

Сәулет, қала құрылысы және құрылыс
саласындағы мемлекеттік нормативтер
ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫНЫҢ ЕРЕЖЕЛЕР ЖИНАҒЫ

Государственные нормативы в области
архитектуры, градостроительства и строительства
СВОДЫ ПРАВИЛ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

ГИДРОТЕХНИКАЛЫҚ ИМАРАТТАРҒА ТҮСЕТІН ЖҮКТЕМЕЛЕР МЕН ӘСЕР ЕТУЛЕР (ТОЛҚЫНДЫҚ, МҰЗДЫ ЖӘНЕ КЕМЕЛІК)

НАГРУЗКИ И ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ГИДРОТЕХНИЧЕСКИЕ СООРУЖЕНИЯ (ВОЛНОВЫЕ, ЛЕДОВЫЕ И ОТ СУДОВ)

ҚР ЕЖ 3.04-107-2014
СП РК 3.04-107-2014

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 экономики Республики Казахстан

Астана 2015

АЛҒЫ СӨЗ

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

ПРЕДИСЛОВИЕ

- 1 РАЗРАБОТАН:** АО КазНИИСА, ТОО «KGS»
- 2 ПРЕДСТАВЛЕН:** Управлением технического регулирования и нормирования Комитета по делам строительства, жилищно-коммунального хозяйства и управления земельными ресурсами Министерства национальной экономики Республики Казахстан
- 3 ПРИНЯТЫ И ВВЕДЕНЫ В ДЕЙСТВИЕ** Приказом Комитета по делам строительства жилищно-коммунального хозяйства и управления земельными ресурсами Министерства национальной экономики Республики Казахстан от «29» декабря 2014 года № 156-НҚ с 1 июля 2015 года

Осы мемлекеттік нормативті Қазақстан Республикасы 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	V
1 ҚОЛДАНЫЛУ САЛАСЫ.....	1
2 НОРМАТИВТІК СІЛТЕМЕЛЕР	1
3 ТЕРМИНДЕР МЕН АНЫҚТАМАЛАР.....	2
4 ЖАЛПЫ ЕРЕЖЕЛЕР	5
5 ТІК ЖӘНЕ ЕҢІС ПРОФИЛЬДЕРДІҢ ГИДРОТЕХНИКАЛЫҚ ИМАРАТТАРЫНА түсетін жүктемелер және әсерлер	5
5.1 Вертикалды профиль имараттарына тік толқындардан түсетін жүктемелер	5
5.2 Тік бейіндегі имараттарға және олардың элементтеріне (ерекше жағдай) толқындардың жүктемелері және әсер етуі	8
5.3 Тік бейіндегі имаратқа соғылатын және соқпа толқындардың жүктемелері	13
5.4 Еңіс бейіндегі имараттарға толқындардың жүктемелері	16
6 СҮЙІРЛЕНГЕН БӨГЕТТЕРГЕ ЖӘНЕ ӨТПЕЛІ ИМАРАТТАРҒА ТОЛҚЫНДАРДАН ТҮСЕТІН ЖҮКТЕМЕ.....	23
6.1 Тік сүйірленген бөгеттерге толқындардан түсетін жүктемелер	23
6.2 Горизонтал сүйірленген бөгеттерге түсетін толқындардан жүктеме	31
6.3 Тік сүйірлі бөгетке соғылатын толқындардан түсетін жүктеме	33
6.4 Су тесіп өтетін сүйір элементтердің имараттарына толқындықүштердің әсері	36
6.5 Үлкен диаметрлердің тік цилиндрларына толқындардан түсетін жүктеме (ерекше жағдайлар).....	37
7 ЖАҒАЛАУДЫ НЫҒАЙТУ ИМАРАТТАРЫНА ЖЕЛ ТОЛҚЫНДАРЫНАН ЖӘНЕ АРНАЛАР ЖАҒАЛАУЛАРЫН БЕКІТУДЕ КЕМЕ ТОЛҚЫНДАРЫНАН ТҮСЕТІН ЖҮКТЕМЕЛЕР	39
7.1 Жағалауды нығайту имараттарына жел толқындарынан түсетін жүктемелер	39
7.2 Арналардың жағалауларын бекітуге кеме толқындарынан түсетін жүктеме	46
8 ГИДРОТЕХНИКАЛЫҚ ИМАРАТТАРҒА КЕМЕЛЕРДЕН (ҚАЛҚЫМАЛЫ ОБЪЕКТІЛЕРДЕН) ТҮСЕТІН ЖҮКТЕМЕЛЕР	48
8.1 Желдің ағыстың және толқын күшінің жүзу нысандарына әсері	48
8.2 Бекітілген кеменің басқы күшінің имаратқа әсері	51
8.3 Имаратқа жақындағанда кеме басқысынан түсетін жүктемелер	51
8.4 Байлау арқандарының созылуынан болатын имаратқа түсетін күштер	54
9 ГИДРОТЕХНИКАЛЫҚ ИМАРАТТАРҒА МҰЗДАН ТҮСЕТІН ЖҮКТЕМЕЛЕР МЕН ӨСЕРЛЕР	56
9.1 Мұз алаңдарынан имаратқа түсетін жүктеме	57
9.2 Температурадан кеңейген жағдайдағы, тұтастай мұз жабыны қабаттылығының әсерінен имаратқа түсетін жүктемелер мен әсерлер	61
9.3 Мұздың астындағы массадан имаратқа түсетін жүктеме	62
9.4 Су деңгейінің, өзгеруінде, имаратқа, қатып қалған, мұз жабынының, түсіретін күші	64
9.5 Мұз астындағы массасының имаратқа әсер ететін күші	67
9.6 Қозғалыстағы торостың жүктемелері.....	68
А қосымшасы (ақпараттық) Толқынның элементтері ашық және шарбақты айлақтарда....	72
Б қосымшасы (ақпараттық) МКГКС осы шаманың өлшенетін формулалар және	

ҚР ЕЖ 3.04-107-2014

кестелері.....	89
В қосымшасы (ақпараттық) Жел мінездемесінің синоптикалық карталардың деректер бойынша ұйғарымы	93
Г қосымшасы (ақпараттық) Торостың қырқалары.....	94

КІРІСПЕ

Берілген «Гидротехникалық құрылыстарға түсетін жүктеме мен күш (толқынды, мұзды және кемелерден келтірілетін)» ережелер жинағы «Ғимарат және имараттарға, құрылыс материалдардың және бұйымдардың қауіпсіздігіне талаптар» техникалық регламенттарының, құрылыс шамалар және Қазақстан Республикасының қолданыстағы нормативтік-техникалық құжаттарының негізінде әзірленген.

Ережелер жинағының мәтіні [1, 2, 3, 4, 5] талаптардың тізбесі асырайды, олардың орындауында ережелер жинағы қабылдайтын жобалық тынымдарына сенімділік және қауіпсіздік беріледі.

Құжат параметрлік нормалаудың әдісімен бойынша әзірленген.

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ЕРЕЖЕЛЕР ЖИНАҒЫ
СВОД ПРАВИЛ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

ГИДРОТЕХНИКАЛЫҚ ИМАРАТТАРҒА ТҮСЕТІН ЖҮКТЕМЕЛЕР МЕН ӘСЕР
ЕТУЛЕР (ТОЛҚЫНДЫҚ, МҰЗДЫ ЖӘНЕ КЕМЕЛІК)

НАГРУЗКИ И ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ГИДРОТЕХНИЧЕСКИЕ СООРУЖЕНИЯ
(ВОЛНОВЫЕ, ЛЕДОВЫЕ И ОТ СУДОВ)

Енгізілген күні - 2015-07-01

1 ҚОЛДАНЫЛУ САЛАСЫ

1.1 Осы ережелер жинағы қайта салынатын, кеңейтілетін және реконструкцияланатын гидротехникалық имараттарды жобалау үшін қолданылады.

1.2 Осы қағидаларды қолдана отырып, гидротехникалық ғимараттарды жобалауда имараттармен қабылданатын жүктемелер және күштер анықталады.

2 НОРМАТИВТІК СІЛТЕМЕЛЕР

Осы ережелер жинағын қолдану үшін мына сілтеме нормативтік құжаттар қажет:

Қазақстан Республикасы Үкіметінің 2010 жылғы 17 қарашадғы № 1202 қаулысымен бекітілген «Ғимараттар мен құрылыстардың, құрылыс материалдары мен бұйымдарының қауіпсіздігіне қойылатын талаптар» техникалық регламенті.

ҚР ҚН 1.01-01-2011 Сәулет, қала құрылысы және құрылыс саласындағы мемлекеттік нормативтер. Негізгі ережелер.

ҚР ҚН 3.04-01-2013 Гидротехникалық имараттар.

ҚР ҚН 3.04-03-2014 Гидротехникалық имараттардың негіздемелері.

ҚНЖЕ 2.01.07-85* Жүктемелер және әсерлер.

ҚР ЕЖ 3.04-101-2013 Гидротехникалық имараттар.

МЕМСТ 19185-73 Гидротехника. Негізгі түсініктер. Терминдер мен анықтамалар.

МЕМСТ 27751-88 Құрылыс конструкцияларының және негіздерінің сенімділігі.

МЕМСТ 25100-95 Топырақтар. Сыныптама. 3-5 Бөлімі; А қосымшасы.

Ескертпе - Осы мемлекеттік нормативтік құжатты қолдану барысында ақпараттық деректер бойынша әр жыл сайын ағымдағы жылға арнап құрастырылатын «Қазақстан Республикасының аумағында қолданыстағы сәулет, қала құрылысы және құрылыс саласындағы нормативтік құқықтық және нормативтік-техникалық актілерінің тізбесі», «Мемлекетаралық нормативтік құжаттар көрсеткіші» сілтеме құжаттары әрекетін мақсатқа сай тексеру керек.

Егер де сілтеме құжат ауыстырылса (өзгертілсе), осы нормативтік құжатты қолдану барысында ауыстырылған (өзгертілген) құжатты басшылыққа алу қажет. Егер де сілтеме құжат ауыстырусыз жойылса, онда оған сілтеме көрсетілген ереже осы сілтемені қозғамайтын бөлігінде қолданылады.

