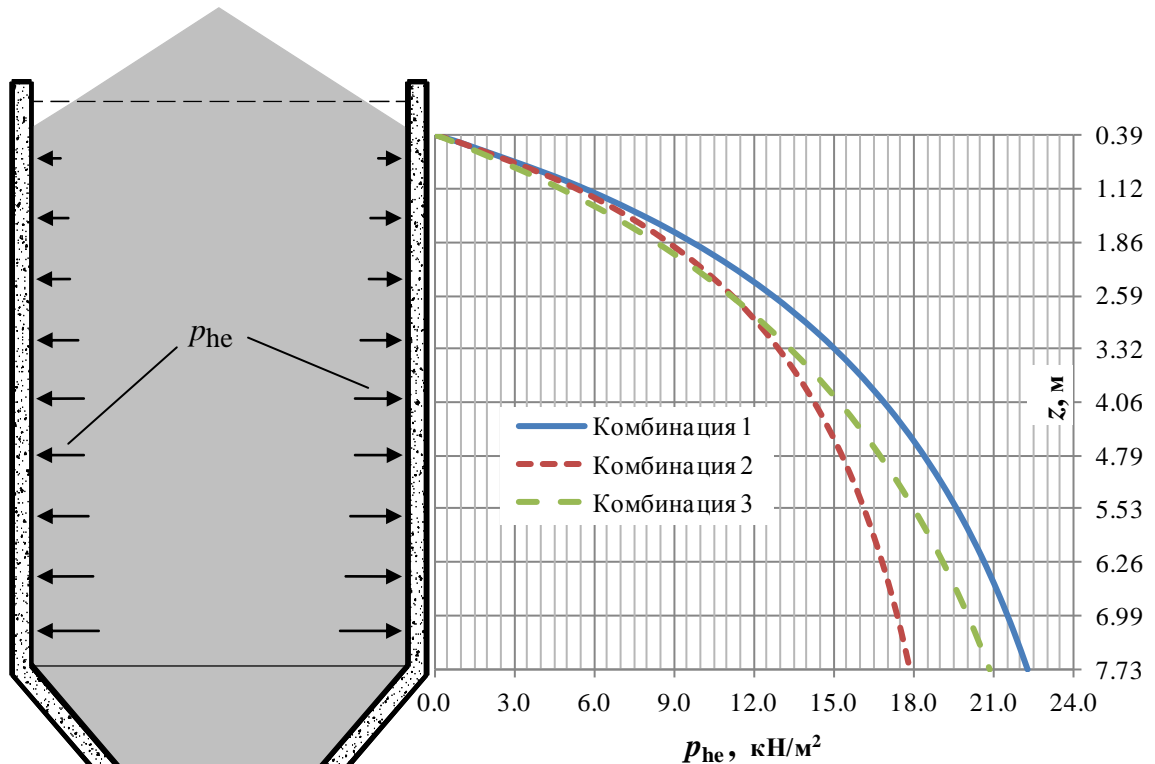
- Көлденең қысым үшін $C_h = 1 + 0,15 \times C_s = 1,04$;

- Сw қабырғалар туралы жүктемелер үшін үйкеліс есебінен $= 1 + 0,1 \times C_s = 1,03$;

- көлденең қысымды анықтаймыз:

Белгі	Формула	Тереңдігі z, м	Комбинация		
			1	2	3
p_{he}	$p_{he} = C_h \times p_{hf}$, где p_{hf} – см. пункт (7)-а)- 1) настоящего Примера	0,39	0,00	0,00	0,00
		0,52	1,10	1,09	0,90
		1,03	4,99	4,74	4,16
		1,55	8,07	7,44	6,86
		2,06	10,57	9,51	9,12
		2,58	12,62	11,13	11,03
		3,09	14,34	12,43	12,67
		3,61	15,79	13,50	14,08
		4,12	17,03	14,39	15,32
		4,64	18,10	15,13	16,40
		5,15	19,03	15,77	17,36
		5,67	19,84	16,31	18,21
		6,18	20,56	16,79	18,97
		6,70	21,20	17,20	19,65
		7,21	21,77	17,57	20,27
		7,73	22,29	17,89	20,83

– Бункердің қабырғасындағы көлденең қысымының үлестірілуі график-
түрінде түрде тереңдікке байланысты суретте 5.3.9 көрсетілген. Бұл сурет ар-
лық мәндердің алуы үшін қолдануға болады.

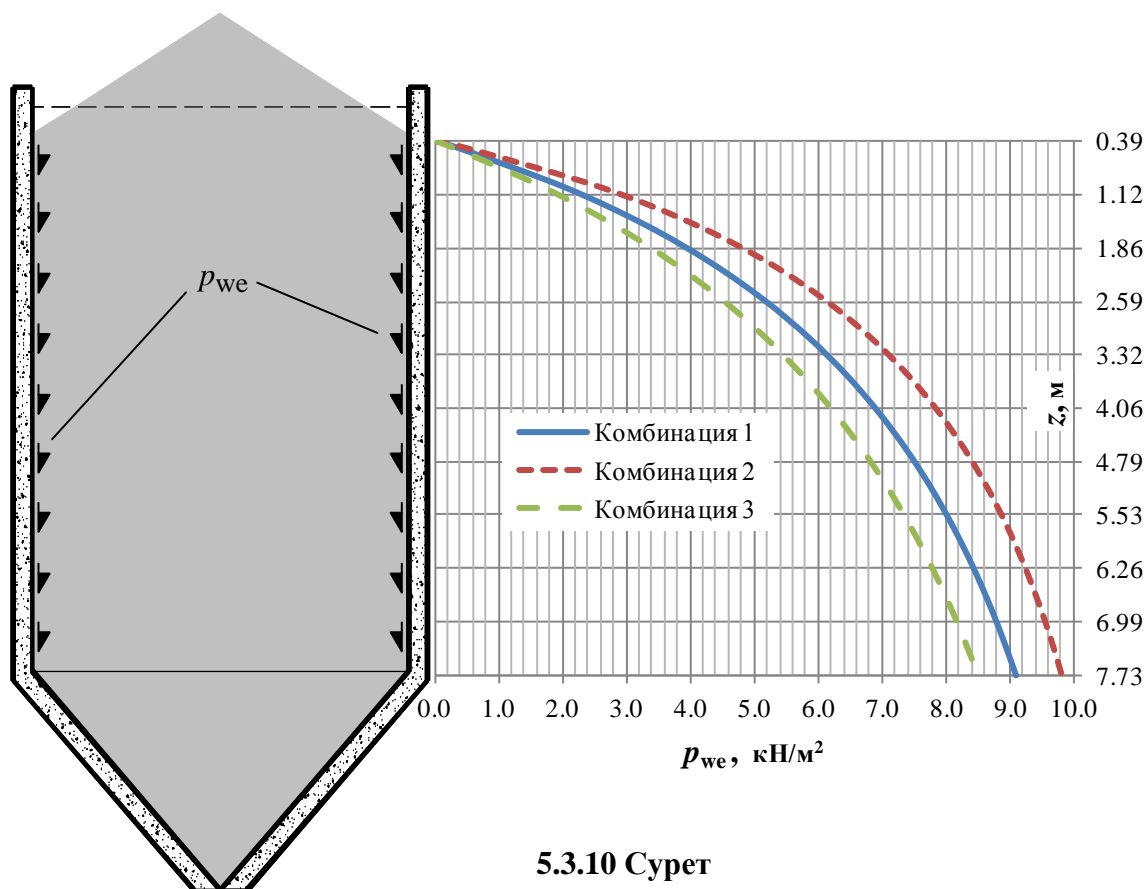


5.3.9 Сурет

- қабырға туралы жүктемені үйкеліс есебінен есептейміз:

Белгі	Формула	Тереңдігі $z, \text{ м}$	Комбинация		
			1	2	3
p_{we}	$p_{we} = C_w \times p_{wf}$, Мұнда p_{wf} – осы мысалдың (7)-а)-1) бөлігін қара	0,39	0,00	0,00	0,00
		0,52	0,45	0,60	0,37
		1,03	2,04	2,60	1,70
		1,55	3,29	4,09	2,80
		2,06	4,31	5,22	3,72
		2,58	5,15	6,11	4,50
		3,09	5,85	6,83	5,17
		3,61	6,44	7,41	5,75
		4,12	6,95	7,90	6,25
		4,64	7,38	8,31	6,69
		5,15	7,76	8,66	7,08
		5,67	8,10	8,96	7,43
		6,18	8,39	9,22	7,74
		6,70	8,65	9,45	8,02
		7,21	8,89	9,65	8,27
		7,73	9,09	9,83	8,50

Графика түрінде:



5.3.10 Сурет

2) Жергілікті жүктемелер.

- [5.3.2.2(3) бөлігінің] шарттарын тексереміз:

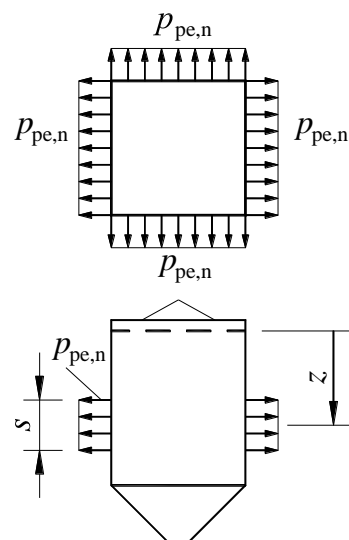
$$- e_o = 0 < e_{o,cr} = 0,25 \times d_c = 1,5;$$

шарт орындалады, демек [5.3.4] процедура керек болмайды.

- талаптардың сыныптың орташа иілгіштігі бар бункері үшін 2, [(7) 5.3.2.2-ші тармаққа] сәйкес, жүк түсірудің жанында жергілікті жүктемелі [5.3.2.3] бойынша анықтаймыз. [(2) 5.3.2.3] сәйкес [5.2.3] жағдайларды қолданылады. Дөңгелек емес бункерлер үшін [(2) 5.2.3] сәйкес [5.2.2.5-ші тармақ] жағдайларға шығуға керек.

- жергілікті жүктемесін қосымша тіркелген кез келген тереңдікте қабылдаймыз; жергілікті қысымның қосымшасының аймақтары бұл биіктікте [(5.12) формулаға] бойынша аламыз:

$$s = 0,2 \times d_c = 0,2 \times 6,0 = 1,2 \text{ м};$$



5.3.11 Сурет

– эксцентриситеттердің максималы ретінде есепті эксцентриситетті анықтаймыз e_f және e_o :

$$e = \max(e_f, e_o) = 0,5 \text{ м};$$

$$E = 2 \times e / d_c = 2 \times 0,5 / 6,0 = 0,167 \text{ Параметрін есептейміз};$$

– жүк түсірудің жанында жергілікті жүктеме үшін үлкеюді коэффициент [(5.28) формуланы] қолдана табамыз, өйткені $h_c / d_c = 1,29 > 1,2$:

$$C_{pe} = 0,42 \times C_{op} \times (1 + 2 \times E^2) \times (1 - e^{(-1,5 \times ((h_c / d_c) - 1))}) =$$

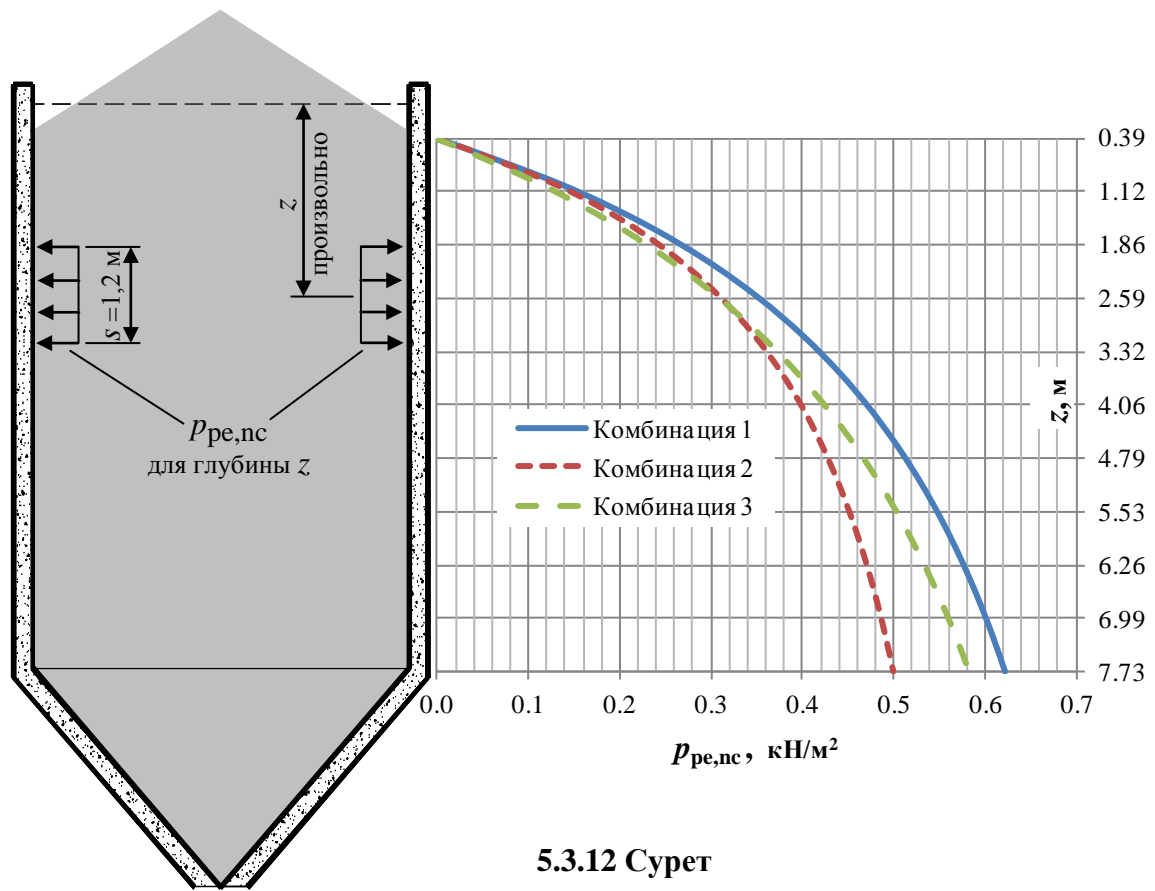
$$= 0,42 \times 0,5 \times (1 + 2 \times 0,167^2) \times (1 - e^{(-1,5 \times ((7,73 / 6,0) - 1))}) = 0,078;$$

Мұнда $C_{op} = 0,5$ — ((5) осы мысал) тармақты қара) жергілікті жүктеме үшін сусымалы материалды коэффициент;

- жүк түсіру үшін жергілікті қысымның амплитудасының базистік мәнін анықтаймыз p_{pe} және жергілікті жүктеме ұсынатын бір қалыпты қысым $p_{pe,nc}$ ((5.27) [Формуласын қара және (5.37)]):

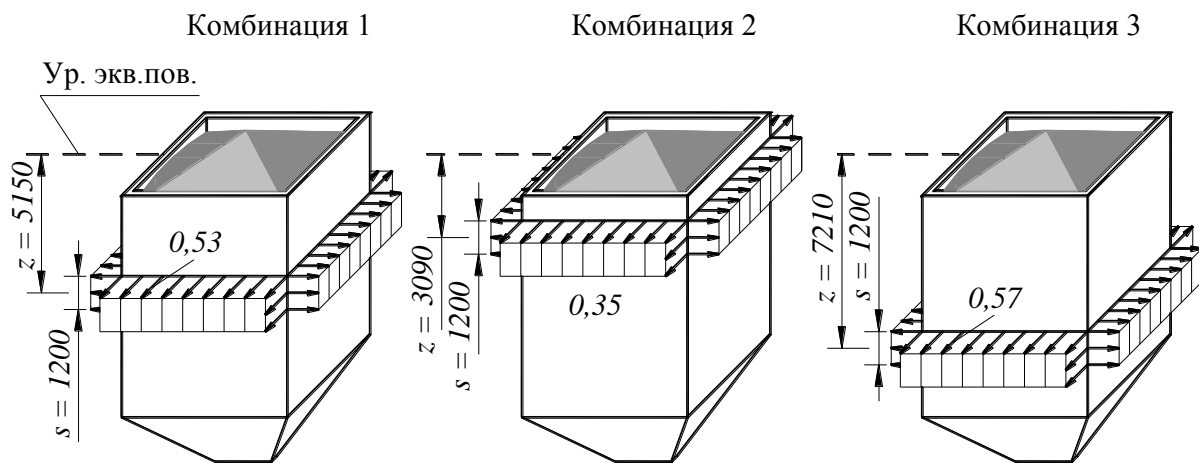
Белгі	Формула	Тереңдігі $z, \text{ м}$	Комбинация					
			1		2		3	
			p_{pe}	$p_{pe,nc}$	p_{pe}	$p_{pe,nc}$	p_{pe}	$p_{pe,nc}$
p_{pe} $p_{pe,nc}$	$p_{pe} = C_{pe} \times p_{he},$ где $p_{he \text{ см. (7)-б)-1)}$; $p_{pe,nc} = 0,36 \times p_{pe}$	0,39	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		0,52	0,09	0,03	0,08	0,03	0,07	0,03
		1,03	0,39	0,14	0,37	0,13	0,32	0,12
		1,55	0,63	0,23	0,58	0,21	0,53	0,19
		2,06	0,82	0,30	0,74	0,27	0,71	0,25
		2,58	0,98	0,35	0,86	0,31	0,86	0,31
		3,09	1,11	0,40	0,97	0,35	0,98	0,35
		3,61	1,23	0,44	1,05	0,38	1,09	0,39
		4,12	1,32	0,48	1,12	0,40	1,19	0,43
		4,64	1,41	0,51	1,18	0,42	1,27	0,46
		5,15	1,48	0,53	1,22	0,44	1,35	0,49
		5,67	1,54	0,55	1,27	0,46	1,41	0,51
		6,18	1,60	0,58	1,30	0,47	1,47	0,53
		6,70	1,65	0,59	1,34	0,48	1,53	0,55
		7,21	1,69	0,61	1,36	0,49	1,57	0,57
		7,73	1,73	0,62	1,39	0,50	1,62	0,58

– Бункердің қабырғасындағы қысымның бөлінуі график түрінде түрдетерендікке байланысты суретте 5.3.12 көрсетілген. Бұл сурет аралық мәндердің алуы үшін қолдануға болады.



5.3.12 Сурет

Суретте 5.3.13 материалдардың мінездемелерінің үш комбинацияларының здың кез-келген күйінделері үшін жергілікті қысымның қосымшасының мысалдары көрсетілген және тиісті $p_{re,nc}$.



5.3.13 Сурет

5.3.2.8 Шұңқырға сусымалы материалданғы жүктемелері

а) толтыру және жүк түсіру үшін Ортақ параметрлер

1) [Рның (2) 6.1.1-ші тармағы] жағдайлар бойынша шұңқырдың түрін анықтаймыз.

Қабылдаймыз

- төменгі мінездемелік мән $K = 0,57$;

-төменгі мінездемелік мән $\mu_h = 0,41$;

$$\text{Өйткені } \operatorname{tg}(\beta) = \operatorname{tg}(45^\circ) = 1,0 > \frac{1-K}{2 \times \mu_h} = \frac{1-0,57}{2 \times 0,41} = 0,523$$

и $\alpha = 45^\circ > 20^\circ > 5^\circ$ (3.4 тарауды қара), онда
шұңқыр «жазық» болады.

2) ([формуланы 6.26] қара) жазық шұңқыр үшін тиімді үйкелістің коэффициенті табамыз:

$$\mu_{\text{heff}} = \frac{1-K}{2 \times \operatorname{tg}(\beta)} = \frac{1-0,57}{2 \times \operatorname{tg}(45^\circ)} = 0,22.$$

3) днищеге жүктеменің үлкеюін коэффициентті анықтаймыз. ([(5)) 6.1.2-ші тармақ] көрсетілген шарттар 2-ші талаптардың сыныбының бункері жоқ болғанда) осы мысалдың шарттары үшін, қабылдаймыз $C_b = 1,0$.

4) тік қабырғалардың арасындағы өткелдегі тік қысымды есептейміз және [(6.2) формулаға] бойынша шұңқырмен: $p_{\text{vft}} = C_b \times p_{\text{vf}}$,

где $p_{\text{vf}} = 35,20 \text{ кН/м}^2$ — тереңдіктің жанында осы мысалдың (7)-шы) тармақ есептелген толтырулар тік қысым z , тік қабырғаның тең биіктігіне h_c .

Қажетті мәндер қоя аламыз: $p_{\text{vft}} = 1,0 \times 35,20 = 35,20 \text{ кН/м}^2$.

б) ТОЛТЫРУ.

[бөлім 6] талаптармен сәйкес шұңқырға жүктеме толтыруда анықтаймыз.

1) тиісті параметрлер табамыз:

- эмпирикалық коэффициент $b = 0,2$;

-конустық шұңқырлар үшін форманың коэффициенті $S = 2$;

- шұңқырдағы қысымның қатынасының мінездемелік мәні

$$F_f = 1 - \frac{b}{\left(1 + \frac{\operatorname{tg}(\beta)}{\mu_{\text{heff}}}\right)} = 1 - \frac{0,2}{\left(1 + \frac{1,0}{0,22}\right)} = 0,964 ;$$

- параметр $n = S \times (1 - b) \times \mu_{\text{heff}} \times \operatorname{ctg}(\beta) = 2 \times (1 - 0,2) \times 0,22 \times 1,0 = 0,346$;

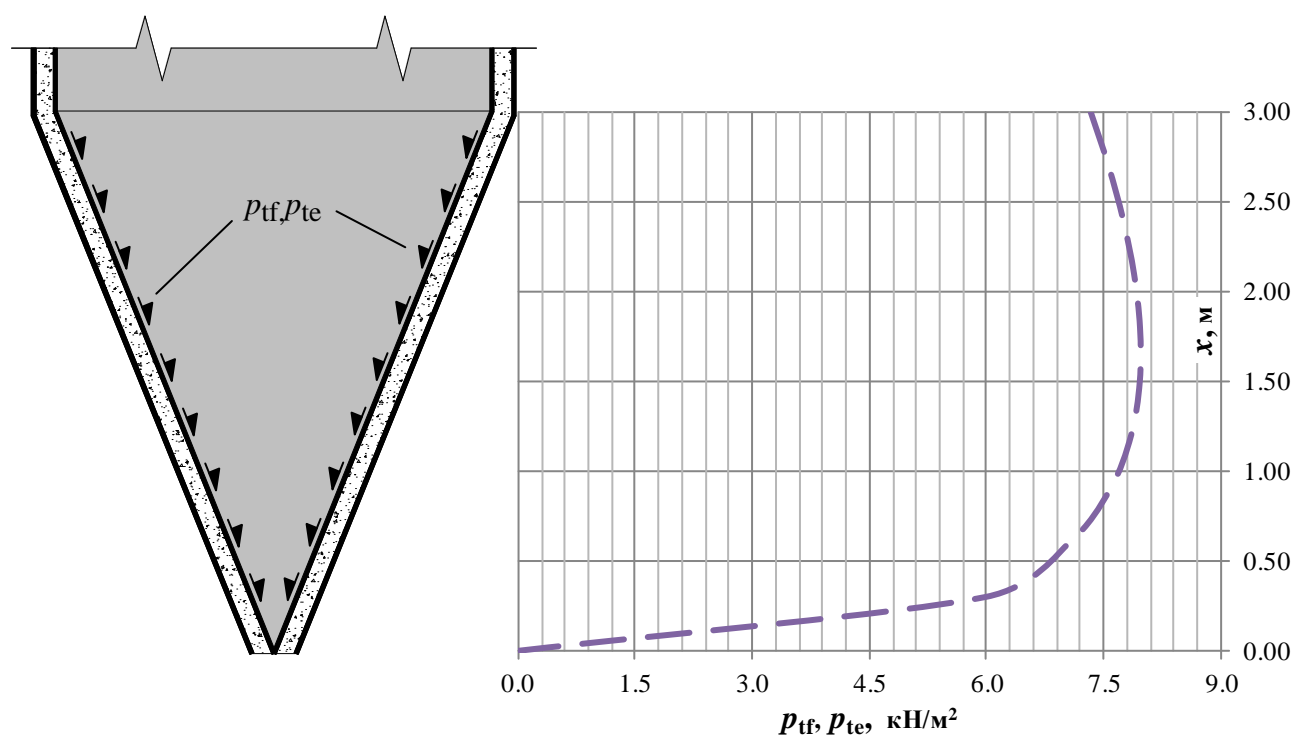
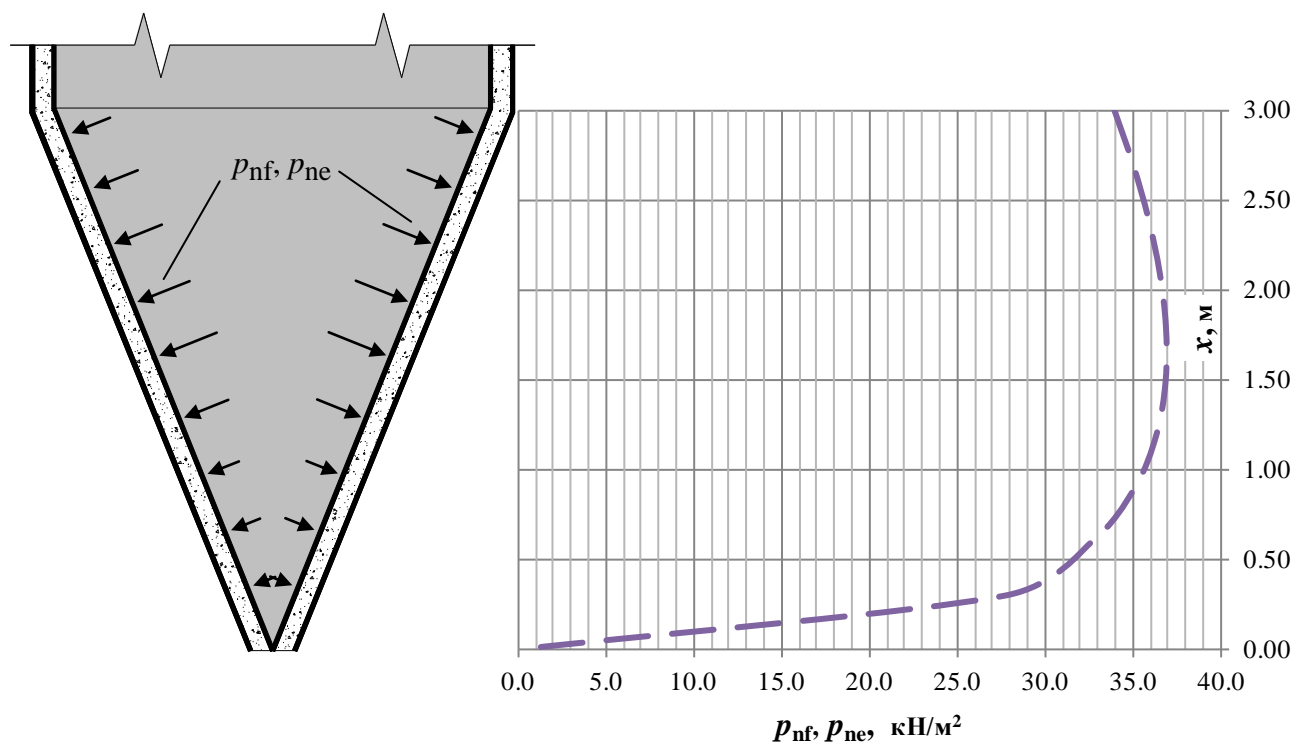
2) шұңқырдың төбесінің үстінде холардың биіктігінде материалдағы орташа тіккернеуді анықтаймыз

Белгі	Формула	Биіктігі x, м	Комби- нация
			4
p_v	$p_v = \left(\frac{\gamma \times h_h}{n-1} \right) \times \left\{ \left(\frac{x}{h_h} \right) - \left(\frac{x}{h_h} \right)^n \right\} + p_{vft} \times \left(\frac{x}{h_h} \right)^n,$ <p style="text-align: center;">мұнда</p> <p>x — шұңқырдың төбе саналатын тік координата; p_{vft} – (8)-а)-4) осы мысалдың бөлігін қара</p>	3,00	35,20
		2,70	36,30
		2,40	37,20
		2,10	37,87
		1,80	38,24
		1,50	38,22
		1,20	37,69
		0,90	36,40
		0,60	33,86
		0,30	28,75
		0,00	0,00

3) қалыпты p_{nf} қысымын есептейміз және қабырғалар туралы жүктемені үйкеліс есебінен p_{tf} жазық шұңқырдың қабырғалары кез келген орында толтырудан кейін.:

Белгі	Формула	Биіктігі x, м	Комбинация	
			4	
			p_{nf}	p_{tf}
p_{nf} p_{tf}	$p_{nf} = F_f \times p_v$ $p_{tf} = \mu_{heff} \times F_f \times p_v$	3,00	33,95	7,34
		2,70	35,01	7,57
		2,40	35,88	7,76
		2,10	36,52	7,90
		1,80	36,88	7,97
		1,50	36,86	7,97
		1,20	36,35	7,86
		0,90	35,10	7,59
		0,60	32,66	7,06
		0,30	27,73	5,99
		0,00	0,00	0,00

– Қабырғатуралышұңқырдыңқабырғасыжәнежүктемедегі қалыптықысымынүлестірілуграфияктүріндетүрдеүйкелісесебіненсуретте 5.3.14 көрсетілген. Бұлсуретаралықмәндердіңалуыүшінқолдануғаболады.



5.3.14 Сурет

в) ЖҮКТҮСІРУ.

[(1) 6.4.3-ші тармаққа] сәйкес, ртеның қабырғасы туралы рне және жүктеме қалыптығысы мүйкелісесе бінінтен теңқасмәндергетолтыруда қабыл дана алады::

Белгі	Формула	Биіктігі х, м	Комбинация	
			4	
			p_{ne}	p_{te}
p_{ne} p_{te}	$p_{ne} = p_{nf}$ $p_{te} = p_{tf}$	3,00	33,95	7,34
		2,70	35,01	7,57
		2,40	35,88	7,76
		2,10	36,52	7,90
		1,80	36,88	7,97
		1,50	36,86	7,97
		1,20	36,35	7,86
		0,90	35,10	7,59
		0,60	32,66	7,06
		0,30	27,73	5,99
		0,00	0,00	0,00

– Қабырға туралы шұңқырдың қабырғасы және жүктемедегі қалыпты қысымын үлестірілу график түрінде түрде үйкеліс есебінен суретте 5.3.14 көрсетілген.

5.3.2.9 Конструкциялардың өз салмағынан жүктемені анықтаймыз.

а) (діңгек) жоғарғы бөліктің салмағынан жүктеме:

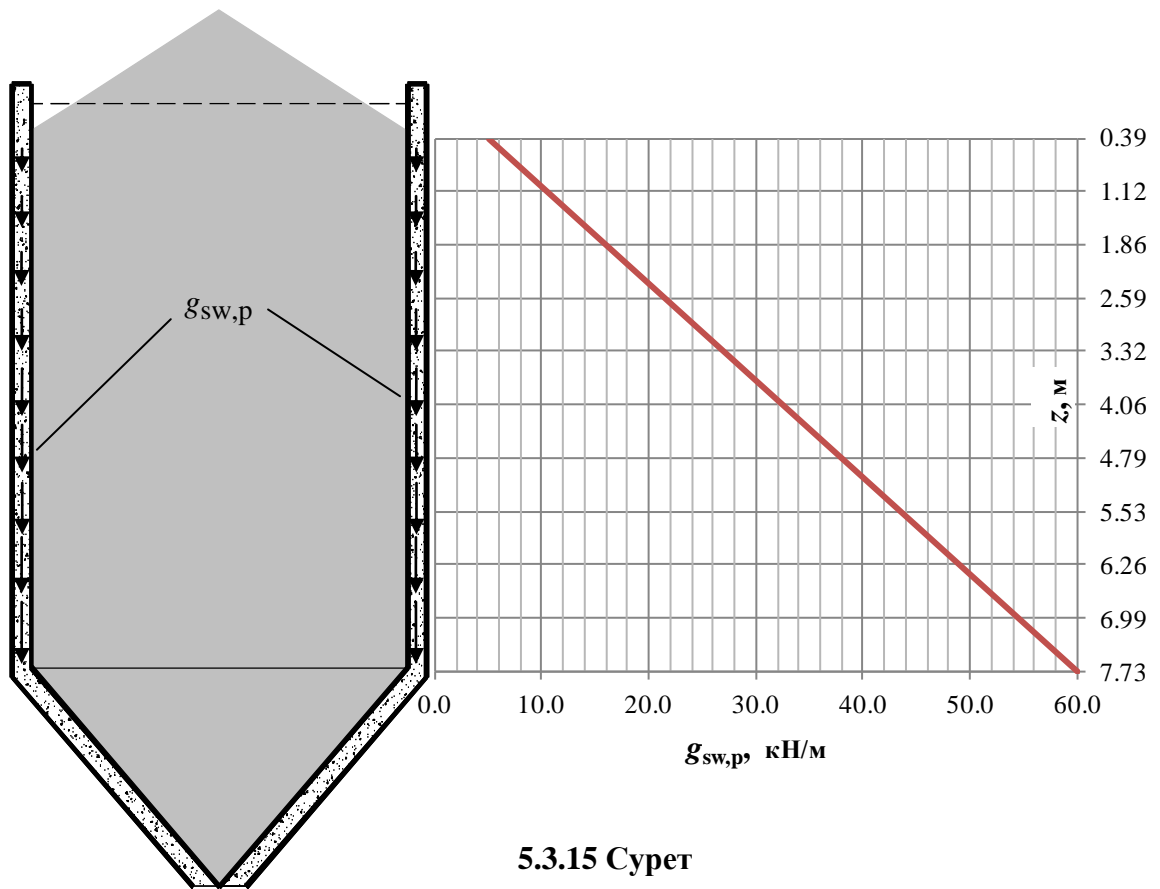
- ҚРдың СНОлары бойынша EN 1991-1-1 темір бетонның дара салмағын қабылдаймыз $\gamma_c = 25,0 \text{ кН/м}^3$;

- бункердің (діңгек) жоғарғы бөлігінің жалпы салмағы $G_{sw} = 4 \times t \times (d_c + t) \times h_{wc} \times \gamma_c = 4 \times 0,3 \times (6,0 + 0,3) \times 8,0 \times 25,0 = 1512,0 \text{ кН}$;

– бункердің (діңгек) жоғарғы бөлігінің салмағы тереңдікке байланысты есептейміз g_{sw} және бункердің жоғарғы бөлігінің салмағы периметр бойынша таралған тереңдікке байланысты $g_{sw,p}$:

Белгі	Формула	Тереңдігі z, м	g_{sw} , кН	$g_{sw,p}$, кН/м
g_{sw} $g_{sw,p}$	$g_{sw} = G_{sw} / h_{wc} \times (z + h_{wc} - h_c)$ $g_{sw,p} = g_{sw} / (4 \times (d_c + t))$	0,39	125,5	4,98
		0,52	149,1	5,92
		1,03	246,5	9,78
		1,55	343,8	13,64
		2,06	441,2	17,51
		2,58	538,5	21,37
		3,09	635,9	25,23
		3,61	733,2	29,10
		4,12	830,6	32,96
		4,64	927,9	36,82
		5,15	1025,3	40,68
		5,67	1122,6	44,55
		6,18	1220,0	48,41
		6,70	1317,3	52,27
		7,21	1414,7	56,14
		7,73	1512,0	60,00

– Бункердің жоғарғы бөлігінің салмағының үлестірілуі график түрінде түрдетерендікке байланысты суретте 5.3.15 көрсетілген. Бұл сурет аралық мәндердің алуы үшін қолдануға болады.



5.3.15 Сурет

бункердің шұңқырының салмағынан бөлінген жүк: $g_h = \gamma_c \times t = 25,0 \times 0,3 = 7,5 \text{ кН/м}^2$.

5.3.2.10 Желдің жүктемелері

а) тиісті параметрлерді нұсқауға ере ҚРдың 4 СНОларының бөлімінде EN 1991-1-4: келтірілген бізанықтаймыз- EN 1991-1-4:-ші ҚРҚН (2) 4.2-ші тармағына сәйкес желдің бағыт есепке алатын коэффициент $c_{dir} = 1,0$;

-маусымдық коэффициент, ҚРҚН (2) 4.2-ші тармағына сәйкес EN 1991-1-4:

$$c_{season} = 1,0;$$

қабылдаймыз жер ҚРҚН (2) 4.3.3-ші тармақтың шарты астында EN 1991-1-4 тигізетініне сепке ала орографиялық коэффициент $c_o(z) = 1,0$;

– ауатығыздығы 2 4.5-ші тармаққа ескерту 1 қара) ҚРҚН EN 1991-1-4):

$$\rho = 1,25 \text{ кг/м}^3.$$

б) (II-ші түр, бастапқы деректерді қара) жердің тапқан түрі үшін ҚРдың 4.1 СНОларының кестесі бойынша EN 1991-1-4 келесі параметрлері болады: $z_o = 0,05 \text{ м}$;

$$- z_{o,II} = 0,05 \text{ м};$$

$$- z_{min} = 2,0 \text{ м}.$$

$$- z_{max} = 13,2 \text{ м. (5.3.1 Суретті қара)}$$

в) желдің жылдамдығының негізді мәні (4.1) формула бойынша есептейміз ҚР ҚН EN 1991-1-4:

$$v_b = c_{dir} \times c_{season} \times v_{b,o} = 1,0 \times 1,0 \times 25,0 = 25,0 \text{ м/с.}$$

е) жердің коэффициенті формула бойынша анықтаймыз (4.5) ҚР ҚН EN 1991-1-4:

$$k_r = 0,19 \times \left(\frac{z_o}{z_{o,II}} \right)^{0,07} = 0,19 \times \left(\frac{0,05}{0,05} \right)^{0,07} = 0,190.$$

жердің түр есепке алатын коэффициент табамыз $c_r(z)$, және желдің орташа жылдамдықты есептейміз $v_m(z)$ z биіктікте жер деңгейінің үстінде:

Белгі	Формула	Биіктігі z , м	$c_r(z)$	$v_m(z)$, м/с
$c_r(z)$ $v_m(z)$	$c_r(z) = k_r \times \ln\left(\frac{z}{z_o}\right)$ для $z_{min} \leq z \leq z_{max}$	13,2	1,059	26,5
		12	1,041	26,0
	$c_r(z) = c_r(z_{min})$ для $z \leq z_{min}$	11	1,025	25,6
		10	1,007	25,2
	$v_m(z) = c_r(z) \times c_o(z) \times v_b$	6,6	0,928	23,2
		от 0 до 2	0,701	17,5

ж) Турбуленттік коэффициент (4.4 (1) тараудың 2 Қосымшасын қара ҚР ҚН EN 1991-1-4):

$$k_I = 1,0.$$

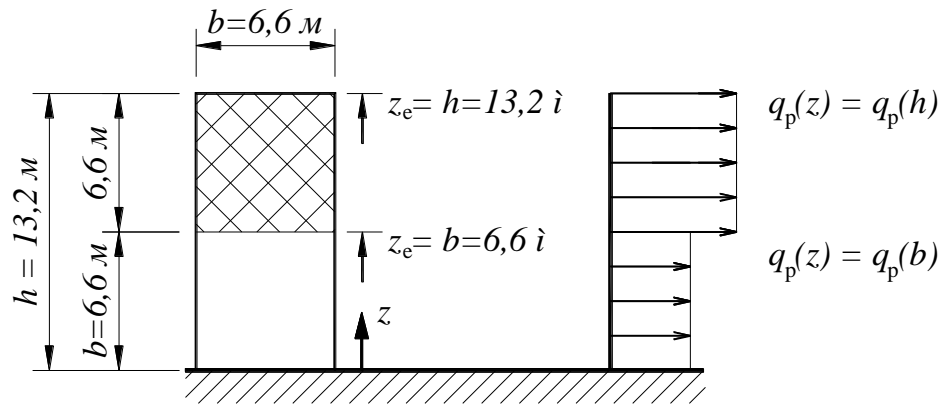
и) турбуленттіктің қарқынын есептейміз $I_v(z)$ ((4.4 (1) тараудың 2 Қосымшасын қара) ҚР ҚН EN 1991-1-4) және шапшаң күштің қарға мәні $q_p(z)$ (4.5 (1) тарауды қара ҚР ҚН EN 1991-1-4):

Белгі	Формула	Биіктігі z , м	$I_v(z)$	$q_p(z)$, кН/м ²
$I_v(z)$ $q_p(z)$	$I_v(z) = \frac{k_I}{c_o(z) \times \ln(z/z_o)}$ для $z_{min} \leq z \leq z_{max}$	13,2	0,179	0,989
		12	0,182	0,965
	$I_v(z) = I_v(z_{min})$ для $z \leq z_{min}$	11	0,185	0,943
		10	0,189	0,919
	$q_p(z) = (1 + 7 \times I_v(z)) \times \frac{1}{2} \times \rho \times v_m^2(z)$	6,6	0,205	0,818
		от 0 до 2	0,271	0,556

к) 7.2.2(1) бөлігіне сәйкес ҚР ҚН EN 1991-1-4, ескере отырып

$$h = 13,2 \text{ м} = 2 \times b = 2 \times (6 + 2 \times 0,3) = 13,2 \text{ м},$$

негізді биіктікке z_e жердің бедерінің үстімізде суретте 7.4 белгі қойылған биіктікке қабылдаймыз ҚР ҚН EN 1991-1-4 $h=2b$ үшін (5.3.16 суретті қара).

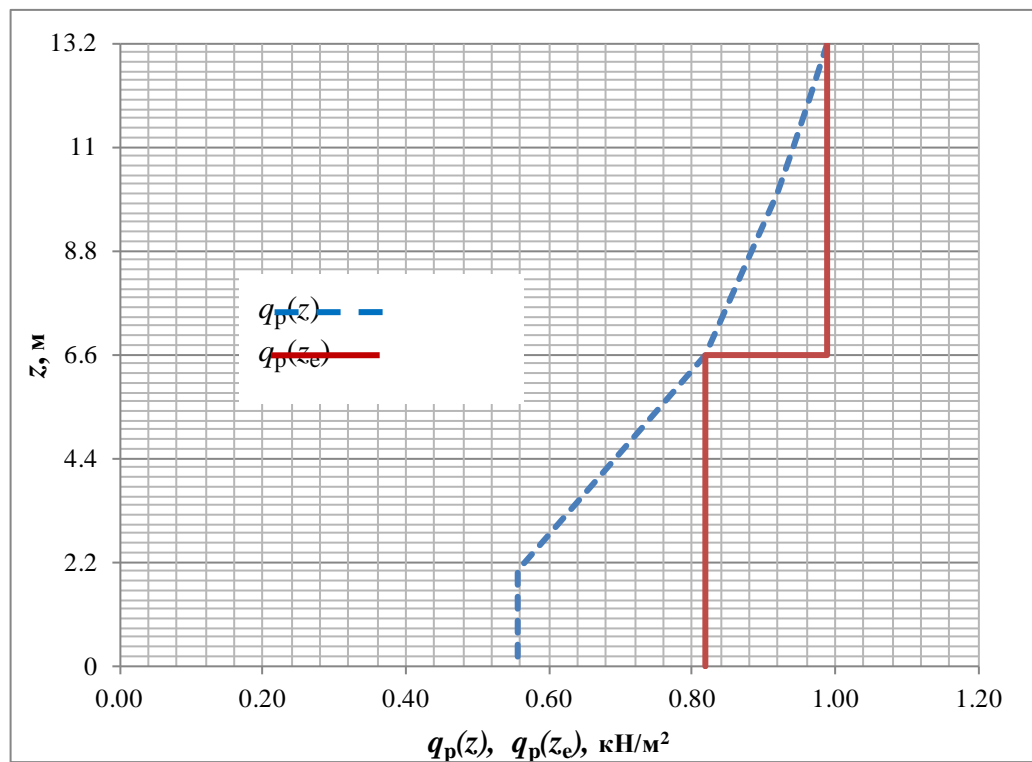


5.3.16 Сурет

л) деңгейлердің Ключевоеелері үшін қарға жылдамдықты енді табамыз::

Белгі	Формула	Биіктігі z , м	$q_p(z_e)$, кН/м ²
$q_p(z_e)$	$q_p(z_e) = q_p(z = b)$ при $0 \leq z < b$ $q_p(z_e) = q_p(z = h)$ при $b \leq z \leq h$	от 6,6 до 13,2 от 0 до 6,6	0,989 0,818

(z) қр және (z_e) қр жырып суретте 5.3.17: көрсетілген биіктік бойынша үлестірілу график түрінде түрде:



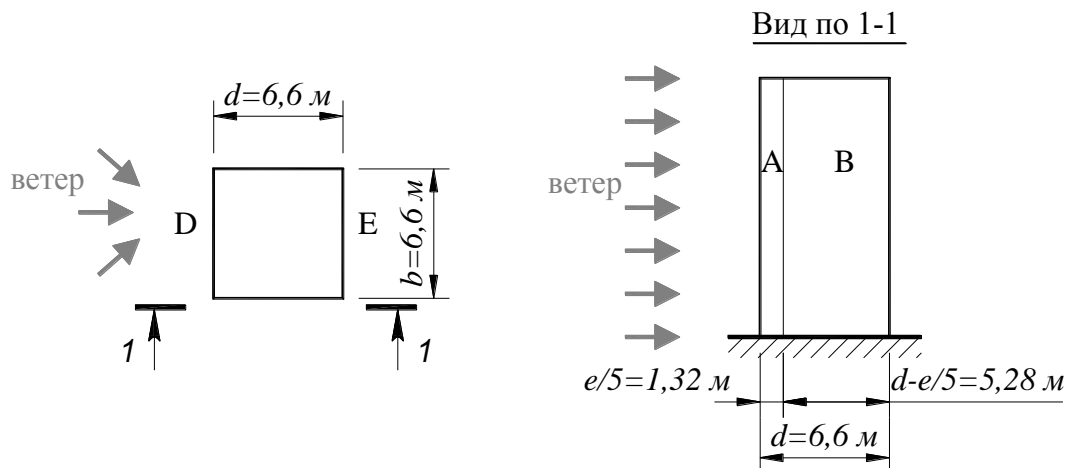
5.3.17 Сурет

м) (2) 7.2.2-ші тармақтың талаптарына сәйкес сыртқы қысымның коэффициентін есептейміз ҚР ҚН EN 1991-1-4:

$$-e = \min(b, 2 \times h) = \min(6,6, 26,4) = 6,6 \text{ м} = d$$

ҚР НТҚ 01-04.1-2012

–7.5 суретінде ҰҰҚРҚН EN 1991-1-4 $e = d$ сәйкес әрекетті табамыз (5.3.18 суретті қара):



5.3.18 Сурет

–7.1 Кестесі бойынша ҚР ҚН EN 1991-1-4 Ұлттық Қосымшаны ескере отырып ҚР ҚН EN 1991-1-4 c_{pe} коэффициентін анықтаймыз қарай осы мысалға желдің қысымының әртүрлі аймақтары үшін:

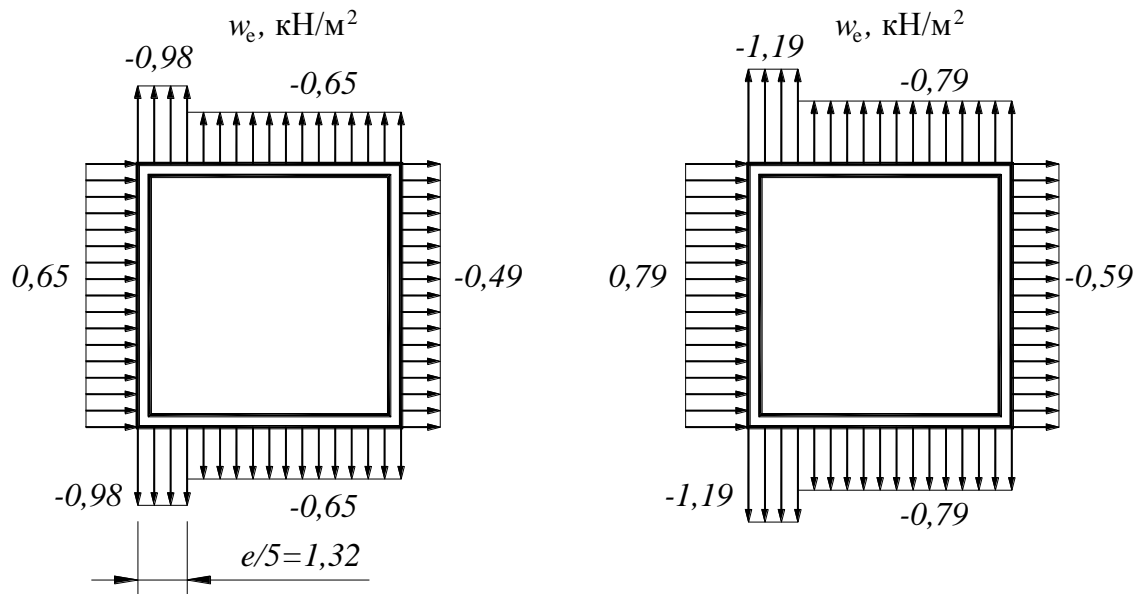
c_{pe} үшін $h/d = 13,2/6,6 = 2,0$	Аймақ			
	A	B	D	E
	1,2	0,8	0,8	0,6

н) сыртқы бет жұмыс істейтін желдің қысымын есептейміз:

Белгі	Формула	Биіктігі $z, \text{ м}$	$w_e, \text{ кН/м}^2$			
			–	–	–	–
w_e	$w_e = q_p(z_e) \times c_{pe}$	от 6,6 до 13,2	-1,19	-0,79	0,79	-0,59
		от 0 до 6,6	-0,98	-0,65	0,65	-0,49

Бункердің қабырғаларының сыртқы беттеріне желдің қысымының үлестірілуін эпюра сурет 5.3.19 көрсетілген.