Ресми басылым

3 ТЕРМИНДЕР МЕН АНЫҚТАМАЛАР

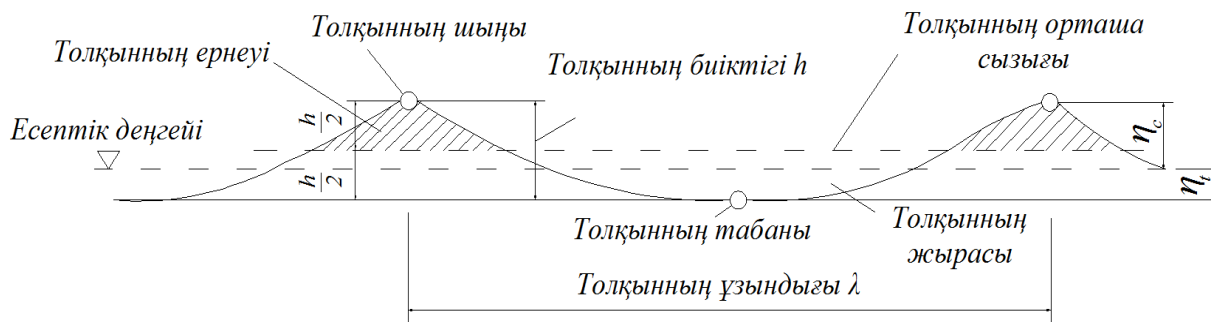
Осы ережелер жинағында тиісті анықтамалары бар мына терминдер қолданылған:

3.1 **Қума толқындар:** Айқын қалыбы кеңістікте ауысатын толқындар.

3.2 **Желдік толқындар:** Судың еркін жазықтықта жел әсерінен пайда болатын тербелмелі қозғалысы.

3.3 **Толқынды қысым:** Сұйықтықтың еркін жазықтығындағы жел толқуларымен шартталған гидродинамикалық қысымның үлесі (құраушысы).

3.4 **Толқынның биіктігі:** Толқынды бейіндегі іргелес табан үстіндегі толқын шыңының артуы (1 сурет).



1-сурет – Толқын элементтер мен профилі

3.5 **Толқынның шыңы:** Толқын ернеуінің ең биікті нүктесі (1-сурет).

3.6 **Толқынның ернеуі:** Орташа толқынды сызықтан жоғары орналасқан толқын бөлігі (1-сурет).

3.7 **Толқындардың дифракциясы:** Фронттардың майысуы және қума толқындар биіктіктерінің, иілетін бөгеттердің (имараттардың, аралдардың, мүйістердің және басқалардың) өзгертуі.

3.8 **Толқынның ұзындығы:** Толқынды бейіндегі екі шектес ернеу шыңының арасындағы толқын сәулесі бойынша горизонтал қашықтық (1-сурет).

3.9 **Толқынның екпінінің ұзындығы:** Есептік нүктеге дейін жел бағыты бойынша өлшенген желмен қамтылған айдынның ұзақтығы.

3.10 **Торос белағашы:** Торостың шоғырландырылған қабатынан төмен орналасқан оның суасты бөлігі.

3.11 **Торостың шоғырландырылған қабаты:** Торостың пайда болған мұз блоктары монолитке қатып қалған торостың бөлігі.

3.12 **Сыни тереңдік:** Толқын бұзылуы болатын тереңдік.

3.13 **Мұзды алаң:** Кез келген барлық жағынан сумен қоршалған, көлденеңінен 20 метрден астам мұз жамылғысының тегіс учаскесі.

3.14 **Мұз жамылғысы:** Жылдың суық мезгілінде су бетін басатын немесе шектес аудандардан ағынмен және желмен келу арқылы пайда болған мұз бетінің кез келген пішіні. Мұз жамылғысы пішіндерінің арасында тегіс мұз, қаттаулы мұз, торостар тізбегі бар торосты мұз алаңы, жеке торостар және өзгелері айқындалады.

3.15 **Толқынның жырасы:** Орташа толқынды сызықтан төмен орналасқан толқын бөлігі (1-сурет).

3.16 **Толқынның сәулесі:** Толқын фронтына перпендикуляр сызық.

3.17 **Мұздақ:** Мұздың біртіндеп өсуі кезінде немесе мұз алаңдарының бұзылуынан пайда болатын салыстырмалы үлкен емес өлшемдегі мұз жамылғысының тұтастай бөлігі.

3.18 **Қаттаулы мұз:** Бір мұздың, екіншісіне қабатталуы нәтижесінде құрылған және қалыңдығы 30 см асатын деформацияланған мұз түрі.

3.19 **Тұрақсыз толқындар:** Кездейсоқ түрде өзгеретін толқындар, элементтер.

3.20 **Торос желкені:** Торостың су үсті бөлігі.

3.21 **Толқын кезеңі:** Белгіленген тіктік арқылы екі шектес толқын шыңдарының арасынан өту арасындағы уақыт интервалы.

3.22 **Мұздың жылжуы:** Ағыс немесе желдің, су деңгейінің көтерілуі әсерінен мұз жамылғысының басқа бағытқа қарай ауысуы.

3.23 **Толқынның табаны:** Толқын ернеуінің төменгі нүктесі.

3.24 **Соқпа толқындар:** Жазық жағалаудағы еңістердегі (табиғи немесе жасанды) желді толқындар, оның шегінде су бөлшектерінің су түбімен үйкелісу салдарынан алдыңғы тік еңіс пайда болып, толқындар бейіні өзгереді, толқындардың өзгеруінің аяқталу кезеңінде жағаға қарай олардың жоталарының құлауы мүмкін.

3.25 **Толқынның бейіні (негізгі):** Толқындаған жазықтықтың толқын сәулесінің бағытына қарай тік тегістікте қиысу сызығы (1-сурет).

3.26 **Соғылатын толқындар:** Желдік толқындардың құлама жағамен гидротехникалық имараттармен, суасты бөгеттерімен тіке қисайған түппен өзара әрекеттесу кезінде, жағаға қарай жоталардың (бөгеттердің) кирауымен профильдің өзгеруі болады.

3.27 **Толқындық есептік элементтері:** Дауылдық есептік жүйеде берілген имарат санатына және түрлеріне сәйкес қабылданған есептік шторм жүйесіндегі берілген қамтамасыз етудің толқын элементтері.

3.28 **Есептік деңгейі:** Судың маусымдық және жылдық ауытқулармен белгіленген желдің соғуы мен қайтуы әсерінен құю ағысы мен қайту ағысының су айдынындағы деңгейі (1-сурет).

3.29 **Есептік дауыл:** Берілген уақыт кезеңінде (мысалы, 25, 50 немесе 100 жыл) қайталанатын және осы кезеңде максималды сипатталатын, толқын элементі; әртүрлі толқын бағытына, әртүрлі есептік дауылдар сәйкес келе алады.

3.30 **Тұрақты толқындар:** Биіктігі мен мерзімі уақыт өткен сайын өзгермейтін толқындар.

3.31 **Толқынның рефракциясы:** Ағыс әсерінен немесе таяз суда тереңдіктің өзгеруімен негізделген қума толқындар бағыттарының майысуы және биіктігінің өзгеруі.

3.32 **Тегіс мұз:** Түзу жоғарғы және төменгі беттері бар мұз.

3.33 **Толқынның жылдамдығы:** Толқын жоталарының осы нүктеде қозғалу жылдамдығы.

3.34 **Теңіз мұзының ащылығы:** Мұз ерітіндісінің сумен араласуы кезінде пайда болған иондардың жиынтық массасының мұз ертіндісіне қатынасы.

3.35 **Орташа толқынды сызық:** Толқындық тербелістер сызбасын қиып өтетін, көлемі жағынан биіктігі мен төмені бірдей сызық (1-сурет).

3.36 **Тік толқындар:** Көзге көрінетін қалыпта кеңістікте ауыспайтын толқындар.

3.37 **Тегіс мұз қалыңдығы:** Су асты және су үсті мұз жамылғысы бөлігі қалыңдығының жиыны.

3.38 **Торос:** Мұз бөлшектері мен сынықтарының бір-бірімен түйісуінен қысымдалған мұзды кесек үйінділері.

3.39 **Торосты мұзды алаң:** Мұз жамылғысы қысылған кезде пайда болған тростардың тізбелері бар алаң.

3.40 **Толқынның өзгеруі:** Қума толқындардың биіктігі мен ұзындығының өзгеруі, түп бедерінің, кедергілердің, ағымдардың әсерінен олардың бағыттарының қисаюы.

3.41 **Толқынның фронты:** Толқын жотасының шыңынан өтетін толқынды беттегі сызық.

3.42 **Дауылдық желқума және айдау:** Дауыл кезінде жел мен атмосфералық қысымның әсерінен су айлағындағы деңгейдің (орта деңгеймен салыстырғандағы) көтерілуі және төмен түсуі.

3.43 **Толқынның элементі (негізгі):** Толқынның биіктігі, ұзындық және кезеңі (1-сурет).

Негізгі әріптің белгілері

V_w - желдің жылдамдығы, м/с;

η_c - есептік деңгейдің үстінде толқын шыңының артуы, м;

η_t - есептік деңгейден толқынның табанының төмендеуі, м;

h - толқынның биіктігі, м;

λ - толқынның ұзындығы, м;

$k = 2\pi / \lambda$ - толқынның саны, 1/м;

T - толқынның мерзімі, с;

$\omega = 2\pi / T$ - толқынның айналма жиілігі, 1/с;

c - толқын жылдамдығы, м/с;

h / λ - толқынның тіктігі;

λ / h - толқынның көлбеулігі;

h_i , λ_i , T_i - жүйесінде, i - % -тік қамтамасыздық, толқындардың биіктігі, ұзындығы және мерзімі, м;

$\bar{h}$, $\bar{\lambda}$, $\bar{T}$ - толқындардың орташа биіктігі, ұзындығы және мерзімі, м;

d - есептік деңгейдегі судың тереңдігі, м;

d_{cr} - толқындардың бірінші құлауы басталатын судың сыни тереңдігі, м;

$d_{cr,u}$ - толқындардың соңғы құлауы болатын судың тереңдігі, м;

Q - имараттарға, бөгеттерге толқындардың әсер ететін күші, кН;

P - имараттардың, бөгеттердің ұзындықтарының бірлігіне таратылған жүктеме, кН/м;

p - толқындық қысым, кПа;

ρ - судың тығыздығы, кг/м³;

g - еркін құлау жылдамдығы, м/с²;

φ , β - көкжиекке қарай еңістің ылдилау (немесе түбінің) бұрышы, бұршақ;

i -түбінің еңісі.