0 ден 6,6 м дейін 6,6 м-ден 13,2 м-ге дейін



5.3.19 Сурет

п) желден қысымды бункердің іші есепке алмаймыз, өйткені үстінде жабулы қабырғасының (ойықтарды алмайды) өткізбейтін бункерлері.

5.3.2.11 Әсерлердің комбинациялары

а) келесі әсерлер осы мысалда кризистік шекті күйді есепке алуы бар бункердің есептеуінде қарауы керек:

Белгі	Анықтама	Осы мысалдың бөліктері
Q_f	сусымалы материалдарды толтыру және сақтау	5.3.2(7)-а) и 5.3.2(8)-б)
Q_d	Сусымалы материалдарды босату	5.3.2(7)-б) и 5.3.2(8)-в)
G	конструкциялардың өз салмағынанғы жүктемелері	5.3.2(9)
Q_w	Жел жүктемелері	5.3.2(10)

б) Қиыстырылғаны әсерлер А1дің жағдайлары бойынша А2.1)] сәйкес қабылданған коэффициенттердің есепке алуымен (талаптардың сыныбы - 2, шекті күй - кәдімгі) А2]нің кестесіне бойынша орындаймыз. ҚР ҚН EN 1990.

Белгі	Анықтама	Формула
D	Сусымалы материалдарды босату	$1,35 \times G \llcorner + \gg 1,5 \times Q_d \llcorner + \gg 1,5 \times 0,6 \times Q_w$
WF	Жел және толтырылған бункер	$1,35 \times G \llcorner + \gg 1,5 \times Q_f \llcorner + \gg 1,5 \times 0,6 \times Q_w$
WE	Жел және бос бункер	$1,35 \times G \llcorner + \gg 1,5 \times 0,6 \times Q_w$

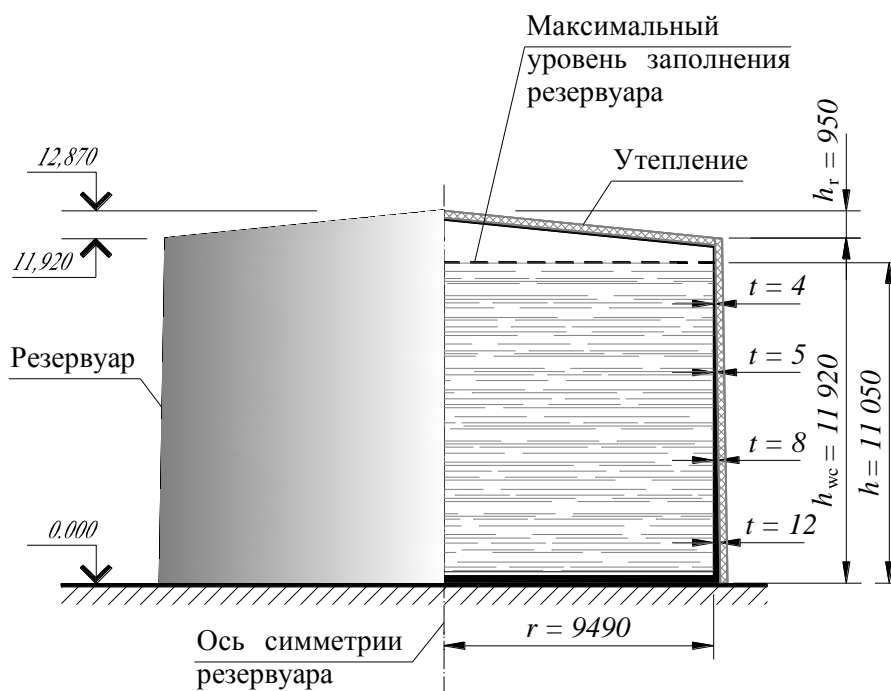
ҚР НТҚ 01-04.1-2012

ЕСКЕРТУ 1 Демек, +ның нышаны формуланың тиісті мүшелерімен бір жерден шығуы керек білдіреді олар есепті тіркестерді құратында есепке алынатынын (EN 1190-ші ҚР ҚН 6.4.3.2-ші тармағын қара) ескертеміз.

ЕСКЕРТУ 2 Q_f және Q_d тің жүктемелері үшін 2-ші ескерту конструкция үшін ең жаманға шиеленісті жетектеп жүнетін (материалдардың мінездемелерінің комбинациясы) вариант жобаланады - үшін әсерлердің (тіркес) есепті комбинациясы қорытынды жасалатын конструкцияның өзгертілген күйіне.

5.4 Мысал 3 Резервуар

5.4.1 Бастапқы мәліметтер



5.4.1 Сурет

5.4.1.1 Суретте 5.4.1 тебетейілген резервуар техникалық суды сақтау үшін арналған. (технологиялық тапсырма бойынша) резервуардың толтыруын максимал биіктігі 11, 05 мді құрайды.

5.4.1.2 Геометриялық өлшемдер технологиялық жобалау тапсырмасы бойынша қабылданған:

- тік қабырғалардың биіктігі $h_{wc} = 11,92$ м;
- көлденең қиманың дөңгелегінің радиусы $r = 9,49$ м;

5.4.1.3 Резервуардың қабырғаларының материалы - болат.

Қабырға биіктік бойынша айнымалы жуандығы болады. Алдын ала қабылданған шамалар:

Белдіктің нөмірі	Қалыңдығы, мм	Белдіктің биіктігі, м	Резервуардың төменгі жағынан биіктік, м	Тең жуандықтың белдігінің биіктігі, м
8	4	1,49	11,92	2,98
7	4	1,49	10,43	
6	5	1,49	8,94	2,98
5	5	1,49	7,45	
4	8	1,49	5,96	2,98
3	8	1,49	4,47	
2	12	1,49	2,98	2,98
1	12	1,49	1,49	

5.4.1.4 Резервуардың төбесі (3) - конустық. 1/10-ші төбенің көлбеуі. Изоляциясы бар төбенің конструкциясының молары және жабдықпен 1 шаршы салмақ $1,5 \text{ кН/м}^2$.

5.4.1.5 Резервуардың қабырғаларының изоляциясы ілінген орындаған. Изоляцияның конструкциясының салмағы $g_{\text{ins}} = 0,45 \text{ кН/м}^2$.

5.4.1.6 Құрылыстың ауданындағы жерге қар жүктемесінің Мінездемелік мәні $s_k = 1,5 \text{ кН/м}^2$.

Құрылыстың ауданы теңіз деңгейінің үстінде 1500 модан кемді биіктікте орналастырған.

Шарттар - ((1) ҚРдың СНОлары EN 1991-1-3) 3.2-ші тармақты қара) (нормалы) кәдімгі.

5.4.1.7 Құрылыстың ауданындағы Желдің жүктемелері (6) (EN 1991-1-4-ші ҚР ҚН 4.3.2-ші тармағын қара) III-ші түр болатын жер үшін анықтау керек.

V_b ның құрылысының ауданындағы желдің негізді жылдамдығының негізгі мәні, $0 = 20 \text{ м/с}$.

Жер EN 1991-1-4, сол орографияның ықпалдары және таяудағы ғимараттардың ҚР ҚН (2) 4.3.3-ші тармақтың шарты астында тигізеді менсінбеуге рұқсат етіледі

5.4.1.8 Температуралық әсерлер (7) есепке алмауға рұқсат етіледі, резервуар өйткені толтыратын сұйықтың температурасының аз тербелістерінде жылулық изоляциясы болып пайдаланады. Бұдан басқа, жылулық ұлғаю жүктеменің циклдерінің саны арқасында шаршаған бұзылуларды пайда болуды тәуекелге алып келмейді В2.3].

5.4.1.9 Ordinary ULS кәдімгі кризистік шекті күйді есепке алуы бар резервуардың есептеуі үшін жүктеме және әсерді анықтауға керек болады, тіректердің тұнба А2)].

5.4.1.10 Неравномерностьюдің кестесін менсінбеуге рұқсат етілуге қара.

5.4.2 Шешім

5.4.2.1 Резервуардың геометриялық параметрлерін мәліметті пайдалана суретте 5.4.1 келтірілгенбіз анықтаймыз.

а) резервуардың көлденең қимасының ішкі габаритті өлшемінің Мінездемелік мәні

$$d_c = 2 \times r = 2 \times 9,49 = 18,98 \text{ м.}$$

ҚР НТҚ 01-04.1-2012

б) (бастапқы деректерді кара) көлбеу тап қалған күйінде төбенің биіктігі

$$h_r = 0,1 \times r = 0,1 \times 9,49 = 0,95 \text{ м.}$$

в) резервуардың көлденең қимасының ауданы

$$A = \pi \times \frac{d_c^2}{4} = \pi \times \frac{18,98^2}{4} = 282,93 \text{ м}^2.$$

г) көлденең қиманың Ішкі периметрі

$$U = \pi \times d_c = \pi \times 18,98 = 59,63 \text{ м.}$$

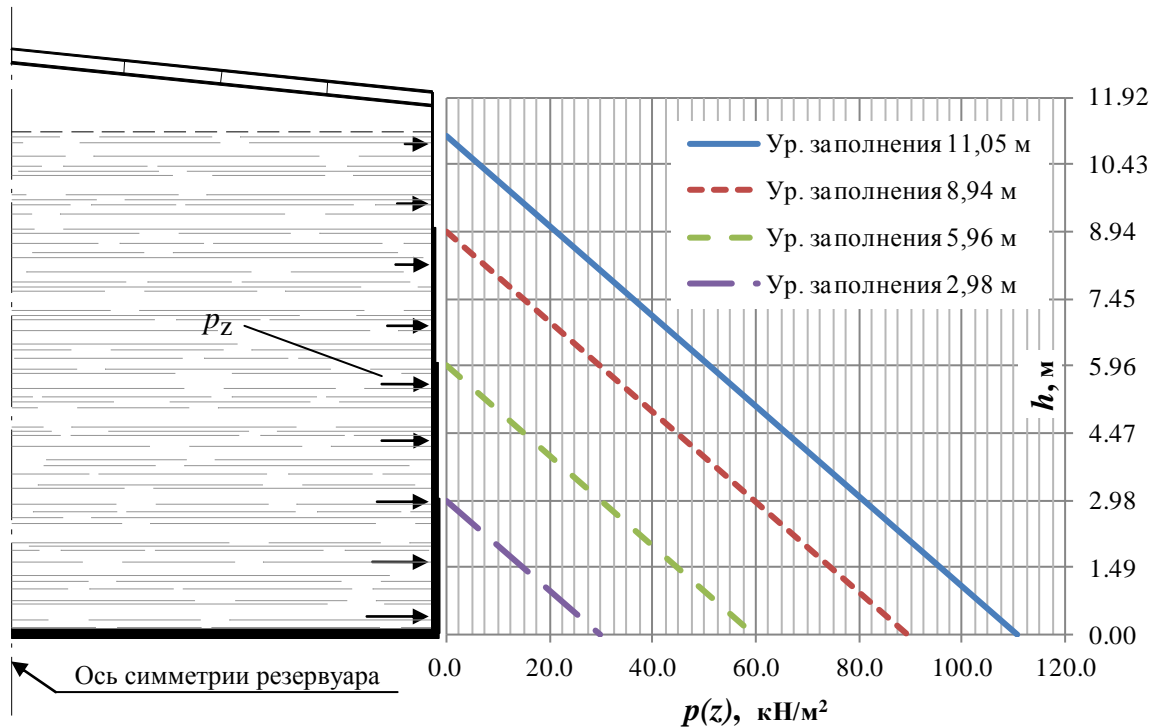
5.4.2.2 Резервуардағы жүктемелер, сақтауға қатысты сұйықтары

а) ҚРдың СНОлары бойынша EN 1991-1-1 сұйықтың дара салмағын қабылдаймыз $\gamma_w = 10,0 \text{ кН/м}^3$.

б) Гидростатикалық қысымның Мінездемелік мәні толтыру деңгейлерінде анықтаймыз, бірдей жуандықтың белдіктерінің жоғарғы жақты орналастырылуының тиісті биіктіктері. Толтыруды әрбір деңгей үшін биіктік бойынша қысымның анықтауын адым қабырғаның белдігінің тең биіктігіне тағайындаймыз:

Белгі	Формула	Биіктіг і h, м	Толтыру деңгейлері $h_{\text{ғ, м}}$							
			11,05		8,94		5,96		2,98	
			z	$p(z)$	z	$p(z)$	z	$p(z)$	z	$p(z)$
$p(z)$	$p(z)=\gamma_{\text{w}}\times z$	11,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		10,43	0,62	6,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		8,94	2,11	21,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		7,45	3,60	36,00	1,49	14,90	0,00	0,00	0,00	0,00
		5,96	5,09	50,90	2,98	29,80	0,00	0,00	0,00	0,00
		4,47	6,58	65,80	4,47	44,70	1,49	14,90	0,00	0,00
		2,98	8,07	80,70	5,96	59,60	2,98	29,80	0,00	0,00
		1,49	9,56	95,60	7,45	74,50	4,47	44,70	1,49	14,90
		0	11,05	110,5	8,94	89,40	5,96	59,60	2,98	29,80
ЕСКЕРТУ: (тереңдікке) биіктік бойынша бөлуді адым ескерту басқа қабылдана алады; мысалы, конструкцияның бөліктеуін Шағаға байланысты түпкі элементтерге.										

– Толтырудың әртүрлі деңгейлері үшін резервуардың қабырғасындағы көлденең қысымының үлестірілуі график түрінде түрде тереңдікке байланысты суретте 5.4.2 көрсетілген. Бұл сурет аралық мәндердің алуы үшін қолдануға болады.



5.4.2 Сурет

в) (газдық кеңістіктегі артық қысым) ішкі қысымнан жүктеме, бастапқы дерекке сәйкес:

$$p_{ov} = 2,0 \text{ кН/м}^2.$$

г) (вакуум) арқасында жеткіліксіз желдетуді төмендетілген қысым, бастапқы дерекке сәйкес:

$$p_{vac} = 0,25 \text{ кН/м}^2.$$

5.4.2.3 Конструкциялардың өз салмағынан жүктемені анықтаймыз.

а) төбенің жалпы салмағы

$$G_r = g_r \times A = 1,5 \times 282,93 = 424,4 \text{ кН}.$$

Төбенің салмағынан қабырғадағы жүктемесі периметр бойынша бір қалыпты таратылғанға

$$g_{r,p} = G_r / U = 424,4 / 59,63 = 7,12 \text{ кН/м}.$$

б) қабырғалардың салмағынан жүктеме:

ҚРдың СНОлары бойынша EN 1991-1-1 меншікті салмақты қабылдаймыз болдық $\gamma_{st} = 78,5 \text{ кН/м}^3$;

– резервуардың қабырғаларының салмағы биіктікке байланысты табамыз g_{sw} және қабырғалардың салмағы периметр бойынша таралған биіктікке байланысты $g_{sw,p}$:

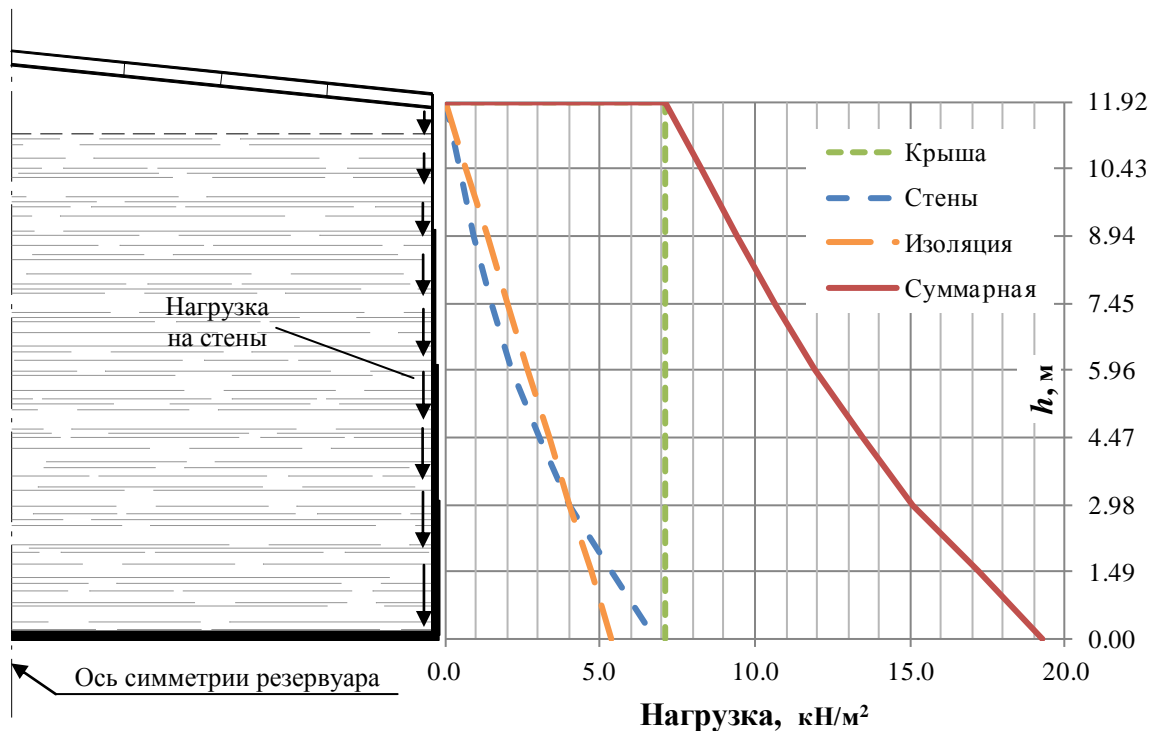
–

Белгі	Формула	Биіктігі h , м	g_{sw} , кН	$g_{sw,p}$, кН/м
g_{sw} $g_{sw,p}$	$g_{sw,i} = g_{sw,i-1} + 2 \times \pi \times t_i \times \left(r + \frac{t_i}{2} \right) \times h_i \times \gamma_{st}$ $g_{sw,p} = g_{sw} / U$	11,92	0,00	0,00
		10,43	27,90	0,47
		8,94	55,81	0,94
		7,45	90,69	1,52
		5,96	125,57	2,11
		4,47	181,39	3,04
		2,98	237,20	3,98
		1,49	320,95	5,38
		0	404,69	6,79

– изоляцияның салмағы периметр бойынша таралған тереңдікке байланысты есептейміз $g_{ins,p}$:

Белгі	Формула	Биіктігі h , м	$g_{ins,p}$, кН/м
$g_{ins,p}$	$g_{ins,p} = g_{ins} \times (h_{wc} - h)$	11,92	0,00
		10,43	0,67
		8,94	1,34
		7,45	2,01
		5,96	2,68
		4,47	3,35
		2,98	4,02
		1,49	4,69
		0	5,36

в) резервуардың конструкцияларының өз салмағынанғы жүктемелері график түрінде түрде суретте 5.4.3: көрсетілер еді



5.4.3 Сурет

5.4.2.4 Қар жүктемелері

а) тиісті параметрлерді анықтаймыз:

- жазық жамылғылар үшін сияқты қар жүктемесінің үлестірілуін (жасаушы көлденең жазықтыққа сүйір төбесінің көлбеу бұрышы мәндердің бастапқы деректердегі тап қалған күйінделері туралы 5, 7 құрайды) төбенің аз көлбеуі есепке ала қабылдаймыз;

- ҚРдың 5.2 СНОларының кестесі бойынша EN 1991-1-3, құламаның көлбеу бұрышы үшін $0^\circ \leq \alpha \leq 30^\circ$ қар жүктемесінің формасының коэффициенті табамыз $\mu_1 = 0,8$;

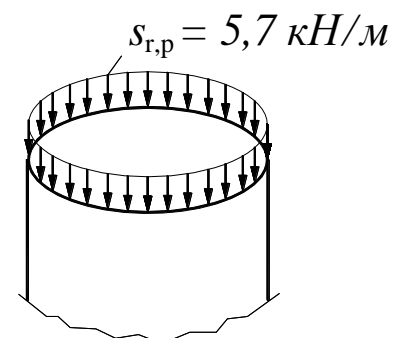
- 5.2(7) бөлігіне сәйкес ҚР ҚН EN 1991-1-3 5.1 кестесі бойынша ҚР ҚН EN 1991-1-3 қоршаған орта коэффициентін қабыл аламыз $C_e = 1,0$;

- 5.2(8) бөлігі ұсыныстары бойынша ҚР ҚН EN 1991-1-3, нәтижесінде температура коэффициентін аламыз $C_t = 1,0$.

б) (5.1) формуласын қолдана отырып ҚР ҚН EN 1991-1-3, резервуардың төбесіне қардан жүктемені есептейміз: $s_{r,p} = \mu_1 \times C_e \times C_t \times s_k = 0,8 \times 1,0 \times 1,0 \times 1,5 = 1,2 \text{ кН/м}^2$.

а) қардың салмағынан қабырғадағы жүктемесі периметр бойынша бір қалыпты таратылғанға:

$$s_{r,p} = s_r \times A / U = s_r \times r / 2 = 1,2 \times 9,49 / 2 = 5,7 \text{ кН/м.}$$



5.4.4 Сурет

5.4.2.5 Жел жүктемелері

а) тиісті параметрлерді нұсқауға ере ҚРдың 4 СНОларының бөлімінде EN 1991-1-4: келтірілгенбіз анықтаймыз- EN 1991-1-4:-ші ҚР ҚН (2) 4.2-ші тармағына сәйкес желдің бағыт есепке алатын коэффициент $c_{dir} = 1,0$;

– 4.2(2) ҚР ҚН EN 1991-1-4 бөлігіне сәйкес маусымдық коэффициент:

$$c_{season} = 1,0;$$

қабылдаймыз жер ҚР ҚН (2) 4.3.3-ші тармақтың шарты астында EN 1991-1-4 тигізетінін есепке ала орографиялық коэффициент $c_o(z) = 1,0$;

– Ауа тығыздығы (ҚР ҚН EN 1991-1-4 4.5(1) бөлігіне арналған 2 Қосымшаны кара):

$$\rho = 1,25 \text{ кг/м}^3;$$

б) 4.1 кесте бойынша ҚР ҚН EN 1991-1-4 (III-ші түр, бастапқы деректерді кара) жерлер тап қалған түр үшін келесі параметрлері боламыз:

$$z_o = 0,3 \text{ м};$$

$$- z_{o,II} = 0,05 \text{ м};$$

$$- z_{min} = 5,0 \text{ м}.$$

–

в) Қабылдаймыз

$$- \text{Қабырғалар үшін } z_{max} = 11,92 \text{ м};$$

$$- \text{Шатыр үшін } z_{max} = h_{wc} + h_r = 11,92 + 0,95 = 12,87 \text{ м};$$

–

г) желдің жылдамдығының Негізді мәні (4.1) формула бойынша есептейміз ҚР ҚН EN 1991-1-4:

$$v_b = c_{dir} \times c_{season} \times v_{b,o} = 1,0 \times 1,0 \times 20,0 = 20,0 \text{ м/с}.$$

д) жердің коэффициенті (4.5) формулабойыншаанықтаймызҚРҚН EN 1991-1-4:

$$k_r = 0,19 \times \left(\frac{z_o}{z_{o,II}} \right)^{0,07} = 0,19 \times \left(\frac{0,3}{0,05} \right)^{0,07} = 0,215.$$

е) жердің түр есепке алатын коэффициентті есептейміз $c_r(z)$ және желдің орташа жылдамдығы $v_m(z)$ z биіктігінде жерүсті деңгейінде:

Белгі	Формула	Биіктігі $z, \text{ м}$	$c_r(z)$	$v_m(z),$ м/с
$c_r(z)$ $v_m(z)$	$c_r(z) = k_r \times \ln\left(\frac{z}{z_o}\right)$ для $z_{min} \leq z \leq z_{max}$	12,87	0,810	16,2
		11,92	0,793	15,9
		10,43	0,764	15,3
	$c_r(z) = c_r(z_{min})$ для $z \leq z_{min}$	8,94	0,731	14,6
		7,45	0,692	13,8
		5,96	0,644	12,9
	$v_m(z) = c_r(z) \times c_o(z) \times v_b$	от 0 до 5	0,606	12,1

ж) Турбуленттік коэффициенті (4.4 (1) бөлігіне арналған 2 Қосымшаны қара ҚР ҚН EN 1991-1-4):

$$k_I = 1,0;$$

и) турбуленттіктің қарқынын үміт артамыз $I_v(z)$ (4.4 (1) бөлігіне арналған 2 Қосымшаны қара ҚР ҚН EN 1991-1-4) және шапшаң күштің қарға мәні $q_p(z)$ (4.5 (1) тарауды қара ҚР ҚН EN 1991-1-4):

Белгі	Формула	Биіктігі z , м	$I_v(z)$	$q_p(z)$, кН/м ²
$I_v(z)$ $q_p(z)$	$I_v(z) = \frac{k_I}{c_o(z) \times \ln(z/z_o)}$ для $z_{\min} \leq z \leq z_{\max}$	12,87	0,266	0,469
		11,92	0,272	0,456
	$I_v(z) = I_v(z_{\min})$ для $z \leq z_{\min}$	10,43	0,282	0,434
		8,94	0,295	0,409
	$q_p(z) = (1 + 7 \times I_v(z)) \times \frac{1}{2} \times \rho \times v_m^2(z)$	7,45	0,311	0,380
		5,96	0,335	0,346
		от 0 до 5	0,355	0,320

к) 7.9.1(6) бөлігіне сәйкес ҚР ҚН EN 1991-1-4 негізгі биіктік z_e жердің бедерінің үстімізде қаралатын қималардың биіктігіне қабылдаймыз.

л) Сыртқы қысымның коэффициенті және сыртқы бет жұмыс істейтін желдің қысымын есептейміз.

Сыртқы қысымның коэффициентінің табылулары үшін сонымен бірге әдіспен пайдаланамыз, атап айтқанда мысалда 1 қолданылған әдіс қарағанда талғаулы - барлық қажетті факторларды есепке алатын EN 1993-4-1:2006/2011-ші ҚР ҚН С1)сі формулаға осы мысалдың қолайлы шарттарына қолданамыз: цилиндрдың шектілігі, оның иілгіштігі ((2) EN 1993-4-1:2006/2011 және оған ескертудің ҚРдың СНОлары) 2.4.2-ші тармақ сонымен бірге қара) тағы басқалар.

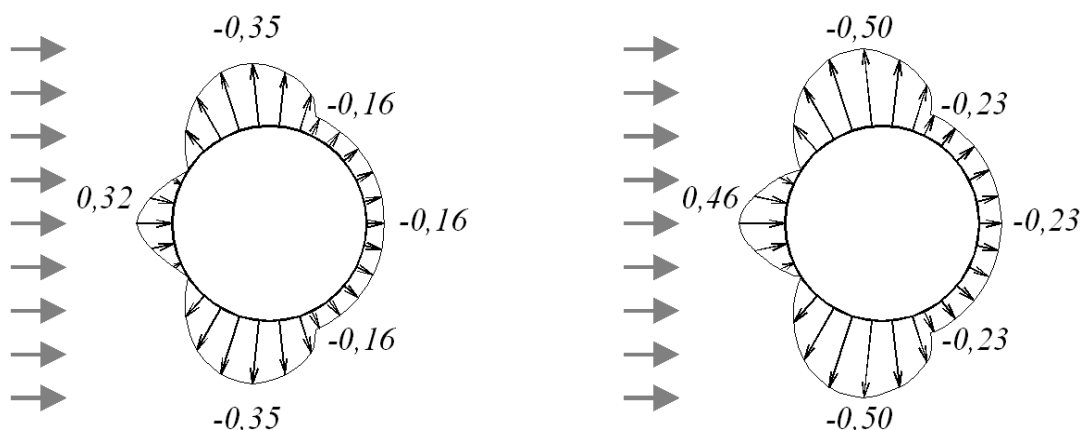
ЕСКЕРТУ Демек, ескерту мысалда (бұл жерде тура келмейді) 1 қолданылған EN 1991-1-4 әдістің ҚРдың СНОлары бойынша шешім ұқсас нәтиже беретінін атап өтеміз.

Есепке алуымен сонымен алуға айтылған:

Белгі	Формула	Бұрыш α , градус	c_{pe}	w_e , кН/м ² биіктік z , м					
				от 0 до 5	5,96	7,45	8,94	10,43	11,92
c_{pe} w_e	$c_{pe} = C_p$ по (С.1)*) $w_e = q_p(z_e) \times c_{pe}$	0	1,00	0,32	0,35	0,38	0,41	0,43	0,46
		11	0,92	0,29	0,32	0,35	0,37	0,40	0,42
		22	0,67	0,21	0,23	0,25	0,27	0,29	0,30
		31	0,36	0,12	0,13	0,14	0,15	0,16	0,17
		42	-0,05	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02
		52	-0,45	-0,15	-0,16	-0,17	-0,19	-0,20	-0,21
		62	-0,78	-0,25	-0,27	-0,30	-0,32	-0,34	-0,36
		73	-1,02	-0,33	-0,35	-0,39	-0,42	-0,44	-0,46
		83	-1,10	-0,35	-0,38	-0,42	-0,45	-0,48	-0,50
		93	-1,03	-0,33	-0,36	-0,39	-0,42	-0,45	-0,47
		102	-0,89	-0,28	-0,31	-0,34	-0,36	-0,38	-0,40
		111	-0,70	-0,22	-0,24	-0,27	-0,29	-0,30	-0,32
		120	-0,51	-0,16	-0,18	-0,19	-0,21	-0,22	-0,23
		180	-0,51	-0,16	-0,18	-0,19	-0,21	-0,22	-0,23
*) Формула (С.1) ҚР ҚН EN 1993-4-1:2006/2011 суретте 7.27 бейнелелген сызықты емес графиканың бір бөлігі үшін тек қана қолданғанҚР ҚН EN 1991-1-4.									

Қабырғалардың сыртқы беттеріне желдің қысымының үлестірілуін эпюра сурет 5.4.5 көрсетілген.

w_e үшін z 0,000 ден 5,000 дейін w_e үшін $z = 11,920$



5.4.5 Сурет

м) желден қысымды резервуардың іші есепке алмаймыз, өйткені жабулы оның қабырғасының (ойықтарды алмайды) өткізбейтін резервуарлары.

н) резервуардың төбесіне желдің әсері.

Ғимараттар дөңгелек жоспарда үшін суретпен пайдаланамыз 7.12 ҚР ҚН EN 1991-1-4 егер $f = h_f = 0,95$ м.

Онда

$$f/d = 0,95 / 18,98 = 0,05$$

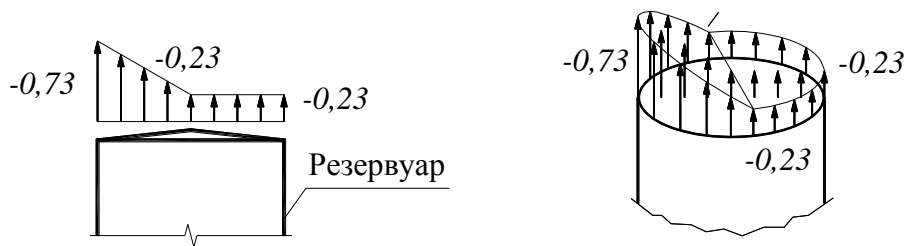
және

$$h/d = 11,92 / 18,98 = 0,63$$

сыртқы қысымның коэффициентінің үлестірілуі және резервуардың төбе жұмыс істейтін желдің қысымы аламыз:

Белгі	Формула	w_e , кН/м ² аймақ үшін			
		–	A –	B –	C
c_{pe}	$c_{pe} = c_{pe,10}$	-1,55	-0,5	-0,5	
w_e	$w_e = q_p(z_e) \times c_{pe}$	-0,73	-0,23	-0,23	

Төбенің сыртқы бетіне желдің қысымының үлестірілуін эпюра сурет 5.4.6 көрсетілген.



5.4.6 Сурет

5.4.2.6 Әсерлердің комбинациялары

а) келесі әсерлер осы мысалда кризистік шекті күйді есепке алуы бар резервуардың есептеуінде қарауы керек:

Белгі	Сипаттама	Мысалдың тармақтары
Q_f	Сұйықтықты толтыру және сақтау	5.4.2(2)
G	конструкциялардың өз салмағынанғы жүктемелері	5.4.2(3)
Q_s	Қар жүктемелері	5.4.2(4)
Q_w	Жел жүктемелері	5.4.2(5)

б) Қиыстырылғаны әсерлер кесте бойынша 2.1 қабылданған коэффициенттердің есепке алуымен (талаптардың сыныбы - 2, шекті күй - кәдімгі) А2]нің кестесіне бойынша орындаймыз ҚР ҚН EN 1993-4-2.

Белгі	Сипаттама	Формула
F	Толтыру	$1,35 \times G \llcorner + \gg 1,2 \times Q_f \llcorner + \gg 1,5 \times 0,6 \times Q_s$
S	Қар	$1,35 \times G \llcorner + \gg 1,2 \times Q_f \llcorner + \gg 1,5 \times 0,6 \times Q_s$
WF	Жел және толтырылған резервуар	$1,35 \times G \llcorner + \gg 1,2 \times Q_f \llcorner + \gg 1,5 \times 0,6 \times Q_w$
WE	Жел және бос резервуар	$1,35 \times G \llcorner + \gg 1,5 \times 0,6 \times Q_w$

ЕСКЕРТУ 1 Демек, +ның нышаны формуланың тиісті мүшелерімен бір жерден шығуы керек білдіреді олар (комбинацияны) есепті тіркестерді құратында есепке алынатынын (EN 1190-ші ҚР ҚН 6.4.3.2-ші тармағын қара) ескертеміз.

ӘДК 69.03

СХК 91.040

Негізгі сөздер: құрал, бункер, резервуар, жүктеме, әсер ету, жіктеме, мысал

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	II
1 ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ	1
2 НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ.....	1
3 БУНКЕРЫ	3
3.1 Общие положения.....	3
3.2 Термины, определения и обозначения.....	3
3.3 Классификация бункеров	11
3.4 Днища бункеров.....	13
3.5 Режимы течения сыпучего материала.....	13
3.6 Нагрузки и воздействия.....	14
3.7 Правила комбинирования нагрузок и воздействий	27
4 РЕЗЕРВУАРЫ.....	28
4.1 Общие положения.....	28
4.2 Термины, определения и обозначения.....	28
4.3 Классификация резервуаров	30
4.4 Нагрузки и воздействия.....	30
4.5 Правила комбинирования нагрузок и воздействий	33
5 ПРИМЕРЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ НАГРУЗОК.....	34
5.1 Общие положения	34
5.2 Пример 1. Стальной бункер	35
5.3 Пример 2. Железобетонный бункер	62
5.4 Пример 3. Резервуар	88

ВВЕДЕНИЕ

Настоящее нормативно-техническое пособие «Проектирование бункеров и резервуаров. Часть. Определение нагрузок и воздействий» (далее – Часть Пособия) является составным элементом Нормативно-технического пособия «Проектирование бункеров и резервуаров» (далее – Пособие) и разработано в развитие положений СН РК EN 1991-4 «Воздействия на конструкции. Часть 4. Бункеры и резервуары».

Часть Пособия вводится в действие для применения на добровольной основе в качестве нормативного документа Республики Казахстан и предназначена для применения при проектировании бункеров и резервуаров в соответствии с положениями строительных норм Республики Казахстан, идентичных Еврокодам (СН РК EN 1991-1999).

Главной целью разработки Части Пособия является оказание помощи пользователям в практическом освоении определения нагрузок и воздействий способами, принципы которых изложены в СН РК EN 1991-1999.

Положения и примеры, приведенные в Части 1 Пособия, ориентированы на использование, в первую очередь, проектировщиками, выполняющими расчеты конструкций силовых бункеров и резервуаров и применяющими в своей деятельности строительные нормы СН РК EN 1991-1999, но могут быть использованы и в качестве учебного материала студентами строительных специальностей учебных заведений.

Часть Пособия содержит тексты, рисунки и схемы, увязывающие некоторые понятия, терминологию, классификации и подходы к проектированию бункеров и резервуаров, принятые в СН РК EN 1991-4, с традиционно использовавшимися в практике стран СНГ.

Часть Пособия также дополняет СН РК EN 1991-4 положениями, непротиворечащими Принципам и Правилам СН РК EN 1991-1999.

Кроме того, в Часть Пособия включены специальные схемы, таблицы и т.п., упорядочивающие информацию и облегчающие использование проектировщиками положений СН РК EN 1991-4, так как эти положения во многих случаях расположены в разных местах документа и перегружены перекрестными ссылками.

В Разделе 3 Части Пособия содержится информация, относящаяся к бункерам, силосам и другим емкостным сооружениям, на которые распространяется действие Пособия.

В Разделе 4 Части Пособия содержится информация, относящаяся к резервуарам, на которые распространяется действие Пособия.

В Разделе 5 Части Пособия приведены примеры, иллюстрирующие порядок практического применения положений СН РК EN 1991-1999 (с учетом Национальных приложений).

Условности и упрощения, принятые при оформлении текста Части Пособия, перечислены ниже.

1) Ссылки, сделанные на разделы, пункты, рисунки и таблицы СН РК EN 1991-4 (в том числе — на приложения), приведены в квадратных скобках без указания норматива.

ПРИМЕР 1 Текст «В соответствии с [Таблицей Е.1]...» означает, что указанная таблица находится в СН РК EN 1991-4, в приложении Е.

ПРИМЕР 2 Ссылка «...параметр вычисляется по [Формуле (5.28)]» означает, что применена формула (5.28) СН РК EN 1991-4.

2) Ссылки, сделанные на разделы, пункты, рисунки и таблицы других документов, выполнены с указанием структурного элемента текста и номера (шифра, названия) документа (в объеме, достаточном для поиска требуемой информации).

ПРИМЕР 1 Текст «В соответствии с Таблицей 4.1 СН РК EN 1991-1-3...» означает, что указанная таблица находится в СН РК EN 1991, в части 1-3.

ПРИМЕР 2 Ссылка «...вычисляется по Формуле (6.2) СН РК EN 1990» означает, что применена формула (6.2) СН РК EN 1990.

3) Для одинаковой интерпретации формул и обозначений, заимствованных в Части Пособия из СН РК EN 1991-4, входящие в формулы и обозначения символы имеют формат (размер, начертание, наклон и т.п.), идентичный принятому в СН РК EN 1991-4.

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫНЫҢ НОРМАТИВТІК-ТЕХНИКАЛЫҚ ҚҰРАЛЫ
НОРМАТИВНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

ПРОЕКТИРОВАНИЕ БУНКЕРОВ И РЕЗЕРВУАРОВ.
ЧАСТЬ. ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАГРУЗОК И ВОЗДЕЙСТВИЙ

STRUCTURAL DESIGN OF SILOS AND TANKS
PART. ASSESSMENT OF LOADS AND ACTIONS

Дата введения 2015–07–01

1 ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

1.1 Нормативно-техническое пособие «Проектирование бункеров и резервуаров. Часть. Определение нагрузок и воздействий» (далее – Часть Пособия) устанавливает правила и рекомендации по определению нагрузок и воздействий при проектировании ёмкостных сооружений, на которые распространяется действие СН РК EN 1991-4.

ПРИМЕЧАНИЕ Далее в тексте для обозначения «ёмкостных сооружений, на которые распространяется действие СН РК EN 1991-4», применяются термины «бункеры» и «резервуары» в соответствии с определениями [Подраздела 1.5].

1.2 Область применения положений Части Пособия ограничена областью применения СН РК EN 1991-4, приведенной в [Подразделе 1.1].

1.3 В Части Пособия не рассматриваются нагрузки и воздействия на конструкции, служащие опорами для бункеров или резервуаров.

2 НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ

2.1 Для применения настоящей Части Пособия необходимы следующие ссылочные нормативные документы:

СН РК EN 1990 «Основы проектирования несущих конструкций» с национальным приложением.

СН РК EN 1991-1-1 «Воздействия на несущие конструкции. Часть 1-1. Собственный вес, постоянные и приложенные нагрузки на здания» с национальным приложением.

СН РК EN 1991-1-2 «Воздействия на несущие конструкции. Часть 1-2. Общие воздействия. Воздействия на конструкции при пожарах» с национальным приложением.

СН РК EN 1991-1-3 «Воздействия на несущие конструкции. Часть 1-3. Общие воздействия. Снеговые нагрузки» с национальным приложением.

СН РК EN 1991-1-4 «Воздействия на несущие конструкции. Часть 1-4. Общие воздействия. Ветровые воздействия» с национальным приложением.

НТП РК 01-04.1-2012

СН РК EN 1991-1-5 «Воздействия на несущие конструкции. Часть 1-5. Общие воздействия. Температурные воздействия» с национальным приложением.

СН РК EN 1991-1-7 «Воздействия на несущие конструкции. Часть 1-7. Общие воздействия. Аварийные воздействия» с национальным приложением.

СН РК EN 1991-4 «Воздействия на несущие конструкции. Часть 4. Бункеры и резервуары» с национальным приложением.

СН РК EN 1992-3 «Проектирование железобетонных конструкций. Часть 3. Конструкции, локализирующие и удерживающие жидкость» с национальным приложением.

СН РК EN 1993-4-1 «Проектирование стальных конструкций. Часть 4-1. Бункеры» с национальным приложением.

СН РК EN 1993-4-2 «Проектирование стальных конструкций. Часть 4-2. Резервуары» с национальным приложением.

СН РК EN 1997-1 «Геотехническое проектирование. Часть 1. Общие правила» с национальным приложением.

СН РК EN 1998-4 «Проектирование сейсмостойких конструкций. Часть 4: бункеры, резервуары и трубопроводы» с национальным приложением.

Стандарты, на которые ссылаются указанные документы.

ПРИМЕЧАНИЕ При пользовании настоящей Частью Пособия целесообразно проверить действие ссылочных документов по «Перечню нормативных правовых и нормативно-технических актов в сфере архитектуры, градостроительства и строительства, действующих на территории Республики Казахстан», «Указателю нормативных документов по стандартизации Республики Казахстан» и «Указателю межгосударственных нормативных документов», составляемых ежегодно, по состоянию на текущий год. Если ссылочный документ заменен (изменен), то при пользовании настоящим нормативом следует руководствоваться замененным (измененным) документом. Если ссылочный документ отменен без замены, то положение, в котором дана ссылка на него, применяется в части, не затрагивающей эту ссылку

3 БУНКЕРЫ

3.1 Общие положения

3.1.1 В Части 1 Пособия основное внимание уделено понятиям, классификациям, способам вычислений и т.п., связанным с нагрузками от сыпучего материала, так как, во-первых, именно этим нагрузкам, главным образом, посвящены положения СН РК EN 1991-4 и, во-вторых, именно эти нагрузки формируют наиболее опасные составляющие напряженно-деформированного состояния конструкций бункеров.

3.1.2 Проблемы при разгрузке бункеров (сводообразование, сегрегация, зависание и др.) в Части 1 Пособия учитываются только в связи с их влиянием на нагрузки.

3.2 Термины, определения и обозначения

3.2.1 Терминология

3.2.1.1 Определения терминов следует принимать по[Подразделу 1.5].

3.2.1.2 В Таблице 3.1 приведены уточнения, дополнения или комментарии для терминов, которые нуждаются в согласовании некоторых понятий, принятых в СН РК EN 1991-4, с традиционно использовавшимися в практике стран СНГ, для обеспечения терминологического взаимопонимания между различными пользователями.

Таблица 3.1 – терминологические уточнения, дополнения или комментарии

Термин	Определение	Уточнения, комментарии
бункер silo	<p>СН РК EN 1991-4: «конструкция для накопления (удерживания) сыпучего материала (т. е. бункер, закром или силос)»</p> <p>СН РК EN 1993-4-1: «Бункер представляет собой контейнер для хранения гранулированных частиц твердых материалов. В настоящем стандарте подразумевается, что он имеет вертикальную форму и загружается сверху. Термин бункер включает все конструктивные конфигурации для хранения частиц твердых материалов, которые в иных случаях можно было бы назвать закром, воронка, хранилище для зерна или бункер»</p>	<p>Одним термином обозначены три основных типа сооружений.</p> <p>Традиционно, все это – емкостные сооружения:</p> <ul style="list-style-type: none"> – бункер – саморазгружающийся, с высотой вертикальной части, не превышающей полуторного минимального размера в плане; предназначен для кратковременного хранения и перегрузки сыпучих материалов; – силос – саморазгружающийся, с высотой вертикальной части, превышающей полуторную величину диаметра или минимального размера в плане; предназначен для длительного хранения и перегрузки сыпучих материалов; – закром – сооружение с достаточно низкими стенами, работающими как подпорные стенки; предназначен для кратковременного хранения сыпучих материалов.