4 ЖАЛПЫ ЕРЕЖЕЛЕР

4.1 Қағидалар жинағында жел толқындарының, мұздың және кемелердің гидротехникалық имараттарға түсіретін жүктемелерінің және әсерлерінің нормативтік мәндері белгіленген. Есептік жүктеме оның нормативтік мәнінен қолайсыз жаққа қарай жүктеменің мүмкін ауытқуын ескеретін γ_f жүктері бойынша сенімділік коэффициентіне нормативтік жүктеме туындысы ретінде анықталуы тиіс. Толқынды, мұзды және кемелерден болатын жүктемелер үшін γ_f коэффициентінің мәні ҚР ҚН 3.04-01 талаптарына сәйкес қабылдануы тиіс.

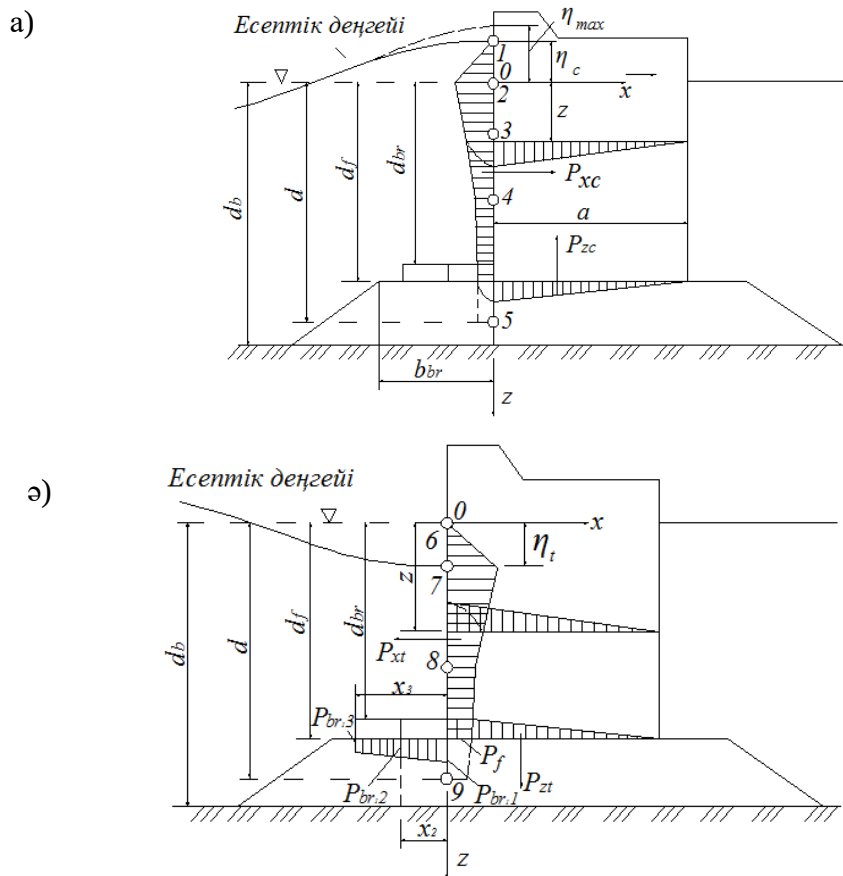
4.2 Есептік әдіспен алынған 5 м астам толқындардың есептік биіктігінде I санат имараттарына, сондай-ақ өзге санаттағы имараттарға толқындардың және мұздардың жүктемелері және әсерлері.

4.3 Ашық және қоршалған акваторийлардағы толқындардың және мұздық жағдайлардың есептік элементтерін инженерлік-гидрометрологиялық іздестірулер, көп жылдық заттай бақылаулар және зертханалық зерттеулер нәтижелерінің негізінде қабылдау керек. Аталған іздестірулерді орындау қағидалары [6, 7] келтірілген.

5 ТІК ЖӘНЕ ЕҢІС ПРОФИЛЬДЕРДІҢ ГИДРОТЕХНИКАЛЫҚ ИМАРАТТАРЫНА түсетін жүктемелер және әсерлер

5.1 Вертикалды профиль имараттарына тік толқындардан түсетін жүктемелер

5.1.1 Тік толқын әсерінде ашық айдын жағынан имарат есебі (2сурет) түбіне дейінгі тереңдікте, $d_b > 1,5h$ шығарылуы керек және берма жанындағы тереңдікте, $d_{br} \geq 1,25h$, Осыған байланысты, еркін толқынды беткейі мен толқынды қысымның формуласында, түбіне дейінгі тереңдіктің орнына, d_b , м, шартты есептік тереңдікті d , м, (1) формула бойынша қолдану қажет:

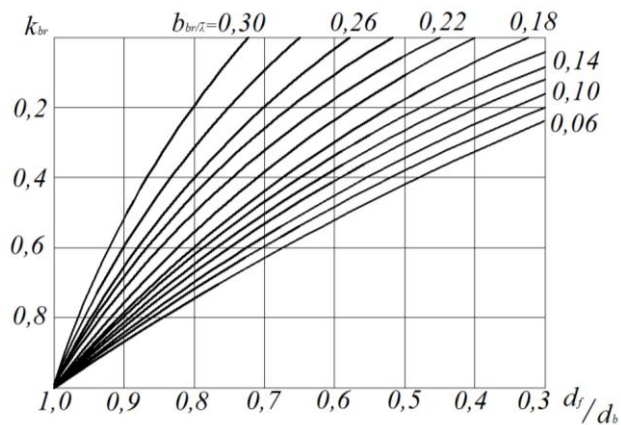


а) толқын жотасында; ә) толқын жырасында
(бермендік массивке, толқындық қысымды өлшейтін, эпюрлермен)
2-сурет – Ашық айдын жағынан тік қабырғаға тік толқындар қысымының эпюрасы

$$d = d_f + k_{br}(d_b - d_f), \quad (1)$$

мұнда d_f - имараттардың табаны үстіндегі тереңдік, м;

k_{br} - кесте бойынша қабылданатын коэффициент (3-сурет);



3-сурет - k_{br} коэффициенті мәндерінің кестесі

5.1.2 Еркін толқындық беткейдің, η , м, тік қабырғаға есептік су деңгейінен жоғарлауы немесе төмендеуі мына формула бойынша анықталуы керек:

$$\eta = -h \cos \omega t - \frac{kh^2}{2} \operatorname{cth} kd \cos^2 \omega t, \quad (2)$$

мұнда $\omega = 2\pi / T$ - толқынның айналма жиілігі;

$\bar{T}$ - толқынның орташа мерзімі, с;

t - уақыт, с;

$k = 2\pi / \bar{\lambda}$ - толқынның саны;

$\bar{\lambda}$ - толқынның орташа ұзындығы, м.

Тік толқындар әсерінен тік қабырғаға $t \cos \omega$ (2) формула бойынша келесі мәнде η – 3 жағдайда анықтау үшін міндетті түрде қарастыру қажет:

а) $\cos \omega t = 1$ - толқын биіктігі қабырғаға келгенде есептік деңгейден көтерілуінен $\eta_{\max}$, м;

б) $1 > \cos \omega t > 0$ - максималды мағынада көлденең сызықтық толқынды жүктеме P_{xc} , кН/м, толқын жотасына есептік деңгейден η_c жоғарылаған бұл жағдайда, $\cos \omega t$ келесі формула бойынша анықталуы қажет:

$$\cos \omega t = \frac{\bar{\lambda}}{\pi h (4kd - 3)}, \quad (3)$$

в) $\cos \omega t = -1$ – максимальды мағынада көлденең сызықтық толқынды жүктеме P_{xt} , кН/м, толқын етегіне η_t есептік деңгейден төмен орналасқан.

Ескертпе- $d / \bar{\lambda} \leq 0,2$ және басқа да жағдайларда (3) формула бойынша, $\cos \omega t > 1$ болған жағдайда, алдағы есептеулерде, $\cos \omega t > 1$ формуласын қолдану қажет.

5.1.3 Суы терең аймақта тік толқынның жотасында немесе жырасында тік қабырғаға P_x , кН/м, түсетін горизонтал сызықты жүктемені толқынды қысым эпюрасы бойынша қабылдау қажет, бұл ретте, z , м, тереңдігіндегі p , кПа өлшемі мына формула бойынша анықталуы тиіс:

$$p = \rho g h e^{-kz} \cos \omega t - \rho g \frac{kh^2}{2} e^{-2kz} \cos^2 \omega t - \rho g \frac{kh^2}{2} (1 - e^{-2kz}) \cos 2\omega t - \rho g \frac{k^2 h^3}{2} e^{-3kz} \cdot \cos 2\omega t \cos \omega t, \quad (4)$$

мұнда ρ - су тығыздығы, т/м³;

g - еркін құлау жылдамдығы, 9,81 тең, м/с²;

z - нүкте ординаттары ($z_1 = \eta_c$; $z_2 = 0$; ... $z_n = d$), м, есептік деңгейден алынады.

Жота үшін, $z_1 = \eta_c$ кезінде $z_6 = 0$, болған кезде, $p = 0$ қолдану керек.

5.1.4 Таяз аймақтарда тік толқынның жотасында немесе жырасында тік қабырғаға P_x , кН/м, түсетін горизонтал сызықты жүктемені толқынды қысым эпюрасы бойынша қабылдау қажет, бұл ретте, z , м, тереңдігіндегі p , кПа өлшемі мына кесте бойынша анықталуы тиіс:

1-кесте – Толқындық қысым p , кПа

№нүктелер	Нүктелердің тереңдігі z , м	Толқынды қысымның мәні p , кПа
жоталарда		
1	η_c	$p_1 = 0$
2	0	$p_2 = k_2 \rho g h$
3	$0,25d$	$p_3 = k_3 \rho g h$
4	$0,5d$	$p_4 = k_4 \rho g h$
5	d	$p_5 = k_5 \rho g h$
жыраларда		
6	0	$p_6 = 0$
7	η_t	$p_7 = -\rho g \eta_1$
8	$0,5d$	$p_8 = -k_8 \rho g h$
9	d	$p_9 = -k_9 \rho g h$
Ескертпе-Коэффициенттер мағынасы k_2, k_3, k_4, k_5, k_8 и k_9 4-суреттегі кесте бойынша қабылданады.		