Таблица 3.1 – терминологические уточнения, дополнения или комментарии
(продолжение)

Термин	Определение	Уточнения, комментарии
гибкость (slenderness)	СН РК EN 1991-4: «отношение высоты к диаметру h_c / d_c вертикальной части бункера»	В данном определении «высота» – расстояние от перехода в воронку до эквивалентной поверхности сыпучего материала. Для бункера с разгрузочной воронкой «расширенного потока», в котором возможен смешанный поток, «высота» – общая высота бункера от вершины воронки до эквивалентной поверхности сыпучего материала. Традиционно: высота – от верха воронки до низа надсилосного перекрытия.
гибкий бункер (slendersilo)	СН РК EN 1991-4: «бункер с отношением $h_c / d_c \geq 2,0$ или бункер, у которого выполнены дополнительные условия по 3.3»	Не следует путать с традиционным определением гибкого бункера – «параболического» бункера, стальная цилиндрическая оболочка которого подвешена по двум крайним образующим и под действием веса сыпучего материала принимает форму цепной линии.
бункер с подпорной стеной, мелкий бункер (retainingsilo)	СН РК EN 1991-4: «бункер с плоским дном и отношением $h_c / d_c \leq 0,4$ »	Традиционно: наземная или заглубленная конструкция для хранения сыпучих материалов, стенки которой работают как подпорные, называется закром .
толстостенный бункер (thick-walled silo)	СН РК EN 1991-4: «бункер с отношением характеристического значения размера к толщине стенки меньше, чем $d_c / t = 200$ »	Такие бункеры, как правило, выполняются из железобетона.
тонкостенный круглый бункер (thin-walled circular silo)	СН РК EN 1991-4: «круглый бункер с отношением диаметра к толщине стенки больше, чем $d_c / t = 200$ »	Такие бункеры, как правило, выполняются из стали.

Таблица 3.1 – терминологические уточнения, дополнения или комментарии
(продолжение)

Термин	Определение	Уточнения, комментарии
вертикаль- ный ствол бункера (vertical walled seg- ment)	СН РК EN 1991-4: часть бункера или резер- вуара с вертикальными стенками	по СН РК EN 1993-4-1: обозначен термином цилиндр (barrel) для круглых бункеров и тер- мином короб (box) – для прямо- угольных.
плоское дно (flatbottom)	СН РК EN 1991-4: «внутреннее основание бункера с наклоном менее 5°»	В [приложении G] введено понятие «почти плоские днища бункеров (наклон $\alpha \leq 20^\circ$)» Подробно см. в Разделе 3.4.
вентилируемое дно бункера (aerated silobottom)	СН РК EN 1991-4: «дно бункера, в котором используются устройства для подачи или нагнетания воздуха, чтобы активизи- ровать поток сыпучего ма- териала в нижней зоне бункера»	Традиционно получили распро- странение «аэроднища», состоящие из воздухораспреде-лительных ко- робок, покрытых пористыми эле- ментами, к которым снизу подво- дится сжатый воздух. Аэрирующи- ми коробками покрывают обычно 25-40% днища.
воронка (hopper)	СН РК EN 1991-4: «дно бункера с наклонны- ми стенками» СН РК EN 1993-4-1: «хopper: Хopper пред- ставляет собой секцию, сужающуюся по направ- лению ко дну бунке- ра. Она применяется для подачи твердых материа- лов под силой тяжести в разгрузочное устройство»	Воронка предназначена для направ- ления материала к выпускному от- верстию. От формы воронки существенно за- висит тип режима течения.
переход, сопряжение (transition)	СН РК EN 1991-4: «пересечение воронки и вертикальной стены бун- кера»	Встречаются термины «уровень начала днища», «сопряжение днища с вертикальной стеной».

Таблица 3.1 – терминологические уточнения, дополнения или комментарии
(продолжение)

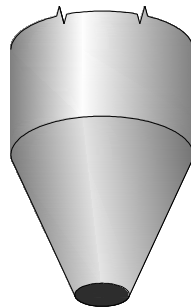
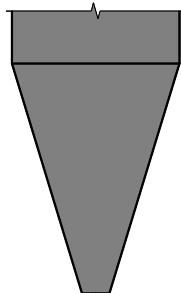
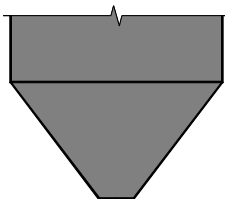
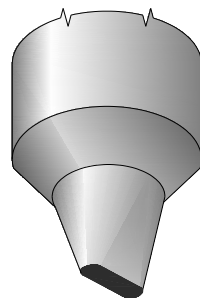
Термин	Определение	Уточнения, комментарии
коническая воронка (conicalhopper)	СН РК EN 1991-4: «воронка, у которой наклонные боковые поверхности сходятся в одной точке, за счет чего, как правило, может обеспечиваться течение сыпучего материала, симметричное относительно оси»	
крутая воронка (steephopper)	СН РК EN 1991-4: «воронка, в которой после заполнения мобилизуется полная величина трения о стенки»	Воронка имеет стенки с большим углом наклона к горизонтали. Подробнее см. в Разделе 3.4. 
мелкая, плоская воронка (shallowhopper)	СН РК EN 1991-4: «воронка, в которой после заполнения бункера не мобилизуется полная величина трения о стенки»	Воронка имеет пологие стенки. Подробнее см. в Разделе 3.4. 
воронка «расширенного потока» (expandedflowhopper)	СН РК EN 1991-4: «воронка, у которой боковая поверхность в нижней зоне воронки образована с достаточной крутизной, чтобы создавать массовый поток, в то время как воронка в верхней зоне имеет более пологую боковую поверхность, за счет чего там долженждаться воронкообразный поток...»	

Таблица 3.1 – терминологические уточнения, дополнения или комментарии
(продолжение)

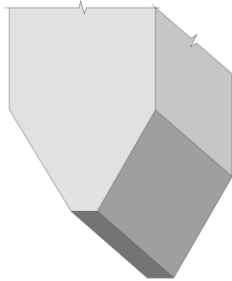
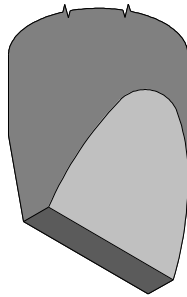
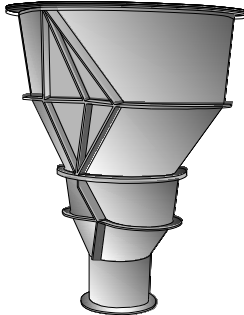
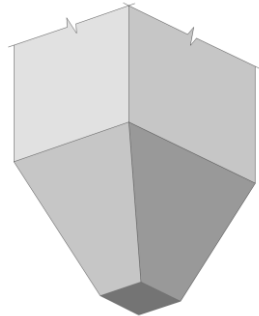
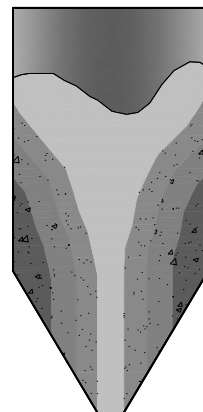
Термин	Определение	Уточнения, комментарии
клинообразная воронка (wedgehopper)	СН РК EN 1991-4: «воронка, у которой наклонные поверхности сходятся только в одной плоскости (с вертикальными торцами) с целью создания плоского потока сыпучего материала»	
воронка типа «chisel»	СН РК EN 1991-4: переходящая из цилиндрической формы в форму клина	
воронка типа «diamond-back»	СН РК EN 1991-4: упомянута, но не охарактеризована	
пирамидальная воронка (pyramidalhopper)	СН РК EN 1991-4: упомянута, но не охарактеризована СН РК EN 1993-4-1: «пирамидальный хоппер: Пирамидальный хоппер применяется в качестве воронкообразной секции прямоугольного бункера в виде перевернутой пирамиды. В настоящем стандарте подразумевается, что его геометрия проста и состоит только из четырех плоских элементов трапециевидной формы»	

Таблица 3.1 – терминологические уточнения, дополнения или комментарии
(продолжение)

Термин	Определение	Уточнения, комментарии
режим течения (flowpattern)	СН РК EN 1991-4: «геометрическая форма текущего сыпучего материала, когда поток уже полностью образовался. Бункер при этом находится в заполненном состоянии»	Традиционно: вид истечения, тип истечения сыпучего материала. Подробно о режимах (потоках) течения см. в Разделе 3.5.
массовый поток (massflow)	СН РК EN 1991-4: «режим течения, при котором все частицы сыпучего материала, находящиеся в бункере, при разгрузке двигаются одновременно»	В литературе, связанной с Еврокодами, встречаются термины «массовый расход», «увеличенный поток». Традиционно: сплошное истечение, гидравлическая форма потока, вторая форма истечения. Подробно о режимах (потоках) течения см. в Разделе 3.5.
воронкообразный поток (funnelflow)	СН РК EN 1991-4: «режим течения, при котором образовывается канал текущего материала в ограниченной зоне выше выпускного отверстия, а материал, примыкающий к стенке около выпускного отверстия остается неподвижным... Канал текучести может касаться вертикальных стенок (смешанный поток) или простирается до поверхности хранимого материала (трубообразный поток)»	В литературе, связанной с Еврокодами, встречается термин «вороночный поток». Традиционно: нормальное истечение, первая форма истечения сыпучего материала. Подробно о режимах (потоках) течения см. в Разделе 3.5.
смешанный поток (mixedflow)	СН РК EN 1991-4: «воронкообразный режим течения, при котором канал текучести соприкасается с вертикальной стенкой бункера ниже поверхности сыпучего материала»	Традиционно: смешанное истечение, смешанная форма потока. Подробно о режимах (потоках) течения см. в Разделе 3.5

Таблица 3.1 – терминологические уточнения, дополнения или комментарии
(окончание)

Термин	Определение	Уточнения, комментарии
коэффициент горизонтального давления K (lateral pressure ratio K)	СН РК EN 1991-4: «соотношение между средним горизонтальным давлением на вертикальные стенки бункера и средним вертикальным напряжением в сыпучем материале в том же уровне»	Традиционно: коэффициент бокового давления.
нагрузка за счет трения (traction)	СН РК EN 1991-4: «сила на единицу поверхности вдоль стенки бункера (вертикальной или наклонной) на основе трения между сыпучим материалом и стенкой бункера»	Традиционно: вертикальное давление сыпучего материала, передающееся на стены силоса силами трения. В вычислении сил участвует «коэффициент внешнего трения».
сегрегация (segregation)	СН РК EN 1991-4: упомянута, но не охарактеризована	Традиционно: разделение материала по крупности. Во время заполнения бункера твердые частицы имеют тенденцию обособлению. Более мелкие частицы преобладают в центре бункера, а более крупные накапливаются у стенок бункера.
<p>ПРИМЕЧАНИЕ Приведенная в таблице терминология соответствует сигнальным экземплярам СН РК EN. В более поздних официальных редакциях переводы будут уточнены и некоторые несоответствия устранены.</p>		



3.2.2 Обозначения

3.2.2.1 Обозначения следует принимать по [Подразделу 1.6], а также по соответствующим подразделам СН РК EN 1990, СН РК EN 1991, СН РК EN 1992 и СН РК EN 1993.

3.2.2.2 В настоящем подразделе приведены обозначения, использованные дополнительно к применяемым согласно СН РК EN 1990 – СН РК EN 1993.

а) Латинские прописные буквы:

G_f — максимальный вес сыпучего материала, хранимого в бункере;

G_r — собственный вес крыши бункера;

G_{sw} — вес стен бункера;

M_f — максимальная масса сыпучего материала, хранимого в бункере;

V_f — максимальный объем сыпучего материала, хранимого в бункере;

V_{tr} — объем фигуры, образуемой сыпучим материалом в прямоугольном сосуде.

б) Латинские строчные буквы:

g — ускорение свободного падения; $g = 9,81 \text{ м/с}^2$;

g_h — распределенная нагрузка от веса воронки бункера;

g_r — распределенная по площади нагрузка от собственного веса крыши бункера;

$g_{r,p}$ — распределенная по периметру нагрузка от собственного веса крыши бункера;

g_{sw} — вес стен бункера в зависимости от глубины;

$g_{sw,p}$ — распределенный по периметру вес стен бункера в зависимости от глубины;

$h_{o,low}$ — значение z для самой низкой точки контакта сыпучего материала со стеной бункера;

$h_{o,high}$ — значение z для самой высокой точки контакта сыпучего материала со стеной бункера;

h_f — максимальная высота заполнения бункера до вершины насыпного конуса;

h_{wc} — высота стен (ствола) бункера;

s_r — нагрузка от снега на крышу бункера;

$s_{r,p}$ — равномерно распределенная по периметру нагрузка на стены от веса снега.

в) Греческие строчные буквы:

γ_{st} — удельный вес стали;

γ_c — удельный вес железобетона.

3.3 Классификация бункеров

3.3.1 Применительно к Части 1 Пособия, бункеры могут быть классифицированы следующим образом:

- в зависимости от возможных последствий повреждений (отказов),
- по классам требований,
- по гибкости,
- по материалу конструкций,
- по толщине стенки (тонкостенные или толстостенные).

3.3.2 Классификацию по параметрам, связанным с возможными последствиями повреждений или разрушений бункеров, с рисками с точки зрения жизни и собственности следует выполнять в соответствии с положениями СН РК EN1990, СН РК EN1992, СН РК EN1993.

3.3.3 Классификацию по классам требований, связанную с учетом неопределенности в определении воздействий, следует выполнять в соответствии с положениями [Подраздела 2.5].

3.3.4 Классификацию по гибкости следует выполнять в соответствии с положениями СН РК EN1991-4. Для облегчения процедуры отнесения бункера к какому-либо типу по гибкости допускается пользоваться схемой, изображенной на Рисунке 1.

ПРИМЕЧАНИЕ Схема, изображенная на Рисунке 1, создана на основе объединения информации, рассредоточенной по нескольким подразделам СН РК EN1991-4.

3.3.5 По материалу конструкций, применяемому для возведения бункеров, последние могут быть классифицированы следующим образом:

- железобетонные,
- стальные,
- алюминиевые,
- смешанной конструкции (например, железобетонные стены и стальная воронка).

3.3.6 При необходимости, допускаются виды классификации по другим признакам. Например, по виду опирания (опорные или подвесные), по назначению (приемные, аккумулирующие, промежуточные и др.), по компоновке (одиночные, заблокированные) и т.п.

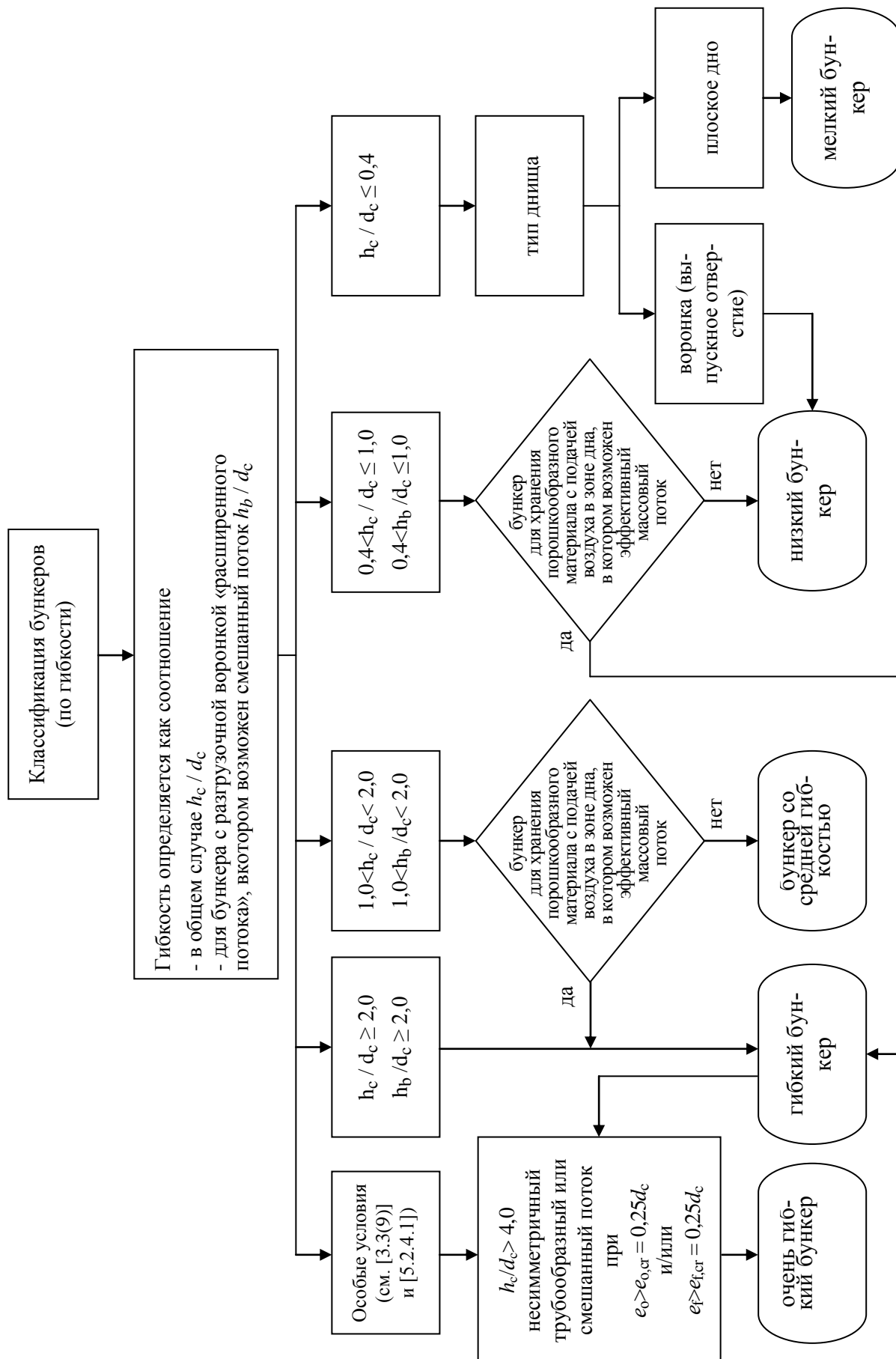


Рисунок 1

3.4 Днища бункеров

3.4.1 Для днищ бункеров, на которые распространяется действие СН РК EN 1991-4 (см. [Пункт 1.1.2(6)]) может быть принята классификация, выполненная на основании положений [Подраздела 6.1.1] и [Приложения G] (см. Рисунок 2).



Рисунок 2

3.4.2 Основные виды воронок, применяемые при строительстве бункеров, показаны в Таблице 3.1.

3.5 Режимы течения сыпучего материала

3.5.1 Назначение режимов (потоков) течения относится к технологическому проектированию и находится за пределами области применения СН РК EN 1991-4. (см. [Подраздел 4.1] и [Приложение F]).

ПРИМЕЧАНИЕ Однако учет влияния потока на поведение конструкции под нагрузкой является очень важным фактором. На Рисунке 3 показаны повреждения конструкций бункеров, возникшие в результате неправильного учета режима течения сыпучего материала.



а) результат развития массового потока в бункере, запроектированном для воронкообразного потока



б) потеря устойчивости стен бункера, вызванная воздействием несимметричного потока при разгрузке

Рисунок 3

3.5.2 Классификацию режимов течения следует принимать по СН РК EN 1991-4 (основные положения см. в [Разделах 1.5, 3.3]).

3.5.3 Оценку параметров (режимов) течения сыпучего материала следует осуществлять согласно положениям [Подраздела 4.1] и [Приложения F].

3.5.4 Общая схема классификации режимов течения с указанием связи видов потоков с принимаемыми в расчет нагрузками приведена на Рисунке 4.

3.6 Нагрузки и воздействия

3.6.1 Основные положения

3.6.1.1 Представление воздействий на бункеры изложено в [Подразделе 2.1].

3.6.1.2 Расчетные ситуации в целом рассмотрены в [Разделе 3].

3.6.1.3 В Части 1 Пособия некоторые расчетные ситуации рассмотрены в подразделах, непосредственно касающихся какой-либо определенной тематики. Например:

- расчетные ситуации, связанные с режимами течения, – в подразделе 3.5;
- расчетные ситуации для сыпучих материалов, хранимых в бункерах – в подразделе 3.6.3;
- правила комбинирования – в разделе 3.7;
- и т.п.

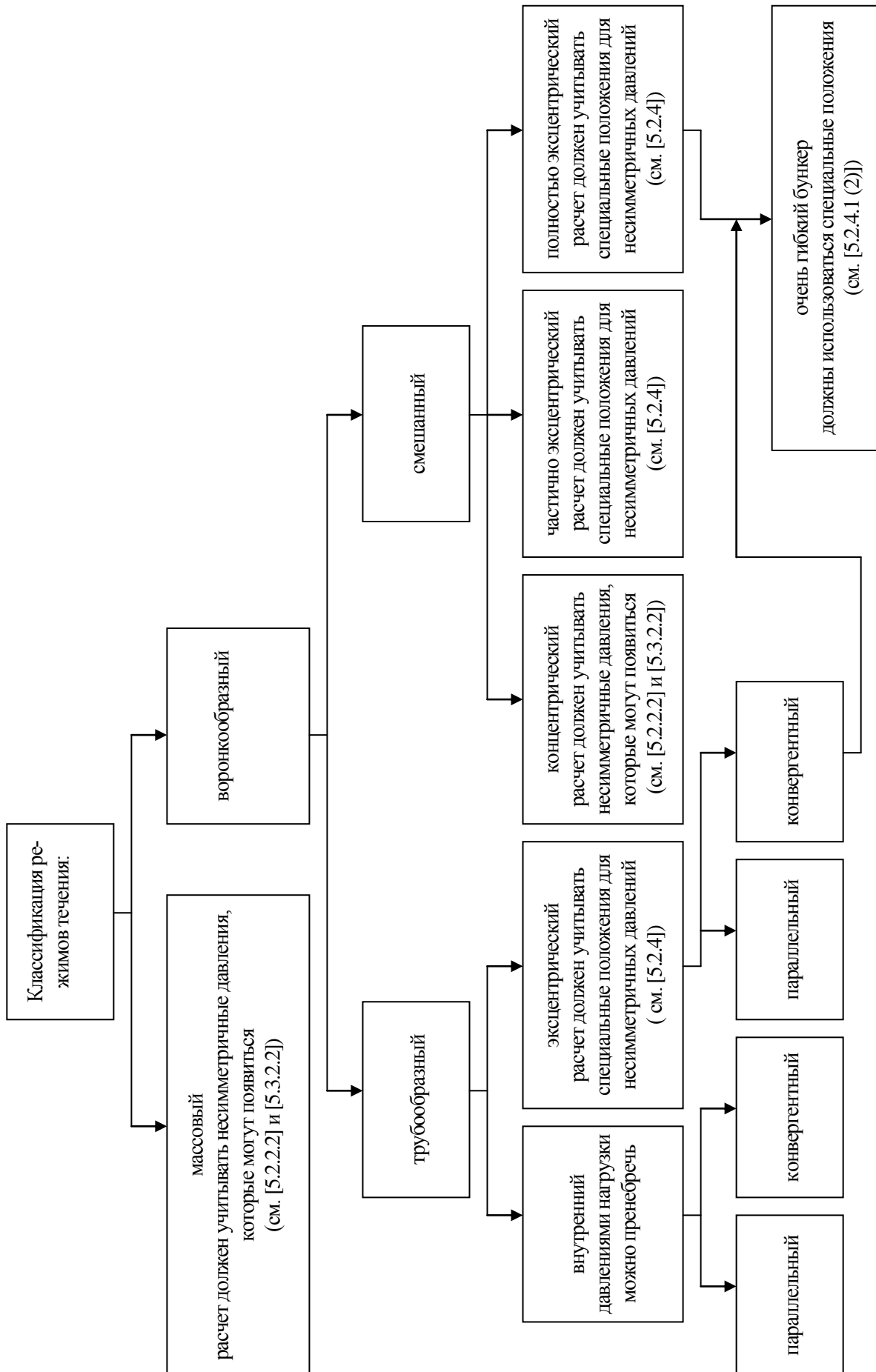


Рисунок 4

3.6.2 Классификация воздействий на бункеры

3.6.2.1 Применительно к задачам Части 1 Пособия, нагрузки могут быть классифицированы следующим образом:

- по происхождению,
- по месту приложения,
- по характеру расположения и распределения в пространстве,
- по виду эксплуатационного состояния бункера,
- по длительности и характеру воздействия.

3.6.2.2 По происхождению необходимо различать следующие виды нагрузки:

– от собственного веса несущих и ограждающих конструкций, оборудования, обслуживающего персонала и т.п.;

- от сыпучего материала, хранимого в бункере;
- от климатических воздействий (снег, ветер, температура);
- от деформаций основания;
- от аварийных событий (взрыв, удар, пожар);
- другие.

3.6.2.3 По месту приложения нагрузки классифицируют следующим образом:

- на вертикальные стены,
- на стенки воронки,
- на днище;
- на крышу (при наличии).

3.6.2.4 По характеру расположения и распределения в пространстве различают нагрузки:

- симметричные,
- несимметричные,
- местные.

3.6.2.5 По виду эксплуатационного состояния бункера:

- заполнение,
- разгрузка.

3.6.2.6 По длительности и характеру воздействия:

- постоянные,
- переменные фиксированные,
- переменные свободные,
- аварийные.

3.6.2.7 Обобщенная классификационная схема нагрузок и воздействий приведена на Рисунке 5.

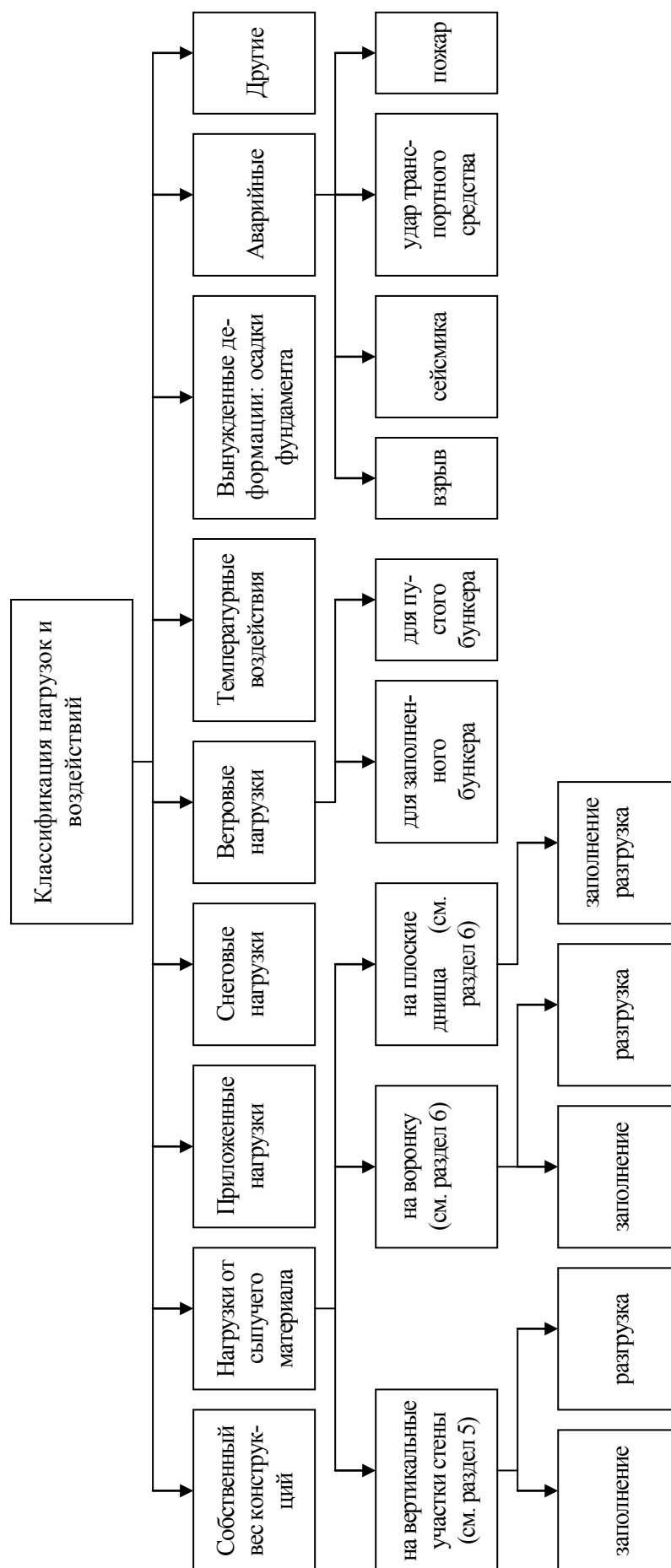


Рисунок 5

3.6.2.8 Основные виды нагрузок и воздействий рассмотрены в последующих подразделах Части 1 Пособия.

3.6.3 Нагрузки от хранимого сыпучего материала

3.6.3.1 Определение нагрузок от сыпучих материалов, хранимых в бункерах, в общем случае рекомендуется выполнять в следующей последовательности.

ПРИМЕЧАНИЕ Последовательность и набор действий могут несколько изменяться в зависимости от параметров бункера и хранимого материала.

- а) Сбор и анализ исходных данных, которые должны включать:
 - основные геометрические размеры бункера и его элементов;
 - конструктивные характеристики (материал стен, вид соединений и т.п.);
 - вид сыпучего материала, для хранения которого предназначен бункер.
 - б) Определение и проверка геометрических параметров (см. [Раздел 1] и др.).
 - в) Определение типа бункера по гибкости и по толщине стенки (см. Подраздел 3.3 и Таблицу 3.1).
 - г) Определение класса требований (см. Подраздел 3.3.3).
 - д) Определение характеристик сыпучего материала согласно положениям [Раздела 4] и составление расчетных комбинаций характеристик сыпучего материала в соответствии с [Подразделом 3.2].
 - е) Оценка параметров (режимов) течения сыпучего материала.
 - ж) Определение нагрузок от сыпучего материала на стены бункера.
- 1) Последовательность определения основных случаев нагрузок может быть принята по сводной Таблице 3.2.

Таблица 3.2 - Сводная таблица для определения характеристических значений основных нагрузок от сыпучего материала на вертикальные стены

Гибкий бункер		Бункер со сред- ней гибкостью	Низкий бункер	Мелкий бункер	
круглый					некруглый
толстостен- ный	тонкостен- ный				
ЗАПОЛНЕНИЕ					
горизонтальное давление (симметричная нагрузка)					
$p_{hf}(z) = p_{ho} \times Y_J(z)$ [5.2.1.1]		$p_{hf} = p_{ho} \times Y_R$ [5.3.1.1]	$p_h = \gamma \times K \times$ $\times (1 + \sin(\phi_r)) \times z_s$		
нагрузка за счет трения о стенки (симметричная нагрузка)					
$p_{wf}(z) = \mu \times p_{ho} \times Y_J(z)$ [5.2.1.1]		$p_{wf} = \mu \times p_{hf}$ [5.3.1.1]	Не определе- но		
вертикальное давление (симметричная нагрузка)					
$p_{vf}(z) = \frac{p_{ho}}{K} \times Y_J(z)$ [5.2.1.1]		$p_{vf} = \gamma \times z_v$ [5.3.1.1]	Не определе- но		

Таблица 3.2 – Сводная таблица для определения характеристических значений основных нагрузок от сыпучего материала на вертикальные стены (продолжение)

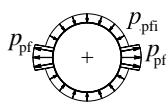
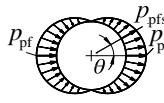
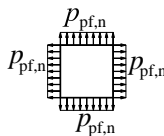
Гибкий бункер		Бункер со средней гибкостью	Низкий бункер	Мелкий бункер	
круглый					некруглый
толстостенный	тонкостенный				
местные нагрузки					
Для бункеров класса требований 1 можно пренебречь.			Для бункеров всех классов требований можно пренебречь	Не определено	
Для классов требований 2 и 3 $p_{pf} = C_{pf} \times p_{hf}$ [5.2.1.2]					
[5.2.1.3] $p_{pfi} = p_{pf} / 7$ 	[5.2.1.4]: $p_{pfs} = p_{pf} \times \cos(\theta)$  Для класса требований 2 могут применяться упрощенные подходы	[5.2.1.5] $p_{pf,nc} = 0,36 \times p_{pf}$ 			По [5.2.1] (как для гибких бункеров) (при $e_f < e_{cr}$)
Для бункеров класса требований 2 метод местной нагрузки может заменяться равномерным увеличением симметричной нагрузки [5.2.3]					Для бункеров класса требований 2 метод местной нагрузки по [5.3.1.2] может заменяться равномерным увеличением симметричной нагрузки по [5.2.3]

Таблица 3.2 – Сводная таблица для определения характеристических значений основных нагрузок от сыпучего материала на вертикальные стены (продолжение)

Гибкий бункер		Бункер со средней гибкостью	Низкий бункер	Мелкий бункер	
круглый					некруглый
толстостенный	тонкостенный				
РАЗГРУЗКА					
горизонтальное давление (симметричная нагрузка)					
[5.2.2.1] $p_{he} = C_h \times p_{hf}$ Для всех классов требований бункеров, разгружаемых с поверхности $C_h = 1$		Для классов требований 2 и 3 $C_h = 1,0 + 0,15 \times C_S C_S = h_c/d_c - 1,0$ Для класса требований 1, если использовались средние значения характеристик материала K и μ : $C_h = 1,0 + C_S \times \{0,15 + 1,5 \times C_{op} \times (1 + 0,4 \times e/d_c)\}$	[5.3.2.1(2)] симметричные нагрузки при разгрузке могут быть приняты равными нагрузкам при заполнении $p_{he} = p_{hf}$	Нагрузки при разгрузке на вертикальные стены могут быть приняты меньше нагрузок заполнения. Но следует учитывать возможность неравномерного распределения давлений из-за неравномерного удаления сыпучего материала.	
Для классов требований 2 и 3: $C_h = C_o = 1,15$ Для класса требований 1, если используются средние значения параметров сыпучего материала K и μ : $C_h = 1,15 + 1,5 \times (1 + 0,4 \times e/d_c) \times C_{op}$					
нагрузка за счет трения о стенки (симметричная нагрузка)					
[5.2.2.1] $p_{we} = C_w \times p_{wf}$ Для всех классов требований бункеров, разгружаемых с поверхности $C_w = 1$		Для классов требований 2 и 3 $C_w = 1,0 + 0,1 \times C_S$ $C_S = h_c/d_c - 1,0$ Для класса требований 1, если использовались средние значения характеристик материала K и μ : $C_w = 1,0 + 0,4 \times (1 + 1,4 \times e/d_c) \times C_S$	[5.3.2.1(2)] симметричные нагрузки при разгрузке могут быть приняты равными нагрузкам при заполнении $p_{we} = p_{wf}$	Не определено	
Для классов требований 2 и 3: $C_w = 1,1$ Для класса требований 1, если используются средние значения параметров сыпучего материала K и μ : $C_w = 1,4 \times (1 + 0,4 \times e/d_c)$					

Таблица 3.2 – Сводная таблица для определения характеристических значений основных нагрузок от сыпучего материала на вертикальные стены (продолжение)

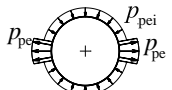
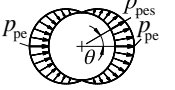
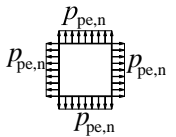
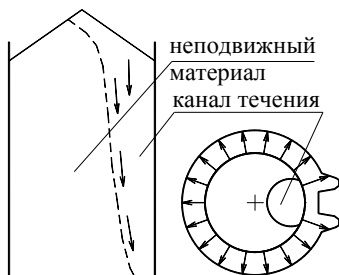
Гибкий бункер			Бункер со средней гибкостью	Низкий бункер	Мелкий бункер
круглый		некруглый			
толстостенный	тонкостенный				
местные нагрузки					
Для класса требований 1 можно пренебречь			Для класса требований 1 местная нагрузка учитываться не должна.		
Для классов требований 2 и 3 $p_{pe} = C_{pe} \times p_{he}$ [5.2.2.2]			Правила, установленные в 5.2.2 (как для гибких бункеров), должны применяться для определения формы, положения и величины местной нагрузки		
[5.2.2.3] p_{pe} $p_{pei} = p_{pe} / 7$  Для класса требований 2 может применяться упрощенный подход по [5.2.2.3(4)]	[5.2.2.4] p_{pe} , $p_{pes} = p_{pe} \times \cos(\theta)$  Для класса требований 2 могут применяться упрощенные подходы	[5.2.2.5] $p_{pe,nc} = 0,36 \times p_{pe}$  Для класса требований 2 должны применяться положения [5.3.2.3], то есть может заменяться равномерным увеличением симметричной нагрузки по [5.2.3] Для класса требований 3 должны применяться положения с [5.2.2.2] по [5.2.2.5].	Для класса требований 2 должны применяться положения [5.3.2.3], то есть может заменяться равномерным увеличением симметричной нагрузки по [5.2.3]	Для всех классов требований, если e_0 меньше $e_{0,cr} = 0,1 \times d_c$, местная нагрузка при разгрузке учитываться не должна. Для класса требований 2 при e_0 больше $e_{0,cr} = 0,1 \times d_c$, должны применяться положения [5.3.2.3], то есть может заменяться равномерным увеличением симметричной нагрузки по [5.2.3] Для класса требований 3 при e_0 больше $e_{0,cr} = 0,1 \times d_c$, должны применяться положения с [5.2.2.2] по [5.2.2.5].	Не определено
Для бункеров класса требований 2 метод местной нагрузки может заменяться равномерным увеличением симметричной нагрузки [5.2.3]					

Таблица 3.2 – Сводная таблица для определения характеристических значений основных нагрузок от сыпучего материала на вертикальные стены (окончание)

Гибкий бункер			Бункер со сред-ней гибкостью	Низкий бункер	Мелкий бункер
круглый		некруглый			
толстостен-ный	тонкостен-ный				
СПЕЦИАЛЬНЫЕ ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ СЛУЧАИ НАГРУЗКИ (не должны приниматься действующими одновременно с симметричными или местными нагрузками)					
<p>[5.2.4.1(2)] для бункеров классов требований 2 и 3, если $e_o > e_{o, cr} = 0,25 \times d_c$ или $e_f > e_{f, cr} = 0,25 \times d_c$, а гибкость бункера больше $h_c/d_c = 4,0$, то должны применяться процедуры по [5.2.4]</p> <div></div> <p>Для бункеров класса требова-ний 2 разрешен упрощенный метод по [5.2.4.2]</p> <p>Для бункеров класса требова-ний 3 следует использовать ме-тоды по [5.2.4.3]</p>			<p>[5.3.1.2(6)] Для классов требова-ний 2 и 3, у которых $e_f > e_{f, cr} = 0,25 \times d_c$, должен уста-навливаться дополнительный случай нагрузки для больших эксцентриситетов заполнения по [5.3.3].</p> <p>Для всех классов требова-ний при e_o, превышающем крити-ческое значение $e_{o, cr} = 0,25 \times d_c$, должен устанавливаться допол-нительный случай нагрузки, определенный в [5.3.4].</p> <p>Не определе-но</p>		

2) В Таблице 3.2 приведена последовательность работ в зависимости от гибкости бункера. Другие факторы (например, псевдооживление материала, наличие внутренних стяжек и т.п.) должны быть учтены дополнительно в соответствии с положениями СН РК EN 1991-4.

и) Определение нагрузок от сыпучего материала на днища.

1) Определение типа днища (воронки) по положениям Подраздела 3.4.

2) Последовательность определения основных случаев нагрузок может быть принята по сводной Таблице 3.3.

Таблица 3.3 - Сводная таблица для определения характеристических значений основных нагрузок от сыпучего материала на днища

Плоское днище (наклон $\alpha < 5^\circ$)		Плоская (мелкая) во- ронка	Крутая во- ронка	Альтернативный метод см. в [Приложении G]	
гибкие бунке- ры	бункеры средней гиб- кости и низ- кие			Плоское или по- чти плоское днище ($\alpha \leq 20^\circ$)	Воронка ($\alpha > 20^\circ$)
ОБЩИЕ ПАРАМЕТРЫ ДЛЯ ЗАПОЛНЕНИЯ И РАЗГРУЗКИ					
Для класса требований 2 и 3: $C_b = 1$ (без динамики) или $C_b = 1,2$ (с динамикой); Для класса требований 1: $C_b = 1,3$ (без динамики) или $C_b = 1,6$ (с динамикой)			$C_b = 1,3$ (без динамики) $C_b = 1,6$ (с динамикой)		
ЗАПОЛНЕНИЕ					
вертикальное давление на переход или на днище					
p_{vft} по Таблице 3.1 при $z = h_c$					
$p_{vft} = C_b \times p_{vf}$ [6.1.2]			$p_{vfb} =$ $C_b p_{vf}$ [G.6]	$p_{vft} = p_{vf}$ в уровне перехода после заполнения	
давление, нормальное к наклонной стенке (для плоского днища – вертикальное)					
$p_v =$ p_{vft}	$p_{vsq} = p_{vb} +$ $+ \Delta p_{sq} \times$ $\times \left(\frac{2,0 - h_c / d_c}{2,0 - h_{tp} / d_c} \right)$ [6.2.2]	$\mu_{heff} = \frac{1 - K}{2 \times tg(\beta)}$	$\mu_{heff} = \mu_h$	См. выше	μ_h — нижнее харак- теристическое зна- чение
		Параметры по [6.4.2] $b = 0,2$; $S_{по}$ [6.1.2(7)]; $F_f = 1 - \frac{b}{\left(1 + \frac{tg(\beta)}{\mu_{heff}}\right)}$ $n = S \times (1 - b) \times$ $\times \mu_{heff} \times ctg(\beta)$	Параметры по [6.3.2] $b = 0,2$; $S_{по}$ [6.1.2(7)]; $F_f = 1 - \frac{b}{\left(1 + \frac{tg(\beta)}{\mu_h}\right)}$ $n = S \times (1 - b) \times$ $\times \mu_h \times ctg(\beta)$		$p_{n1} = p_{vft} \times$ $\times \left(C_b \times \sin^2(\beta) + \cos^2(\beta) \right)$ $p_{n2} = p_{vft} \times C_b \times \sin^2(\beta)$ $p_{n3} = 3,0 \times \frac{A}{U} \times$ $\times \frac{\gamma \times K}{\sqrt{\mu_h}} \times \cos^2(\beta)$
		$p_v = \left(\frac{\gamma \times h_h}{n - 1} \right) \times \left\{ \left(\frac{x}{h_h} \right) - \left(\frac{x}{h_h} \right)^n \right\} +$ $+ p_{vft} \times \left(\frac{x}{h_h} \right)^n$			
		$p_{nf} = F_f \times p_v$			$p_n = p_{n3} + p_{n2} +$ $+ (p_{n1} - p_{n2}) \times \frac{x}{h_h}$

Таблица 3.3 – Сводная таблица для определения характеристических значений основных нагрузок от сыпучего материала на днища (окончание)

Плоское днище (наклон $\alpha < 5^\circ$)		Плоская (мел- кая) воронка	Крутая во- ронка	Альтернативный метод см. в [Приложении G]		
гибкие бункеры	бункеры средней гиб- кости и низ- кие			Плоское или по- чти плоское днище ($\alpha \leq 20^\circ$)	Воронка ($\alpha > 20^\circ$)	
нагрузка за счет трения о стенки						
Не определено		$p_{tf} = \mu_{heff} \times F_f \times$ $\times p_v$	$p_{tf} = \mu_h \times F_f \times \times$ p_v	Не опре- делено	$p_t = p_n \times \mu_h$	
РАЗГРУЗКА						
давление, нормальное к наклонной стенке (для плоского днища – вертикальное)			Нагрузки при раз- грузке могут быть вы- числены, исполь- зуя ука- зания для нагрузок при за- полнении	Для бункеров с во- ронкообразным по- током нагрузки мо- гут быть вычислены, используя указания для нагрузок при заполнении. Для бункеров с мас- совым потоком учи- тывается дополни- тельное фиксиро- ванное нормальное давление p_s (см. [Ри- сунк G.1]) $p_s = 2 \times K \times p_{vft}$		
Вертикальное давление принимается идентичным вертикальному давлению в конце заполнения		может быть принято иден- тичным приня- тому при за- полнении				Параметры по [6.3.3] S по [6.1.2(7)]; $\phi_{wh} = \arctg(\mu_h)$; $\varepsilon = \phi_{wh} +$ $+ \arcsin\left(\frac{\sin(\phi_{wh})}{\sin(\phi_1)}\right)$ $F_e =$ $= \frac{1 + \sin(\phi_1) \times \cos(\varepsilon)}{1 - \sin(\phi_1) \times \cos(2 \times \beta + \varepsilon)}$ $n = S \times (F_e \times$ $\times \mu_{heff} \times \text{ctg}(\beta) +$ $+ F_e) - 2$ Для F_e может быть применен способ [G.10]
						$p_v = \left(\frac{\gamma \times h_h}{n - 1}\right) \times$ $\times \left\{ \left(\frac{x}{h_h}\right) - \left(\frac{x}{h_h}\right)^n \right\} +$ $+ p_{vft} \times \left(\frac{x}{h_h}\right)^n$ $p_{ne} = F_e \times p_v$
нагрузка за счет трения о стенки						
Не определено		может быть принято иден- тичным приня- тому при за- полнении $p_{te} = p_{tf}$	$p_{te} = \mu_h \times F_e$ $\times \times p_v$			

3) В Таблице 3.3 приведена последовательность работ в зависимости от вида днища и гибкости бункера. Другие факторы (например, псевдоожижение материала) должны быть учтены дополнительно в соответствии с положениями СН РК EN 1991-4.

3.6.3.2 Согласно требованиям [Подраздела 2.3], нагрузки от хранимого в бункерах сыпучего материала должны классифицироваться следующим образом.

- а) Симметричные нагрузки – как переменные фиксированные воздействия;
- б) Местные нагрузки, связанные с процессами заполнения и разгрузки в бункерах, – как переменные свободные воздействия;
- в) Нагрузки с эксцентриситетом, связанные с процессами заполнения и разгрузки в бункерах, – как переменные фиксированные воздействия.

3.6.4 Собственный вес и приложенные нагрузки

3.6.4.1 Собственный вес конструкций следует определять на основании исходных данных согласно положениям СН РК EN 1991-1-1. Воздействие от собственного веса конструкций следует считать постоянным.

3.6.4.2 Приложенные нагрузки следует определять согласно положениям СН РК EN 1991-1-1 с учетом технологического задания. Приложенные нагрузки следует рассматривать как переменные воздействия.

3.6.5 Снеговые нагрузки

3.6.5.1 Снеговые нагрузки следует определять на основании исходных данных согласно положениям СН РК EN 1991-1-3.

3.6.5.2 Если в особых условиях проектирования не установлено иное, то снеговые нагрузки следует классифицировать как переменные фиксированные воздействия.

3.6.6 Ветровые нагрузки

3.6.6.1 Ветровые нагрузки следует определять на основании исходных данных согласно положениям СН РК EN 1991-1-4 и СН РК EN 1993-4-1.

3.6.6.2 Нагрузки от воздействия ветра необходимо учитывать как для заполненного, так и для пустого бункера.

3.6.6.3 Если в особых условиях проектирования не установлено иное, то ветровые нагрузки следует классифицировать как переменные фиксированные воздействия.

3.6.7 Температурные воздействия

3.6.7.1 Температурные воздействия включают в себя климатические воздействия и воздействия от горячих сыпучих материалов.

3.6.7.2 Температурные воздействия следует определять на основании исходных данных согласно положениям СН РК EN 1991-1-5 и СН РК EN 1991-4 [Подраздел 5.6].

3.6.7.3 Температурные воздействия следует классифицировать как переменные косвенные(непрямые) воздействия.

3.6.7.4 Следует учитывать температурные ограничения СН РК EN 1992-3 и СН РК EN 1993-4-1.

3.6.8 Вынужденные (приложенные) деформации: осадки фундамента

3.6.8.1 Определение вынужденных деформаций, связанных с осадками, просадками, кренами и т.п. следует выполнять на основании исходных данных согласно положениям СН РК EN 1997.

3.6.8.2 Определение воздействия от неравномерных осадок необходимо выполнять для групп бункеров. Вычисления должны основываться на наиболее неблагоприятной комбинации заполненных и пустых элементов.

3.6.8.3 Вынужденные (приложенные) деформации следует классифицировать как переменные косвенные(непрямые) воздействия.

3.6.9 Аварийные нагрузки и воздействия

3.6.9.1 Если это определено Заданием на проектирование и/или условиями района строительства, то должны учитываться следующие аварийные воздействия и нагрузки:

- воздействия от удара транспортного средства;
- нагрузки из-за взрыва пыли;
- воздействия при пожаре;
- сейсмические нагрузки.

3.6.9.2 Воздействия от удара транспортного средства следует учитывать на основании исходных данных согласно положениям СН РК EN 1991-1-7.

3.6.9.3 Нагрузки из-за взрыва пыли следует учитывать на основании исходных данных согласно положениям СН РК EN 1991-1-7и СН РК EN 1991-4 [Подраздел 3.6] и [Приложение Н].

3.6.9.4 Воздействия при пожаре следует учитывать на основании исходных данных согласно положениям СН РК EN 1991-1-2 и соответствующим положениям СН РК EN 1992, СН РК EN 1993,СН РК EN 1994,СН РК EN 1999.

3.6.9.5 Сейсмические нагрузки следует учитывать на основании исходных данных согласно положениям СН РК EN 1998-4.

3.6.10 Другие нагрузки и воздействия

3.6.10.1 Если это определено Заданием на проектирование и/или другими условиями, то должны учитываться следующие воздействия и нагрузки:

- нагрузки от давления газа (например, при пневматических подающих системах);
- воздействия при изготовлении, транспортировании и монтаже (например, для бункеров заводского изготовления);
- воздействия, передающиеся от конструкций, примыкающих к бункеру;
- воздействия от подающих и запорных систем.

3.6.10.2 При необходимости, могут быть учтены воздействия и/или нагрузки, не указанные в Части 1 Пособия.

3.6.10.3 Классификацию нагрузок, указанных в настоящем Подразделе, по длительности и характеру воздействия (постоянные, переменные и проч.) следует осуществлять по технологическому заданию.

3.7 Правила комбинирования нагрузок и воздействий

3.7.1 Общие правила комбинирования зависят от рассматриваемого предельного состояния и должны применяться в соответствии с СН РК EN 1990.

3.7.2 Не все положения, приведенные в Приложениях А.1 и А.2 СН РК EN 1990, применимы для бункеров (см. [Примечание к Пункту 3.1(1)Р] и [Пункт А.1]).

3.7.3 Если по нагрузкам от сыпучих материалов (см. Подраздел 3.6.3) невозможно определить вариант, приводящий к наихудшему для конструкции напряженно-деформированному состоянию, то рекомендуется следующий подход для создания комбинаций воздействий:

а) для каждой комбинации характеристик сыпучего материала (см. 3.6.3-д) вычисляются усилия в стенах и воронке заданного бункера с учетом материала (сталь или железобетон) и выбранной методики расчета (моментная или безмоментная теория, аналитический метод или метод конечных элементов и т.п.);

б) при вычислении усилий учитывают необходимые отношения взаимоисключения, сопутствия или одновременности, например:

- нагрузки на вертикальные стены составляют из действующих одновременно фиксированной симметричной нагрузки и свободной нагрузки, прикладываемой как местная нагрузка;

- нагрузку, связанную с трением, не прикладывают без нормального давления, в то время как нормальное давление может быть приложено без трения.

определяют наихудшие комбинации, связанные с параметрами материала, для стен бункера и для воронки; причем для разных сечений конструкции наихудшими могут оказаться разные комбинации.

в) Определяют комбинации воздействий, используя основные рекомендуемые правила комбинирования, которые указаны в [Приложении А]:

- назначают частные коэффициенты;
- назначают комбинационные коэффициенты;
- в зависимости от класса требований (2 и 3 или 1) и вида проверяемого предельного состояния (обычное, аварийное, сейсмическое критическое состояние или предельное состояние по эксплуатационной пригодности) составляют комбинацию воздействий согласно положениям Подраздела 6.4.3 СН РК EN 1990.

ПРИМЕЧАНИЕ Примеры см. в Подразделах 5.2 и 5.3.

3.7.4 Допускается применение альтернативных подходов, не противоречащих Принципам и Правилам СН РК EN 1990 и СН РК EN 1991. Например, комбинации нагрузок от сыпучих материалов могут быть включены как взаимоисключающие воздействия в общий алгоритм получения комбинаций воздействий.

4 РЕЗЕРВУАРЫ

4.1 Общие положения

4.1.1 В Части 1 Пособия, как и в СН РК EN 1991-4 не рассматриваются резервуары, в которых могут происходить динамические процессы, в том числе – связанные с сейсмическими воздействиями.

4.1.2 Рекомендации Части 1 Пособия, как и положения СН РК EN 1991-4 распространяются только на резервуары с жидкостями при нормальном атмосферном давлении.

4.2 Термины, определения и обозначения

4.2.1 Терминология

4.2.1.1 Определения терминов следует принимать по [Подразделу 1.5].

4.2.1.2 В Таблице 3.1 приведены уточнения, дополнения или комментарии для терминов, которые нуждаются в согласовании.

4.2.2 Обозначения

4.2.2.1 Обозначения следует принимать по [Подразделу 1.6], а также по соответствующим подразделам СН РК EN 1990, СН РК EN 1991, СН РК EN 1992 и СН РК EN 1993.

4.2.2.2 В настоящем подразделе приведены обозначения, использованные дополнительно к применяемым согласно СН РК EN 1990 – СН РК EN 1993.

а) Латинские прописные буквы:

G_r — собственный вес крыши резервуара;

б) Латинские строчные буквы:

h_f — высота заполнения резервуара от уровня дна до уровня жидкости;

h_r — высота крыши;

h_{wc} — высота вертикальных стен резервуара;

g_{ins} — вес 1 кв. м изоляции резервуара;

$g_{ins,p}$ — распределенный по периметру вес изоляции резервуара в зависимости от высоты;

g_r — распределенная по площади нагрузка от собственного веса крыши резервуара;

$g_{r,p}$ — распределенная по периметру нагрузка от собственного веса крыши резервуара;

g_{sw} — вес стен резервуара в зависимости от высоты;

$g_{sw,p}$ — распределенный по периметру вес стен резервуара в зависимости от высоты;

Таблица 4.1 – терминологические уточнения, дополнения или комментарии

Термин	Определение	Уточнения, комментарии
резервуар (tank)	СН РК EN 1991-4: «конструкция для хранения жидкостей» СН РК EN 1993-4-2: «Резервуар — это сосуд для хранения жидких продуктов. В этом стандарте предполагается, что он призматический с вертикальной осью (за исключением нижней части резервуара и частей крыши)»	В СН РК EN 1991-4 и в Части 1 Пособия понятие «резервуар» не ограничено призматической формой, а включает, например, цилиндрическую форму.
стенка резервуара (tankwall)	СН РК EN 1993-4-2: «Элементы из металлической пластины, формирующие вертикальные стены, крышу и разгрузочную воронку, называются стенками резервуара. Этот термин не ограничивается вертикальными стенками»	В Части 1 Пособия «стены резервуара» означают только вертикальные стены.
бункер (hopper)	СН РК EN 1993-4-2: «Бункер — это сходящаяся секция к низу резервуара. Он используется для направления жидкостей к отверстию для разгрузки под действием силы тяжести (обычно при содержании взвешенных твердых частиц)»	Конструкция, которая понимается как «воронка» в СН РК EN 1991-4 и как «хopper» в СН РК EN 1993-4-1.
ПРИМЕЧАНИЕ Приведенная в таблице терминология соответствует сигнальным экземплярам СН РК EN. В более поздних официальных редакциях переводы будут уточнены и некоторые несоответствия устранены.		

p_{ov} — нагрузка от внутреннего давления (избыточное давление в газовом пространстве);

p_{vac} — пониженное давление за счет недостаточной вентиляции (вакуум);

s_r — нагрузка от снега на крышу резервуара;

$s_{r,p}$ — равномерно распределенная по периметру нагрузка на стены от веса снега;

в) Греческие строчные буквы:

γ_{st} — удельный вес стали;

γ_w — удельный вес воды.

4.3 Классификация резервуаров

4.3.1 Применительно к Части 1 Пособия, резервуары могут быть классифицированы следующим образом:

- в зависимости от возможных последствий повреждений (отказов),
- по материалу конструкций.

4.3.2 Классификацию по параметрам, связанным с возможными последствиями повреждений или разрушений резервуаров, с рисками с точки зрения жизни и собственности следует выполнять в соответствии с положениями СН РК EN1990, СН РК EN1992, СН РК EN1993.

4.3.3 По материалу конструкций, применяемому для возведения резервуаров, последние могут быть классифицированы следующим образом:

- железобетонные,
- стальные,
- алюминиевые.

4.3.4 При необходимости, допускаются виды классификации по другим признакам. Например, по назначению (приемные, аккумулирующие, промежуточные и др.), по компоновке (одиночные, сблокированные) и т.п.

4.4 Нагрузки и воздействия

4.4.1 Основные положения

4.4.1.1 Представление воздействий на резервуары изложено в [Подразделе 2.2].

4.4.1.2 Расчетные ситуации в целом рассмотрены в [Разделе 3].

4.4.2 Классификация воздействий на резервуары

4.4.2.1 Применительно к задачам Части 1 Пособия, нагрузки могут быть классифицированы следующим образом:

- по происхождению,
- по месту приложения,
- по виду эксплуатационного состояния резервуара,
- по длительности и характеру воздействия.

4.4.2.2 По происхождению необходимо различать следующие виды нагрузки:

- от собственного веса несущих и ограждающих (утепляющих, облицовочных) конструкций, оборудования, обслуживающего персонала и т.п.;
- от жидкости, хранимой в резервуаре;
- от климатических воздействий (снег, ветер, температура);
- от деформаций основания;
- от аварийных событий (взрыв, удар, пожар);
- другие.

4.4.2.3 По месту приложения нагрузки классифицируют следующим образом:

- на вертикальные стены,

- на крышу резервуара (при наличии),
- на днище;

4.4.2.4 По виду эксплуатационного состояния:

- заполненный резервуар,
- пустой резервуар.

4.4.2.5 По длительности и характеру воздействия:

- постоянные,
- переменные фиксированные,
- переменные свободные,
- аварийные.

4.4.3 Нагрузки на резервуары вследствие их заполнения (от жидкости)

4.4.3.1 Нагрузки на резервуары вследствие их заполнения (от жидкости) следует определять в соответствии с положениями [Раздела 7] и [Подраздела В.2.1].

4.4.3.2 Нагрузки на резервуары должны классифицироваться как переменные фиксированные воздействия по СН РК EN 1990.

4.4.4 Собственный вес и приложенные нагрузки

4.4.4.1 Собственный вес конструкций следует определять на основании исходных данных согласно положениям СН РК EN 1991-1-1. Воздействие от собственного веса конструкций следует считать постоянным.

4.4.4.2 Приложенные нагрузки следует определять согласно положениям СН РК EN 1991-1-1 с учетом технологического задания. Приложенные нагрузки следует рассматривать как переменные воздействия.

4.4.5 Снеговые нагрузки

4.4.5.1 Снеговые нагрузки следует определять на основании исходных данных согласно положениям СН РК EN 1991-1-3.

4.4.5.2 Если в особых условиях проектирования не установлено иное, то снеговые нагрузки следует классифицировать как переменные фиксированные воздействия.

4.4.6 Ветровые нагрузки

4.4.6.1 Ветровые нагрузки следует определять на основании исходных данных согласно положениям СН РК EN 1991-1-4, СН РК EN 1991-4 [Подраздел В.2.9] и СН РК EN 1993-4-2.

4.4.6.2 Если в особых условиях проектирования не установлено иное, то ветровые нагрузки следует классифицировать как переменные фиксированные воздействия.

4.4.7 Температурные воздействия

4.4.7.1 Температурные воздействия включают в себя климатические воздействия и воздействия от горячих жидкостей.

4.4.7.2 Температурные воздействия следует определять на основании исходных данных согласно положениям СН РК EN 1991-1-5 и СН РК EN 1991-4 [Подраздел В.2.3].

4.4.7.3 Температурные воздействия следует классифицировать как переменные косвенные(непрямые) воздействия.

4.4.7.4 Следует учитывать температурные ограничения СН РК EN 1992-3 и СН РК EN 1993-4-2.

4.4.8 Вынужденные (приложенные) деформации: осадки фундамента

4.4.8.1 Определение вынужденных деформаций, связанных с осадками, просадками, кренами и т.п. следует выполнять на основании исходных данных согласно положениям СН РК EN 1997.

4.4.8.2 Определение воздействия от неравномерных осадок необходимо выполнять для групп бункеров. Вычисления должны основываться на наиболее неблагоприятной комбинации заполненных и пустых элементов.

4.4.8.3 Вынужденные (приложенные) деформации следует классифицировать как переменные косвенные(непрямые) воздействия.

4.4.9 Аварийные нагрузки и воздействия

4.4.9.1 Если это определено заданием на проектирование и/или условиями района строительства, то должны учитываться следующие аварийные воздействия и нагрузки:

- воздействия от удара транспортного средства;
- воздействия при пожаре или взрыве;
- сейсмические нагрузки.

4.4.9.2 Воздействия от удара транспортного средства следует учитывать на основании исходных данных согласно положениям СН РК EN 1991-1-7.

4.4.9.3 Воздействия при пожаре следует учитывать на основании исходных данных согласно положениям СН РК EN 1991-1-2 и соответствующим положениям СН РК EN 1992, СН РК EN 1993, СН РК EN 1994, СН РК EN 1999.

4.4.9.4 Сейсмические нагрузки следует учитывать на основании исходных данных согласно положениям СН РК EN 1998-4.

4.4.10 Другие нагрузки и воздействия

4.4.10.1 Если это определено заданием на проектирование и/или другими условиями, то должны учитываться следующие воздействия:

- воздействия при изготовлении, транспортировании и монтаже (например, для резервуаров заводского изготовления);
- воздействия, передающиеся от конструкций, примыкающих к резервуару;

– воздействия от подающих и запорных систем.

4.4.10.2 При необходимости, могут быть учтены воздействия и/или нагрузки, не указанные в Части 1 Пособия.

4.4.10.3 Классификацию нагрузок, указанных в настоящем Подразделе, по длительности и характеру воздействия (постоянные, переменные и проч.) следует осуществлять по технологическому заданию.

4.5 Правила комбинирования нагрузок и воздействий

4.5.1 Общие правила комбинирования зависят от рассматриваемого предельного состояния и должны применяться в соответствии с СН РК EN 1990.

4.5.2 Не все положения, приведенные в Приложениях А.1 и А.2 СН РК EN 1990, применимы для резервуаров (см. [Примечание к Пункту 3.1(1)Р] и [Пункт А.1]).

4.5.3 Определяющие правила комбинирования воздействий на резервуары указаны в [Приложениях А и В].

4.5.4 Допускаются применение альтернативных подходов, не противоречащих Принципам и Правилам СН РК EN 1990 и СН РК EN 1991.

а) Например, для стальных резервуаров рекомендуется соблюдать требования и рекомендации Раздела 2 СН РК EN 1993-4-2. В частности, в Таблице 2.1 СН РК EN 1993-4-2 приведены частные коэффициенты для трех расчетных ситуаций, причем – для различных типов жидкости.

ПРИМЕЧАНИЕ Пример см. в Подразделе 5.4.

б) При отсутствии других данных, для железобетонных резервуаров также допускается пользоваться Таблицей 2.1 СН РК EN 1993-4-2.

5 ПРИМЕРЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ НАГРУЗОК

5.1 Общие положения

5.1.1 Примеры, представленные в данном Разделе, не являются нормативной частью Пособия, а представляют собой справочный материал. Это означает, что некоторые подходы и предпосылки, принятые в примерах, при реальном проектировании могут быть заменены или дополнены способами решения задачи на условиях, предусмотренных в СН РК EN (способы не должны противоречить СН РК EN). По возможности, в примерах показаны подобные случаи.

5.1.2 Там, где это возможно, с целью иллюстрации применения альтернативных методов, в разных примерах использованы различные способы для получения одного и того же параметра (см., например, получение значений аэродинамического коэффициента в примерах 1 и 3).

5.1.3 При разработке примеров предполагалось знание читателем основных принципов и правил выполнения расчетов, в том числе — изложенных в нормативных документах. Поэтому в примерах не раскрываются некоторые формулировки и понятия (например, из области строительной механики и сопротивления материалов).

5.1.4 Применение нагрузок, определенных в соответствии с настоящими примерами, допускает их дальнейшую интерпретацию инженером-расчетчиком в дальнейших расчетах. Это может быть разложение на составляющие (например, нагрузка от собственного веса на наклонные стенки воронки), другой шаг представления нагрузок (например, для конкретной модели, рассчитываемой по методу конечных элементов), выбор вида приложения нагрузки (например, в виде общего веса отдельных частей бункера или в виде распределенной нагрузки) и т.п.

5.1.5 В расчетных схемах использованы упрощения по отношению к реальным конструкциям. Причем некоторые из них (например, принятие высоты воронки до вершины конуса или пирамиды, схемы приложения нагрузок и др.) определены в соответствующих разделах СН РК EN.

5.1.6 Для удобства каждый пример, с точки зрения конечного пользователя, выполнен как законченный текст, включающий все необходимые ссылки, рисунки, формулы и т.п. (даже иногда повторяющиеся от примера к примеру). Таким образом, при изучении какого-либо примера не требуется обращаться к другим примерам, отвлекаясь на поиск информации.

5.1.7 При оформлении текстов примеров применялись следующие условности.

а) номера рисунков в примерах имеют свою сквозную нумерацию в пределах каждого примера, причем первые две цифры в номере рисунка соответствуют номеру подраздела примера;

б) при вычислениях, округления значений выполнялись, как правило, в сторону, неблагоприятную для несущей способности (например, величина нагрузки — в большую сторону, площадь сечения — в меньшую и т.п.);

в) при "ручной" проверке вычислений, показанных в примерах, возможны случаи, когда расчет по числам, приведенным в тексте при подстановке в формулы примера, будет отличаться от результата, указанного в примере; это связано с тем, что при разработке

примера вычисления производились с использованием программы Microsoft Excel, которая, выполняя арифметические действия с переменными, не округляет хранящиеся в них числа, а в текст примеров (при подстановке в формулы) были вынесены округленные результаты.

ПРИМЕР

- в ячейке Excel: $\ll=2,00000*(1,00000-0,20000)*0,21622*1,00000\gg=0,3459$;
- в тексте: $2 \times (1 - 0,2) \times 0,22 \times 1,0 = 0,346$;
- «ручной» счет: $2 * 0,8 * 0,22 = 0,352$.

5.2 Пример 1. Стальной бункер

5.2.1 Исходные данные

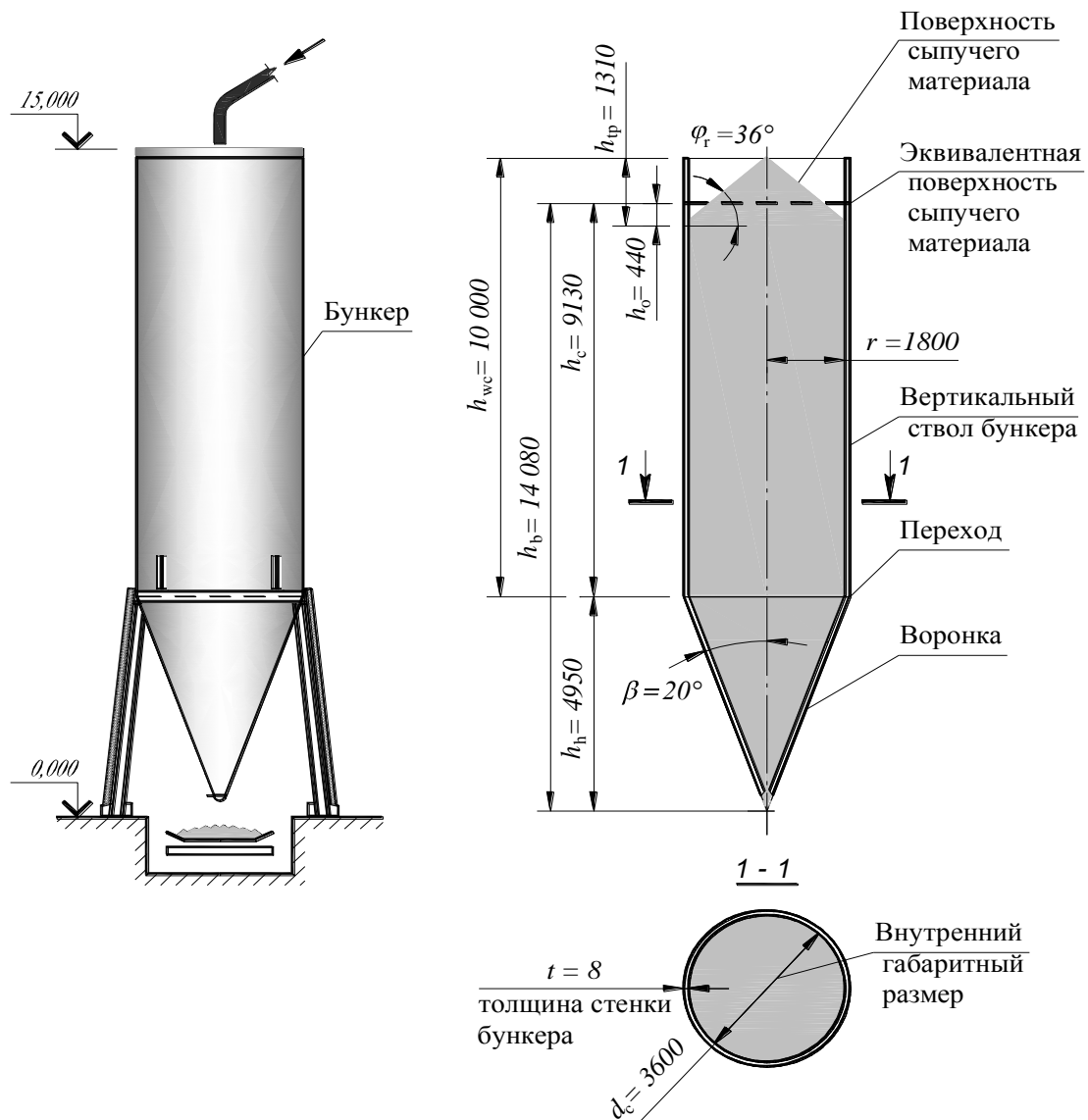


Рисунок 5.2.1

5.2.1.1 Бункер, показанный на Рисунке 5.2.1, предназначен для хранения цемента.

Заполнение симметричное, через центрально расположенное загрузочное отверстие.

Сыпучий материал не создает условий для динамического нагружения конструкций (см. [6.1.2(5)]).

5.2.1.2 Геометрические размеры приняты по технологическому заданию на проектирование:

- высота цилиндрической части (ствола) $h_{wc} = 10$ м;
- радиус окружности поперечного сечения $r = 1,8$ м;
- воронка коническая;
- угол наклона образующей стенки воронки относительно вертикальной оси бункера $\beta = 20^\circ$.

5.2.1.3 Материал стен бункера — сталь.

Соединения — сварные.

Категория стены по шероховатости принята D2 (см. [Таблицу 4.1]).

Предварительно принятая средняя толщина стенки $t = 8$ мм.

5.2.1.4 Собственный вес крыши вместе с установленным на ней оборудованием принят в виде распределенной нагрузки величиной $g_r = 2,5$ кН/м².

5.2.1.5 Характеристическое значение снеговой нагрузки на грунт в районе строительства $s_k = 1,6$ кН/м².

Район строительства расположен на высоте менее 1500 м над уровнем моря.

Условия – обычные (нормальные) (см. Пункт 3.2(1) СН РК EN 1991-1-3).

5.2.1.6 Ветровые нагрузки в районе строительства следует определять для местности, имеющей тип IV (см. Пункт 4.3.2 СН РК EN 1991-1-4).

Основное значение базовой скорости ветра в районе строительства $v_{b,0} = 23$ м/с.

Местность попадает под условия Пункта 4.3.3(2) СН РК EN 1991-1-4, те влиянием орографии и близлежащих зданий допускается пренебречь

5.2.1.7 Температурные воздействия учесть в виде равномерной составляющей при перепаде температуры $\Delta T = 20$ градусов.

5.2.1.8 Требуется определить нагрузки и воздействия для расчета бункера с учетом «обычного» критического предельного состояния («Ordinary» ULS, см. [Таблицу A.2]).

5.2.1.9 Неравномерностью осадок опор допускается пренебречь.

5.2.2 Решение

5.2.2.1 Определяем геометрические параметры бункера, используя информацию, приведенную в [Разделе 1] и на Рисунке 5.2.1.

а) Характеристическое значение внутреннего габаритного размера поперечного сечения бункера

$$d_c = 2 \times r = 2 \times 1,8 = 3,6 \text{ м.}$$

в) Высота воронки, измеренная от вершины воронки

$$h_h = r / \operatorname{tg}(\beta) = 1,8 / \operatorname{tg}(20^\circ) = 4,95 \text{ м.}$$

г) Высоту насыпного конуса сыпучего материала будем искать по формуле

$$h_{\text{тр}} = r \times \text{tg}(\phi_r).$$

Поскольку класс бункера пока не определен, предварительно принимаем ϕ_r по [4.2.3], то есть — по [Таблице Е.1]: $\phi_r = 36^\circ$.

ПРИМЕЧАНИЕ Если бункер будет отнесен к 3 типу, то необходимо будет определить ϕ_r путем испытаний хранимого материала (см. [4.2.2(3)]).

Итак, предварительно получаем

$$h_{\text{тр}} = 1,8 \times \text{tg}(36^\circ) = 1,31 \text{ м.}$$

д) Расстояние между эквивалентной поверхностью сыпучего материала и основанием насыпного конуса

$$h_o = \frac{r}{3} \times \text{tg}(\phi_r) = \frac{1,8}{3} \times \text{tg}(36^\circ) = 0,44 \text{ м.}$$

е) Высота вертикального ствола бункера до эквивалентной поверхности

$$h_c = h_{\text{wc}} - h_{\text{тр}} + h_o = 10 - 1,31 + 0,44 = 9,13 \text{ м.}$$

ж) Общая высота бункера от вершины воронки до эквивалентной поверхности

$$h_b = h_h + h_c = 4,95 + 9,13 = 14,07 \text{ м.}$$

и) Площадь поперечного сечения вертикального ствола

$$A = \pi \times \frac{d_c^2}{4} = \pi \times \frac{3,6^2}{4} = 10,18 \text{ м}^2.$$

к) Внутренний периметр поперечного сечения вертикального ствола бункера

$$U = \pi \times d_c = \pi \times 3,6 = 11,31 \text{ м.}$$

5.2.2.2 Проверяем ограничения, указанные в [1.1.2 (3)]:

а) $h_b = 14,07 \text{ м} < 100 \text{ м}$; выполняется;

б) $d_c = 3,6 \text{ м} < 60 \text{ м}$; выполняется;

в) $h_b/d_c = 14,07 / 3,6 = 3,91 < 10$ выполняется.

5.2.2.3 Определяем тип бункера.

а) Согласно схеме, приведенной на Рисунке 1, для данного случая (воронка – коническая), используем соотношение $\frac{h_c}{d_c} = \frac{9,13}{3,6} = 2,52$.

Следовательно (см. Рисунок 1), бункер по гибкости относится к типу «гибкий».

б) Учитывая, что $d_c/t = 3600 / 8 = 450 > 200$ (см. [1.5.44] и [5.2.1.4(1)]), считаем бункер «тонкостенным».

5.2.2.4 Определяем класс требований.

а) Вычисляем массу сыпучего материала при полном заполнении бункера:

– находим максимальный объем хранимого материала (до вершины воронки)

$$V_f = A \times \left(h_c - h_o + \frac{1}{3} \times (h_h + h_{\text{тр}}) \right) = 10,18 \times \left(9,13 - 0,44 + \frac{4,95 + 1,31}{3} \right) = 109,7 \text{ м}^3;$$

- вес хранимого материала определим по формуле

$$G_f = \gamma_u \times V_f.$$

Поскольку класс бункера пока не определен, предварительно принимаем γ_u по [4.2.3], то есть — по [Таблице Е.1]: $\gamma_u = 16 \text{ кН/м}^3$.

ПРИМЕЧАНИЕ Если бункер будет отнесен к 3 типу, то необходимо будет определить γ_u путем испытаний хранимого материала (см. [4.2.2(3)]).

Получаем $G_f = 16 \times 109,7 = 1755,1 \text{ кН}$.

- масса хранимого материала $M_f = G_f / g = 1755,1 / 9,81 = 178,9 \text{ т}$.

б) По [Таблице 2.1] принимаем класс требований 2.

5.2.2.5 Характеристики сыпучего материала для класса требований 2, согласно [4.2.2] и [4.2.3], допускается определять по [Таблице Е.1].

а) Принятые характеристики сыпучего материала приведены ниже:

- удельный вес материала:
 - нижнее характеристическое значение $\gamma_l = 13,0 \text{ кН/м}^3$;
 - верхнее характеристическое значение $\gamma_u = 16,0 \text{ кН/м}^3$;
- угол откоса $\phi_T = 36^\circ$;
- угол внутреннего трения ϕ_i :
 - среднее значение $\phi_{im} = 30^\circ$;
 - коэффициент пересчета $a_\phi = 1,22$;
- коэффициент горизонтальной нагрузки K :
 - среднее значение $K_m = 0,54$;
 - коэффициент пересчета $a_K = 1,2$;
- коэффициент трения о стенки μ при категории стены D2:
 - среднее значение $\mu_m = 0,46$;
 - коэффициент пересчета $a_\mu = 1,07$;
- коэффициент для местной нагрузки $C_{op} = 0,5$.

б) вычисляем недостающие характеристические значения по [Формулам (4.1) – (4.6)]:

- верхнее характеристическое значение $K = K_m \times a_K = 0,54 \times 1,2 = 0,65$;
- нижнее характеристическое значение $K = K_m / a_K = 0,54 / 1,2 = 0,45$;
- верхнее характеристическое значение $\mu = \mu_m \times a_\mu = 0,46 \times 1,07 = 0,49$;
- нижнее характеристическое значение $\mu = \mu_m / a_\mu = 0,46 / 1,07 = 0,43$;
- верхнее характеристическое значение $\phi_l = \phi_{im} \times a_\phi = 30^\circ \times 1,22 = 36,60^\circ$;
- нижнее характеристическое значение $\phi_l = \phi_{im} / a_\phi = 30^\circ / 1,22 = 24,59^\circ$.

в) составляем комбинации характеристик сыпучего материала в соответствии с [Подразделом 3.2]:

– применяя информацию из [Таблицы 3.1], получаем следующие значения:

№ комбинации	Достижимый вариант нагружения	Применяемое характеристическое значение		
		Коэффициент трения о стенки μ	Коэффициент горизонтальной нагрузки K	Угол внутреннего трения ϕ
1	Максимальное нормальное давление на вертикальную стену (p_{hf} или p_{he})	0,43	0,65	24,59
2	Максимальная нагрузка за счет трения на вертикальную стену (p_{wf} или p_{we})	0,49	0,65	24,59
3	Максимальная вертикальная нагрузка на воронку (p_{vf})	0,43	0,45	36,60
4	Максимальные давления на воронку при заполнении (p_{nf} и p_{tf})	0,43	0,45	24,59
5	Максимальные давления на воронку при разгрузке (p_{ne} и p_{te})	0,43	0,65	36,60

– удельный вес материала для всех вычислений принимаем как верхнее характеристическое значение (см. [Примечание к Таблице Е.1]).

5.2.2.6 Определяем параметры течения сыпучего материала.

а) Для нижнего характеристического значения коэффициента трения в воронке $\mu_h = 0,43$ и для конической воронки, имеющей угол $\beta = 20^\circ$, согласно [Рисунку 4.1а] (см. также [Рисунок F.1]) находим, что в данном случае возможно образование массового потока при разгрузке.

б) Заполнение, согласно исходным данным – симметричное; разгрузка – симметричная, однако, в соответствии с положениями [Подраздела 3.3], при симметричном массовом потоке следует учесть возможность образования несимметричных давлений.

5.2.2.7 Нагрузки от сыпучего материала на стены бункера

а) ЗАПОЛНЕНИЕ.

1) Симметричные нагрузки.

– вычисляем характеристическое значение глубины по теории Янссена:

Обозначение	Формула	Комбинация		
		1	2	3
z_o	$z_o = \frac{1}{K \times \mu} \times \frac{A}{U}$	3,23	2,82	4,65

– подсчитываем асимптотическое горизонтальное давление на большой глубине:

Обозначение	Формула	Комбинация		
		1	2	3
p_{ho}	$p_{ho} = \gamma \times K \times z_o$	33,50	29,26	33,50

– функция изменения давления в зависимости от глубины приведена ниже:

Обозначение	Формула	Глубина z , м	Комбинация		
			1	2	3
Y_j	$Y_j(z) = 1 - e^{-z/z_o}$	0,00	0,00	0,00	0,00
		0,61	0,17	0,19	0,12
		1,22	0,31	0,35	0,23
		1,83	0,43	0,48	0,32
		2,43	0,53	0,58	0,41
		3,04	0,61	0,66	0,48
		3,65	0,68	0,73	0,54
		4,26	0,73	0,78	0,60
		4,87	0,78	0,82	0,65
		5,48	0,82	0,86	0,69
		6,09	0,85	0,88	0,73
		6,69	0,87	0,91	0,76
		7,30	0,90	0,92	0,79
		7,91	0,91	0,94	0,82
		8,52	0,93	0,95	0,84
		9,13	0,94	0,96	0,86

ПРИМЕЧАНИЕ Здесь и далее шаг разбивки по высоте (глубине) принимает расчетчик, например, в зависимости от шага разбиения конструкции на конечные элементы.

– рассчитываем горизонтальное давление:

Обозначение	Формула	Глубина z , м	Комбинация		
			1	2	3
p_{hf}	$p_{hf}(z) = p_{ho} \times Y_j(z)$	0,00	0,00	0,00	0,00
		0,61	5,75	5,68	4,11
		1,22	10,51	10,25	7,71
		1,83	14,46	13,94	10,87
		2,43	17,73	16,91	13,65
		3,04	20,44	19,30	16,08
		3,65	22,68	21,23	18,22
		4,26	24,53	22,79	20,09
		4,87	26,07	24,05	21,73
		5,48	27,35	25,06	23,18
		6,09	28,40	25,87	24,44
		6,69	29,28	26,53	25,55
		7,30	30,00	27,06	26,52
		7,91	30,60	27,48	27,38
		8,52	31,10	27,83	28,13
		9,13	31,51	28,10	28,79

Эпюра распределения горизонтального давления на стены бункера показана на Рисунке 5.2.2. Этот же рисунок можно использовать для получения промежуточных значений.

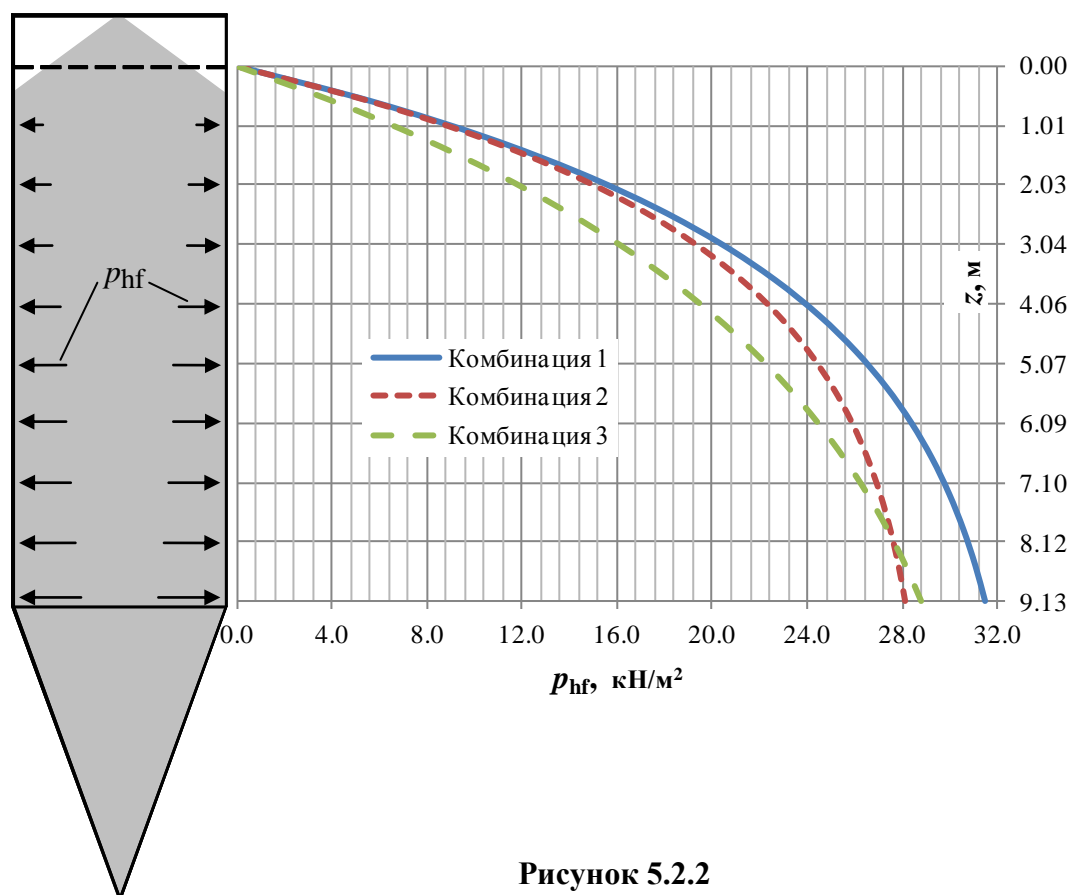


Рисунок 5.2.2

– нагрузка за счет трения о стенки приведена ниже:

Обозначение	Формула	Глубина z , м	Комбинация		
			1	2	3
p_{wf}	$p_{wf}(z) = \mu \times p_{ho} \times Y_j(z)$	0,00	0,00	0,00	0,00
		0,61	2,47	2,79	1,77
		1,22	4,52	5,04	3,31
		1,83	6,22	6,86	4,67
		2,43	7,62	8,32	5,87
		3,04	8,79	9,50	6,91
		3,65	9,75	10,45	7,83
		4,26	10,55	11,22	8,64
		4,87	11,21	11,83	9,34
		5,48	11,76	12,33	9,96
		6,09	12,21	12,73	10,51
		6,69	12,59	13,06	10,98
		7,30	12,90	13,32	11,40
		7,91	13,16	13,53	11,77
		8,52	13,37	13,70	12,09
		9,13	13,55	13,83	12,38

Эпюра показана на Рисунке 5.2.3.

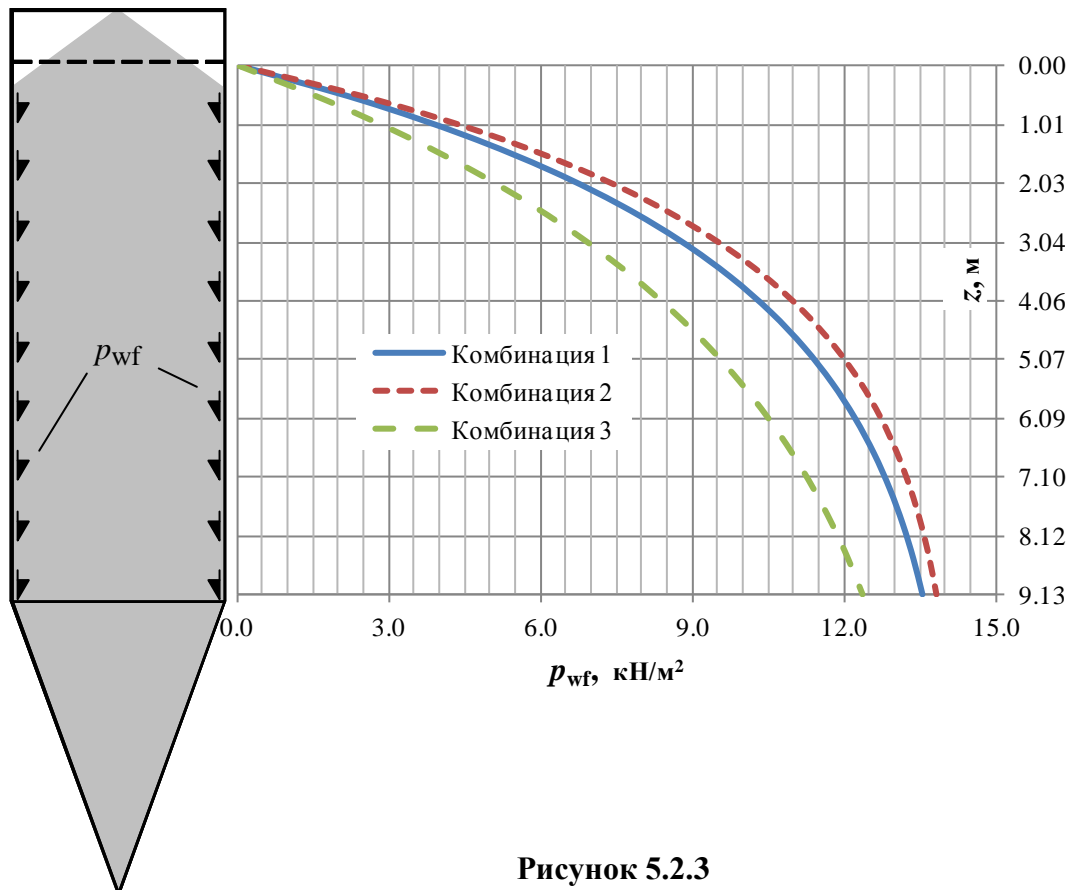


Рисунок 5.2.3

– вычисляем вертикальное давление:

Обозначение	Формула	Глубина z , м	Комбинация		
			1	2	3
p_{vf}	$p_{vf} = \frac{p_{ho}}{K} \times Y_j(z)$	0,00	0,00	0,00	0,00
		0,61	8,87	8,76	9,13
		1,22	16,23	15,82	17,13
		1,83	22,31	21,51	24,16
		2,43	27,36	26,09	30,32
		3,04	31,54	29,79	35,73
		3,65	35,00	32,77	40,48
		4,26	37,86	35,17	44,64
		4,87	40,24	37,11	48,30
		5,48	42,20	38,67	51,50
		6,09	43,83	39,92	54,31
		6,69	45,18	40,94	56,78
		7,30	46,30	41,75	58,94
		7,91	47,22	42,41	60,84
		8,52	47,99	42,94	62,51
		9,13	48,63	43,37	63,97

Эпюра показана на Рисунке 5.2.4.

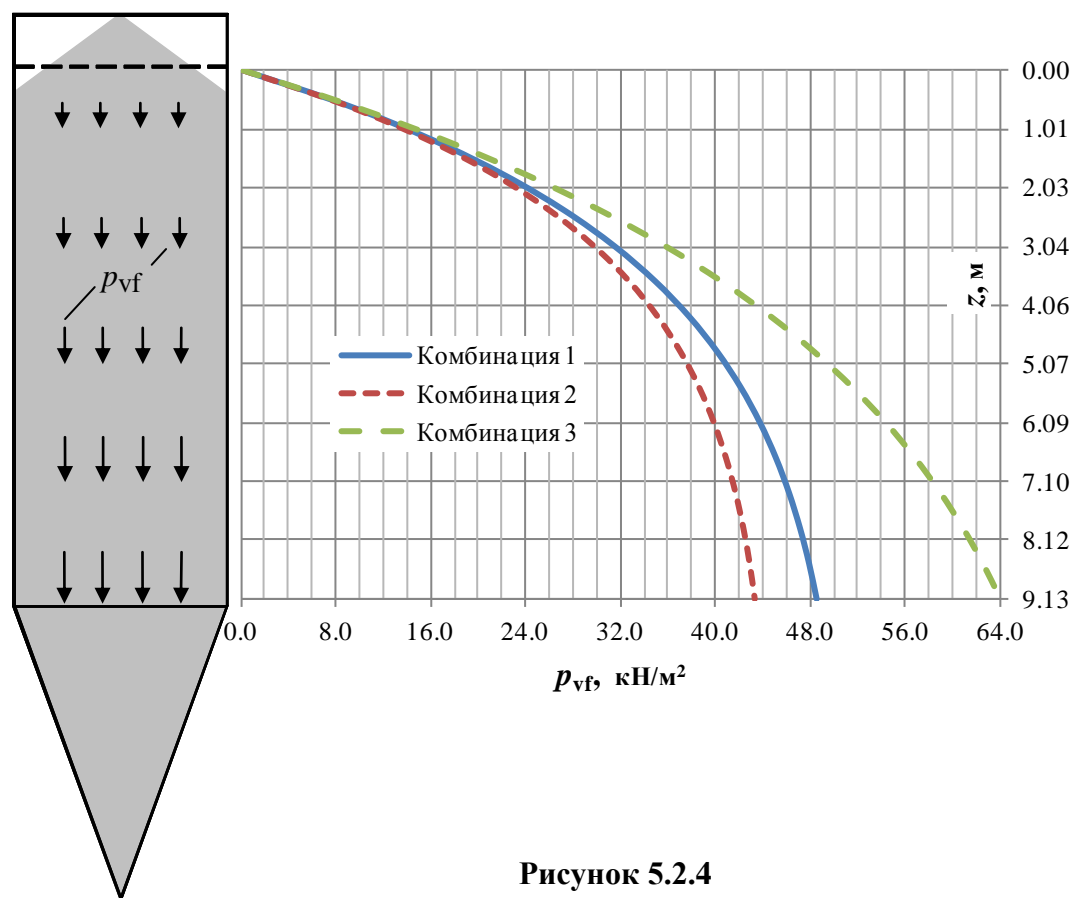


Рисунок 5.2.4

2) Местные нагрузки.