5.2 Тік бейіндегі имараттарға және олардың элементтеріне (ерекше жағдай) толқындардың жүктемелері және әсер етуі

5.2.1 Имараттың жоғарғы есептік деңгейінен z_{sup} , м, η_{max} , м кем емес жоғары тік қабырғаның толқынды қысымын p , кПа, қысымның алынған мәндерін ары қарай формула бойынша анықталатын k_c коэффициентіне көбейту арқылы 5.1.3 және 5.1.4 сәйкес анықтау керек:

$$k_c = 0,76 \pm 0,19 \frac{z_{sup}}{h}. \quad (5)$$

Еркін толқынды беткейдің η көтерілуі немесе төмендеуі 5.1.2 анықталғандай, k_c коэффициентке көбейту қажет.

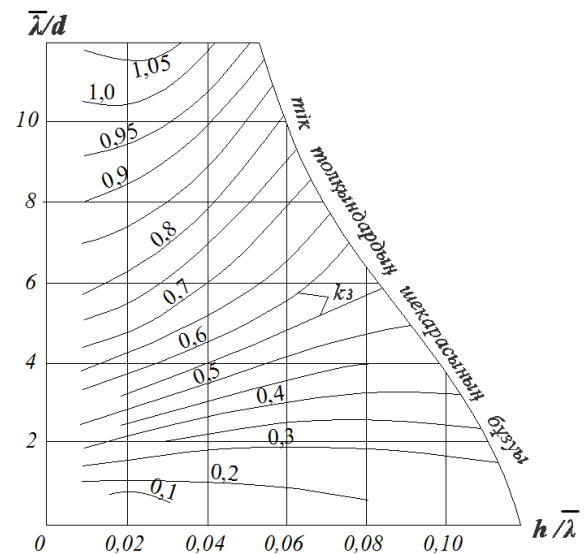
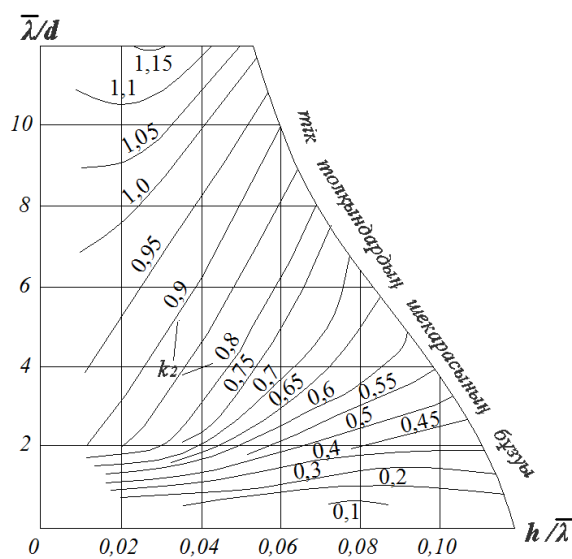
Горизонтал сызықты толқынды жүктеме P_{xc} , кН/м берілген жағдайда, толқын қысымының алаңының эпюрасы тік қабырғаның биіктік шегінде анықталуы қажет.

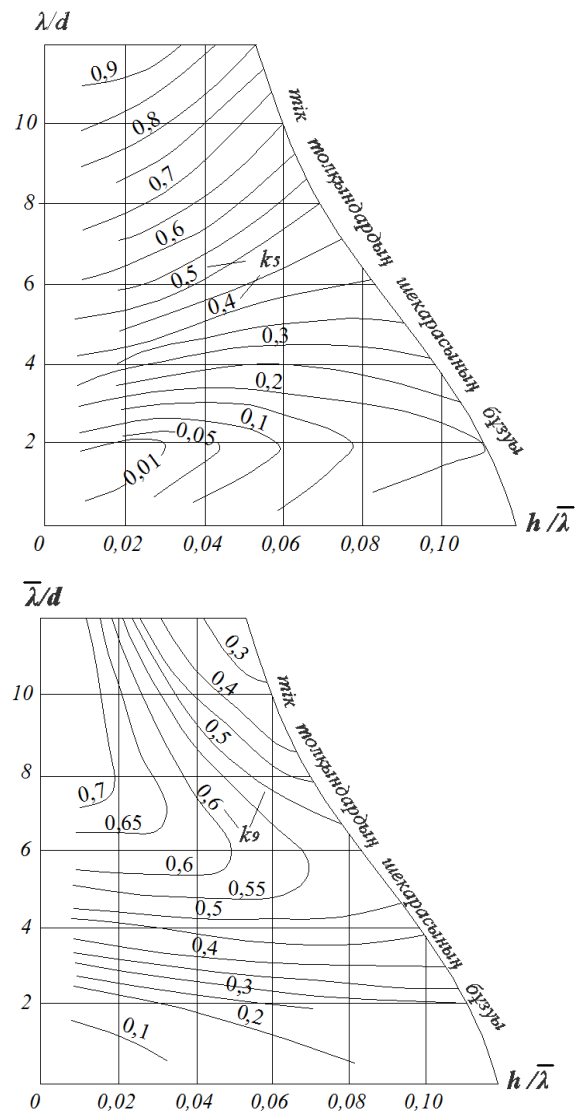
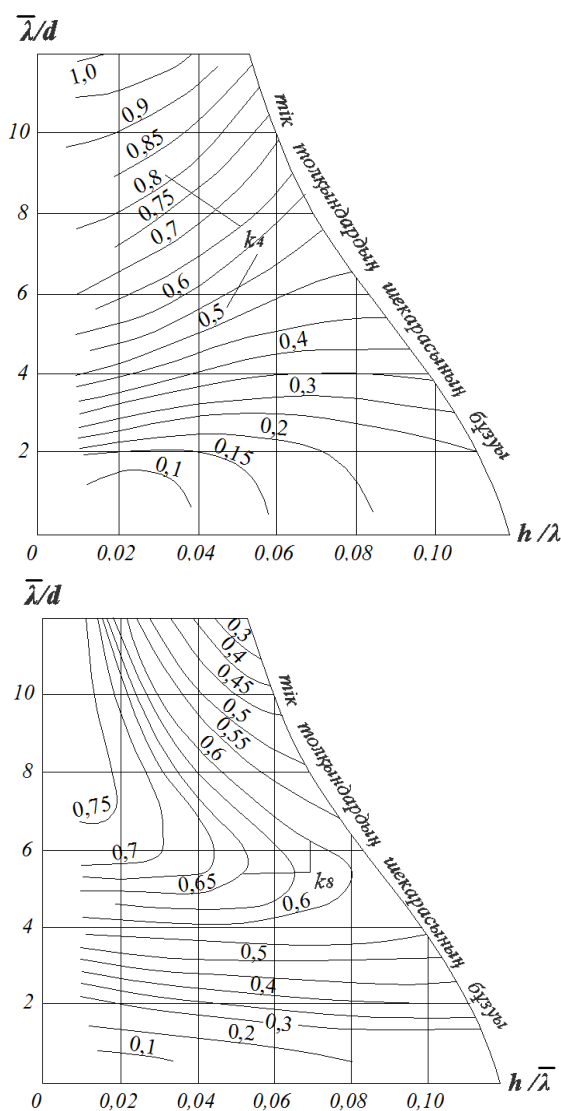
5.2.2 Толқын фронтының имаратқа келуіндегі бұрыш, α , град, ашық айдын жағынан, (имараттың тұрақтылық есебінен топырақ негізінің мықтылық есебінен) сызықтық, толқынды жүктіменің тік қабырғаға әсерін 5.1.3 және 5.1.4 анықталғандай сәйкесінше оны 2-кесте бойынша, k_{cs} жүктемені азайтудың коэффициентіне көбейту арқылы азайту қажет.

2кесте - k_{cs} коэффициенті

α , град.	k_{cs}
45	1
60	0,9
75	0,7

Ескертпе- Толқын фронтын қабырғаға ауыстырғанда, яғни α үшін және 90° - қа жақын немесе тең, толқынды жүктеме имарат бөліміне сәйкес 5.2.3- мен анықтау қажет.





4-сурет - $k_2, k_3, k_4, k_5, k_8, k_9$ коэффициенттердің, мағыналы сызбасы

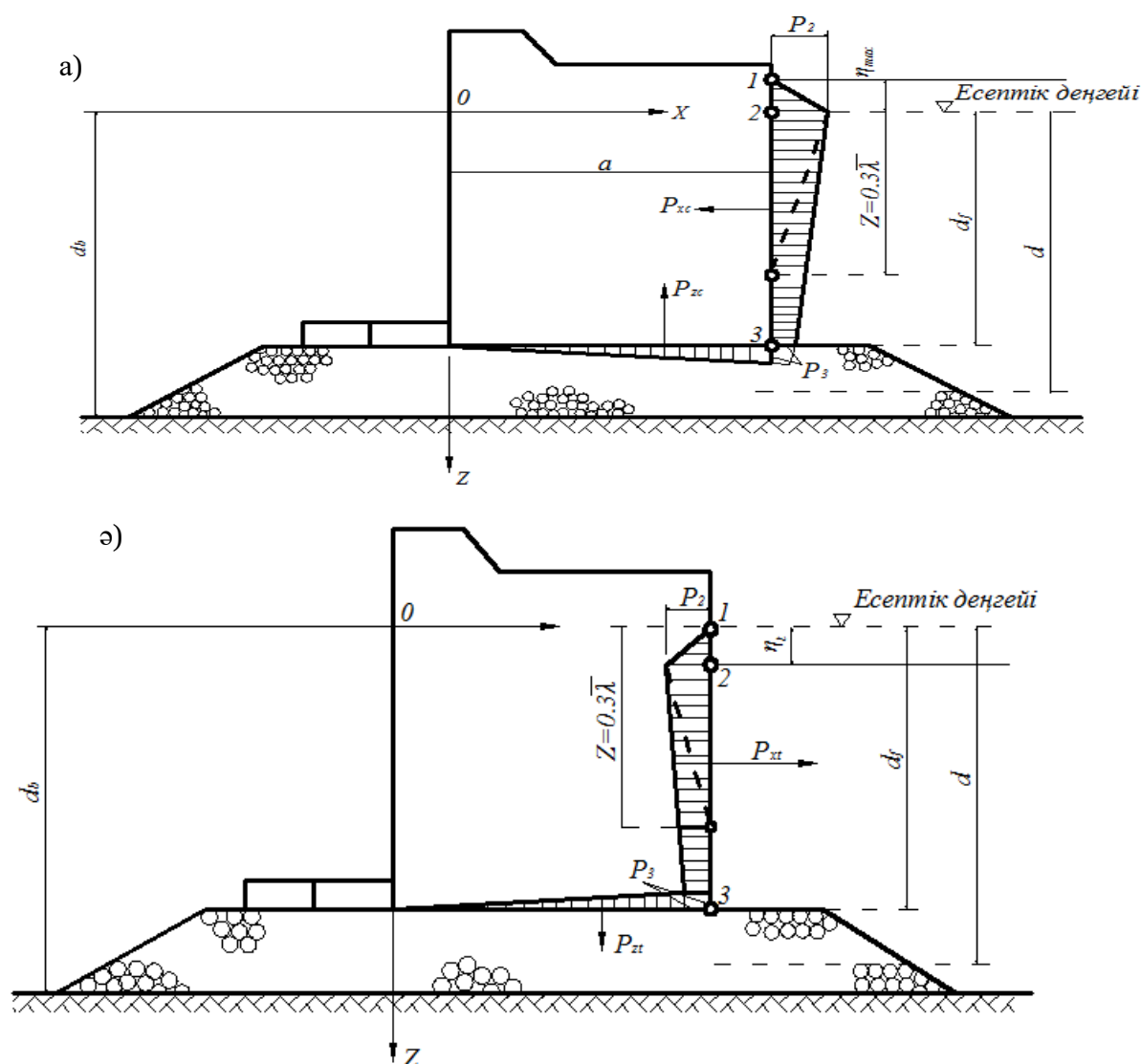
5.2.3 Қоршалған айдын жағынан дифракцияланған толқындардан горизонталь жүктемені имарат секциясының ұзындығына қатысты $l/\bar{\lambda} \leq 0,8$ анықтау керек, бұл ретте, толқынды қысымның есептік эпюрасы p , кПа, мына жағдайларды қарай отырып, үш нүкте бойынша орындауға рұқсат етіледі:

а) толқын шыңы имараттың орташа секциясымен біріктірілген (5а-сурет):

$$z_1 = \eta_{\max} = -\frac{h_{\text{dif}}}{2} - \frac{kh_{\text{dif}}^2}{8} \text{cth}kd, \quad p_1 = 0, \quad (6)$$

$$z_2 = 0, \quad p_2 = k_l pg \left(\frac{h_{\text{dif}}}{2} - \frac{kh_{\text{dif}}^2}{8} \text{cth}kd \right), \quad (7)$$

$$z_3 = d_f, \quad p_3 = k_l pg \left(\frac{h_{\text{dif}}}{2\text{ch}kd} - \frac{kh_{\text{dif}}^2}{4\text{sh}2kd} \right). \quad (8)$$



5-сурет – Толқын жотасының қоршалған айдыны жағынан тік қабырғаның және оның табанының дифракцияланған толқындарының қысым эпюрасы

б) толқын табаны имараттың орташа секциясымен біріктірілген (5б - сурет):

$$z_1 = 0, \quad p_1 = 0, \quad (9)$$

$$z_2 = \eta_t = \frac{h_{dif}}{2} - \frac{kh_{dif}^2}{8} \text{cth}kd, \quad p_2 = -k_l p g \eta_t, \quad (10)$$

$$z_3 = df, \quad p_3 = -k_l pg \left(\frac{h_{dif}}{2\text{ch}kd} + \frac{kh_{dif}^2}{4\text{sh}2kd} \right), \quad (11)$$

мұнда h_{dif} - А қосымшасына сәйкес анықталатын дифракцияланған толқынның биіктігі, м;

k_l - 3- кестеде қолданылатын коэффициент.

3-кесте - k_l коэффициенті

Секцияның салыстырмалы ұзындығы $l / \bar{\lambda}$	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8
k_l коэффициенті	0,98	0,92	0,85	0,76	0,64	0,51	0,38	0,26
Ескертпе- Қоршалған айдын жағынан тереңдікте $d \geq 0,3\bar{\lambda}$, нөлге тең толқынды қысымды $z_3 = 0,3\bar{\lambda}$ тереңдікте қабылдай отырып, толқынды қысымның үшбұрышты эпюрасын салу керек. (5б-сурет).								

5.2.4 Толқын қысымын өлшейтін имараттың ауқымды қалауының көлденен тігісінде және имарат түбіндегі көлденең толқын қысымының шеткі нүктелеріндегі (2 және 5-суреттерді қара), имарат ені шегінде қысымның сызықтық өзгерістеріне тең етіп қабылдау қажет.

5.2.5 Максимальды су түбіндегі жылдамдықты $V_{b,max}$, м/с, тік қабырға алдындағы (тік толқын әсеріне байланысты), алдыңғы қабырғаға дейінгі арақашықтықты $0,25\bar{\lambda}$, мына формулаға сәйкес анықтау қажет:

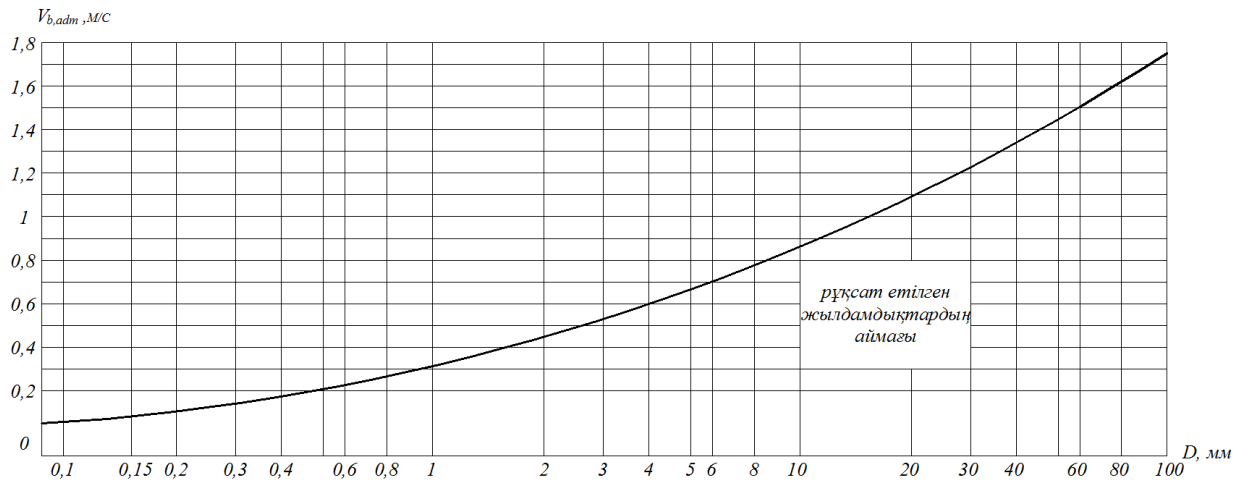
$$V_{b,max} = \frac{2k_{sl}\pi h}{\sqrt{\frac{\pi}{g}\bar{\lambda}sh2kd_b}}, \quad (12)$$

мұндағы k_{sl} - 4 кестеде қабылданатын коэффициент.

4-кесте - k_{sl} коэффициенті

Толқын жазықтығы, $\bar{\lambda} / h$	8	10	15	20	30
k_{sl} коэффициенті	0,6	0,7	0,75	0,8	1

Фракция ірілігі D топыраққа арналған шайылмайтын су түбі жылдамдығының $V_{b,adm}$, м/с рұқсат етілген мәнін 6-сурет бойынша қабылдау керек; $V_{b,max} > V_{b,adm}$ кезінде негізді су шайып кетуден қорғауды көздеу қажет.



6-сурет – Су шаймайтын су түбіндегі жылдамдықтардың рұқсат етілген мәндерінің кестесі

5.2.6 Өлшенетін толқындық қысымның эпюрасы бермалық алқаптар үшін трапециялды түрде қабылдануы қажет, 2ә-суретіне байланысты келесі формуламен анықталатын ординаталармен, $P_{br,i}$, кПа, ($i = 1, 2$ немесе 3 болғанда):

$$P_{br,i} = k_{br} pgh \frac{\text{chk}(d - d_f)}{\text{chk}d} \cos kx_i \leq p_f, \quad (13)$$

мұнда x_i - қабырғадан алқаптың тиісті қырына дейінгі арақашықтық, м;

k_{br} - 5-кесте бойынша қабылданатын коэффициент;

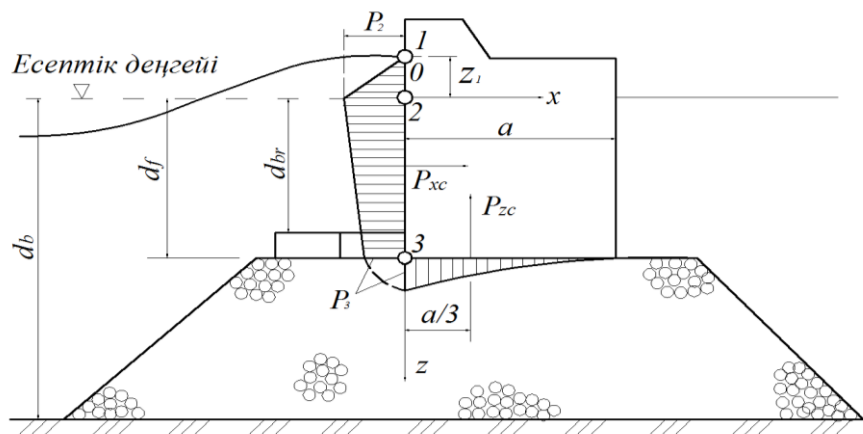
p_f - имарат табаны деңгейіндегі толқынды қысым.

5-кесте - k_{br} коэффициенті

Салыстырмалы тереңдік d/λ	$\bar{\lambda}/h$ көлбеу толқындағы k_{br} коэффициенті	
	15 және төмен	20 және жоғары
0,27 төмен	0,86	0,64
0,27 – ден бастап 0,32-не	0,6	0,44
0,32 жоғары	0,3	0,3

5.3Тік бейіндегі имаратқа соғылатын және соқпа толқындардың жүктемелері

5.3.1 Ашық айданы жағынан соғылатын толқындардың әсер етуіне имараттарды есептеу берма үстінде тереңдік $d_{br} < 1,25h$ және су түбіне дейін тереңдік $d_b \leq 1,5h$ кезінде (7-сурет) жүргізілуі тиіс.



7-сурет - Тік қабырғаға соғылатын толқындардың қысым эпюрасы

5.3.2 Соғылатын толқындардан P_{xc} , кН/м горизонталь жүктемені z ординаты үшін салу кезінде p , кПа мәндері толқынды қысым эпюрасы бойынша анықталуы керек, мына формула бойынша қабылдау керек.

$$z_1 = -h, \quad p_1 = 0, \quad (14)$$

$$z_2 = 0, \quad p_2 = 1,5 pgh, \quad (15)$$

$$z_3 = df, \quad p_3 = \frac{pgh}{chkd_f}. \quad (16)$$

Соғылатын толқындардан P_{zc} кН/м тік жүктеме толқынды қысымды өлшейтін эпюра алаңына тең қабылдануы керек:

$$P_{zc} = \mu \frac{p_3 \alpha}{2}, \quad (17)$$

мұнда μ - 6-кесте бойынша қабылданатын коэффициент.