– для тонкостенного круглого сварного бункера класса требований 2, согласно[5.2.1.4(3)], местную нагрузку принимаем приложенной на глубине z_p , являющейся меньшим значением из z_o и $0,5 \times h_c$ (см. таблицу в Подпункте 5.2.2.7-а)-1) настоящего Примера и Рисунок 5.2.5):

Обозначение	Формула	Комбинация		
		1	2	3
z_p	Минимум из z_o и $0,5 \times h_c = 4,56\text{м}$	3,23	2,82	4,56

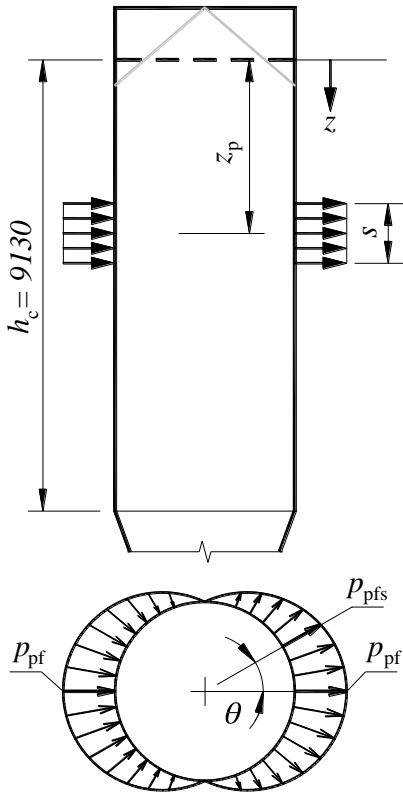


Рисунок 5.2.5

– определяем максимальный эксцентриситет насыпного конуса, возникающего на поверхности сыпучего материала при заполнении (см. [Рисунок 1.1b]):

согласно исходным данным

$e_f = 0;$

– вычисляем параметр $E = 2 \times e_f / d_c = 0;$

– находим коэффициент увеличения для местной нагрузки при заполнении, используя [Формулу (5.9)]:

$$C_{pf} = 0,21 \times C_{op} \times (1 + 2 \times E^2) \times (1 - e^{(-1,5 \times ((h_c / d_c) - 1))}) =$$

$$= 0,21 \times 0,5 \times (1 + 0) \times (1 - e^{(-1,5 \times ((9,13 / 3,6) - 1))}) = 0,095;$$

здесь $C_{op} = 0,5$ — коэффициент сыпучего материала для местной нагрузки (см. пункт 5.2.2.5 настоящего Примера);

– вычисляем значение горизонтального давления (см. пункт 5.2.2.7-а)-1) настоящего Примера) на глубине, где прикладывается местная нагрузка:

Обозначение	Формула	Комбинация		
		1	2	3
p_{hf}	см. пункт 5.2.2.7-а)-1)	21,17	18,49	20,94

– определяем базисное значение амплитуды местного давления для заполнения:

Обозначение	Формула	Комбинация		
		1	2	3
p_{pf}	$p_{pf} = C_{pf} \times p_{hf}$	2,00	1,75	1,98

– высоту приложения местного давления получаем по [Формуле (5.12)]:

$$s = \pi \times d_c / 16 = 3,1416 \times 3,6 / 16 = 0,71 \text{ м};$$

– распределение (изменение) давления вдоль окружности сечения ствола бункера:

Обозначение	Формула	Угол отсчета θ , градус	Комбинация		
			1	2	3
p_{pfs}	$p_{pfs} = p_{pf} \times \cos(\theta)$ ПРИМЕЧАНИЕ Значения для угла θ от 180° до 360° принять зеркально приведенным в данной таблице.	0	2,00	1,75	1,98
		10	1,97	1,72	1,95
		20	1,88	1,64	1,86
		30	1,73	1,51	1,71
		40	1,53	1,34	1,52
		50	1,29	1,12	1,27
		60	1,00	0,87	0,99
		70	0,68	0,60	0,68
		80	0,35	0,30	0,34
		90	0,00	0,00	0,00
		100	-0,35	-0,30	-0,34
		110	-0,68	-0,60	-0,68
		120	-1,00	-0,87	-0,99
		130	-1,29	-1,12	-1,27
		140	-1,53	-1,34	-1,52
		150	-1,73	-1,51	-1,71
		160	-1,88	-1,64	-1,86
		170	-1,97	-1,72	-1,95
		180	-2,00	-1,75	-1,98

В графическом виде распределение местного давления показано на Рисунке 5.2.6.

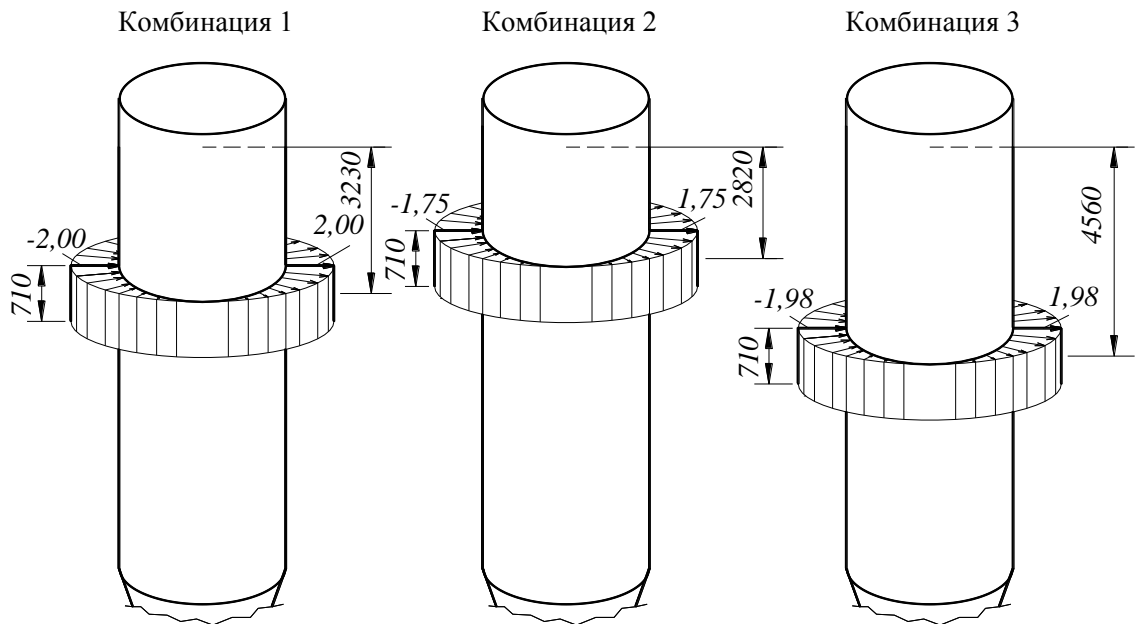


Рисунок 5.2.6

б) РАЗГРУЗКА.

1) Симметричные нагрузки

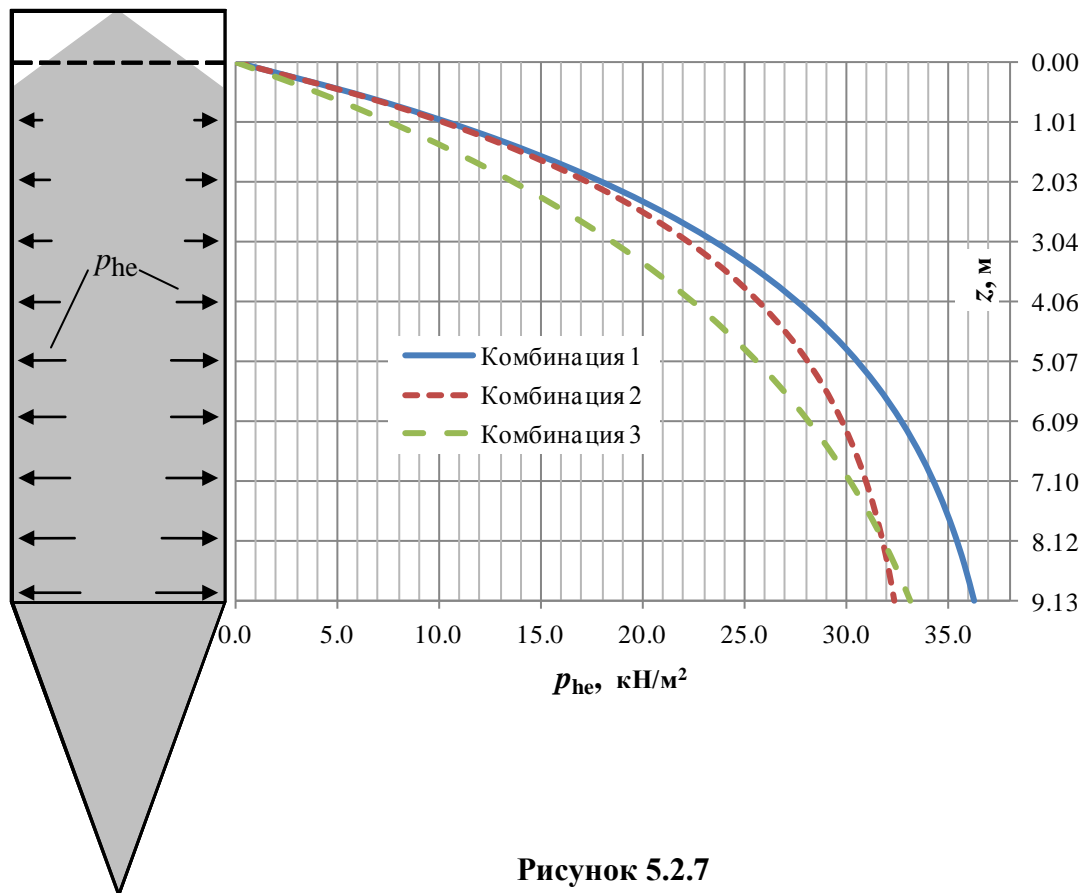
– для гибких бункеров класса требований 2, согласно [5.2.2.1(4)], коэффициенты разгрузки равны:

- для горизонтального давления $C_h = C_o = 1,15$;
- для нагрузок за счет трения о стенки $C_w = 1,1$;

– вычисляем горизонтальное давление:

Обозначение	Формула	Глубина z, м	Комбинация		
			1	2	3
p_{he}	$p_{he} = C_h \times p_{hf}$, где p_{hf} – см. пункт 5.2.2.7-а)-1) настоящего Примера	0,00	0,00	0,00	0,00
		0,61	6,61	6,53	4,72
		1,22	12,09	11,79	8,87
		1,83	16,63	16,03	12,50
		2,43	20,39	19,45	15,69
		3,04	23,50	22,20	18,49
		3,65	26,08	24,42	20,95
		4,26	28,21	26,21	23,10
		4,87	29,98	27,65	24,99
		5,48	31,45	28,81	26,65
		6,09	32,66	29,75	28,11
		6,69	33,67	30,51	29,38
		7,30	34,50	31,12	30,50
		7,91	35,19	31,61	31,49
		8,52	35,76	32,00	32,35
		9,13	36,24	32,32	33,11

Эпюра показана на Рисунке 5.2.7.



– определяем нагрузку за счет трения о стенки:

Обозначение	Формула	Глубина z , м	Комбинация		
			1	2	3
p_{we}	$p_{we} = C_w \times p_{wf}$, где p_{wf} – см. пункт 5.2.2.7-а)-1) настоящего Примера	0,00	0,00	0,00	0,00
		0,61	2,72	3,07	1,94
		1,22	4,97	5,55	3,65
		1,83	6,84	7,55	5,14
		2,43	8,38	9,15	6,45
		3,04	9,66	10,45	7,60
		3,65	10,72	11,50	8,61
		4,26	11,60	12,34	9,50
		4,87	12,33	13,02	10,28
		5,48	12,93	13,57	10,96
		6,09	13,43	14,01	11,56
		6,69	13,85	14,36	12,08
		7,30	14,19	14,65	12,54
		7,91	14,47	14,88	12,95
		8,52	14,71	15,07	13,30
		9,13	14,90	15,22	13,61

Эпюра показана на Рисунке 5.2.8.

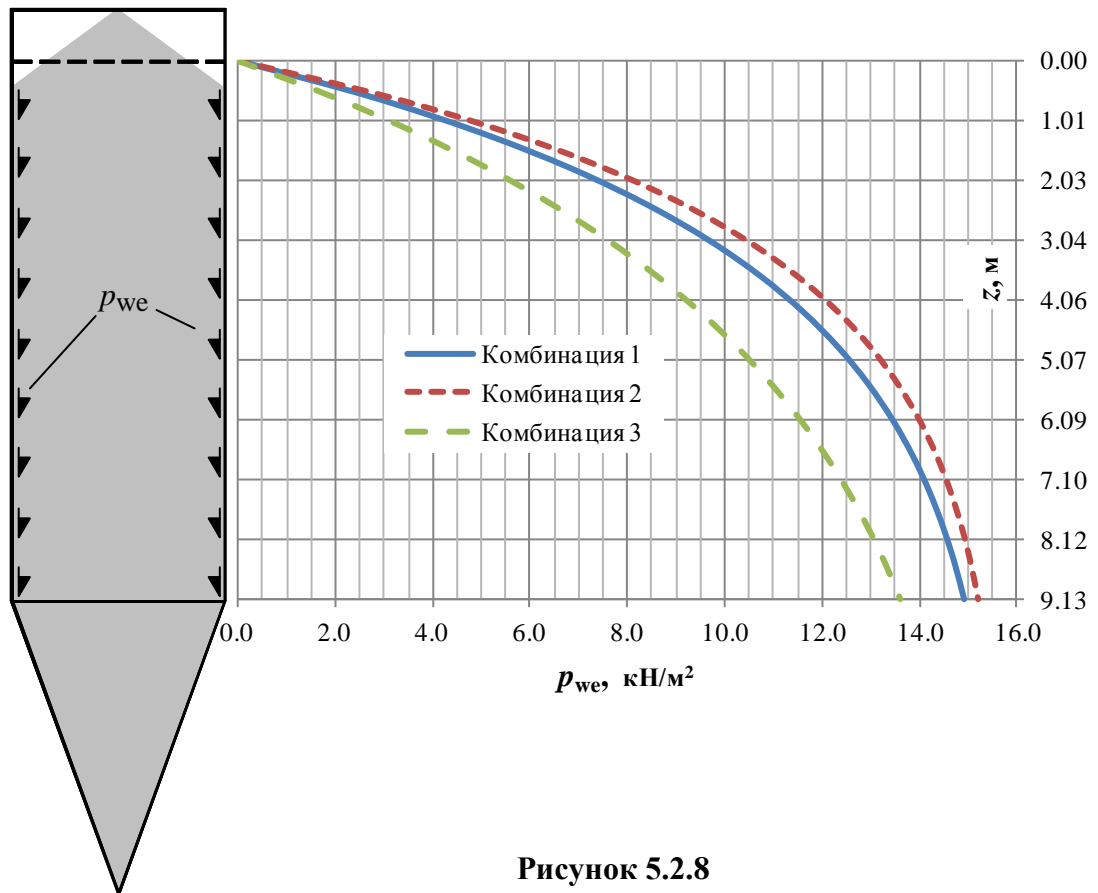


Рисунок 5.2.8

2) Местные нагрузки.

– проверяем условия [Пункта 5.2.2.2(4)]:

$$- e_o = 0 < e_{o,cr} = 0,25 \times d_c = 0,9;$$

$$- e_f = 0 < e_{f,cr} = 0,25 \times d_c = 0,9 \text{ при } h_c / d_c = 2,54 < 4,0.$$

Условия не выполняются, значит процедура [5.2.4] не требуется.

– для тонкостенного круглого сварного бункера класса требований 2, согласно [5.2.2.4(3)], местную нагрузку принимаем приложенной на глубине z_p , являющейся меньшим значением из z_o и $0,5 \times h_c$ (см. таблицу в Подпункте 5.2.2.7-а)-1) настоящего Примера и Рисунок 5.2.9):

Обозначение	Формула	Комбинация		
		1	2	3
z_p	Минимум из z_o и $0,5 \times h_c = 4,56 \text{ м}$	3,23	2,82	4,56

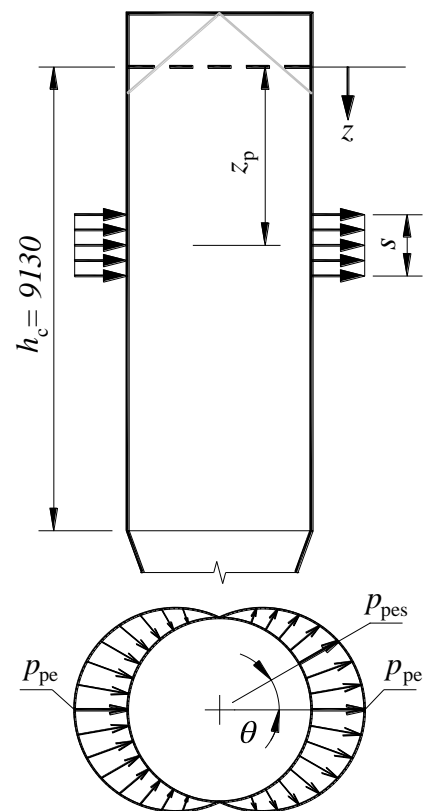


Рисунок 5.2.9

– определяем расчетный эксцентриситет, как максимальный из эксцентриситетов e_f и e_o :

$$e = \max(e_f, e_o) = 0;$$

– вычисляем параметр $E = 2e/d_c = 0$;

– находим коэффициент увеличения для местной нагрузки при разгрузке, используя [Формулу (5.28)], так как $h_c/d_c = 2,54 > 1,2$:

$$\begin{aligned} C_{pe} &= 0,42 \times C_{op} \times (1 + 2 \times E^2) \times (1 - e^{(-1,5 \times ((h_c/d_c) - 1))}) = \\ &= 0,42 \times 0,5 \times (1 + 0) \times (1 - e^{(-1,5 \times ((9,13 / 3,6) - 1))}) = 0,19; \end{aligned}$$

здесь $C_{op} = 0,5$ — коэффициент сыпучего материала для местной нагрузки (см. пункт 5.2.2.5 настоящего Примера);

– вычисляем значение горизонтального давления (см. пункт 5.2.2.7-б)-1) настоящего Примера) на глубине, где прикладывается местная нагрузка

Обозначение	Формула	Комбинация		
		1	2	3
p_{he}	см. пункт 5.2.2.7-б)-1)	24,35	21,27	24,08

– определяем базисное значение амплитуды местного давления для разгрузки

Обозначение	Формула	Комбинация		
		1	2	3
p_{pe}	$p_{pe} = C_{pe} \times p_{he}$	4,60	4,02	4,55

– высоту приложения местного давления получаем по [Формуле (5.12)]:

$$s = \pi \times d_c / 16 = 3,1416 \times 3,6 / 16 = 0,71 \text{ м};$$

– распределение (изменение) давления вдоль окружности сечения ствола бункера:

Обозначение	Формула	Угол отсчета θ , градус	Комбинация		
			1	2	3
p_{pes}	$p_{pes} = p_{pe} \times \cos(\theta)$ ПРИМЕЧАНИЕ Значения для угла θ от 180° до 360° принять зеркально приведенным в данной таблице.	0	4,60	4,02	4,55
		20	4,32	3,78	4,28
		30	3,99	3,48	3,94
		50	2,96	2,58	2,93
		60	2,30	2,01	2,28
		80	0,80	0,70	0,79
		90	0,00	0,00	0,00
		100	-0,80	-0,70	-0,79
		110	-1,57	-1,37	-1,56
		120	-2,30	-2,01	-2,28
		130	-2,96	-2,58	-2,93
		150	-3,99	-3,48	-3,94
		160	-4,32	-3,78	-4,28
		180	-4,60	-4,02	-4,55

В графическом виде распределение местного давления показано на Рисунке 5.2.10.

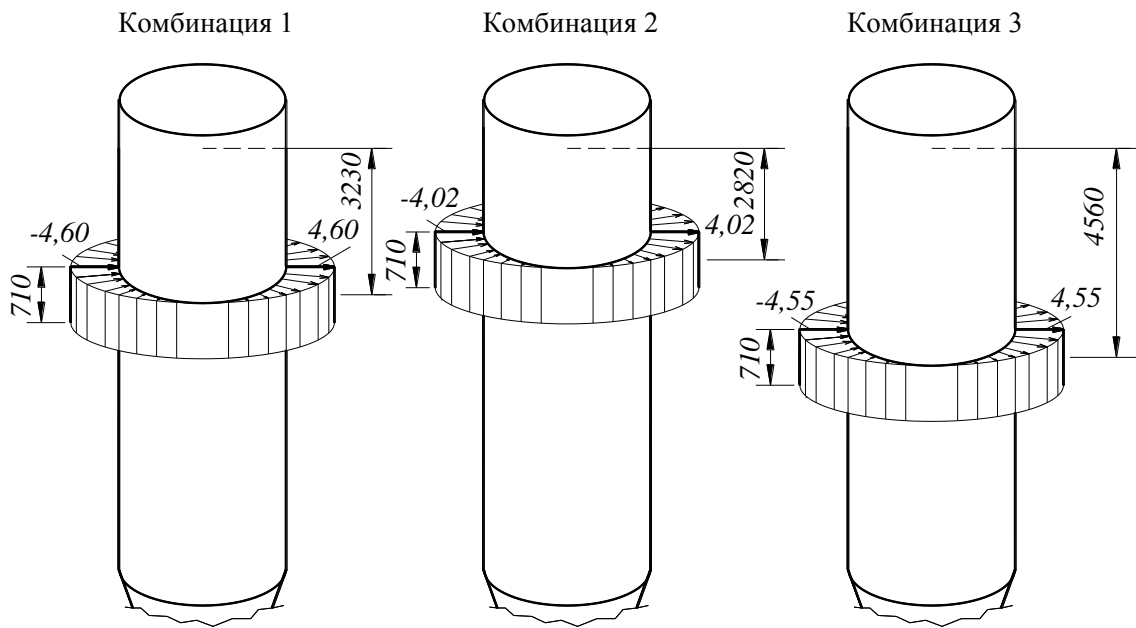


Рисунок 5.2.10

5.2.2.8 Нагрузки от сыпучего материала на воронку

а) ОБЩИЕ ПАРАМЕТРЫ ДЛЯ ЗАПОЛНЕНИЯ И РАЗГРУЗКИ

1) Определяем **тип воронки** по положениям [Пункта 6.1.1(2)Р].

Принимаем

- нижнее характеристическое значение $K = 0,45$;
- нижнее характеристическое значение $\mu_h = 0,43$;

Так как $\text{tg}(\beta) = \text{tg}(20^\circ) = 0,36 < \frac{1-K}{2 \times \mu_h} = \frac{1-0,45}{2 \times 0,43} = 0,64$, то воронка имеет тип «крутая».

2) Находим коэффициент эффективного трения для крутой воронки (см. [Формулу 6.16]):

$$\mu_{\text{heff}} = \mu_h = 0,43.$$

3) Определяем коэффициент увеличения нагрузки на днище. Для условий настоящего примера (гибкий тонкостенный бункер класса требований 2 с крутой воронкой, при отсутствии условий, указанных в [Пункте 6.1.2(5)]), принимаем

$$C_b = 1,0.$$

4) Вычисляем вертикальное давление на переходе между вертикальными стенами и воронкой по [Формуле 6.2]:

$$p_{\text{vft}} = C_b \times p_{\text{vf}},$$

где $p_{\text{vf}} = 63,97 \text{ кН/м}^2$ — вертикальное давление заполнения, вычисленное в пункте

5.2.2.8-а)-1) настоящего примера при глубине z , равной высоте вертикальной стены h_c .

Подставляя необходимые значения, получаем: $p_{vft} = 1,0 \times 63,97 = 63,97 \text{ кН/м}^2$.

ЗАПОЛНЕНИЕ. Определяем нагрузки на воронку при заполнении в соответствии с требованиями [Раздела 6].

1) находим требуемые параметры:

- эмпирический коэффициент $b = 0,2$;
- коэффициент формы для конических воронок $S = 2$;
- характеристическое значение отношения давления в воронке

$$F_f = 1 - \frac{b}{\left(1 + \frac{\text{tg}(\beta)}{\mu_h}\right)} = 1 - \frac{0,2}{\left(1 + \frac{0,36}{0,43}\right)} = 0,89;$$

- параметр $n = S \times (1 - b) \times \mu_h \times \text{ctg}(\beta) = 2 \times (1 - 0,2) \times 0,43 \times 2,74 = 1,89$;

2) рассчитываем среднее вертикальное напряжение в материале на высоте x над вершиной воронки:

Обозначение	Формула	Высота x , м	Комбинация
			4
p_v	$p_v = \left(\frac{\gamma \times h_h}{n - 1}\right) \times \left\{ \left(\frac{x}{h_h}\right) - \left(\frac{x}{h_h}\right)^n \right\} + p_{vft} \times \left(\frac{x}{h_h}\right)^n,$ <p>где x — вертикальная координата, отсчитываемая от вершины воронки; p_{vft} — см. пункт 5.2.2.8-а)-4) настоящего Примера</p>	4,95	63,97
		4,45	59,58
		3,96	54,77
		3,46	49,53
		2,97	43,85
		2,47	37,73
		1,98	31,15
		1,48	24,11
		0,99	16,59
		0,49	8,57
		0,00	0,00

3) находим нормальное давление p_{nf} и нагрузку за счет трения о стенки p_{tf} в произвольном месте стенки крутой воронки после заполнения:

Обозначение	Формула	Высота x , м	Комбинация	
			4	
			p_{nf}	p_{tf}
p_{nf} p_{tf}	$p_{nf} = F_f \times p_v$ $p_{tf} = \mu_h \times F_f \times p_v$	4,95	57,04	24,52
		4,45	53,13	22,84
		3,96	48,84	21,00
		3,46	44,17	18,99
		2,97	39,10	16,81
		2,47	33,64	14,46
		1,98	27,78	11,94
		1,48	21,50	9,24
		0,99	14,80	6,36
		0,49	7,64	3,29
		0,00	0,00	0,00

Эпюра распределения нормального давления на стенки воронки показана на Рисунке 5.2.11, а эпюра нагрузки за счет трения о стенки – на Рисунке 5.2.12. Эти же рисунки можно использовать для получения промежуточных значений.

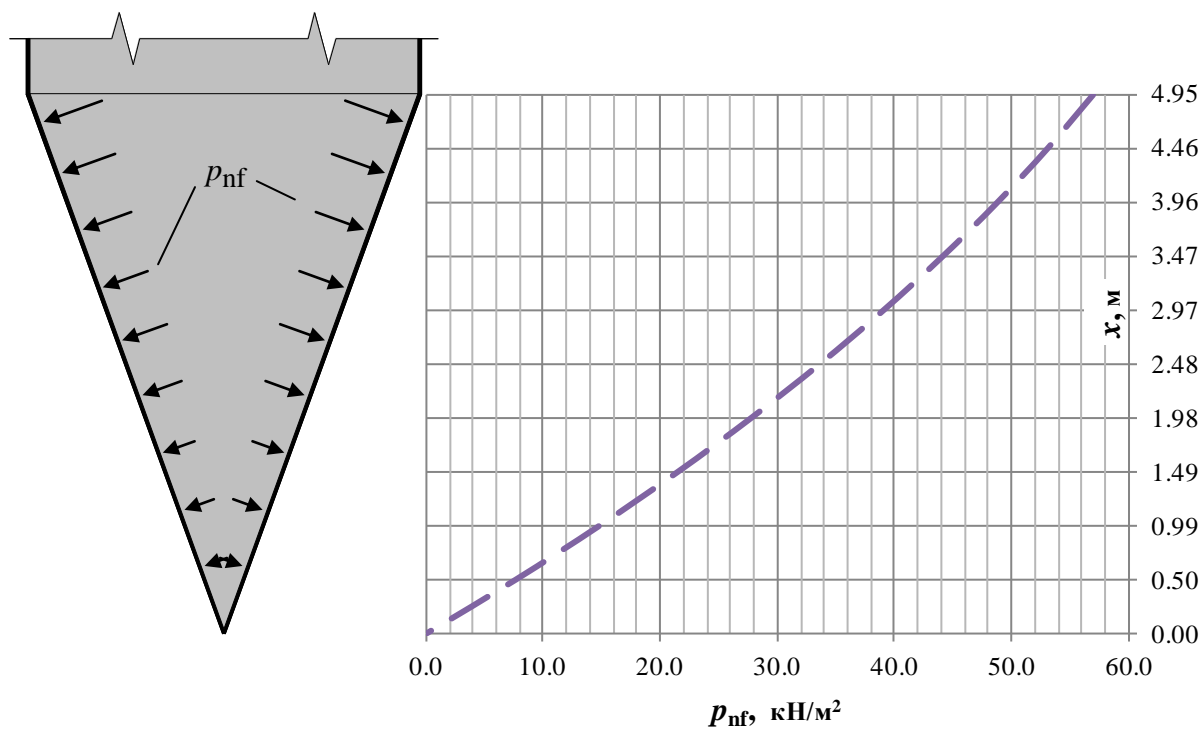


Рисунок 5.2.11

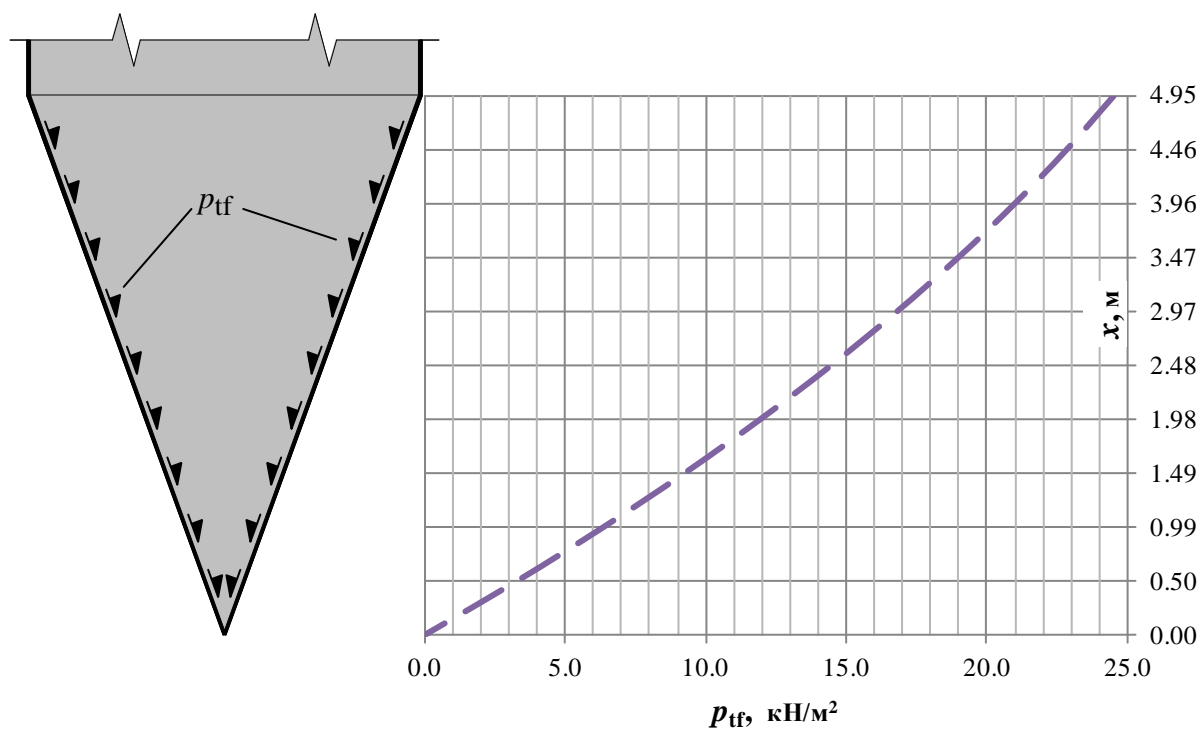


Рисунок 5.2.12

5.2.2.8 б) РАЗГРУЗКА

Определяем нагрузки на воронку при разгрузке.

1) находим требуемые параметры:

- коэффициент формы для конических воронок $S = 2$;
- угол трения о стенки в воронке

$$\phi_{wh} = \arctg(\mu_h) = 23,26 < \phi_1 = \begin{cases} 24,59 & \text{для комбинации 4} \\ 36,60 & \text{для комбинации 5} \end{cases}$$

- рассчитываем параметр ε :

Обозначение	Формула	Комбинация	
		4	5
ε	$\varepsilon = \phi_{wh} + \arcsin\left(\frac{\sin(\phi_{wh})}{\sin(\phi_1)}\right)$	1,66	1,13

- вычисляем характеристическое значение отношения давления в воронке:

Обозначение	Формула	Комбинация	
		4	5
F_e	$F_e = \frac{1 + \sin(\phi_1) \times \cos(\varepsilon)}{1 - \sin(\phi_1) \times \cos(2 \times \beta + \varepsilon)}$	0,75	1,09

- находим параметр n :

Обозначение	Формула	Комбинация	
		4	5
n	$n = S \times (F_e \times \mu_{heff} \times \operatorname{ctg}(\beta) + F_e) - 2$	1,25	2,75

- получаем среднее вертикальное напряжение:

Обозначение	Формула	Высота x , м	Комбинация	
			4	5
p_v	$p_v = \left(\frac{\gamma \times h_h}{n - 1} \right) \times \left\{ \left(\frac{x}{h_h} \right) - \left(\frac{x}{h_h} \right)^n \right\} + p_{vft} \times \left(\frac{x}{h_h} \right)^n,$ <p>где x — вертикальная координата, отсчитываемая от вершины воронки; p_{vft} — см. пункт 5.2.2.8-а)-4) настоящего Примера</p>	4,95	63,97	63,97
		4,45	63,47	54,73
		3,96	62,12	46,32
		3,46	59,83	38,68
		2,97	56,51	31,72
		2,47	52,03	25,39
		1,98	46,22	19,59
		1,48	38,83	14,24
		0,99	29,48	9,26
		0,49	17,41	4,55
		0,00	0,00	0,00

2) вычисляем нормальное давление p_{ne} и нагрузки за счет трения о стенки p_{te} в любом месте стенки крутой воронки при разгрузке:

Обозначение	Формула	Высота x , м	Комбинация			
			4		5	
			p_{ne}	p_{te}	p_{ne}	p_{te}
p_{ne} p_{te}	$p_{ne} = F_e \times p_v$ $p_{te} = \mu_h \times F_e \times p_v$	4,95	47,69	20,50	69,67	29,95
		4,45	47,31	20,34	59,60	25,62
		3,96	46,30	19,91	50,44	21,69
		3,46	44,60	19,17	42,12	18,11
		2,97	42,12	18,11	34,55	14,85
		2,47	38,78	16,67	27,65	11,89
		1,98	34,45	14,81	21,33	9,17
		1,48	28,94	12,44	15,51	6,67
		0,99	21,97	9,45	10,09	4,34
		0,49	12,98	5,58	4,96	2,13
		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Эпюра распределения нормального давления на стенки воронки показана на Рисунке 5.2.13, а эпюра нагрузки за счет трения о стенки – на Рисунке 5.2.14. Эти же рисунки можно использовать для получения промежуточных значений.

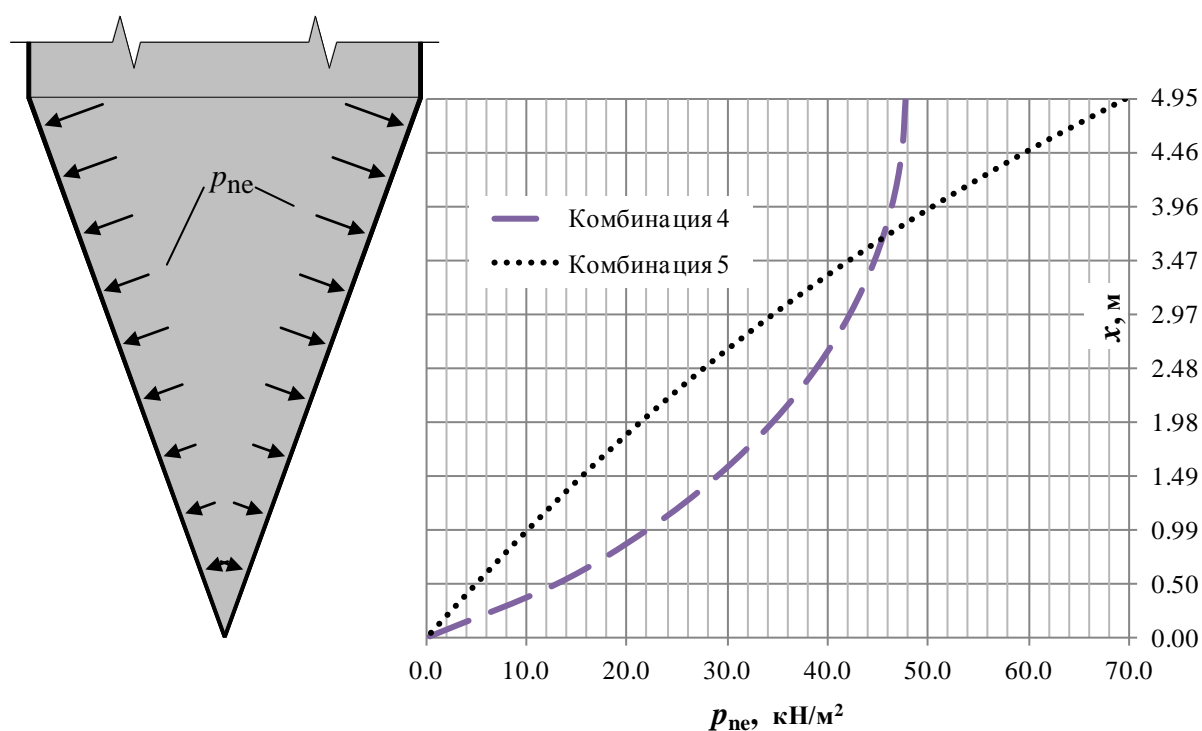


Рисунок 5.2.13

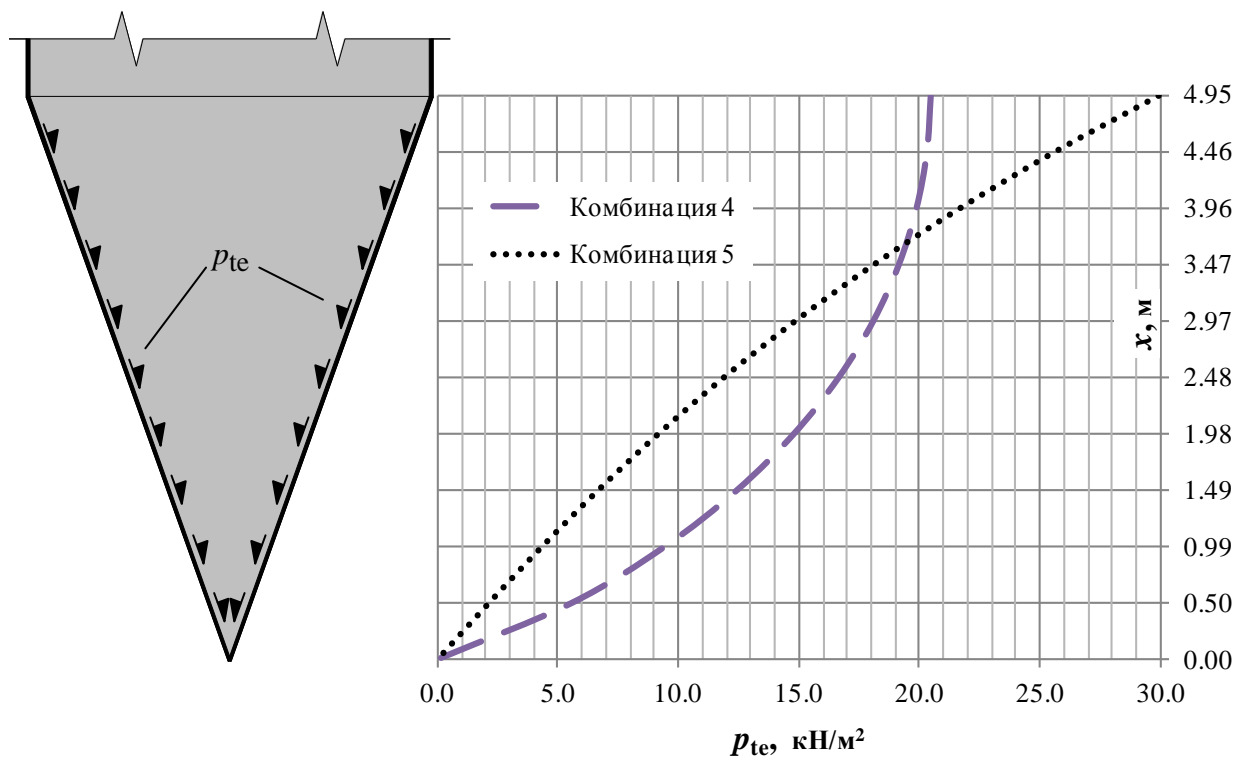


Рисунок 5.2.14

5.2.2.9 Определяем нагрузки от собственного веса конструкций.

а) Общий вес крыши

$$G_r = g_r \times A = 2,5 \times 10,18 = 25,42 \text{ кН.}$$

Равномерно распределенная по периметру нагрузка на стены от веса крыши

$$g_{r,p} = G_r / U = g_r \times r / 2 = 2,5 \times 1,8 / 2 = 2,25 \text{ кН/м.}$$

б) Нагрузка от веса цилиндрической части (ствола):

- по СН РК EN 1991-1-1 принимаем удельный вес стали $\gamma_{st} = 78,5 \text{ кН/м}^3$;
- общий вес ствола бункера

$$\begin{aligned} G_{sw} &= 2 \times \pi \times t \times \left(r + \frac{t}{2} \right) \times h_{wc} \times \gamma_{st} = \\ &= 2 \times 3,1416 \times 0,008 \times \left(1,8 + \frac{0,008}{2} \right) \times 10 \times 78,5 = 71,18 \text{ кН;} \end{aligned}$$

– вычисляем вес цилиндрической части (ствола) бункера в зависимости от глубины g_{sw} и распределенный по периметру вес цилиндрической части (ствола) бункера в зависимости от глубины $g_{sw,p}$:

Обозначение	Формула	Глубина z , м	g_{sw} , кН	$g_{sw,p}$, кН/м
g_{sw} $g_{sw,p}$	$g_{sw} = G_{sw} / h_{wc} \times (z + h_{tp} - h_o)$ $g_{sw,p} = g_{sw} / U$	0,00	6,21	0,55
		0,61	10,54	0,93
		1,22	14,87	1,31
		1,83	19,20	1,70
		2,43	23,53	2,08
		3,04	27,87	2,46
		3,65	32,20	2,85
		4,26	36,53	3,23
		4,87	40,86	3,61
		5,48	45,19	4,00
		6,09	49,52	4,38
		6,69	53,86	4,76
		7,30	58,19	5,14
		7,91	62,52	5,53
		8,52	66,85	5,91
		9,13	71,18	6,29

в) Общая (суммарная) нагрузка от собственного веса конструкций на стены бункера показана в графическом виде на Рисунке 5.2.15:

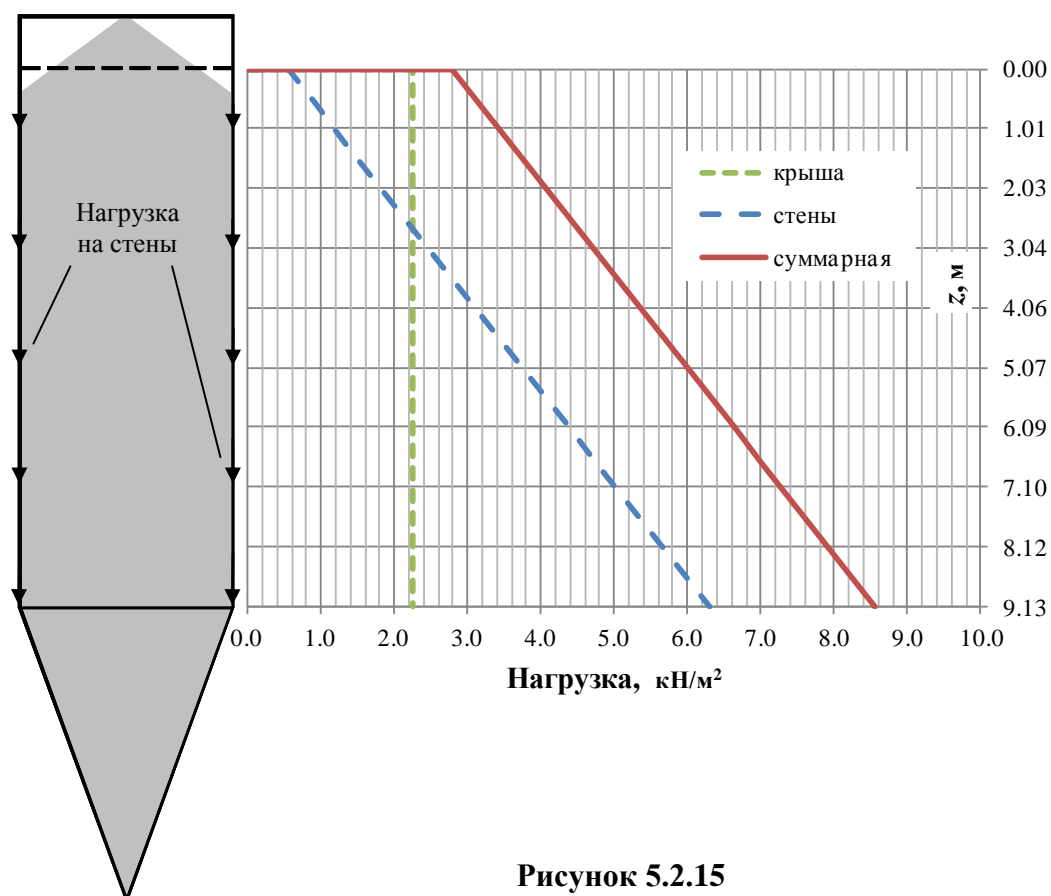


Рисунок 5.2.15

г) Нагрузка от собственного веса воронки

$$g_h = \gamma_{st} \times t = 78,5 \times 0,008 = 0,63 \text{ кН/м}^2.$$

5.2.2.10 Снеговые нагрузки

а) Определяем требуемые параметры:

– согласно Пункту 5.3.2 СН РК EN 1991-1-3 (односкатные покрытия) принимаем схему, показанную на Рисунке 5.2.16, для случаев приложения нагрузки как без снеговых наносов, так и со снеговыми наносами;

– по Таблице 5.2 СН РК EN 1991-1-3, для угла наклона ската $0^\circ \leq \alpha \leq 30^\circ$ находим коэффициент формы снеговой нагрузки $\mu_1 = 0,8$;

– в соответствии с Пунктом 5.2(7) СН РК EN 1991-1-3 по таблице 5.1 СН РК EN 1991-1-3 принимаем коэффициент окружающей среды $C_e = 1,0$;

– следуя рекомендациям Пункта 5.2(8) СН РК EN 1991-1-3, получаем температурный коэффициент $C_t = 1,0$.

б) Используя формулу (5.1) СН РК EN 1991-1-3, вычисляем нагрузку от снега на покрытие (крышу бункера):

$$s_r = \mu_1 \times C_e \times C_t \times s_k = 0,8 \times 1,0 \times 1,0 \times 1,6 = 1,28 \text{ кН/м}^2.$$

в) Равномерно распределенная по периметру нагрузка на стены от веса снега:

$$s_{r,p} = s_r \times A / U = s_r \times r / 2 = 1,28 \times 1,8 / 2 = 1,15 \text{ кН/м}.$$

5.2.2.11 Ветровые нагрузки

а) Определяем требуемые параметры, следуя указаниям, приведенным в Разделе 4 СН РК EN 1991-1-4:

– коэффициент, учитывающий направление ветра, согласно Пункту 4.2(2) СН РК EN 1991-1-4:

$$c_{dir} = 1,0;$$

– сезонный коэффициент, согласно Пункту 4.2(2) СН РК EN 1991-1-4:

$$c_{season} = 1,0;$$

– орографический коэффициент, учитывая, что местность попадает под условия Пункта 4.3.3(2) СН РК EN 1991-1-4, принимаем

$$c_o(z) = 1,0;$$

– плотность воздуха (см. Примечание 2 к Пункту 4.5(1) СН РК EN 1991-1-4):

$$\rho = 1,25 \text{ кг/м}^3;$$

б) По Таблице 4.1 СН РК EN 1991-1-4 для заданного типа местности (тип IV, см. исходные данные) имеем следующие параметры:

$$z_o = 1,0 \text{ м};$$

$$z_{o,II} = 0,05 \text{ м};$$

$$z_{min} = 10,0 \text{ м}.$$

в) Принимаем (несколько округляя)

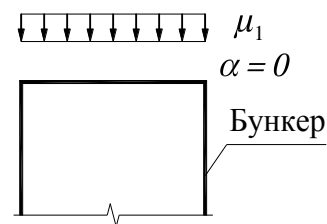


Рисунок 5.2.16

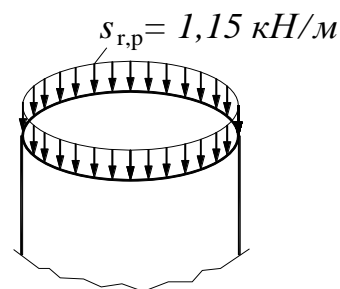


Рисунок 5.2.17

$$z_{\max} = 15,0 \text{ м.}$$

г) Базовое значение скорости ветра вычисляем по Формуле (4.1) СН РК EN 1991-1-4:

$$v_b = c_{\text{dir}} \times c_{\text{season}} \times v_{b,0} = 1,0 \times 1,0 \times 23,0 = 23,0 \text{ м/с}^2.$$

д) Коэффициент местности определяем по формуле (4.5) СН РК EN 1991-1-4:

$$k_r = 0,19 \times \left(\frac{z_0}{z_{0,\Pi}} \right)^{0,07} = 0,19 \times \left(\frac{1}{0,05} \right)^{0,07} = 0,234.$$

е) Находим коэффициент, учитывающий тип местности $c_r(z)$, и вычисляем среднюю скорость ветра $v_m(z)$ на высоте z над уровнем земли:

Обозначение	Формула	Высота z , м	$c_r(z)$	$v_m(z)$, м/с
$c_r(z)$ $v_m(z)$	$c_r(z) = k_r \times \ln\left(\frac{z}{z_0}\right)$ для $z_{\min} \leq z \leq z_{\max}$ $c_r(z) = c_r(z_{\min})$ для $z \leq z_{\min}$ $v_m(z) = c_r(z) \times c_o(z) \times v_b$	15	0,635	14,6
		14	0,618	14,2
		13	0,601	13,8
		12	0,582	13,4
		11	0,562	12,9
		от 0 до 10	0,540	12,4

ж) Коэффициент турбулентности (см. Примечание 2 к Пункту 4.4 (1) СН РК EN 1991-1-4):

$$k_I = 1,0;$$

и) Получаем интенсивность турбулентности $I_v(z)$ (см. Примечание 2 к Пункту 4.4 (1) СН РК EN 1991-1-4) и пиковое значение скоростного напора $q_p(z)$ (см. Подпункт 4.5 (1) СН РК EN 1991-1-4):

Обозначение	Формула	Высота z , м	$I_v(z)$	$q_p(z)$, кН/м ²
$I_v(z)$ $q_p(z)$	$I_v(z) = \frac{k_I}{c_o(z) \times \ln(z/z_0)}$ для $z_{\min} \leq z \leq z_{\max}$ $I_v(z) = I_v(z_{\min})$ для $z \leq z_{\min}$ $q_p(z) = (1 + 7 \times I_v(z)) \times \frac{1}{2} \times \rho \times v_m^2(z)$	15	0,369	0,477
		14	0,379	0,462
		13	0,390	0,445
		12	0,402	0,428
		11	0,417	0,409
		от 0 до 10	0,434	0,389

к) В соответствии с Пунктом 7.9.1(6) СН РК EN 1991-1-4 за базовую высоту z_e будем принимать высоту рассматриваемых сечений над поверхностью земли.

Тогда, согласно Пункту 7.9.1(1) СН РК EN 1991-1-4, найдем пиковую скорость и число Рейнольдса для каждого рассматриваемого сечения:

Обозначение	Формула	Высота z , м	$v(z_e)$, м/с	R_e
$v(z_e)$ R_e	$v(z_e) = \sqrt{\frac{2 \times q_p}{\rho}}$ $R_e = \frac{b \times v(z_e)}{v}$	15	27,6	6661700
		14	27,2	6552883
		13	26,7	6435339
		12	26,2	6307573
		11	25,6	6167670
		от 0 до 10	24,9	6013127

Принимаем (с некоторым запасом) $R_e = 6 \times 10^6$ для всех рассматриваемых сечений.

л) Интерполируя данные, приведенные на Рисунке 7.27 СН РК EN 1991-1-4, строим график коэффициента внешнего давления $c_{p,0}$ для цилиндра с бесконечной длиной.

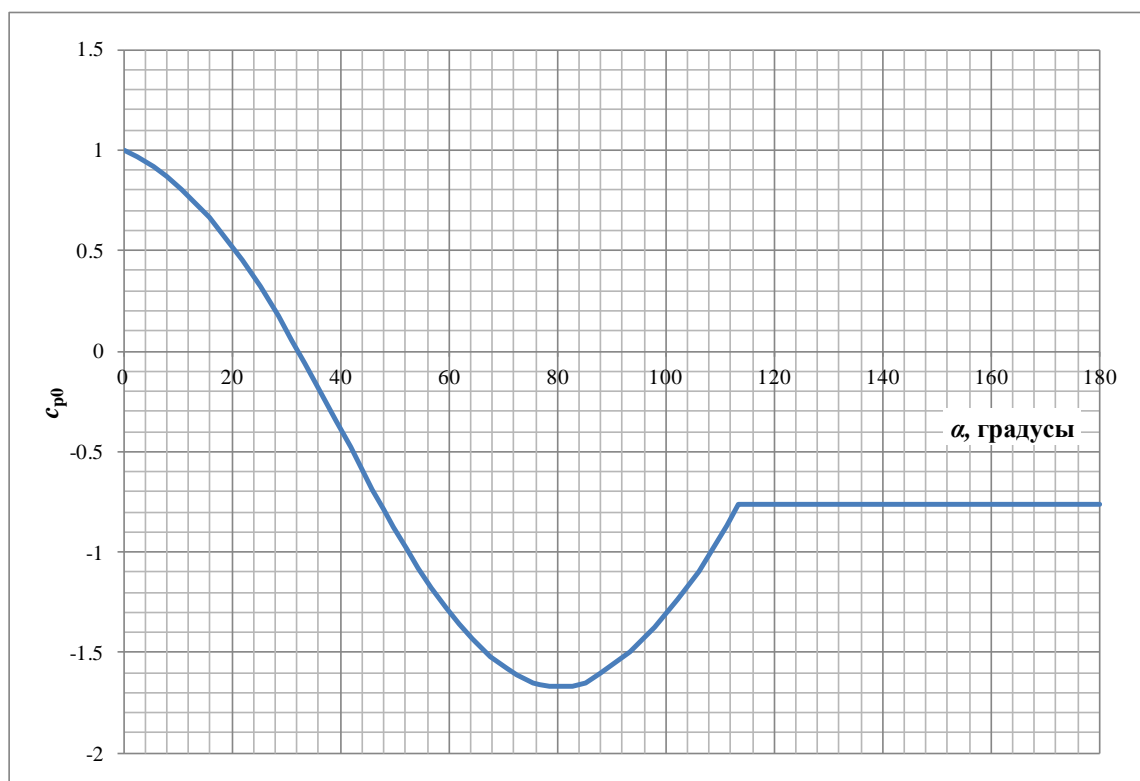


Рисунок 5.2.18

Численные значения коэффициента внешнего давления $c_{p,0}$ для некоторых углов α см. ниже, в подпункте р).

м) Находим $\alpha_{\min} = 83^\circ$, $\alpha_A = 113^\circ$.

н) По данным Таблицы 7.16 СН РК EN 1991-1-4, для круговых цилиндров при $l < 15$ м,

$$\lambda = \min(l/b, 70).$$

Так как $l/b = 10 / 3,6 = 2,77 < 70$, окончательно назначаем

$$\lambda = 2,77.$$

п) Согласно Рисунку 7.36 СН РК EN 1991-1-4, при коэффициенте проемности $\phi = 1$ и $\lambda = 2,77$, определяем коэффициент, учитывающий концевой эффект

$$\psi_{\lambda} = 0,64.$$

р) В соответствии с Подпунктом 7.9.1(4) СН РК EN 1991-1-4, получаем коэффициент, учитывающий концевой эффект для разных углов α :

Обозначение	Формула	Угол α , градус	$c_{p,o}$	$\psi_{\lambda\alpha}$
$\psi_{\lambda\alpha}$	$\psi_{\lambda\alpha} = 1$ для $0^\circ \leq \alpha \leq \alpha_{\min}$ $\psi_{\lambda\alpha} = \psi_{\lambda} + (1 - \psi_{\lambda}) \times \cos\left(\frac{\pi}{2} \times \left(\frac{\alpha - \alpha_{\min}}{\alpha_A - \alpha_{\min}}\right)\right)$ для $\alpha_{\min} < \alpha < \alpha_A$ $\psi_{\lambda\alpha} = \psi_{\lambda}$ для $\alpha_A \leq \alpha \leq 180^\circ$	0	1,000	1,000
		11	0,804	1,000
		22	0,451	1,000
		31	0,050	1,000
		42	-0,480	1,000
		52	-0,980	1,000
		62	-1,360	1,000
		73	-1,614	1,000
		83	-1,671	1,000
		93	-1,497	0,999
		102	-1,240	0,999
		111	-0,872	0,999
		113	-0,765	0,640
		180	-0,765	0,640

с) Вычисляем коэффициент внешнего давления и ветровое давление, действующее на внешние поверхности

Обозначение	Формула	Угол α , градус	c_{pe}	w_e , кН/м ² для высоты z , м					
				от 0 до 10	11	12	13	14	15
c_{pe} w_e	$c_{pe} = c_{p,o} \times \psi_{\lambda\alpha}$ $w_e = q_p(z_e) \times c_{pe}$	0	1,000	0,39	0,41	0,43	0,45	0,46	0,48
		11	0,804	0,31	0,33	0,34	0,36	0,37	0,38
		22	0,451	0,18	0,18	0,19	0,20	0,21	0,22
		31	0,050	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
		42	-0,480	-0,19	-0,20	-0,21	-0,21	-0,22	-0,23
		52	-0,980	-0,38	-0,40	-0,42	-0,44	-0,45	-0,47
		62	-1,360	-0,53	-0,56	-0,58	-0,61	-0,63	-0,65
		73	-1,614	-0,63	-0,66	-0,69	-0,72	-0,75	-0,77
		83	-1,671	-0,65	-0,68	-0,72	-0,74	-0,77	-0,80
		93	-1,497	-0,58	-0,61	-0,64	-0,67	-0,69	-0,71
		102	-1,240	-0,48	-0,51	-0,53	-0,55	-0,57	-0,59
		111	-0,872	-0,34	-0,36	-0,37	-0,39	-0,40	-0,42
		113	-0,490	-0,19	-0,20	-0,21	-0,22	-0,23	-0,23
		180	-0,490	-0,19	-0,20	-0,21	-0,22	-0,23	-0,23

Эпюра распределения ветрового давления на внешние поверхности стен бункера приведена на Рисунке 5.2.19.

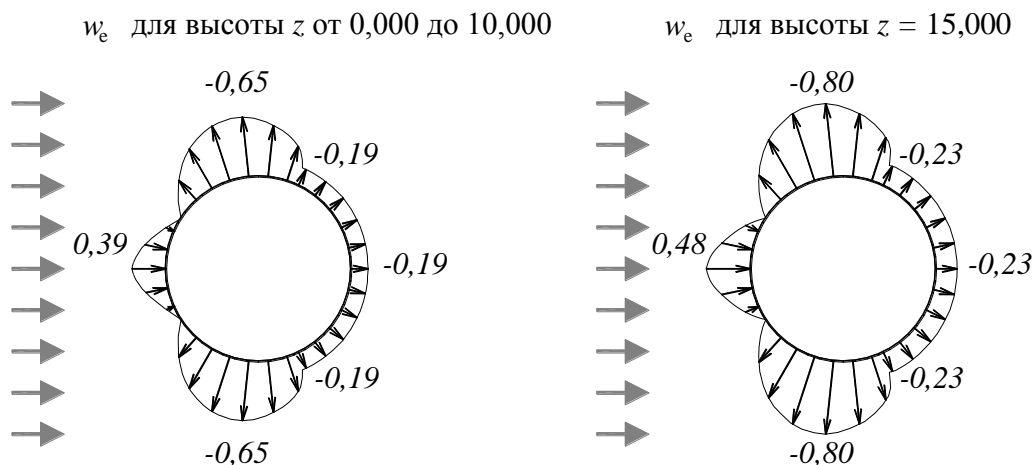


Рисунок 5.2.19

т) Давление от ветра внутри бункера не учитываем, т.к. бункер закрытый и его стены непроницаемы (не имеют проемов).

у) Воздействие ветра на крышу бункера.

Для круглого в плане сооружения воспользуемся Рисунком 7.12 СН РК EN 1991-1-4 при малых значениях f .

Тогда для $h/d = 15/3,6 = 4,2$ получаем распределение коэффициента внешнего давления и ветровое давление, действующее на крышу бункера:

Обозначение	Формула	w_e , кН/м ² для зон		
		A	B	C
c_{pe}	$c_{pe} = c_{pe,10}$	-1,7	-0,5	-0,5
w_e	$w_e = q_p(z_e) \times c_{pe}$	-0,81	-0,24	-0,24

Эпюра распределения ветрового давления на внешнюю поверхность крыши бункера приведена на Рисунке 5.2.20.

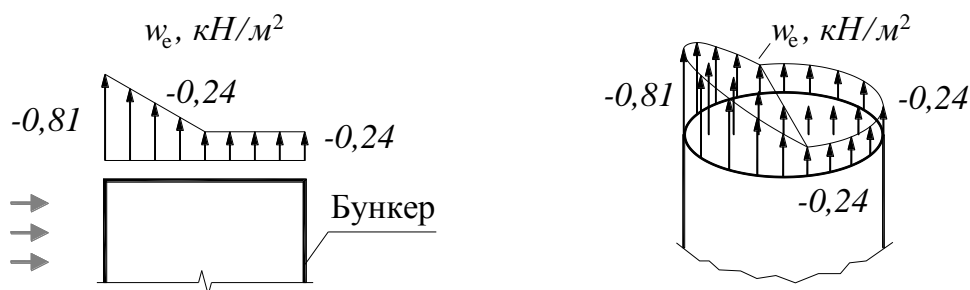


Рисунок 5.2.20

5.2.2.12 Температурные воздействия

а) Определяем требуемые параметры, следуя указаниям, приведенным в [Подразделе 5.6]:

- множитель для температурной нагрузки(см. [Подпункт 5.6.2(5)]):

$$C_T = 3;$$

- коэффициент теплового расширения стены бункера (см. Таблицу С.1 СН РК EN 1991-1-5):

$$\alpha_w = 0,000012;$$

- модуль упругости стены бункера (сталь):

$$E_w = 206000000 \text{ кН/м}^2;$$

- коэффициент Пуассона для сыпучего материала(см. [Подпункт 5.6.2(2)]):

$$\nu = 0,3;$$

- эффективный модуль упругости ненагруженного сыпучего материала будем искать по [Формуле (С.15)]:

$$E_{sU} = \chi \times p_{vft},$$

где

χ – коэффициент приближения примем согласно [Пункту С.10.2(2)]:

$$\chi = 7 \times \gamma^{3/2} = 7 \times 16^{3/2} = 448;$$

p_{vft} –см. пункт 5.2.2.8-а)-4) настоящего Примера

Подставляя, получим

$$E_{sU} = 448 \times 63,97 = 28659 \text{ кН/м}^2.$$

б) Определяем по [Формуле (5.101)] дополнительное нормальное давление, действующее на вертикальную стену бункера:

$$p_{hT} = C_T \times \alpha_w \times \Delta T \times \frac{E_w}{((r/t) + (1 - \nu) \times (E_w / E_{sU}))} =$$

$$= 3 \times 0,000012 \times 20 \times \frac{206000000}{((1,8/0,008) + (1 - 0,3) \times (206000000/28659))} = 28,2 \text{ кН/м}^2.$$

5.2.2.13 Комбинации воздействий

а) При расчете бункера с учетом критического предельного состояния в настоящем примере должны рассматриваться следующие воздействия:

Обозначение	Описание	Пункты настоящего примера
Q_f	заполнение и хранение сыпучих материалов	5.2.2.7-а) и 5.2.2.8-б)
Q_d	разгрузка сыпучих материалов	5.2.2.7-б) и 5.2.2.8-в)
G	нагрузки от собственного веса конструкций	5.2.2.9
Q_s	снеговые нагрузки	5.2.2.10
Q_w	ветровые нагрузки	5.2.2.11
Q_t	температурные воздействия	5.2.2.12

б) Комбинирование воздействий выполняем по [Таблице А.2] (класс требований – 2, предельное состояние – «обычное») с учетом коэффициентов, принятых (согласно [А.2.1]) по положениям А.1 СН РК EN 1990, как показано ниже:

Обозначение	Описание	Формула
D	разгрузка сыпучего материала	$1,35 \times G \llcorner + \gg 1,5 \times Q_d \llcorner + \gg 1,5 \times 0,6 \times (Q_s \llcorner + \gg Q_w \llcorner + \gg Q_t)$
S	снег	$1,35 \times G \llcorner + \gg 1,5 \times Q_f \llcorner + \gg 1,5 \times 0,6 \times Q_s$
WF	ветер и заполненный бункер	$1,35 \times G \llcorner + \gg 1,5 \times Q_f \llcorner + \gg 1,5 \times 0,6 \times Q_w$
WE	ветер и пустой бункер	$1,35 \times G \llcorner + \gg 1,5 \times 0,6 \times Q_w$
T	температура	$1,35 \times G \llcorner + \gg 1,0 \times Q_f \llcorner + \gg 0,6 \times Q_t$

ПРИМЕЧАНИЕ 1 Напомним (см. Пункт 6.4.3.2 СН РК EN 1190), что символ «+» означает «должен сочетаться с», то есть соответствующие члены формулы учитываются, когда они создают расчетное сочетание.

ПРИМЕЧАНИЕ 2 Для нагрузок Q_f и Q_d подразумевается вариант (комбинация характеристик материалов), приводящий к наихудшему для конструкции напряженно-деформированному состоянию конструкции, для которой составляется расчетная комбинация (сочетание) воздействий.

5.3 Пример 2. Железобетонный бункер

5.3.1 Исходные данные

5.3.1.1 Бункер, показанный на Рисунке 5.3.1, предназначен для хранения соевых бобов.

Максимальная высота до вершины насыпного конуса (по технологическому заданию) $h_f = 9,0$ м.

Максимальный эксцентриситет насыпного конуса составляет 0,5 м.

Сыпучий материал не создает условий для динамического нагружения конструкций (см. [6.1.2(5)]).

5.3.1.2 Геометрические размеры приняты по технологическому заданию на проектирование:

- высота части бункера с вертикальными стенами (ствола бункера) $h_{wc} = 8$ м;
- размер стороны поперечного сечения $a=b = 6,0$ м;
- воронка пирамидальная;
- наибольший угол наклона стенки воронки относительно вертикальной оси бункера $\beta = 45^\circ$.

5.3.1.3 Материал стен бункера — железобетон.

Категория стены по шероховатости принята D3 (см. [Таблицу 4.1]).

Предварительно принятая средняя толщина стенки $t = 300$ мм.

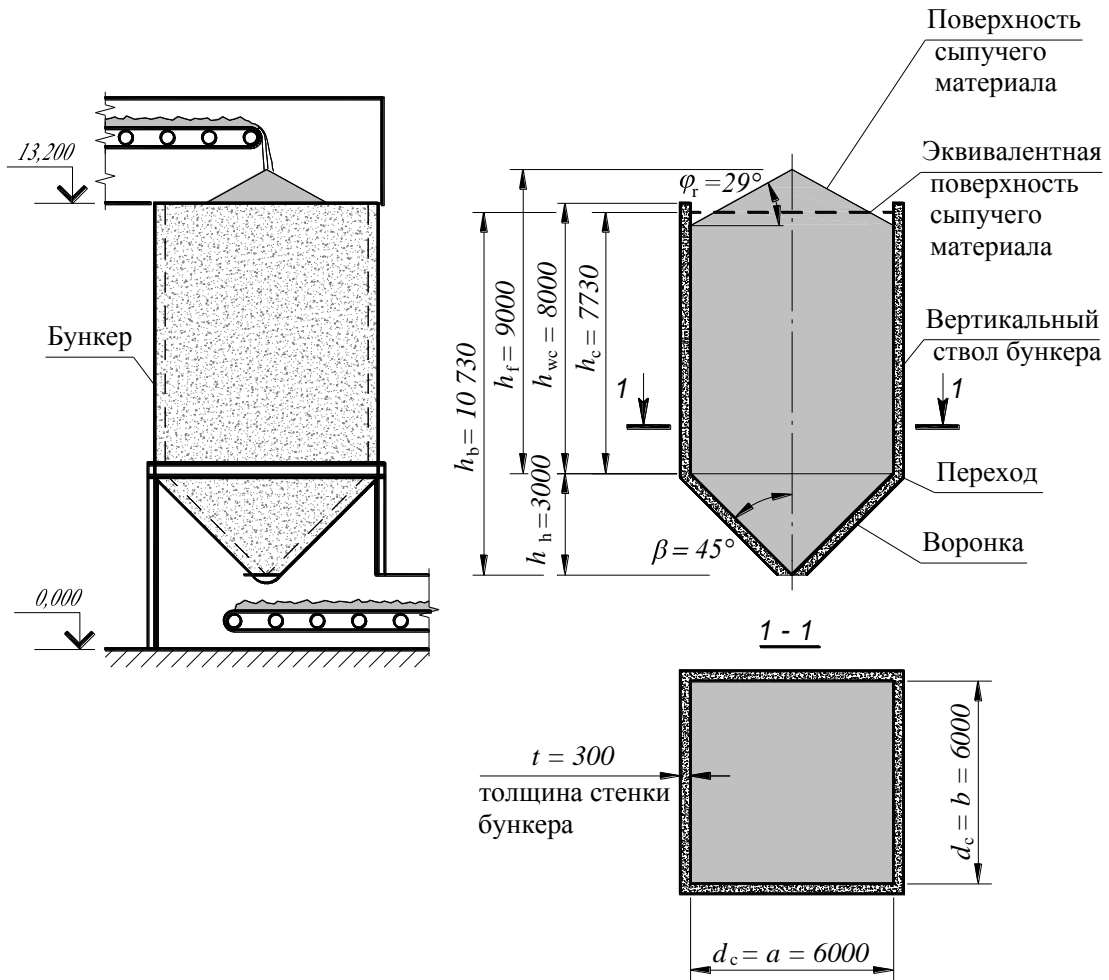


Рисунок 5.3.1

5.3.1.4 Воздействия от снега исключены конструктивным решением примыкающих конструкций.

5.3.1.5 Ветровые нагрузки в районе строительства следует определять для местности, имеющей тип II (см. Пункт 4.3.2 СН РК EN 1991-1-4).

Основное значение базовой скорости ветра в районе строительства $v_{b,0} = 25$ м/с.

Местность попадает под условия Пункта 4.3.3(2) СН РК EN 1991-1-4, влиянием орографии и близлежащих зданий допускается пренебречь.

5.3.1.6 Требуется определить нагрузки и воздействия для расчета бункера с учетом «обычного» критического предельного состояния («Ordinary» ULS, см. [Таблицу A.2]).

5.3.1.7 Неравномерностью осадок опор допускается пренебречь.

5.3.2 Решение

5.3.2.1 Определяем геометрические параметры бункера, используя информацию, приведенную в [Разделе 1] и на Рисунке 5.3.1.

а) Характеристическое значение внутреннего габаритного размера поперечного сечения бункера

$$d_c = a = b = 6,0 \text{ м.}$$

б) Высота воронки, измеренная от вершины воронки

$$h_h = d_c / 2 \cdot \operatorname{tg}(\beta) = 3,0 / \operatorname{tg}(45^\circ) = 3,0 \text{ м.}$$

в) Высоту насыпного конуса сыпучего материала будем искать, исходя из длины половины диагонали бункера по формуле

$$h_{\text{тр}} = \frac{d_c \times \operatorname{tg}(\phi_r)}{\sqrt{2}}$$

Поскольку класс бункера пока не определен, предварительно принимаем ϕ_r по [4.2.3], то есть — по [Таблице Е.1]: $\phi_r = 29^\circ$.

ПРИМЕЧАНИЕ Если бункер будет отнесен к 3 типу, то необходимо будет определить ϕ_r путем испытаний хранимого материала (см. [4.2.2(3)]).

Итак, предварительно получаем

$$h_{\text{тр}} = \frac{6,0 \times \operatorname{tg}(29^\circ)}{\sqrt{2}} = 2,35 \text{ м.}$$

г) Эквивалентную поверхность сыпучего материала найдем графически:

– построим в программе САПР (AutoCAD, progeCAD и т.п.) фигуру, образуемую сыпучим материалом в прямоугольном сосуде (Рисунок 5.3.2):

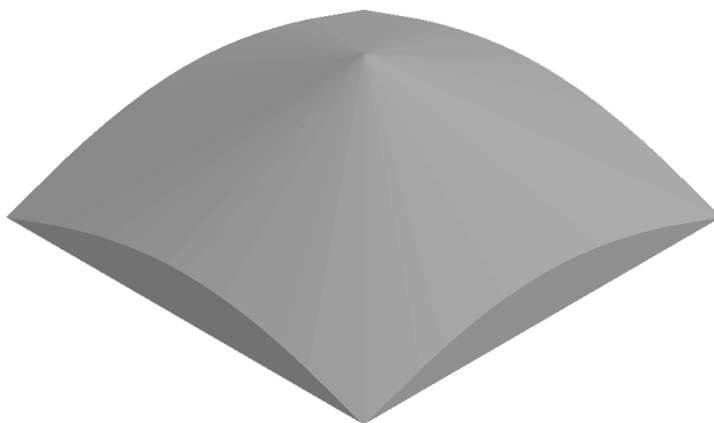


Рисунок 5.3.2

– с помощью средств программы САПР определим объем полученной фигуры:

$$V_{\text{тр}} = 38,8 \text{ м}^3;$$

– найдем расстояние от низа фигуры, изображенной на Рисунке 5.3.2, до эквивалентной поверхности сыпучего материала:

$$h_{o,\text{low}} = V_{\text{тр}} / d_c^2 = 38,8 / 6,0^2 = 1,08 \text{ м.}$$

д) Высота вертикального ствола бункера до эквивалентной поверхности

$$h_c = h_f - h_{tp} + h_{o,low} = 9,0 - 2,35 + 1,08 = 7,73 \text{ м.}$$

е) Общая высота бункера от вершины воронки до эквивалентной поверхности

$$h_b = h_h + h_c = 3,0 + 7,73 = 10,73 \text{ м.}$$

ж) Площадь поперечного сечения вертикального ствола

$$A = d_c^2 = 36,0 \text{ м}^2.$$

и) Внутренний периметр поперечного сечения вертикального ствола бункера

$$U = 4 \times d_c = 4 \times 6,0 = 24,0 \text{ м.}$$

5.3.2.2 Проверяем ограничения, указанные в [1.1.2 (3)]:

а) $h_b = 10,73 \text{ м} < 100 \text{ м}$; выполняется;

б) $d_c = 6,0 \text{ м} < 60 \text{ м}$; выполняется;

в) $h_b/d_c = 10,73 / 6,0 = 1,79 < 10$; выполняется.

5.3.2.3 Определяем тип бункера.

а) Согласно схеме, приведенной на Рисунке 1, для данного случая (воронка – пирамидальная), используем соотношение $\frac{h_c}{d_c} = \frac{7,73}{6,0} = 1,29$.

Следовательно (см. Рисунок 1), бункер по гибкости относится к типу «со средней гибкостью».

б) Учитывая, что $d_c/t = 6000 / 300 = 20 < 200$ (см. [1.5.43]), считаем бункер «толсто-стенным».

5.3.2.4 Определяем класс требований.

а) Вычисляем массу сыпучего материала при полном заполнении бункера:

– находим максимальный объем хранимого материала (до вершины воронки)

$$V_f = A \times (h_f - h_{tp}) + V_{tp} + \frac{1}{3} \times A \times h_h = 36 \times (9 - 2,35) + 38,8 + \frac{36 \times 3}{3} = 314,1 \text{ м}^3 \quad ;$$

– вес хранимого материала определим по формуле

$$G_f = \gamma_u \times V_f.$$

Поскольку класс бункера пока не определен, предварительно принимаем γ_u по [4.2.3], то есть — по [Таблице Е.1]: $\gamma_u = 8 \text{ кН/м}^3$.

ПРИМЕЧАНИЕ Если бункер будет отнесен к 3 типу, то необходимо будет определить γ_u путем испытаний хранимого материала (см. [4.2.2(3)]).

Получаем $G_f = 8 \times 314,1 = 2513,1 \text{ кН}$.

– масса хранимого материала $M_f = G_f / g = 2513,1 / 9,81 = 256,2 \text{ т}$.

б) По [Таблице 2.1] принимаем класс требований 2.

5.3.2.5 Характеристики сыпучего материала для класса требований 2, согласно [4.2.2] и [4.2.3], допускается определять по [Таблице Е.1].

а) Принятые характеристики сыпучего материала приведены ниже:

- удельный вес материала:
 - нижнее характеристическое значение $\gamma_l = 7,0 \text{ кН/м}^3$;
 - верхнее характеристическое значение $\gamma_u = 8,0 \text{ кН/м}^3$;
- угол откоса $\phi_r = 29^\circ$;
- угол внутреннего трения ϕ_i :
 - среднее значение $\phi_{im} = 25^\circ$;
 - коэффициент пересчета $a_\phi = 1,16$;
- коэффициент горизонтальной нагрузки K :
 - среднее значение $K_m = 0,63$;
 - коэффициент пересчета $a_K = 1,11$;
- коэффициент трения о стенки μ при категории стены D3:
 - среднее значение $\mu_m = 0,48$;
 - коэффициент пересчета $a_\mu = 1,16$;
- коэффициент для местной нагрузки $C_{op} = 0,5$.

б) вычисляем недостающие характеристические значения по [Формулам (4.1) – (4.6)]:

- верхнее характеристическое значение $K = K_m \times a_K = 0,63 \times 1,11 = 0,70$;
- нижнее характеристическое значение $K = K_m / a_K = 0,63 / 1,11 = 0,57$;
- верхнее характеристическое значение $\mu = \mu_m \times a_\mu = 0,48 \times 1,16 = 0,56$;
- нижнее характеристическое значение $\mu = \mu_m / a_\mu = 0,48 / 1,16 = 0,41$;
- верхнее характеристическое значение $\phi_l = \phi_{im} \times a_\phi = 25^\circ \times 1,16 = 29,00^\circ$;
- нижнее характеристическое значение $\phi_l = \phi_{im} / a_\phi = 25^\circ / 1,16 = 21,55^\circ$.

в) составляем комбинации характеристик сыпучего материала в соответствии с [Подразделом 3.2]:

- применяя информацию из [Таблицы 3.1], получаем следующие значения:
 - удельный вес материала для всех вычислений принимаем как верхнее характеристическое значение (см. [Примечание к Таблице Е.1]).

5.3.2.6 Определяем параметры течения сыпучего материала.

а) Для нижнего характеристического значения коэффициента трения в воронке $\mu_h = 0,41$ и воронки, имеющей угол $\beta = 45^\circ$, согласно [Рисунку 4.1а] (см. также [Рисунок F.1]) находим, что в данном случае:

- для конической воронки образование массового потока при разгрузке маловероятно;
- для клинообразной воронки образование массового потока при разгрузке возможно;

Для пирамидальной воронки примем, что в рассматриваемом случае возможно образование смешанного потока.

№ комбинации	Достижимый вариант нагружения	Применяемое характеристическое значение		
		Коэффициент трения о стенки μ	Коэффициент горизонтальной нагрузки K	Угол внутреннего трения ϕ
1	Максимальное нормальное давление на вертикальную стену (p_{hf} или p_{he})	0,41	0,70	21,55
2	Максимальная нагрузка за счет трения на вертикальную стену (p_{wf} или p_{we})	0,56	0,70	21,55
3	Максимальная вертикальная нагрузка на воронку (p_{vft})	0,41	0,57	29,00
4	Максимальные давления на воронку при заполнении (p_{nf} и p_{tf})	0,41	0,57	21,55
5	Максимальные давления на воронку при разгрузке (p_{ne} и p_{te})	0,41	0,70	29,00

б) Заполнение, согласно исходным данным, имеет малый эксцентриситет (так как $e_f = 0,5 \text{ м} < e_{f,cr} = 0,25 \times d_c = 1,5 \text{ м}$); разгрузка — симметричная, однако, в соответствии с положениями [Подраздела 3.3], даже при симметричном смешанном потоке следует учесть возможность образования несимметричных давлений.

5.3.2.7 Нагрузки от сыпучего материала на стены бункера

а) ЗАПОЛНЕНИЕ.

1) Симметричные нагрузки.

– определяем характеристическое значение глубины по теории Янссена:

Обозначение	Формула	Комбинация		
		1	2	3
z_o	$z_o = \frac{1}{K \times \mu} \times \frac{A}{U}$	5,18	3,85	6,39

– вычисляем асимптотическое горизонтальное давление на большой глубине:

Обозначение	Формула	Комбинация		
		1	2	3
p_{ho}	$p_{ho} = \gamma \times K \times z_o$	29,0	21,6	29,0

НТП РК 01-04.1-2012

– значение z для самой высокой точки контакта сыпучего материала со стеной для симметрично заполненного прямоугольного бункера получим двумя способами:

– по [Формуле (5.78)]:

–

$$h_o = \frac{d_c}{4} \times \operatorname{tg}(\phi_r) = \frac{6}{4} \times \operatorname{tg}(29^\circ) = 0,83 \text{ м.}$$

– непосредственным измерением в построенной для данного случая фигуре в программе САПР (см. Рисунок 5.3.2):

$$h_{o,\text{high}} = 0,39 \text{ м.}$$

Окончательно принимаем

$$h_o = h_{o,\text{high}} = 0,39 \text{ м.}$$

– рассчитываем параметр n :

Обозначение	Формула	Комбинация		
		1	2	3
n	$n = -(1 + \operatorname{tg}(\phi_r)) \times (1 - h_o / z_o)$	-1,44	-1,40	-1,46

– вычисляем значения функции изменения давления в зависимости от глубины:

Обозначение	Формула	Глубина z, м	Комбинация		
			1	2	3
Y_R	$Y_R = \left(1 - \left(\left(\frac{z - h_o}{z_o - h_o} \right) + 1 \right)^n \right)$	0,39	0,00	0,00	0,00
		0,52	0,04	0,05	0,03
		1,03	0,16	0,21	0,14
		1,55	0,27	0,33	0,23
		2,06	0,35	0,42	0,30
		2,58	0,42	0,50	0,36
		3,09	0,47	0,55	0,42
		3,61	0,52	0,60	0,47
		4,12	0,56	0,64	0,51
		4,64	0,60	0,67	0,54
		5,15	0,63	0,70	0,57
		5,67	0,66	0,73	0,60
		6,18	0,68	0,75	0,63
		6,70	0,70	0,77	0,65
		7,21	0,72	0,78	0,67
		7,73	0,74	0,80	0,69

ПРИМЕЧАНИЕ Здесь и далее шаг разбивки по высоте (глубине) принимает расчетчик, например, в зависимости от шага разбиения конструкции на конечные элементы.

– определяем горизонтальное давление:

Обозначение	Формула	Глубина z , м	Комбинация		
			1	2	3
p_{hf}	$p_{hf}(z) = p_{ho} \times Y_R(z)$	0,39	0,00	0,00	0,00
		0,52	1,05	1,04	0,86
		1,03	4,78	4,55	3,99
		1,55	7,74	7,14	6,57
		2,06	10,13	9,12	8,74
		2,58	12,10	10,67	10,57
		3,09	13,74	11,92	12,14
		3,61	15,13	12,94	13,50
		4,12	16,32	13,79	14,68
		4,64	17,35	14,51	15,72
		5,15	18,24	15,11	16,64
		5,67	19,02	15,64	17,46
		6,18	19,71	16,09	18,18
		6,70	20,32	16,49	18,84
		7,21	20,87	16,84	19,43
		7,73	21,36	17,15	19,96

В графическом виде распределение горизонтального давления на стены бункера в зависимости от глубины показано на Рисунке 5.3.3. Этот же рисунок можно использовать для получения промежуточных значений.

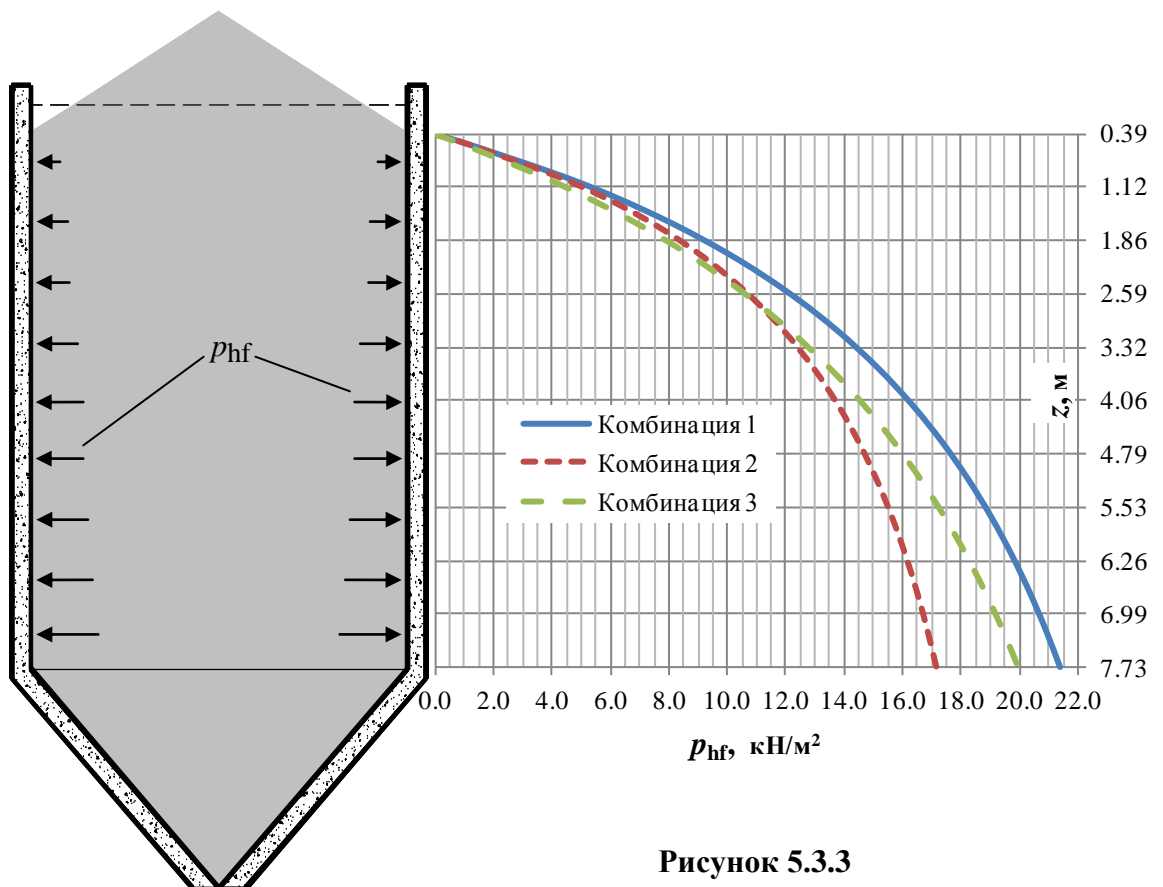


Рисунок 5.3.3

– рассчитываем нагрузку за счет трения о стенки:

Обозначение	Формула	Глубина z , м	Комбинация		
			1	2	3
p_{wf}	$p_{wf}(z) = \mu \times p_{hf}$	0,39	0,00	0,00	0,00
		0,52	0,44	0,58	0,36
		1,03	1,98	2,53	1,65
		1,55	3,20	3,97	2,72
		2,06	4,19	5,08	3,62
		2,58	5,01	5,94	4,37
		3,09	5,69	6,64	5,02
		3,61	6,26	7,21	5,59
		4,12	6,75	7,68	6,08
		4,64	7,18	8,08	6,51
		5,15	7,55	8,42	6,89
		5,67	7,87	8,71	7,22
		6,18	8,16	8,96	7,52
		6,70	8,41	9,18	7,80
		7,21	8,64	9,38	8,04
		7,73	8,84	9,55	8,26

В графическом виде распределение нагрузки за счет трения о стенки показано на Рисунке 5.3.4:

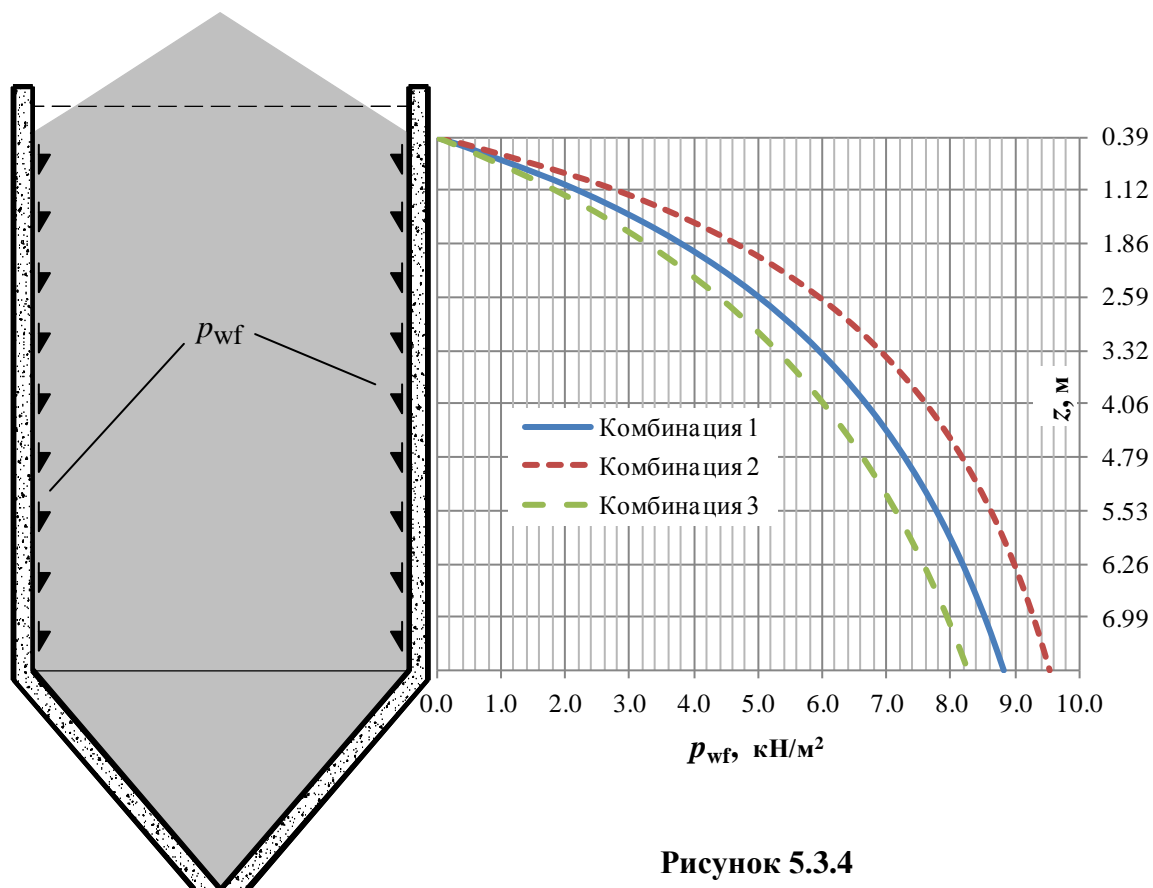


Рисунок 5.3.4

– вычисляем параметр глубины для оценки вертикального давления:

Обозначение	Формула	Глубина z, м	Комбинация		
			1	2	3
z_v	$z_v = h_o - \frac{1}{(n+1)} \times \left(z_o - h_o - \frac{(z + z_o - 2 \times h_o)^{n+1}}{(z_o - h_o)^n} \right)$	0,39	0,39	0,39	0,39
		0,52	0,51	0,51	0,51
		1,03	0,97	0,96	0,98
		1,55	1,38	1,33	1,40
		2,06	1,73	1,65	1,78
		2,58	2,05	1,93	2,13
		3,09	2,34	2,17	2,44
		3,61	2,59	2,39	2,73
		4,12	2,83	2,59	2,99
		4,64	3,05	2,76	3,24
		5,15	3,24	2,92	3,46
		5,67	3,43	3,07	3,68
		6,18	3,60	3,21	3,87
		6,70	3,76	3,33	4,06
		7,21	3,91	3,45	4,24
		7,73	4,05	3,56	4,40

– определяем вертикальное давление:

Обозначение	Формула	Глубина z, м	Комбинация		
			1	2	3
p_{vf}	$p_{vf} = \gamma \times z_v$	0,39	3,12	3,12	3,12
		0,52	4,10	4,10	4,11
		1,03	7,80	7,66	7,87
		1,55	11,02	10,66	11,24
		2,06	13,87	13,21	14,27
		2,58	16,40	15,44	17,01
		3,09	18,68	17,39	19,52
		3,61	20,75	19,14	21,81
		4,12	22,64	20,70	23,93
		4,64	24,36	22,11	25,89
		5,15	25,95	23,40	27,71
		5,67	27,43	24,58	29,40
		6,18	28,79	25,66	30,99
		6,70	30,07	26,67	32,48
		7,21	31,26	27,60	33,88
		7,73	32,38	28,47	35,20

В графическом виде:

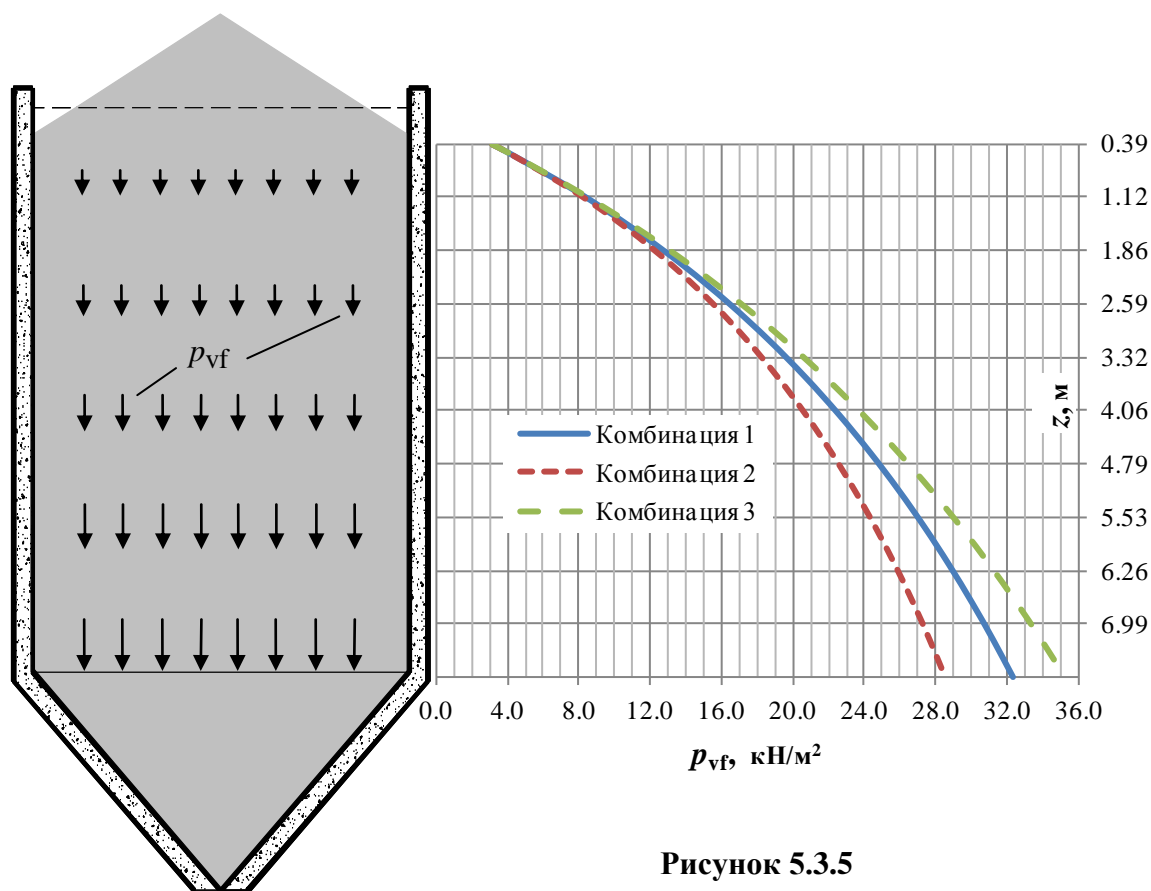


Рисунок 5.3.5

2) Местные нагрузки.