6-кесте – μ коэффициенті

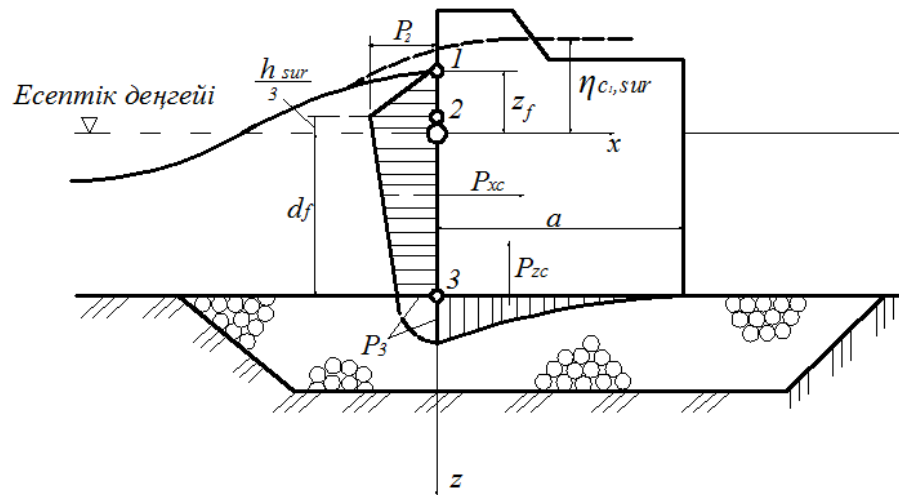
$\frac{\alpha}{d_b - d_j}$	≤ 3	5	7	9
μ коэффициенті	0,7	0,8	0,9	1,0

Максималды өсетін су жылдамдығы $v_{f,max}$, м/с, берма беткейін тік қабырғамен соғылатын толқынды келесі формула бойынша анықтау керек:

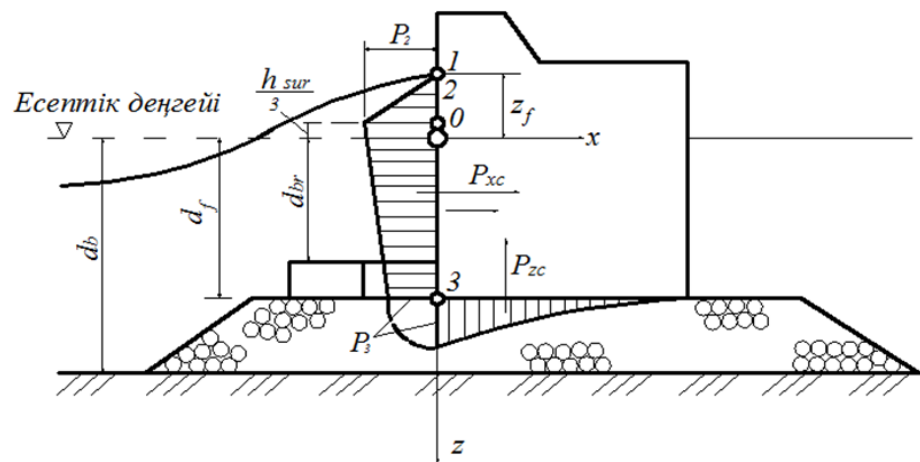
$$v_{f,max} = \sqrt{\frac{qh}{chkd_f}}, \quad (18)$$

5.3.3 Ашық айданы жағынан соғылатын толқындардың әсер етуіне имараттарды есептеу ұзындығы $0,5\bar{\lambda}$ м кем емес су түбі учаскесінің қабырғасына жанасатын $d_b \leq d_{cr}$ тереңдікте жүргізілуі тиіс (8-сурет).

а)



ә)



а) ұя жоғарымен түп деңгейіне; ә) ұя түбінен жоғарлаған
8-сурет - Тік қабырғаға соқпа толқынның қысым эпюрасы

Горизонтал сызықты жүктемені P_{xc} , кН/м, соқпа толқынның бүйір толқындық қысымының эпюра алаңы бойынша қабылдау қажет, p , кПа осы мағынада, ордината үшін, z , м, мына формула бойынша анықтауға рұқсат етіледі:

$$z_1 = -h_{sur}, \quad p_1 = 0, \quad (19)$$

$$z_2 = -\frac{1}{3}h_{sur}, \quad p_2 = 1,5\rho gh_{sur}, \quad (20)$$

$$z_3 = d_f, \quad p_3 = \frac{\rho gh_{sur}}{ch \frac{2\pi}{\lambda_{sur}} d_f}, \quad (21)$$

мұнда λ_{sur} - соқпа толқынның орташа ұзындығы, м.

Тік сызықтық жүктемені P_{zc} , кН/м соқпа толқынның өлшенетін толқынды қысымы эпюрасы алаңдарына тең етіп қабылдау (p_3 биіктіктен) және келесі формула бойынша анықтау қажет:

$$P_{zc} = 0,7 \left(\frac{p_3 \alpha}{2} \right), \quad (22)$$

Соқпа толқынның түпкі максималды жылдамдығы, $v_{b,max}$, м/с, тік қабырғаның алдында ашық айдын жағынан келесі формула арқылы анықталуы қажет:

$$v_{b,max} = \sqrt{\frac{gh_{sur}}{ch \frac{2\pi}{\lambda_{sur}} d_f}}, \quad (23)$$

5.4 Еңіс бейіндегі имараттарға толқындардың жүктемелері

5.4.1 Төсеу биіктігін, құлама толқынға қамтамасыз ету үшін, 1 % төсеу бойынша ($h_{run1\%}$, м), фронтальды лайықты толқындарға имарат алдындағы тереңдікте, $d \geq 2 \cdot h_{1\%}$ келесі формула бойынша анықталуы тиіс:

$$h_{run1\%} = k_r k_p k_{sp} k_{run} h_{1\%} \quad (24)$$

мұнда k_r , k_p - бұдыр және құлама өткізгіштік коэффициенті, 7-кесте бойынша қабылданады;

7-кесте – Бұдыр және құлама өткізгіштік коэффициенті

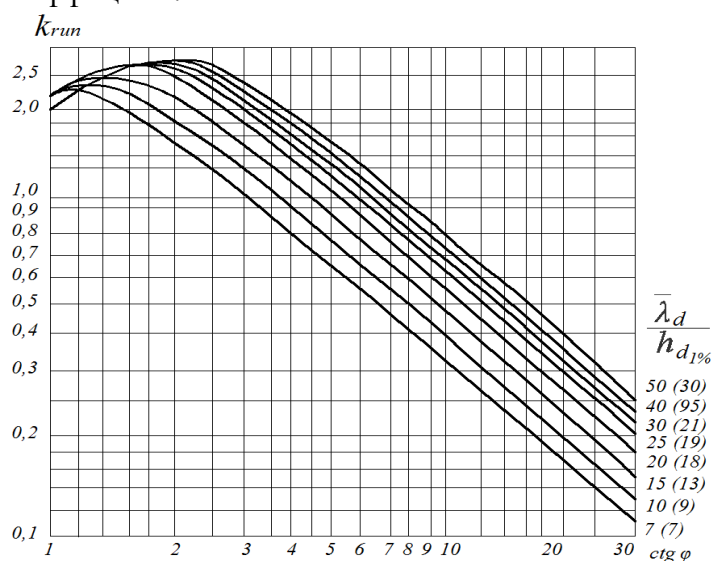
Құламаның бекіту конструкциясы	Қатысты өткізгіштік $r/h_{1\%}$	k_r коэффициенті	k_p коэффициенті
Бетондық(темірбетондық) жабындар	-	1	0,9
Құмтасты-малта тасты немесе бекітулі бетондық (темірбетондық) блоктармен	0,002 төмен	1	0,9
	0,005-0,01	0,95	0,85
	0,02	0,9	0,8
	0,05	0,8	0,7
	0,1	0,75	0,6
	0,2 жоғары	0,7	0,5
Ескертпе-Бұдырдың өзіндік өлшемі, r , м, орташа өлшемге тең материалды, құлама бекітудегі немесе орташа бетондық (темірбетондық) блоктарды қабылдау қажет.			

k_{sp} - 8 кесте бойынша қабылданған 6 коэффициент;

8-кесте – k_{sp} коэффициенті

$ctg \varphi$ мағынасы	1-2	3-5	5 жоғары
k_{sp} коэффициенті V_w , м/с, жел жылдамдығында:			
20 және жоғары	1,4	1,5	1,6
10	1,1	1,1	1,2
5 және төмен	1	0,8	0,6
Мағынасы: φ - құламаның 6 көкжиекке иілу бұрышы, град			

k_{run} - 9-суреттегі график бойынша қабылданатын толқын жазықтығына, $\bar{\lambda}_d / h_{d1\%}$ терең суға тәуелді коэффициенті.

9-сурет - k_{run} коэффициенті мәндерінің графигі

Имарат алдындағы тереңдікте, $d < 2h_{1\%}$, k_{run} коэффициентін толқын жазықтығы мағынасында қабылдау қажет, 9-суретте жақшада және $d = 2h_{1\%}$ тереңдікте анықталуы көрсетілген.

Төсеу биіктігін, құлама толқынға қамтамасыз ету i , төсеу %, анықтауды (25) формула бойынша қабылданған $h_{run1\%}$ м мағынасын, 9-кесте бойынша қабылданған, k_i коэффициентіне көбейтуде анықтау қажет.

Айдын жағынан имаратқа толқын фронтының, α , бұрышта келу кезінде ашық толқын төсеуінің құламаға келетін толқын мәнін 10 кесте бойынша қабылданған, k_α коэффициентіне көбейту арқылы төмендету қажет.