– для бункера со средней гибкостью класса требований 2, согласно [Подпункту 5.3.1.2(5)], местную нагрузку при заполнении (см. Рисунок 5.3.6) вычисляем по положениям [Подпунктов 5.2.1.2 и 5.2.1.5] и принимаем ее приложенной на любой глубине z ;

– высоту зоны приложения местного давления получаем по [Формуле (5.12)]:

$$s = 0,2 \times d_c = 0,2 \times 6,0 = 1,2 \text{ м};$$

– определяем максимальный эксцентриситет насыпного конуса, возникающего на поверхности сыпучего материала при заполнении (см. [Рисунок 1.1b]):

– согласно исходным данным $e_f = 0,5 \text{ м}$;

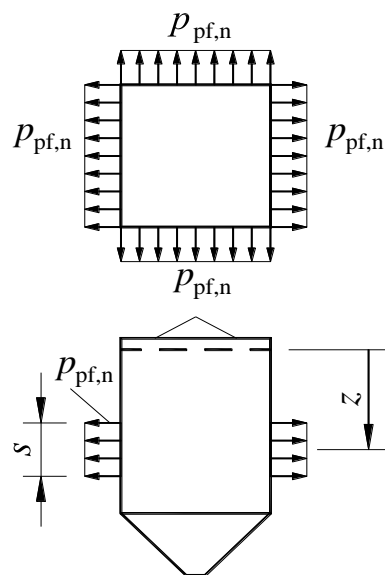


Рисунок 5.3.6

- проверяем условие [Подпункта 5.3.1.2(6)]

$$e_f = 0,5 \text{ м} < e_{f,cr} = 0,25 \times d_c = 1,5 \text{ м};$$

условие выполняется, значит процедура [5.3.3] не требуется.

- вычисляем параметр

$$E = 2 \times e_f / d_c = 2 \times 0,5 / 6,0 = 0,167;$$

- находим коэффициент увеличения для местной нагрузки при заполнении, используя [Формулу (5.9)]:

$$\begin{aligned} C_{pf} &= 0,21 \times C_{op} \times (1 + 2 \times E^2) \times (1 - e^{(-1,5 \times ((h_c / d_c) - 1))}) = \\ &= 0,21 \times 0,5 \times (1 + 2 \times 0,167^2) \times (1 - e^{(-1,5 \times ((7,73 / 6,0) - 1))}) = 0,039; \end{aligned}$$

здесь $C_{op} = 0,5$ — коэффициент сыпучего материала для местной нагрузки (см. пункт 5.3.2.5 настоящего Примера);

- определяем базисное значение амплитуды местного давления для заполнения p_{pf} и равномерное давление, представляющее местные нагрузки, $p_{pf,nc}$ (см. [Формулу (5.8)] и [Формулу (5.17)]):

Обозначение	Формула	Глубина z , м	Комбинация					
			1		2		3	
			p_{pf}	$p_{pf,nc}$	p_{pf}	$p_{pf,nc}$	p_{pf}	$p_{pf,nc}$
p_{pf} $p_{pf,nc}$	$p_{pf} = C_{pf} \times p_{hf}$, где p_{hf} см. 5.3.2.7-а)-1); $p_{pf,nc} = 0,36 \times p_{pf}$	0,39	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		0,52	0,04	0,01	0,04	0,01	0,03	0,01
		1,03	0,19	0,07	0,18	0,06	0,15	0,06
		1,55	0,30	0,11	0,28	0,10	0,26	0,09
		2,06	0,39	0,14	0,35	0,13	0,34	0,12
		2,58	0,47	0,17	0,41	0,15	0,41	0,15
		3,09	0,53	0,19	0,46	0,17	0,47	0,17
		3,61	0,59	0,21	0,50	0,18	0,52	0,19
		4,12	0,63	0,23	0,54	0,19	0,57	0,21
		4,64	0,67	0,24	0,56	0,20	0,61	0,22
		5,15	0,71	0,26	0,59	0,21	0,65	0,23
		5,67	0,74	0,27	0,61	0,22	0,68	0,24
		6,18	0,77	0,28	0,63	0,23	0,71	0,25
		6,70	0,79	0,28	0,64	0,23	0,73	0,26
		7,21	0,81	0,29	0,65	0,24	0,75	0,27
		7,73	0,83	0,30	0,67	0,24	0,78	0,28

В графическом виде распределение давления на стены бункера в зависимости от глубины показано на Рисунке 5.3.7.

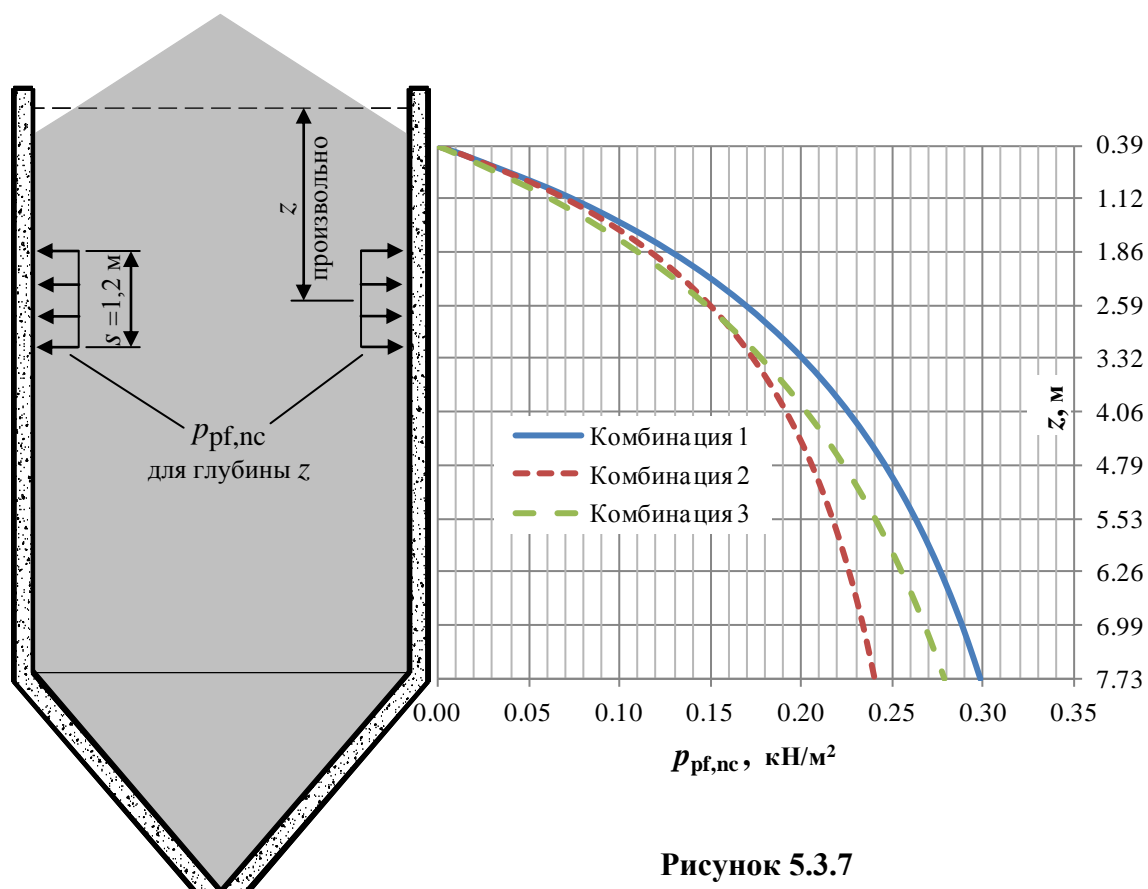


Рисунок 5.3.7

На рисунке 5.3.8 изображены примеры приложения местного давления для трех комбинаций характеристик материалов при произвольных z и соответствующих $p_{pf,nc}$.

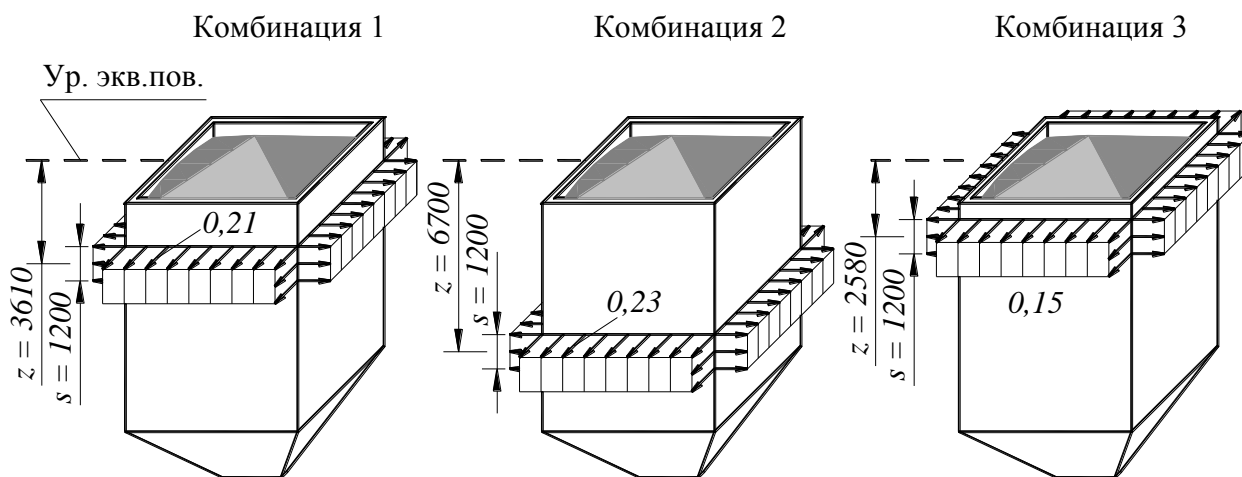


Рисунок 5.3.8

б) РАЗГРУЗКА

1) Симметричные нагрузки

– для бункеров со средней гибкостью класса требований 2, согласно [5.3.2.1(5)], коэффициенты разгрузки равны:

- коэффициент корректировки гибкости $C_S = h_c / d_c - 1 = 0,29$;
- для горизонтального давления $C_h = 1 + 0,15 \times C_S = 1,04$;
- для нагрузок за счет трения о стенки $C_w = 1 + 0,1 \times C_S = 1,03$;
- определяем горизонтальное давление:

Обозначение	Формула	Глубина z , м	Комбинация		
			1	2	3
p_{he}	$p_{he} = C_h \times p_{hf}$, где p_{hf} – см. пункт 5.3.2.7-а)-1) настоящего Примера	0,39	0,00	0,00	0,00
		0,52	1,10	1,09	0,90
		1,03	4,99	4,74	4,16
		1,55	8,07	7,44	6,86
		2,06	10,57	9,51	9,12
		2,58	12,62	11,13	11,03
		3,09	14,34	12,43	12,67
		3,61	15,79	13,50	14,08
		4,12	17,03	14,39	15,32
		4,64	18,10	15,13	16,40
		5,15	19,03	15,77	17,36
		5,67	19,84	16,31	18,21
		6,18	20,56	16,79	18,97
		6,70	21,20	17,20	19,65
		7,21	21,77	17,57	20,27
		7,73	22,29	17,89	20,83

В графическом виде распределение горизонтального давления на стены бункера в зависимости от глубины показано на Рисунке 5.3.9. Этот же рисунок можно использовать для получения промежуточных значений.

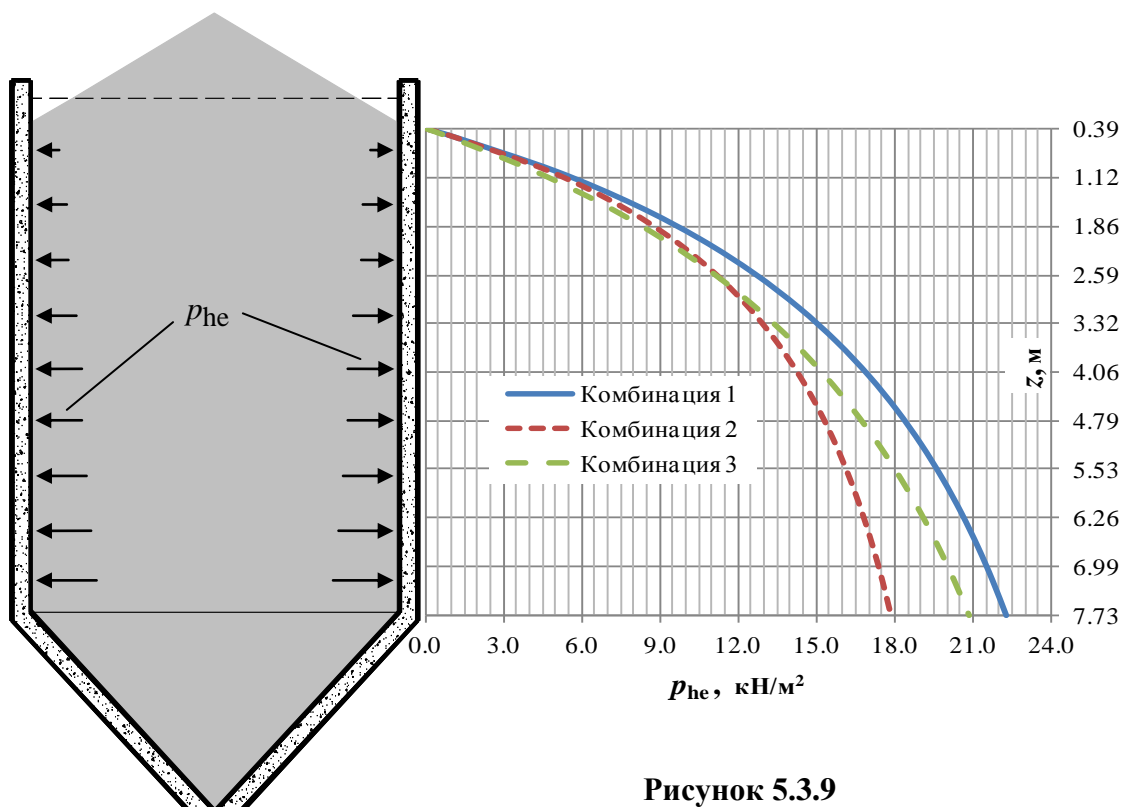


Рисунок 5.3.9

– вычисляем нагрузку за счет трения о стенки:

Обозначение	Формула	Глубина z , м	Комбинация		
			1	2	3
p_{we}	$p_{we} = C_w \times p_{wf}$, где p_{wf} – см. пункт 5.3.2.7-а)-1) настоящего Примера	0,39	0,00	0,00	0,00
		0,52	0,45	0,60	0,37
		1,03	2,04	2,60	1,70
		1,55	3,29	4,09	2,80
		2,06	4,31	5,22	3,72
		2,58	5,15	6,11	4,50
		3,09	5,85	6,83	5,17
		3,61	6,44	7,41	5,75
		4,12	6,95	7,90	6,25
		4,64	7,38	8,31	6,69
		5,15	7,76	8,66	7,08
		5,67	8,10	8,96	7,43
		6,18	8,39	9,22	7,74
		6,70	8,65	9,45	8,02
		7,21	8,89	9,65	8,27
		7,73	9,09	9,83	8,50

В графическом виде:

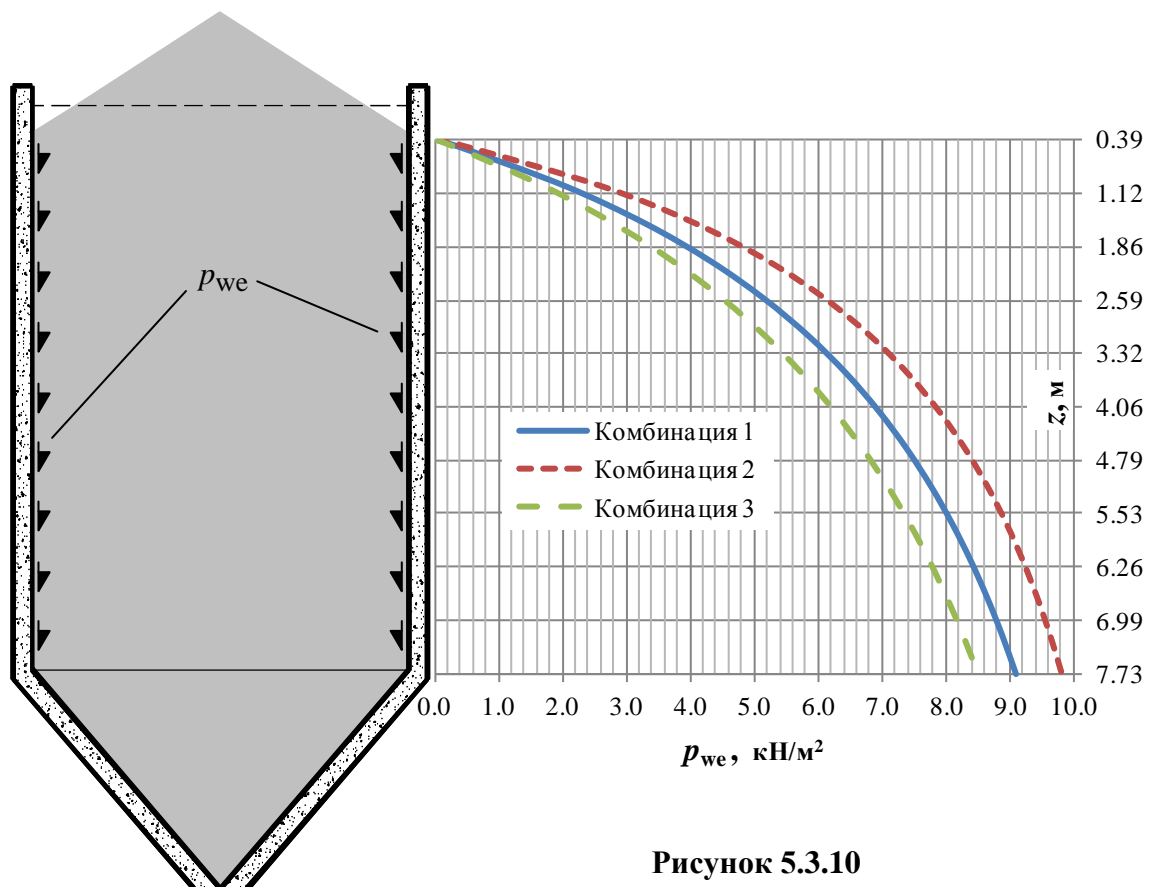


Рисунок 5.3.10

2) Местные нагрузки.

- проверяем условие [Пункта 5.3.2.2(3)]:

$$e_o = 0 < e_{o,cr} = 0,25 \times d_c = 1,5;$$

Т.к. условие выполняется, значит, процедура [5.3.4] не требуется.

- для бункера со средней гибкостью класса требований 2, согласно [Подпункту 5.3.2.2(7)], местную нагрузку при разгрузке определяем по [5.3.2.3]. В соответствии с [5.3.2.3(2)] применяются положения [5.2.3]. Согласно [5.2.3(2)] для некруглых бункеров необходимо следовать положениям [Подпункта 5.2.2.5].

- местную нагрузку принимаем приложенной на любой глубине; при этом высоту зоны приложения местного давления получаем по [Формуле (5.12)]:

$$s = 0,2 \times d_c = 0,2 \times 6,0 = 1,2 \text{ м};$$

- определяем расчетный эксцентриситет, как максимальный из эксцентриситетов e_f и e_o :

$$e = \max(e_f, e_o) = 0,5 \text{ м};$$

- вычисляем параметр

–

$$E = 2 \times e/d_c = 2 \times 0,5/6,0 = 0,167;$$

- находим коэффициент увеличения для местной нагрузки при разгрузке, используя [Формулу (5.28)], так как $h_c/d_c = 1,29 > 1,2$:

–

$$\begin{aligned} C_{pe} &= 0,42 \times C_{op} \times (1 + 2 \times E^2) \times (1 - e^{(-1,5 \times ((h_c/d_c) - 1))}) = \\ &= 0,42 \times 0,5 \times (1 + 2 \times 0,167^2) \times (1 - e^{(-1,5 \times ((7,73/6,0) - 1))}) = 0,078; \end{aligned}$$

здесь $C_{op} = 0,5$ — коэффициент сыпучего материала для местной нагрузки (см. пункт 5.3.2.5 настоящего Примера);

- определяем базисное значение амплитуды местного давления для разгрузки p_{pe} и равномерное давление, представляющее местные нагрузки $p_{pe,nc}$ (см. [Формулы (5.27) и (5.37)]):

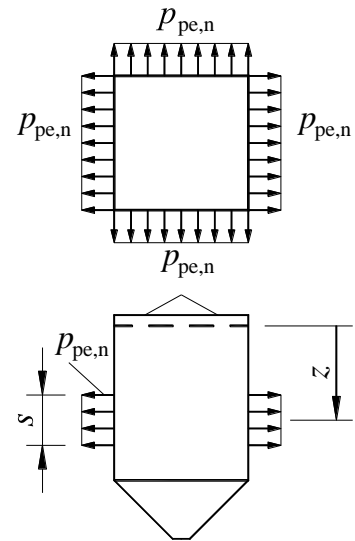


Рисунок 5.3.11

Обозначение	Формула	Глубина z , м	Комбинация					
			1		2		3	
			p_{pe}	$p_{pe,nc}$	p_{pe}	$p_{pe,nc}$	p_{pe}	$p_{pe,nc}$
p_{pe} $p_{pe,nc}$	$p_{pe} = C_{pe} \times p_{he}$, где p_{he} см. 5.3.2.7-б)- 1); $p_{pe,nc} = 0,36 \times p_{pe}$	0,39	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		0,52	0,09	0,03	0,08	0,03	0,07	0,03
		1,03	0,39	0,14	0,37	0,13	0,32	0,12
		1,55	0,63	0,23	0,58	0,21	0,53	0,19
		2,06	0,82	0,30	0,74	0,27	0,71	0,25
		2,58	0,98	0,35	0,86	0,31	0,86	0,31
		3,09	1,11	0,40	0,97	0,35	0,98	0,35
		3,61	1,23	0,44	1,05	0,38	1,09	0,39
		4,12	1,32	0,48	1,12	0,40	1,19	0,43
		4,64	1,41	0,51	1,18	0,42	1,27	0,46
		5,15	1,48	0,53	1,22	0,44	1,35	0,49
		5,67	1,54	0,55	1,27	0,46	1,41	0,51
		6,18	1,60	0,58	1,30	0,47	1,47	0,53
		6,70	1,65	0,59	1,34	0,48	1,53	0,55
		7,21	1,69	0,61	1,36	0,49	1,57	0,57
		7,73	1,73	0,62	1,39	0,50	1,62	0,58

В графическом виде распределение давления на стены бункера в зависимости от глубины показано на Рисунке 5.3.12. Этот же рисунок можно использовать для получения промежуточных значений.

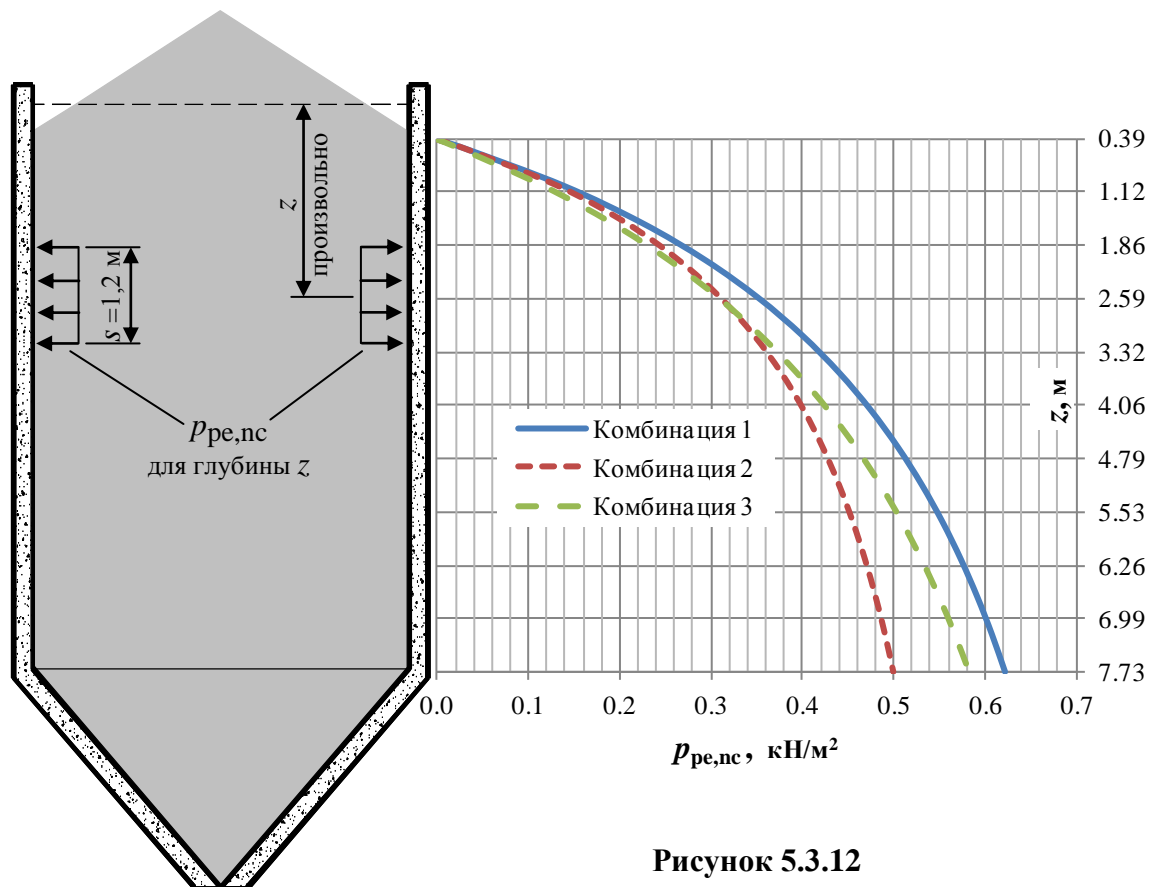


Рисунок 5.3.12

На рисунке 5.3.13 изображены примеры приложения местного давления для трех комбинаций характеристик материалов при произвольных z и соответствующих $p_{pe,nc}$.

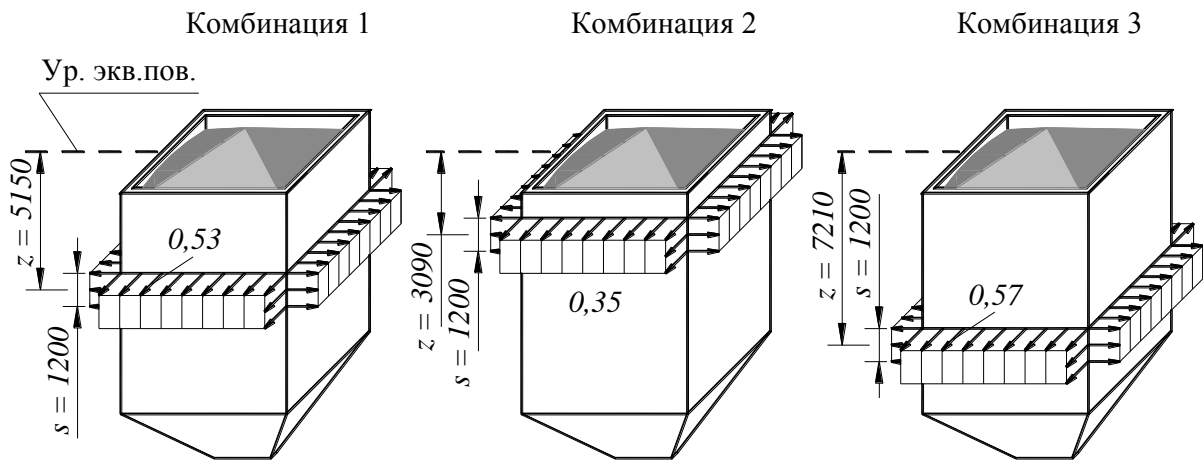


Рисунок 5.3.13

5.3.2.8 Нагрузки от сыпучего материала на воронку

а) ОБЩИЕ ПАРАМЕТРЫ ДЛЯ ЗАПОЛНЕНИЯ И РАЗГРУЗКИ

1) Определяем **тип воронки** по положениям [Пункта 6.1.1(2)Р].

Принимаем

- нижнее характеристическое значение $K = 0,57$;
- нижнее характеристическое значение $\mu_h = 0,41$;

$$\text{Так как } \operatorname{tg}(\beta) = \operatorname{tg}(45^\circ) = 1,0 > \frac{1-K}{2 \times \mu_h} = \frac{1-0,57}{2 \times 0,41} = 0,523$$

и $\alpha = 45^\circ > 20^\circ > 5^\circ$ (см. Подраздел 3.4), то

воронка имеет тип «плоская» (пологая).

2) Находим коэффициент эффективного трения для плоской воронки (см. [Формулу 6.26]):

$$\mu_{\text{heff}} = \frac{1-K}{2 \times \operatorname{tg}(\beta)} = \frac{1-0,57}{2 \times \operatorname{tg}(45^\circ)} = 0,22.$$

3) Определяем коэффициент увеличения нагрузки на днище. Для условий настоящего примера (бункер класса требований 2 при отсутствии условий, указанных в [Пункте 6.1.2(5)]), принимаем

$$C_b = 1,0.$$

4) Вычисляем вертикальное давление на переходе между вертикальными стенами и воронкой по [Формуле (6.2)]:

$$p_{vft} = C_b \times p_{vf},$$

где $p_{vf} = 35,20 \text{ кН/м}^2$ — вертикальное давление заполнения, вычисленное в пункте 5.3.2.9-а)-1) настоящего примера при глубине z , равной высоте вертикальной стены h_c .

Подставляя необходимые значения, получаем:

$$p_{vft} = 1,0 \times 35,20 = 35,20 \text{ кН/м}^2.$$

б) ЗАПОЛНЕНИЕ

Определяем нагрузки на воронку при заполнении в соответствии с требованиями [Раздела 6].

1) находим требуемые параметры:

- эмпирический коэффициент $b = 0,2$;
- коэффициент формы для конических воронок $S = 2$;
- характеристическое значение отношения давления в воронке

$$F_f = 1 - \frac{b}{\left(1 + \frac{\operatorname{tg}(\beta)}{\mu_{\text{heff}}}\right)} = 1 - \frac{0,2}{\left(1 + \frac{1,0}{0,22}\right)} = 0,964;$$

- параметр $n = S \times (1 - b) \times \mu_{\text{heff}} \times \operatorname{ctg}(\beta) = 2 \times (1 - 0,2) \times 0,22 \times 1,0 = 0,346$;

2) определяем среднее вертикальное напряжение в материале на высоте x над вершиной воронки:

Обозначение	Формула	Высота x , м	Комбинация
			4
p_v	$p_v = \left(\frac{\gamma \times h_h}{n - 1}\right) \times \left\{ \left(\frac{x}{h_h}\right) - \left(\frac{x}{h_h}\right)^n \right\} + p_{vft} \times \left(\frac{x}{h_h}\right)^n,$ <p>где x — вертикальная координата, отсчитываемая от вершины воронки; p_{vft} — см. пункт 5.3.2.8-а)-4) настоящего Примера</p>	3,00	35,20
		2,70	36,30
		2,40	37,20
		2,10	37,87
		1,80	38,24
		1,50	38,22
		1,20	37,69
		0,90	36,40
		0,60	33,86
		0,30	28,75
		0,00	0,00

3) рассчитываем нормальное давление p_{nf} и нагрузку за счет трения о стенки p_{tf} в произвольном месте стенки плоской воронки после заполнения:

Обозначение	Формула	Высота x , м	Комбинация	
			4	
			p_{nf}	p_{tf}
p_{nf} p_{tf}	$p_{nf} = F_f \times p_v$ $p_{tf} = \mu_{\text{heff}} \times F_f \times p_v$	3,00	33,95	7,34
		2,70	35,01	7,57
		2,40	35,88	7,76
		2,10	36,52	7,90
		1,80	36,88	7,97
		1,50	36,86	7,97
		1,20	36,35	7,86
		0,90	35,10	7,59
		0,60	32,66	7,06
		0,30	27,73	5,99
		0,00	0,00	0,00

В графическом виде распределение нормального давления на стенки воронки и нагрузки за счет трения о стенки показано на Рисунке 5.3.14. Этот же рисунок можно использовать для получения промежуточных значений.

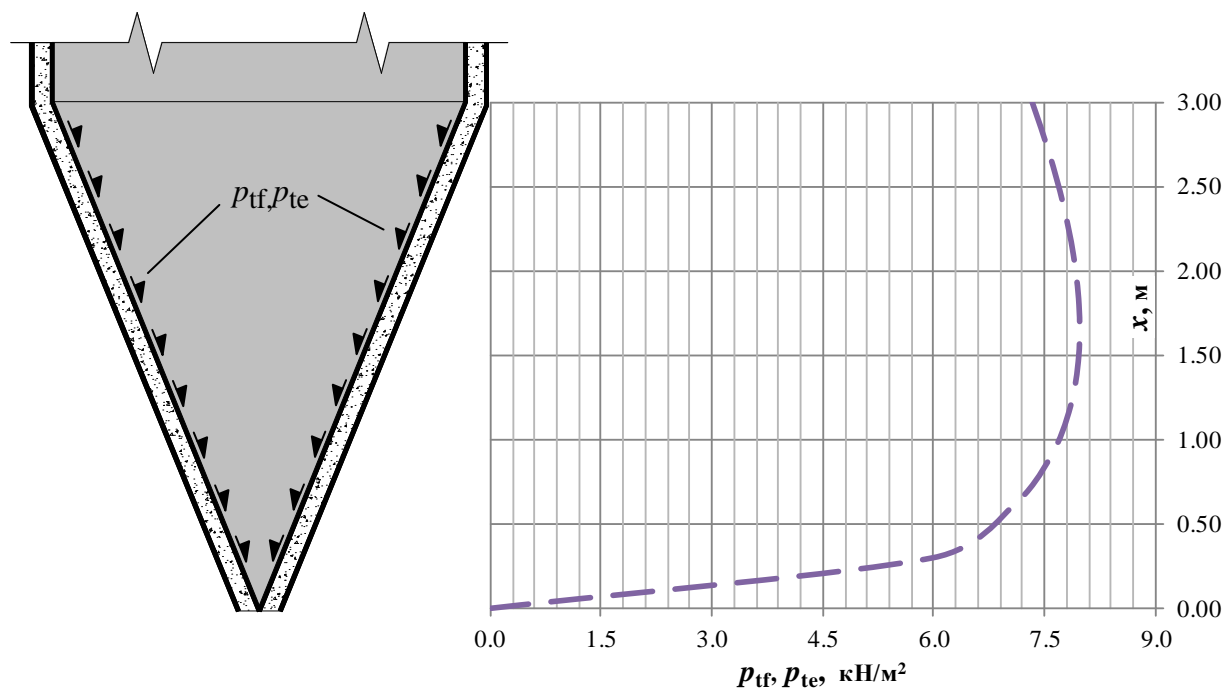
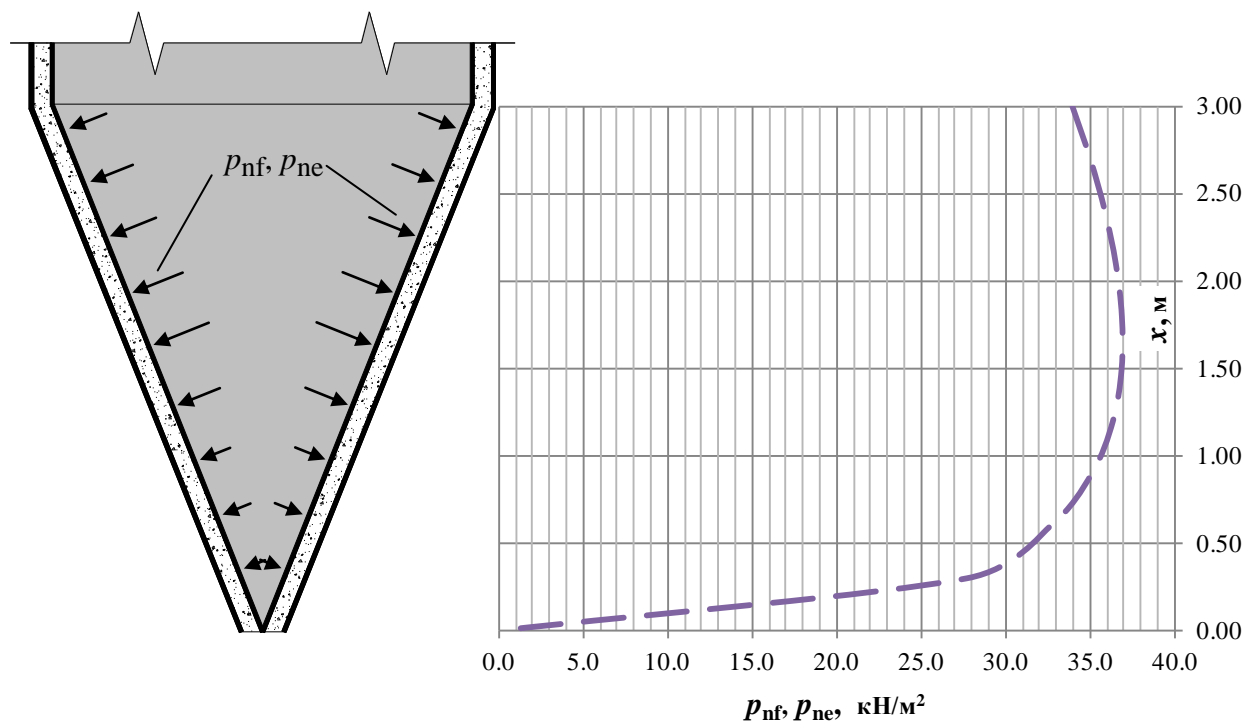


Рисунок 5.3.14

в) РАЗГРУЗКА

Согласно [Пункту 6.4.3(1)], нормальное давление p_{ne} и нагрузка за счет трения о стенки p_{te} могут быть приняты равными аналогичным значениям при заполнении:

Обозначение	Формула	Высота x , м	Комбинация	
			4	
			p_{ne}	p_{te}
p_{ne} p_{te}	$p_{ne} = p_{nf}$ $p_{te} = p_{tf}$	3,00	33,95	7,34
		2,70	35,01	7,57
		2,40	35,88	7,76
		2,10	36,52	7,90
		1,80	36,88	7,97
		1,50	36,86	7,97
		1,20	36,35	7,86
		0,90	35,10	7,59
		0,60	32,66	7,06
		0,30	27,73	5,99
		0,00	0,00	0,00

В графическом виде распределение нормального давления на стенки воронки и нагрузки за счет трения о стенки показано на Рисунке 5.3.14.

5.3.2.9 Определяем нагрузки от собственного веса конструкций

а) Нагрузка от веса верхней части (ствола):

- по СН РК EN 1991-1-1 принимаем удельный вес железобетона $\gamma_c = 25,0 \text{ кН/м}^3$;
- общий вес верхней части (ствола) бункера

$$G_{sw} = 4 \times t \times (d_c + t) \times h_{wc} \times \gamma_c =$$

$$= 4 \times 0,3 \times (6,0 + 0,3) \times 8,0 \times 25,0 = 1512,0 \text{ кН};$$

– вычисляем вес верхней части (ствола) бункера в зависимости от глубины g_{sw} и распределенный по периметру вес верхней части бункера в зависимости от глубины $g_{sw,p}$:

Обозначение	Формула	Глубина z , м	g_{sw} , кН	$g_{sw,p}$, кН/м
g_{sw} $g_{sw,p}$	$g_{sw} = G_{sw} / h_{wc} \times (z + h_{wc} - h_c)$ $g_{sw,p} = g_{sw} / (4 \times (d_c + t))$	0,39	125,5	4,98
		0,52	149,1	5,92
		1,03	246,5	9,78
		1,55	343,8	13,64
		2,06	441,2	17,51
		2,58	538,5	21,37
		3,09	635,9	25,23
		3,61	733,2	29,10
		4,12	830,6	32,96
		4,64	927,9	36,82
		5,15	1025,3	40,68
		5,67	1122,6	44,55
		6,18	1220,0	48,41
		6,70	1317,3	52,27
		7,21	1414,7	56,14
		7,73	1512,0	60,00

В графическом виде распределение веса верхней части бункера в зависимости от глубины показано на Рисунке 5.3.15. Этот же рисунок можно использовать для получения промежуточных значений.

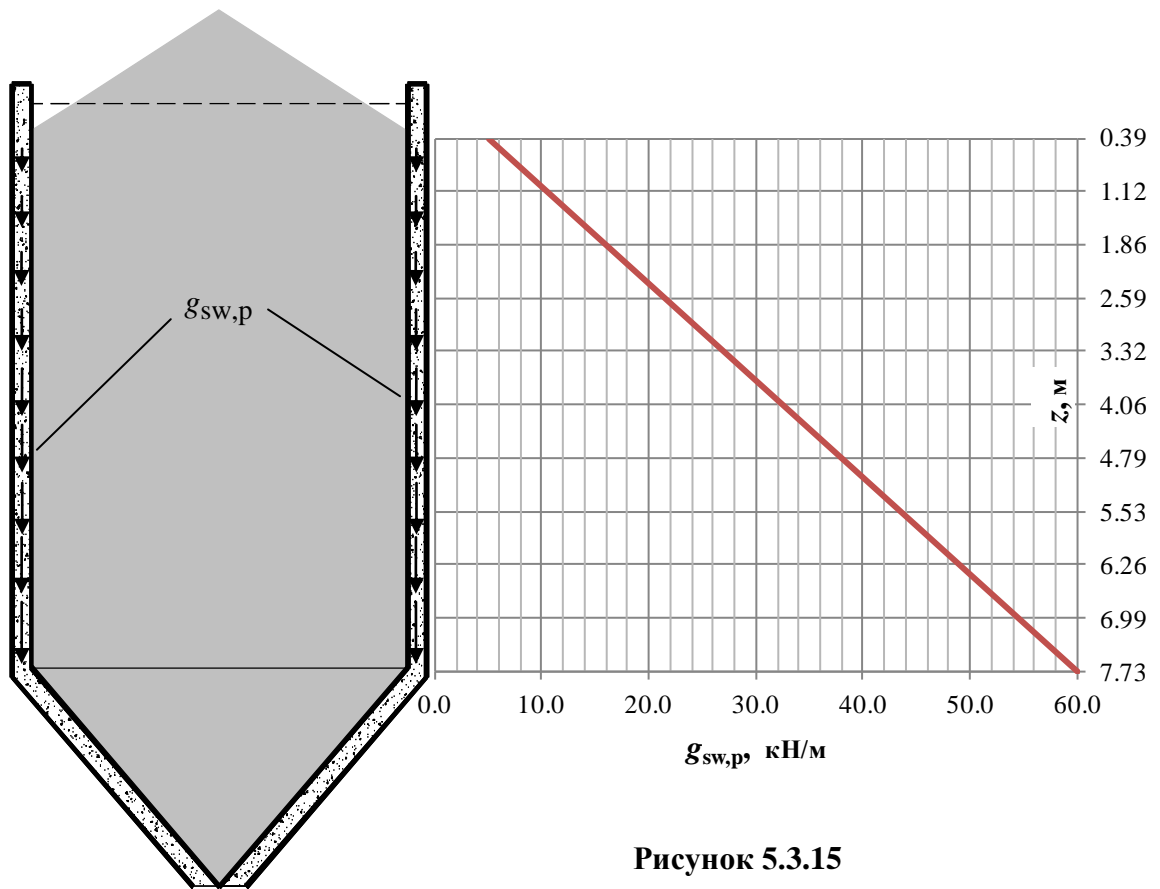


Рисунок 5.3.15

Распределенная нагрузка от веса воронки бункера:

$$g_h = \gamma_c \times t = 25,0 \times 0,3 = 7,5 \text{ кН/м}^2.$$

5.3.2.10 Ветровые нагрузки

а) Определяем требуемые параметры, следуя указаниям, приведенным в Разделе 4 СН РК EN 1991-1-4:

– коэффициент, учитывающий направление ветра, согласно Пункту 4.2(2) СН РК EN 1991-1-4:

$$c_{dir} = 1,0;$$

– сезонный коэффициент, согласно Пункту 4.2(2) СН РК EN 1991-1-4:

$$c_{season} = 1,0;$$

– орографический коэффициент, учитывая, что местность попадает под условия Пункта 4.3.3(2) СН РК EN 1991-1-4, принимаем

$$c_o(z) = 1,0;$$

– плотность воздуха (см. Примечание 2 к Пункту 4.5(1) СН РК EN 1991-1-4):

$$\rho = 1,25 \text{ кг/м}^3.$$

б) По Таблице 4.1 СН РК EN 1991-1-4 для заданного типа местности (тип II, см. исходные данные) имеем следующие параметры:

НТП РК 01-04.1-2012

- $z_o = 0,05$ м;
- $z_{o,II} = 0,05$ м;
- $z_{min} = 2,0$ м.

в) Принимаем (см. Рисунок 5.3.1)

$$z_{max} = 13,2 \text{ м.}$$

г) Базовое значение скорости ветра вычисляем по Формуле (4.1) СН РК EN 1991-1-4:

$$v_b = c_{dir} \times c_{season} \times v_{b,o} = 1,0 \times 1,0 \times 25,0 = 25,0 \text{ м/с.}$$

д) Коэффициент местности определяем по формуле (4.5) СН РК EN 1991-1-4:

$$k_r = 0,19 \times \left(\frac{z_o}{z_{o,II}} \right)^{0,07} = 0,19 \times \left(\frac{0,05}{0,05} \right)^{0,07} = 0,190.$$

е) Находим коэффициент, учитывающий тип местности $c_r(z)$, и вычисляем среднюю скорость ветра $v_m(z)$ на высоте z над уровнем земли:

Обозначение	Формула	Высота z , м	$c_r(z)$	$v_m(z)$, м/с
$c_r(z)$ $v_m(z)$	$c_r(z) = k_r \times \ln\left(\frac{z}{z_o}\right)$ для $z_{min} \leq z \leq z_{max}$	13,2	1,059	26,5
		12	1,041	26,0
		11	1,025	25,6
	$c_r(z) = c_r(z_{min})$ для $z \leq z_{min}$	10	1,007	25,2
		6,6	0,928	23,2
	$v_m(z) = c_r(z) \times c_o(z) \times v_b$	от 0 до 2	0,701	17,5

ж) Коэффициент турбулентности (см. Примечание 2 к Пункту 4.4 (1) СН РК EN 1991-1-4):

$$k_I = 1,0.$$

и) Вычисляем интенсивность турбулентности $I_v(z)$ (см. Примечание 2 к Пункту 4.4 (1) СН РК EN 1991-1-4) и пиковое значение скоростного напора $q_p(z)$ (см. Подпункт 4.5 (1) СН РК EN 1991-1-4):

Обозначение	Формула	Высота z , м	$I_v(z)$	$q_p(z)$, кН/м ²
$I_v(z)$ $q_p(z)$	$I_v(z) = \frac{k_I}{c_o(z) \times \ln(z/z_o)}$ для $z_{min} \leq z \leq z_{max}$	13,2	0,179	0,989
		12	0,182	0,965
		11	0,185	0,943
	$I_v(z) = I_v(z_{min})$ для $z \leq z_{min}$	10	0,189	0,919
		6,6	0,205	0,818
	$q_p(z) = (1 + 7 \times I_v(z)) \times \frac{1}{2} \times \rho \times v_m^2(z)$	от 0 до 2	0,271	0,556

к) В соответствии с Пунктом 7.2.2(1) СН РК EN 1991-1-4, учитывая, что

$$h = 13,2 \text{ м} = 2 \times b = 2 \times (6 + 2 \times 0,3) = 13,2 \text{ м},$$

- за базовую высоту z_e будем принимать высоту над поверхностью земли, обозначенную на Рисунке 7.4 СН РК EN 1991-1-4 для $h=2b$ (см. Рисунок 5.3.16).

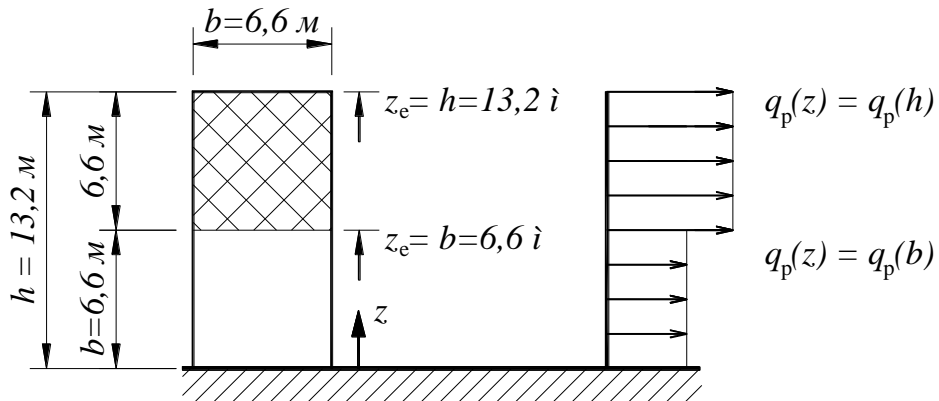


Рисунок 5.3.16

л) Теперь найдем пиковую скорость для ключевых уровней:

Обозначение	Формула	Высота z , м	$q_p(z_e)$, кН/м ²
$q_p(z_e)$	$q_p(z_e) = q_p(z = b)$ при $0 \leq z < b$ $q_p(z_e) = q_p(z = h)$ при $b \leq z \leq h$	от 6,6 до 13,2 от 0 до 6,6	0,989 0,818

м) Вычисляем коэффициент внешнего давления согласно требованиям Пункта 7.2.2(2) СН РК EN 1991-1-4:

- находим $e = \min(b, 2 \times h) = \min(6,6, 26,4) = 6,6 \text{ м} = d$ и на Рисунке 7.5 СН РК EN 1991-1-4 выбираем случай для $e = d$ (см. Рисунок 5.3.18):

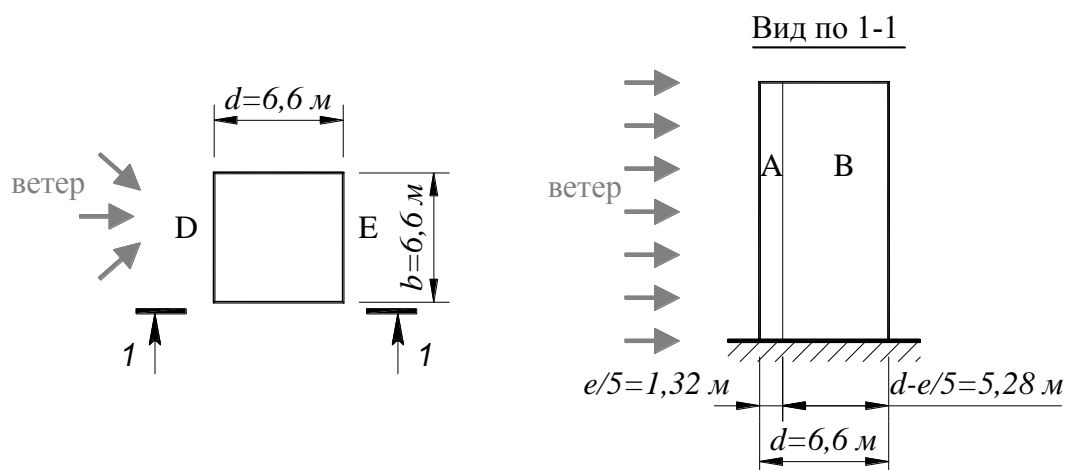


Рисунок 5.3.18

В графическом виде распределение по высоте напоров $q_p(z)$ и $q_p(z_e)$ показано на Рисунке 5.3.17.

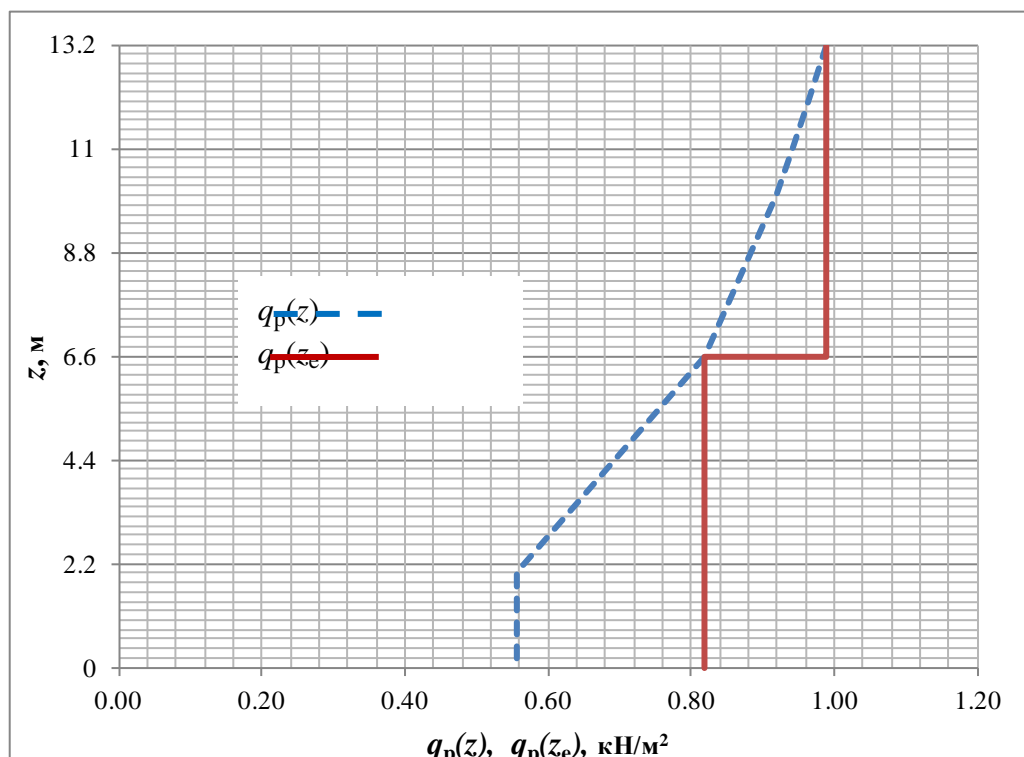


Рисунок 5.3.17

– по Таблице 7.1 СН РК EN 1991-1-4 с учетом Национального Приложения к СН РК EN 1991-1-4 определяем коэффициент c_{pe} для разных зон ветрового давления применительно к настоящему примеру:

c_{pe} для $h/d = 13,2/6,6 = 2,0$	Зона			
	A	B	D	E
	-1,2	-0,8	0,8	-0,6

н) вычисляем ветровое давление, действующее на внешние поверхности:

Обозначение	Формула	Высота z , м	w_e , кН/м ²			
			A	B	D	E
w_e	$w_e = q_p(z_e) \times c_{pe}$	от 6,6 до 13,2	-1,19	-0,79	0,79	-0,59
		от 0 до 6,6	-0,98	-0,65	0,65	-0,49

Эпюра распределения ветрового давления на внешние поверхности стен бункера приведена на Рисунке 5.3.19.

от 0 до 6,6 м от 6,6 м до 13,2 м

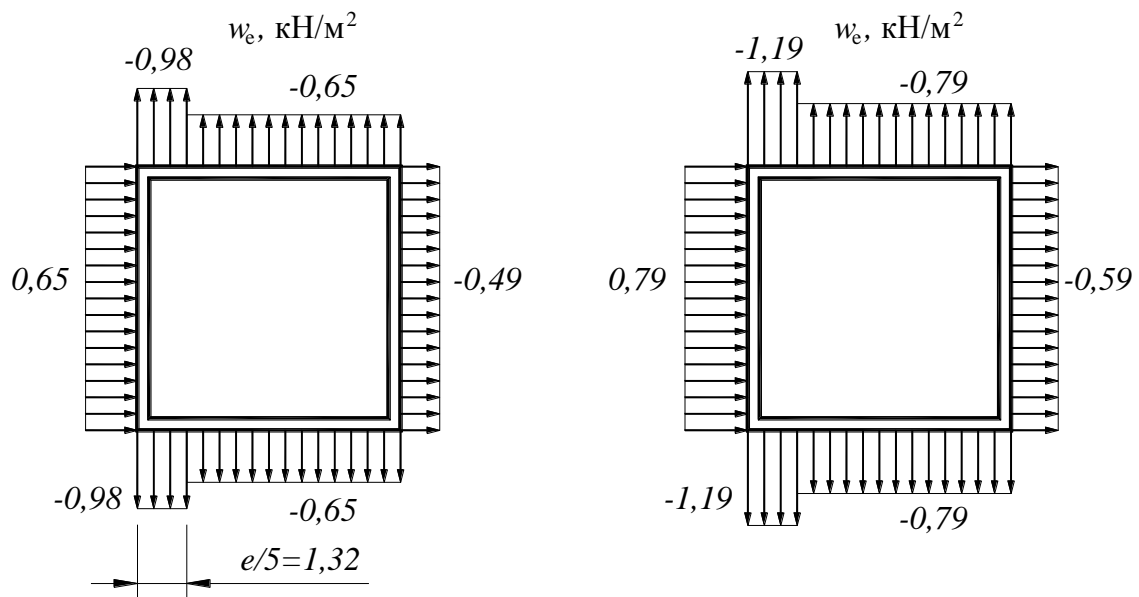


Рисунок 5.3.19

п) давление от ветра внутри бункера не учитываем, т.к. бункер сверху закрытый и стены непроницаемы (не имеют проемов).

5.3.2.11 Комбинации воздействий

а) При расчете бункера с учетом критического предельного состояния в настоящем примере должны рассматриваться следующие воздействия:

Обозначение	Описание	Пункты настоящего примера
Q_f	заполнение и хранение сыпучих материалов	5.3.2.7-а) и 5.3.2.8-б)
Q_d	разгрузка сыпучих материалов	5.3.2.7-б) и 5.3.2.8-в)
G	нагрузки от собственного веса конструкций	5.3.2.9
Q_w	ветровые нагрузки	5.3.2.10

б) Комбинирование воздействий выполняем по [Таблице А.2] (класс требований – 2, предельное состояние – «обычное») с учетом коэффициентов, принятых (согласно [А.2.1]) по положениям А.1 СН РК EN 1990.

Обозначение	Описание	Формула
D	разгрузка сыпучего материала	$1,35 \times G \llcorner + \gg 1,5 \times Q_d \llcorner + \gg 1,5 \times 0,6 \times Q_w$
WF	ветер и заполненный бункер	$1,35 \times G \llcorner + \gg 1,5 \times Q_f \llcorner + \gg 1,5 \times 0,6 \times Q_w$
WE	ветер и пустой бункер	$1,35 \times G \llcorner + \gg 1,5 \times 0,6 \times Q_w$

ПРИМЕЧАНИЕ 1 Напомним (см. Пункт 6.4.3.2 СН РК EN 1190), что символ «+» означает «должен сочетаться с», то есть соответствующие члены формулы учитываются, когда они создают расчетное сочетание.

ПРИМЕЧАНИЕ 2 Для нагрузок Q_f и Q_d подразумевается вариант (комбинация характеристик материалов), приводящий к наихудшему для конструкции напряженно-деформированному состоянию конструкции, для которой составляется расчетная комбинация (сочетание) воздействий.

5.4 Пример 3. Резервуар

5.4.1 Исходные данные

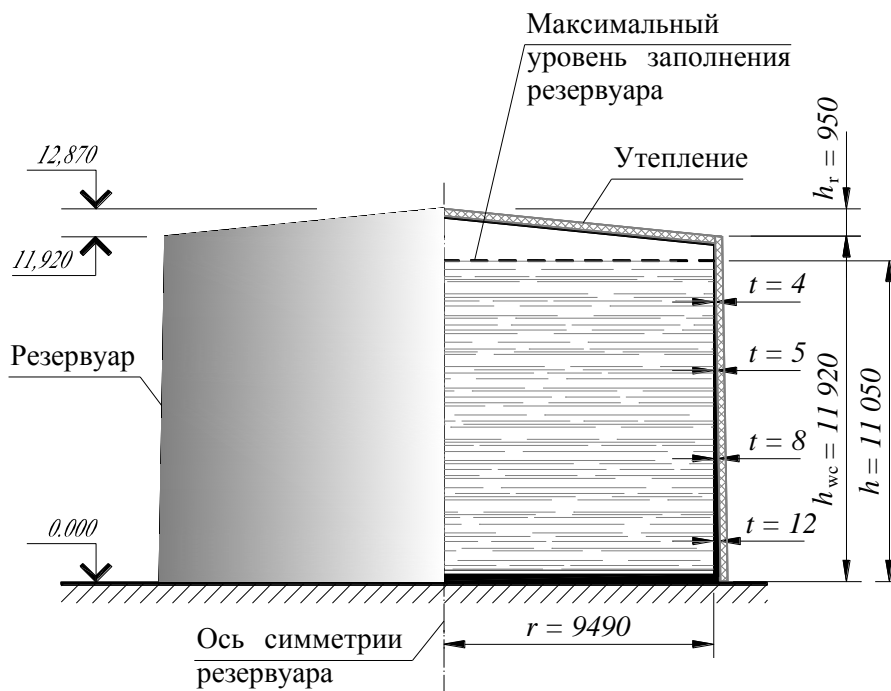


Рисунок 5.4.1

5.4.1.1 Резервуар, показанный на Рисунке 5.4.1, предназначен для хранения технической воды.

Максимальная высота заполнения резервуара (по технологическому заданию) составляет 11,05 м.

5.4.1.2 Геометрические размеры приняты по технологическому заданию на проектирование:

- высота вертикальных стенок $h_{wc} = 11,92$ м;
- радиус окружности поперечного сечения $r = 9,49$ м;
-

5.4.1.3 Материал стен резервуара — сталь.

Стенка имеет переменную толщину по высоте. Предварительно принятые величины:

Номер пояса	Толщина, мм	Высота пояса, м	Высота от низа резервуара, м	Высота пояса равной толщины, м
8	4	1,49	11,92	2,98
7	4	1,49	10,43	
6	5	1,49	8,94	2,98
5	5	1,49	7,45	
4	8	1,49	5,96	2,98
3	8	1,49	4,47	
2	12	1,49	2,98	2,98
1	12	1,49	1,49	

5.4.1.4 Крыша резервуара – коническая. Уклон крыши 1/10. Вес 1 кв. м конструкции крыши с изоляцией и оборудованием 1,5 кН/м².

5.4.1.5 Изоляция стен резервуара выполнена навесной. Вес конструкции изоляции $g_{ins} = 0,45$ кН/м².

5.4.1.6 Характеристическое значение снеговой нагрузки на грунт в районе строительства $s_k = 1,5$ кН/м².

Район строительства расположен на высоте менее 1500 м над уровнем моря.

Условия – обычные (нормальные) (см. Пункт 3.2(1) СН РК EN 1991-1-3).

5.4.1.7 Ветровые нагрузки в районе строительства следует определять для местности, имеющей тип III (см. Пункт 4.3.2 СН РК EN 1991-1-4).

Основное значение базовой скорости ветра в районе строительства $v_{b,0} = 20$ м/с.

Местность попадает под условия Пункта 4.3.3(2) СН РК EN 1991-1-4, те влиянием орографии и близлежащих зданий допускается пренебречь

5.4.1.8 Температурные воздействия допускается не учитывать, так как резервуар имеет тепловую изоляцию и эксплуатируется при малых колебаниях температуры заполняющей жидкости. Кроме того, количество циклов нагрузки за счет теплового расширения не приводит к риску возникновения усталостных повреждений (см. [Пункт В.2.3]).

5.4.1.9 Требуется определить нагрузки и воздействия для расчета резервуара с учетом «обычного» критического предельного состояния («Ordinary» ULS, см. [Таблицу А.2]).

5.4.1.10 Неравномерностью осадок опор допускается пренебречь.

5.4.2 Решение

5.4.2.1 Определяем геометрические параметры резервуара, используя информацию, приведенную на Рисунке 5.4.1.

а) Характеристическое значение внутреннего габаритного размера поперечного сечения резервуара

$$d_c = 2 \times r = 2 \times 9,49 = 18,98 \text{ м.}$$

б) Высота крыши при заданном уклоне (см. исходные данные)

$$h_r = 0,1 \times r = 0,1 \times 9,49 = 0,95 \text{ м.}$$

в) Площадь поперечного сечения резервуара

$$A = \pi \times \frac{d_c^2}{4} = \pi \times \frac{18,98^2}{4} = 282,93 \text{ м}^2.$$

г) Внутренний периметр поперечного сечения

$$U = \pi \times d_c = \pi \times 18,98 = 59,63 \text{ м.}$$

5.4.2.2 Нагрузки, связанные с хранением жидкости в резервуаре

а) По СН РК EN 1991-1-1 принимаем удельный вес жидкости $\gamma_w = 10,0 \text{ кН/м}^3$.

б) Характеристическое значение гидростатического давления определим при уровнях заполнения, соответствующих высотам расположения верха поясов одинаковой толщины. Шаг определения давления по высоте для каждого уровня заполнения назначим равным высоте пояса стенки:

Обозначение	Формула	Высота h , м	уровни заполнения h_f , м							
			11,05		8,94		5,96		2,98	
			z	$p(z)$	z	$p(z)$	z	$p(z)$	z	$p(z)$
$p(z)$	$p(z) = \gamma_w \times z$	11,05	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		10,43	0,62	6,20	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		8,94	2,11	21,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
		7,45	3,60	36,00	1,49	14,90	0,00	0,00	0,00	0,00
		5,96	5,09	50,90	2,98	29,80	0,00	0,00	0,00	0,00
		4,47	6,58	65,80	4,47	44,70	1,49	14,90	0,00	0,00
		2,98	8,07	80,70	5,96	59,60	2,98	29,80	0,00	0,00
		1,49	9,56	95,60	7,45	74,50	4,47	44,70	1,49	14,90
		0	11,05	110,5	8,94	89,40	5,96	59,60	2,98	29,80
ПРИМЕЧАНИЕ Шаг разбивки по высоте (глубине) может быть принят другим; например, в зависимости от шага разбиения конструкции на конечные элементы.										

В графическом виде распределение горизонтального давления на стены резервуара в зависимости от глубины для разных уровней заполнения показано на Рисунке 5.4.2. Этот же рисунок можно использовать для получения промежуточных значений.

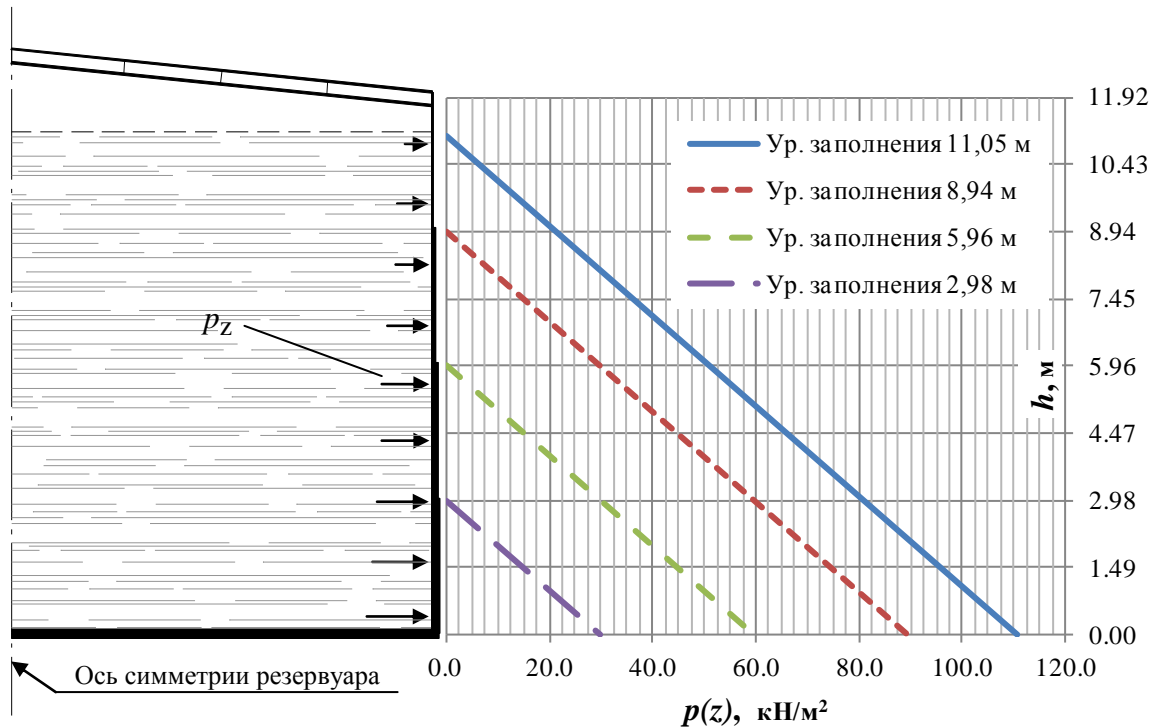


Рисунок 5.4.2

в) Нагрузка от внутреннего давления (избыточное давление в газовом пространстве), согласно исходным данным:

$$p_{ov} = 2,0 \text{ кН/м}^2.$$

г) пониженное давление за счет недостаточной вентиляции (вакуум), согласно исходным данным:

$$p_{vac} = 0,25 \text{ кН/м}^2.$$

5.4.2.3 Определяем нагрузки от собственного веса конструкций.

а) Общий вес крыши

$$G_r = g_r \times A = 1,5 \times 282,93 = 424,4 \text{ кН}.$$

Равномерно распределенная по периметру нагрузка на стены от веса крыши

$$g_{r,p} = G_r / U = 424,4 / 59,63 = 7,12 \text{ кН/м}.$$

б) Нагрузка от веса стен:

- по СН РК EN 1991-1-1 принимаем удельный вес стали $\gamma_{st} = 78,5 \text{ кН/м}^3$;
- находим вес стен резервуара в зависимости от высоты g_{sw} и распределенный по периметру вес стен в зависимости от высоты $g_{sw,p}$:

Обозначение	Формула	Высота h , м	g_{sw} , кН	$g_{sw,p}$, кН/м
g_{sw} $g_{sw,p}$	$g_{sw,i} = g_{sw,i-1} + 2 \times \pi \times t_i \times \left(r + \frac{t_i}{2} \right) \times h_i \times \gamma_{st}$ $g_{sw,p} = g_{sw} / U$	11,92	0,00	0,00
		10,43	27,90	0,47
		8,94	55,81	0,94
		7,45	90,69	1,52
		5,96	125,57	2,11
		4,47	181,39	3,04
		2,98	237,20	3,98
		1,49	320,95	5,38
		0	404,69	6,79

– вычисляем распределенный по периметру вес изоляции в зависимости от глубины $g_{ins,p}$:

Обозначение	Формула	Высота h , м	$g_{ins,p}$, кН/м
$g_{ins,p}$	$g_{ins,p} = g_{ins} \times (h_{wc} - h)$	11,92	0,00
		10,43	0,67
		8,94	1,34
		7,45	2,01
		5,96	2,68
		4,47	3,35
		2,98	4,02
		1,49	4,69
		0	5,36

в) В графическом виде нагрузки от собственного веса конструкций резервуара показаны на Рисунке 5.4.3:

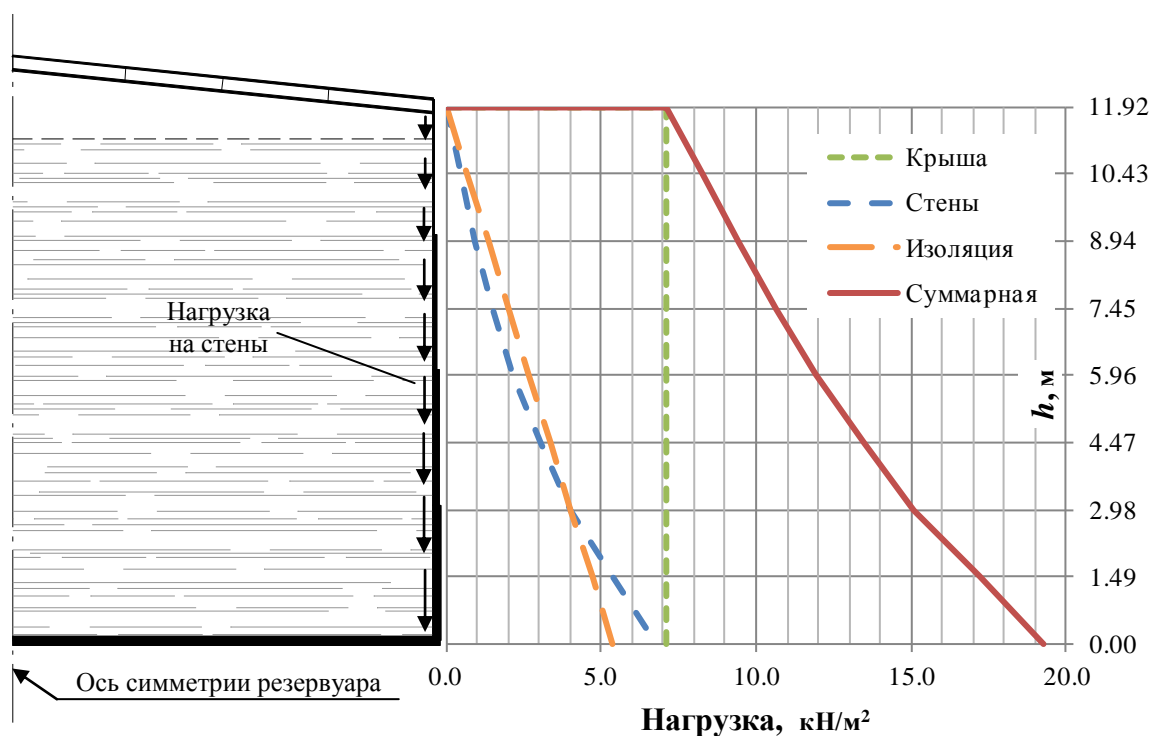


Рисунок 5.4.3

5.4.2.4 Снеговые нагрузки

а) Определяем требуемые параметры:

– учитывая малый уклон крыши (при заданных в исходных данных значениях угол наклона образующей конусообразной крыши к горизонтальной плоскости составляет $5,7^\circ$), принимаем распределение снеговой нагрузки как для плоских покрытий;

– по Таблице 5.2 СН РК EN 1991-1-3, для угла наклона ската $0^\circ \leq \alpha \leq 30^\circ$ находим коэффициент формы снеговой нагрузки $\mu_1 = 0,8$;

– в соответствии с Пунктом 5.2(7) СН РК EN 1991-1-3 по таблице 5.1 СН РК EN 1991-1-3 принимаем коэффициент окружающей среды $C_e = 1,0$;

– согласно рекомендациям Пункта 5.2(8) СН РК EN 1991-1-3, получаем температурный коэффициент $C_t = 1,0$.

б) Используя формулу (5.1) СН РК EN 1991-1-3, вычисляем нагрузку от снега на крышу резервуара:

$$s_r = \mu_1 \times C_e \times C_t \times s_k = 0,8 \times 1,0 \times 1,0 \times 1,5 = 1,2 \text{ кН/м}^2.$$

в) Равномерно распределенная по периметру нагрузка на стены от веса снега:

$$s_{r,p} = s_r \times A / U = s_r \times r / 2 = 1,2 \times 9,49 / 2 = 5,7 \text{ кН/м}.$$

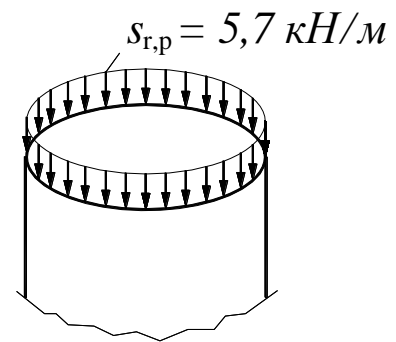


Рисунок 5.4.4

5.4.2.5 Ветровые нагрузки

а) Определяем требуемые параметры, следуя указаниям, приведенным в Разделе 4 СН РК EN 1991-1-4:

– коэффициент, учитывающий направление ветра, согласно Пункту 4.2(2) СН РК EN 1991-1-4:

$$c_{dir} = 1,0;$$

– сезонный коэффициент, согласно Пункту 4.2(2) СН РК EN 1991-1-4:

$$c_{season} = 1,0;$$

– орографический коэффициент, учитывая, что местность попадает под условия Пункта 4.3.3(2) СН РК EN 1991-1-4, принимаем

$$c_o(z) = 1,0;$$

– плотность воздуха (см. Примечание 2 к Пункту 4.5(1) СН РК EN 1991-1-4):

$$\rho = 1,25 \text{ кг/м}^3;$$

б) По Таблице 4.1 СН РК EN 1991-1-4 для заданного типа местности (тип III, см. исходные данные) имеем следующие параметры:

– $z_o = 0,3 \text{ м}$;

– $z_{o,II} = 0,05$ м;

– $z_{min} = 5,0$ м.

в) Принимаем

– для стен $z_{max} = 11,92$ м;

– для кровли $z_{max} = h_{wc} + h_r = 11,92 + 0,95 = 12,87$ м;

г) Базовое значение скорости ветра вычисляем по Формуле (4.1) СН РК EN 1991-1-4:

$$v_b = c_{dir} \times c_{season} \times v_{b,o} = 1,0 \times 1,0 \times 20,0 = 20,0 \text{ м/с.}$$

д) Коэффициент местности определяем по формуле (4.5) СН РК EN 1991-1-4:

$$k_r = 0,19 \times \left(\frac{z_o}{z_{o,II}} \right)^{0,07} = 0,19 \times \left(\frac{0,3}{0,05} \right)^{0,07} = 0,215.$$

е) Вычисляем коэффициент, учитывающий тип местности $c_r(z)$ и средняя скорость ветра $v_m(z)$ на высоте z над уровнем земли:

ж)

Обозначение	Формула	Высота z , м	$c_r(z)$	$v_m(z)$, м/с
$c_r(z)$ $v_m(z)$	$c_r(z) = k_r \times \ln\left(\frac{z}{z_o}\right)$ для $z_{min} \leq z \leq z_{max}$ $c_r(z) = c_r(z_{min})$ для $z \leq z_{min}$ $v_m(z) = c_r(z) \times c_o(z) \times v_b$	12,87	0,810	16,2
		11,92	0,793	15,9
		10,43	0,764	15,3
		8,94	0,731	14,6
		7,45	0,692	13,8
		5,96	0,644	12,9
		от 0 до 5	0,606	12,1

з) Коэффициент турбулентности (см. Примечание 2 к Пункту 4.4 (1) СН РК EN 1991-1-4):

$$k_I = 1,0;$$

и) Рассчитываем интенсивность турбулентности $I_v(z)$ (см. Примечание 2 к Пункту 4.4 (1) СН РК EN 1991-1-4) и пиковое значение скоростного напора $q_p(z)$ (см. Подпункт 4.5 (1) СН РК EN 1991-1-4):

Обозначение	Формула	Высота z , м	$I_v(z)$	$q_p(z)$, кН/м ²
$I_v(z)$ $q_p(z)$	$I_v(z) = \frac{k_I}{c_o(z) \times \ln(z/z_o)}$ для $z_{min} \leq z \leq z_{max}$ $I_v(z) = I_v(z_{min})$ для $z \leq z_{min}$ $q_p(z) = (1 + 7 \times I_v(z)) \times \frac{1}{2} \times \rho \times v_m^2(z)$	12,87	0,266	0,469
		11,92	0,272	0,456
		10,43	0,282	0,434
		8,94	0,295	0,409
		7,45	0,311	0,380
		5,96	0,335	0,346
		от 0 до 5	0,355	0,320

к) В соответствии с Пунктом 7.9.1(6) СН РК EN 1991-1-4 за базовую высоту z_e будем принимать высоту рассматриваемых сечений над поверхностью земли.

л) Вычисляем коэффициент внешнего давления и ветровое давление, действующее на внешние поверхности.

При этом для нахождения коэффициента внешнего давления воспользуемся способом, альтернативным по отношению к способу, примененному в примере 1, а именно – применим подходящую к условиям настоящего примера формулу (С.1) СН РК EN 1993-4-1:2006/2011, которая учитывает все необходимые факторы: конечность цилиндра, его гибкость и др. (см. также подпункт 2.4.2(2) СН РК EN 1993-4-1:2006/2011 и примечание к нему).

ПРИМЕЧАНИЕ Отметим, что решение по СН РК EN 1991-1-4, то есть – способом, примененным в примере 1 (здесь не приводится), дает подобные результаты.

Итак, с учетом изложенного, получаем:

Обо- зна- чение	Формула	Угол α , гра- дус	c_{pe}	w_e , кН/м ² для высот z , м					
				от 0 до 5	5,96	7,45	8,94	10,43	11,92
c_{pe} w_e	$c_{pe} = C_p$ по (С.1)* $w_e = q_p(z_e) \times c_{pe}$	0	1,00	0,32	0,35	0,38	0,41	0,43	0,46
		11	0,92	0,29	0,32	0,35	0,37	0,40	0,42
		22	0,67	0,21	0,23	0,25	0,27	0,29	0,30
		31	0,36	0,12	0,13	0,14	0,15	0,16	0,17
		42	-0,05	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02	-0,02
		52	-0,45	-0,15	-0,16	-0,17	-0,19	-0,20	-0,21
		62	-0,78	-0,25	-0,27	-0,30	-0,32	-0,34	-0,36
		73	-1,02	-0,33	-0,35	-0,39	-0,42	-0,44	-0,46
		83	-1,10	-0,35	-0,38	-0,42	-0,45	-0,48	-0,50
		93	-1,03	-0,33	-0,36	-0,39	-0,42	-0,45	-0,47
		102	-0,89	-0,28	-0,31	-0,34	-0,36	-0,38	-0,40
		111	-0,70	-0,22	-0,24	-0,27	-0,29	-0,30	-0,32
		120	-0,51	-0,16	-0,18	-0,19	-0,21	-0,22	-0,23
		180	-0,51	-0,16	-0,18	-0,19	-0,21	-0,22	-0,23
*) Формула (С.1) СН РК EN 1993-4-1:2006/2011 применена только для нелинейной части графика, изображенного на Рисунке 7.27 СН РК EN 1991-1-4.									

Эпюра распределения ветрового давления на внешние поверхности стен приведена на Рисунке 5.4.5.

w_e для z от 0,000 до 5,000

w_e для $z = 11,920$

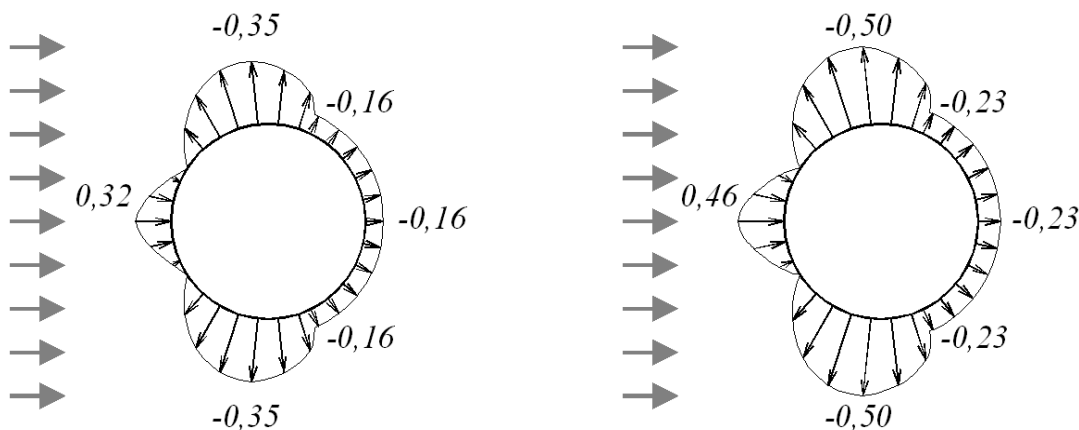


Рисунок 5.4.5

м) Давление от ветра внутри резервуара не учитываем, т.к. резервуар закрытый и его стены непроницаемы (не имеют проемов).

н) Воздействие ветра на крышу резервуара.

Для круглого в плане сооружения воспользуемся Рисунком 7.12 СН РК EN 1991-1-4 при $f = h_r = 0,95$ м.

Тогда для

$$f/d = 0,95 / 18,98 = 0,05$$

и

$$h/d = 11,92 / 18,98 = 0,63$$

- получаем распределение коэффициента внешнего давления и ветровое давление, действующее на крышу резервуара:

Обозначение	Формула	w_e , кН/м ² для зон		
		А	В	С
c_{pe}	$c_{pe} = c_{pe,10}$	-1,55	-0,5	-0,5
w_e	$w_e = q_p(z_e) \times c_{pe}$	-0,73	-0,23	-0,23

Эпюра распределения ветрового давления на внешнюю поверхность крыши приведена на Рисунке 5.4.6.

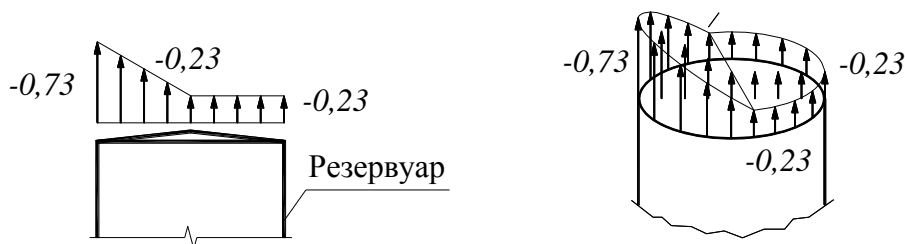


Рисунок 5.4.6

5.4.2.6 Комбинации воздействий

а) При расчете резервуара с учетом критического предельного состояния в настоящем примере должны рассматриваться следующие воздействия:

Обозначение	Описание	Пункты настоящего примера
Q_f	заполнение и хранение жидкости	5.4.2.2
G	нагрузки от собственного веса конструкций	5.4.2.3
Q_s	снеговые нагрузки	5.4.2.4
Q_w	ветровые нагрузки	5.4.2.5

б) Комбинирование воздействий выполняем по [Таблице А.2] (класс требований – 2, предельное состояние – «обычное») с учетом коэффициентов, принятых по Таблице 2.1 СН РК EN 1993-4-2.

Обозначение	Описание	Формула
F	заполнение	$1,35 \times G \llcorner + \gg 1,2 \times Q_f \llcorner + \gg 1,5 \times 0,6 \times Q_s$
S	снег	$1,35 \times G \llcorner + \gg 1,2 \times Q_f \llcorner + \gg 1,5 \times 0,6 \times Q_s$
WF	ветер и заполненный резервуар	$1,35 \times G \llcorner + \gg 1,2 \times Q_f \llcorner + \gg 1,5 \times 0,6 \times Q_w$
WE	ветер и пустой резервуар	$1,35 \times G \llcorner + \gg 1,5 \times 0,6 \times Q_w$

ПРИМЕЧАНИЕ 1 Напомним (см. Пункт 6.4.3.2 СН РК EN 1190), что символ « $\llcorner + \gg$ » означает «должен сочетаться с», то есть соответствующие члены формулы учитываются, когда они создают расчетное сочетание (комбинацию).

УДК 69.03

МКС 91.040

Ключевые слова: пособие, бункер, резервуар, нагрузка, воздействие, классификация, пример.

Ресми басылым

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ҰЛТТЫҚ ЭКОНОМИКА МИНИСТРЛІГІНІҢ
ҚҰРЫЛЫС, ТҰРҒЫН ҮЙ-КОММУНАЛДЫҚ ШАРУАШЫЛЫҚ ІСТЕРІ ЖӘНЕ
ЖЕР РЕСУРСТАРЫН БАСҚАРУ КОМИТЕТІ

**Қазақстан Республикасының
НОРМАТИВТІК–ТЕХНИКАЛЫҚ ҚҰРАЛЫ**

ҚР НТҚ 01-04.1-2012

**БУНКЕРЛЕР МЕН РЕЗЕРВУАРЛАРДЫ ЖОБАЛАУ.
БӨЛІМ. ЖҮКТЕМЕЛЕР МЕН ӘСЕР ЕТУДІ АНЫҚТАУ БӨЛІМІ**

Басылымға жауаптылар: «ҚазҚСҒЗИ» АҚ

050046, Алматы қаласы, Солодовников көшесі, 21
Тел./факс: +7 (727) 392-76-16 – қабылдау бөлмесі

Издание официальное

КОМИТЕТ ПО ДЕЛАМ СТРОИТЕЛЬСТВА, ЖИЛИЩНО-КОММУНАЛЬНОГО
ХОЗЯЙСТВА И УПРАВЛЕНИЯ ЗЕМЕЛЬНЫМИ РЕСУРСАМИ МИНИСТЕРСТВА
НАЦИОНАЛЬНОЙ ЭКОНОМИКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

**НОРМАТИВНО–ТЕХНИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ
Республики Казахстан**

НТП РК 01-04.1-2012

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ БУНКЕРОВ И РЕЗЕРВУАРОВ.
Часть. Определение нагрузок и воздействий**

Ответственные за выпуск: АО «КазНИИСА»

050046, г. Алматы, ул. Солодовникова, 21
Тел./факс: +7 (727) 392-76-16 – приемная