9-кесте – Төсеме бойынша қамтамасыз ету коэффициенті

Төсеме бойынша қамтамасыз ету i , %	0,1	1	2	5	10	30	50
k_i коэффициенті	1,1	1	0,96	0,91	0,86	0,76	0,68

10-кесте – k_α коэффициенті

Бұрыштың мәні α , бұршақ	0	10	20	30	40	50	60
k_α коэффициенті	1	0,98	0,96	0,92	0,87	0,82	0,76

Ескертпе - Толқынның құмды және қиыршықты-малтатасты жағажайға сырғанау биіктігін анықтаған кезде теңіз дауылы болған жағдайда жағажай еңісінің өзгеруін ескеру керек. Су кемерінің сызығындағы жағажайдың ең үлкен төмендеуін теңестіру керек - $0,3h$, м, нөлдік мағынаға сыналаумен жағадағы ең үлкен сырғанаудың биіктігіне дейін, ал су асты бөлігінде бұзылмалы топырақ $d = d_\sigma$, м, немесе бұзылмайтын топырақ үшін $d = d_{\sigma,u}$, м, тереңдікте (толқынның биіктігі мен судың тереңдігі сәйкесінше h , d_σ және $d_{\sigma,u}$).

5.4.2 Баурайға $1,5 \leq ctg \varphi \leq 5$, бұрышпен біртұтас тақталармен бекітілген толқындық қысымның эпюрасы 10-суреттегідей қабылдануы керек. Сонымен бірге максималдық есептік толқындық қысымды, p_d , кПа мына формуламен табу керек:

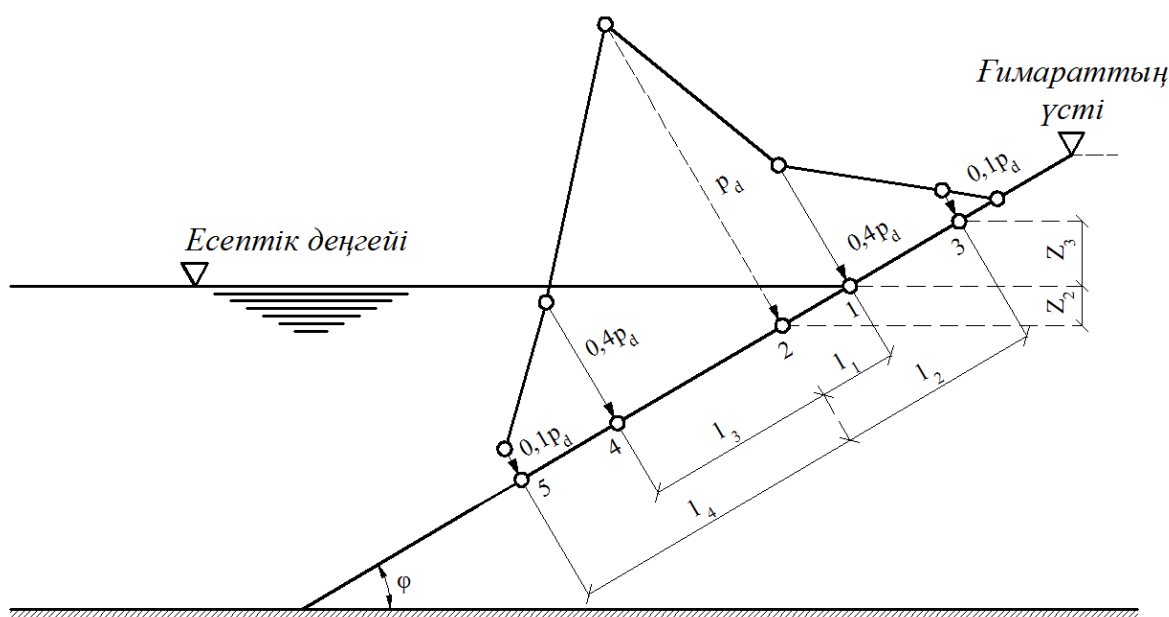
$$p_d = k_s k_f p_{rel} \rho g h, \quad (25)$$

мұнда k_s - формула бойынша анықталатын коэффициент:

$$k_s = 0,85 + 4,8 \frac{h}{\lambda} + ctg \varphi \left(0,028 - 1,15 \frac{h}{\lambda} \right), \quad (26)$$

k_f - коэффициент, 11-кесте бойынша қабылданады.

p_{rel} - 2 нүктедегі (11 сурет) еңіске түскен максималды салыстырмалы толқындық қысым 12-кесте бойынша қабылданады.



10-сурет – Тақталармен бекітілген еңіске түсетін максималды есептік толқындық қысым эпюрасы

мұнда k_s - формула бойынша анықталатын коэффициент:

$$k_s = 0,85 + 4,8 \frac{h}{\lambda} + \operatorname{ctg} \varphi \left(0,028 - 1,15 \frac{h}{\lambda} \right), \quad (26)$$

k_f - 11-кесте бойынша қабылданатын коэффициент.

11-кесте – k_f коэффициенті

Толқын көлбеулігі $\bar{\lambda} / h$	10	15	20	25	35
k_f коэффициенті	1	1,15	1,3	1,35	1,48

p_{rel} - 12-кесте бойынша қабылданатын 2 нүктесіндегі (11-суретті қар.) еңіске түсетін максималды салыстырмалы толқынды қысым.

12-кесте - Максималды салыстырмалы толқындық қысым p_{rel}

Толқын биіктігі h , м	0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	≥ 4
Максималды салыстырмалы толқындық қысым p_{rel}	3,7	2,8	2,3	2,1	1,9	1,8	1,75	1,7

2-нүктесінің z_2 , м, координатасы максималды есептік толқын қысымын p_d мына формуламен есептейді:

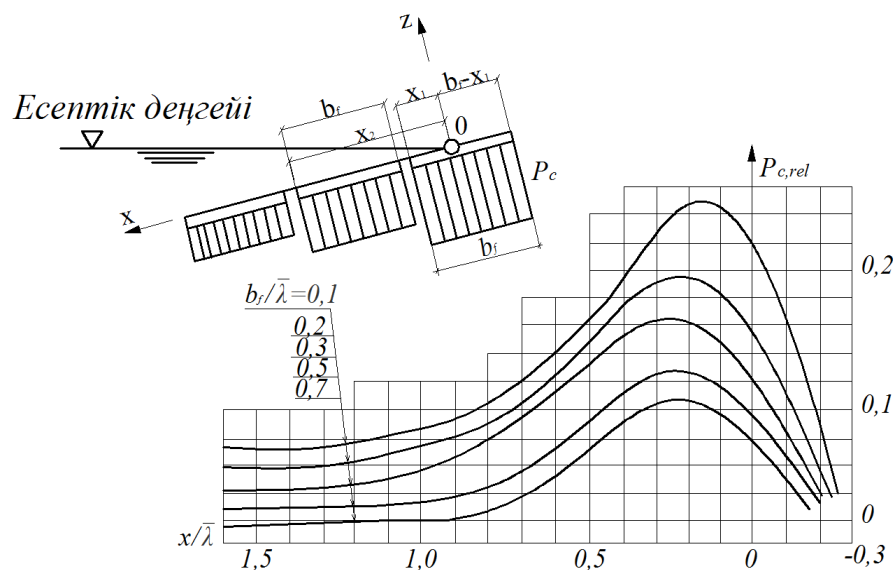
$$z_2 = A + \frac{1}{\operatorname{ctg}^2 \varphi} \left(1 - \sqrt{2 \operatorname{ctg}^2 \varphi + 1} \right) \cdot (A + B), \quad (27)$$

мұнда A және B мәндері тәуелділіктер бойынша анықталатын параметр, м:

$$A = h \left(0,47 + 0,023 \frac{\bar{\lambda}}{h} \right) \frac{1 + \operatorname{ctg}^2 \varphi}{\operatorname{ctg}^2 \varphi}, \quad (28)$$

$$B = h \left[0,95 - (0,84 \operatorname{ctg} \varphi - 0,25) \frac{h}{\lambda} \right]. \quad (29)$$

z_3 , м, ординатасы еңіске төселген толқын биіктігі 5.4.1 бойынша қабылданады.



11-сурет - Салыстырмалы толқынды қысымға қарсылықты анықтауға арналған графика

2 нүктеден төменен жоғары еңіс бойынша бекітілген аумақта толқынысымының p (11-сурет) эпюра ординатасының мағынасын қабылдауы мүмкін кПа, келесі арақашықтық м:

$$\begin{aligned} l_1 = 0,0125L_\phi \text{ болғанда} & \quad \text{және} \quad l_3 = 0,0265L_\phi, & p = 0,4p_d, \\ l_2 = 0,0325L_\phi \text{ болғанда} & \quad \text{және} \quad l_4 = 0,0675L_\phi, & p = 0,1p_d, \end{aligned}$$

мұндағы

$$L_\phi = \frac{\bar{\lambda} \operatorname{ctg} \varphi}{\sqrt{\operatorname{ctg}^2 \varphi - 1}}. \quad (30)$$

Еңіске бекітілген тақтаға толқындық қысымға p_c , кПа қарсы эпюра ординатасын кПа мына формула бойынша табуға болады:

$$p_c = k_s k_f p_{c,rel} \rho g h, \quad (31)$$

мұндағы $p_{c,rel}$ - салыстырмалы толқындық қысымға қарсылық, 11-суреттегі сызба бойынша қабылданады.

5.4.3 Толқыннан еңіске түсетін жүктеме толқынға нықталған плитаның көмегімен I және II класс имараттары үшін 1,5 м-ден кем емес толқынның биіктігі мен 1 %-пен қамтамасыз ететін желдік толқынның үздіксіз есептелетін әдістерімен анықталады.

Тікелей берма және айнымалы еңістің жеке бөлімдері арқылы еңісті профильге толқыннан түсетін жүктемені лабораториялық зерттеу көмегімен анықтау қажет.

5.4.4 Имаратты жобалау барысында, еңіс профильді және құлама жарды бекіту үшін жұлма тастардан, нышанасыз және модалы бетондардан немесе темірқұйматас шығырлардан, m және m_z , т, жеке элементтерге оның межелі тепе-теңдік күйіне желдік толқынның әрекетінен лайықтайды, анықтау қажет:

- имараттың жоғарғы басынан тереңдігіне $z = 0,7h$ дейін тастың немесе блоктың еңіс учаскеге орналасу кезінде мына формула бойынша:

$$m = \frac{3,16k_{fr}p_m h^3}{\left(\frac{\rho_m}{\rho} - 1\right)^3 \sqrt{1 + ctg^3 \varphi}} \sqrt{\frac{\lambda}{h}}, \quad (32)$$

яғни, $z > 0,7h$ болғанда, келесі формула бойынша:

$$m_z = m e^{-\left(\frac{7,5z^2}{h\lambda}\right)}, \quad (33)$$

мұнда k_{fr} - коэффициенті 13-кесте бойынша; $\frac{\lambda}{h} > 15$ берм бойынша k_{fr} сонымен қатар тәжірибелі деректер арқылы, анықтау керек;

p_m - тастың нығыздығы, т/м³.

13-кесте – k_{fr} коэффициенті

Элементтерді бекіту	k_{fr} коэффициенті	
	тастау кезінде	қалау кезінде
Тас	0,025	-
Қарапайым бетон блоктары	0,021	-
Алап ойықтармен	0,016	-
Тетраподтар	0,008	0,006
Гексалегтер	0,007	0,004
Гексабиттер және пентаподтар	0,005	0,004
Долостар	0,004	0,003

(32) және (33) формулар бойынша анықталған тастың салмағына γ_n коэффициенттері енгізілуі керек. Сенімділік коэффициенті, γ_n имаратының жауапкершілігімен СН РК 3.04-01 имарат сыныбы бойынша анықталады.

5.4.5 Жобалау барысында, имарат еңісін бекітуге сұрапталмаған тас қалдықтары қажет. Қима құрамындағы; k_{gr} коэффициенті шекараның сызықтап тасталған бөлігінде орналасу керек 12-суреттегі графигте көрсетілген.

k_{gr} коэффициент мағынасы мына формуламен анықталуы тиіс:

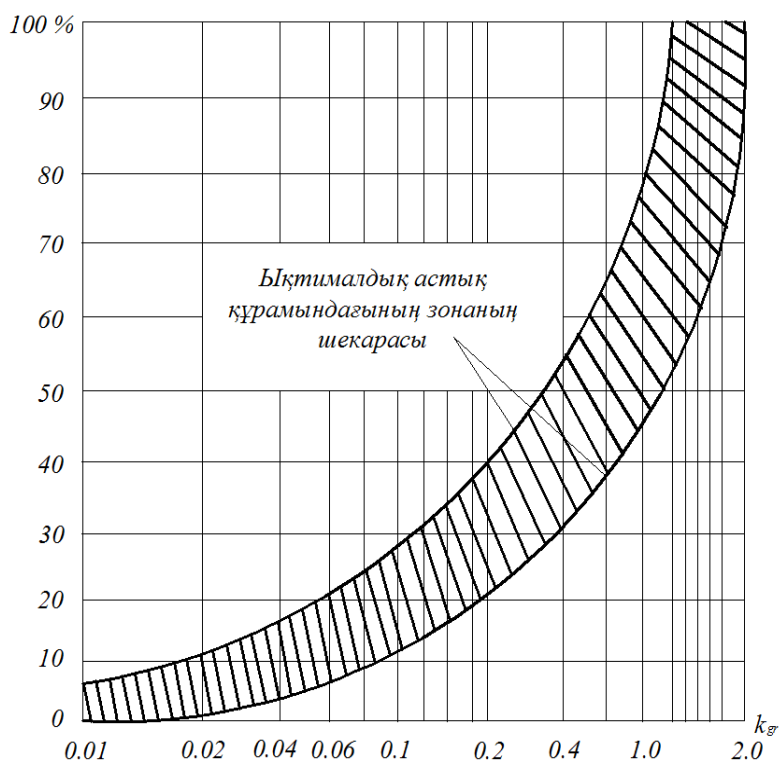
$$k_{gr} = \sqrt[3]{\frac{m_i}{m}} = \frac{D_{ba,i}}{D_{ba}}, \quad (34)$$

мұндағы m - тас салмағы 5.4.4 анықтама бойынша, т;

m_i - тас салмағы, үлкен немесе кіші есептік, көрсеткішпен, т;

$D_{ba,i}$ және D_{ba} - тастың диаметрлері, см, келтірілген шар диаметріне сәйкесінше салмақтар m_i және m .

Қима құрамындағы, сұрыпталмаған тас қалдықтары еңісті толтыру үшін сәйкесінше сызықтылған бөлігінде (12сурет), және де жарамдысы ғана еңістегі имараттар үшін жазықтықта $3 \leq ctg\phi \leq 5$ шегінде жатады. Ал есептік толқын, биіктігі, 3 м -ден кем емес, болуы қажет.



12сурет - Қима құрамындағы, ықтимал сұрыпталмаған тастардың, қалдықтары еңісті қаншалықты бекітетінін, анықтайтын сызба

5.4.6 Жазықтықтағы еңіс, $ctg\phi > 5$, болғанда, қима құрамындағы, сұрыпталмаған тасқалдықтарына қарамастан, қатайтады, есептік, тас салмағын, m , т, желдік толқын, сәйкесінше, оның тепе-теңдік шегіне әсер еткенде (33) формула бойынша анықталады және $\bar{\lambda}/h \geq 10$ болғанда шыққан нәтижені 14-кесте бойынша анықталатын, k_ϕ коэффициентіне көбейту қажет.

14кесте – k_ϕ коэффициенті

$ctg\phi$	6	8	10	12	15
k_ϕ коэффициент болғанда $\bar{\lambda}/h \geq 10$	0,78	0,52	0,43	0,25	0,2

Диаметрі, D_{ba} , фракцияның минимальды қосындысы, 15-кестеге сәйкес келетіндей қабылдануы керек.

15-кесте – Диаметрінің D_{ba} фракцияның минимальды құрамы

D_{60}/D_{10} түрлі түйіршікті коэффициент	5	10	20	40-100
Диаметрі D_{ba} % фракцияларының минимальды құрамы (салмағы бойынша)	50	30	25	20

**6 СҮЙІРЛЕНГЕН БӨГЕТТЕРГЕ ЖӘНЕ ӨТПЕЛІ ИМАРАТТАРҒА
ТОЛҚЫНДАРДАН ТҮСЕТІН ЖҮКТЕМЕ**

6.1 Тік сүйірленген бөгеттерге толқындардан түсетін жүктемелер

6.1.1 Толқынның максималды күшінің, әсерінен, $Q_{\max}$, кН, тік жүйеде, қарсы болатын көлемі, $a \leq 0,4\lambda$ және $b \leq 0,4\lambda$ (13а-сурет) $d > d_{cr}$ міндетті түрде анықтау қажет. Бұл әр түрлі жүйеде қалыптасқан әр баған бойынша қарсы күшке қатысы бар толқынның биіктігі болып табылады $\alpha = x/\lambda$ формуласы бойынша:

$$Q_{\max} = Q_{i,\max} \delta_i + Q_{v,\max} \delta_v, \quad (35)$$

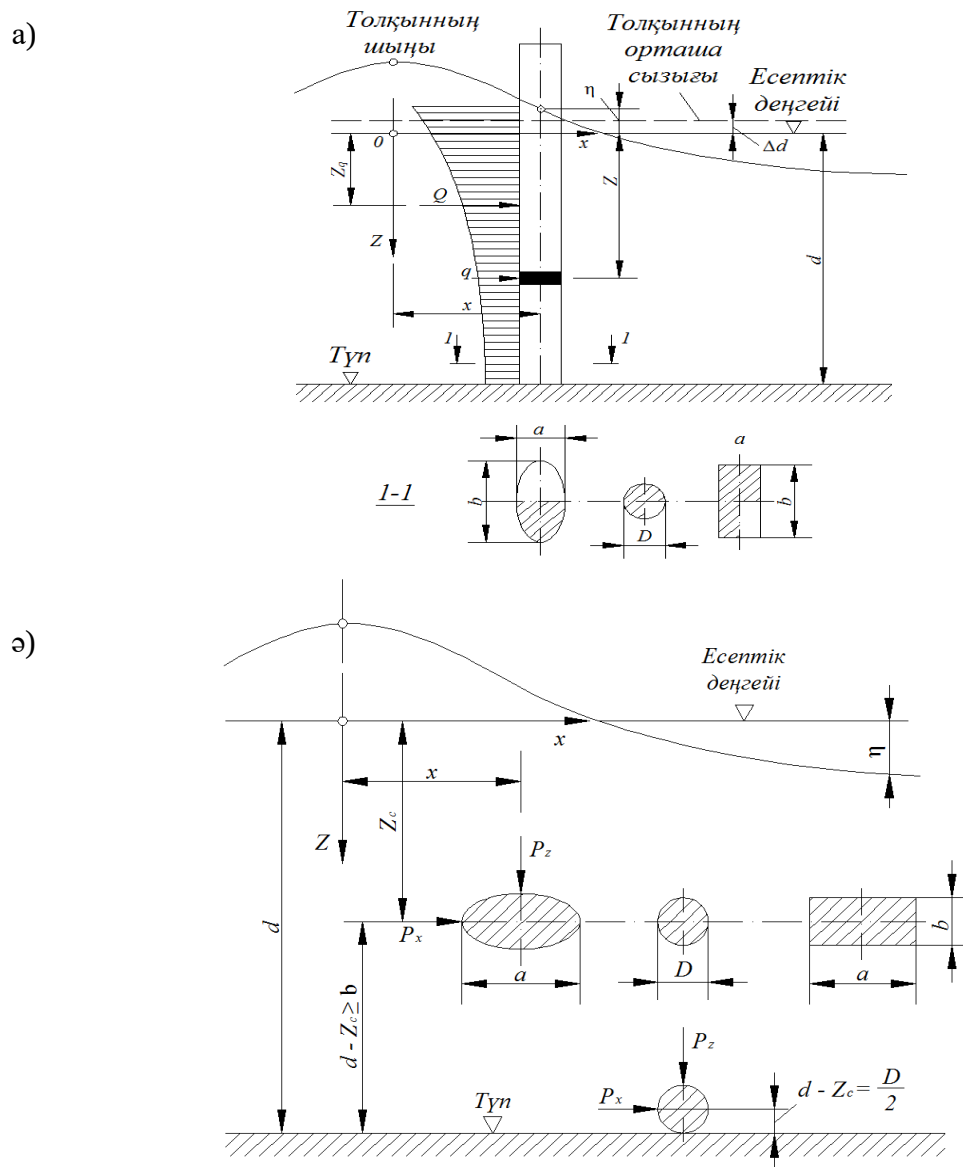
мұндағы $Q_{i,\max}$ және $Q_{v,\max}$ сәйкесінше инертті және жылдамдықты күш толқынның қозғалысының компоненттері кН, келесі формула бойынша анықталады:

$$Q_{i,\max} = \frac{1}{4} \rho g \pi b^2 h k_v \alpha_i \beta_i, \quad (36)$$

$$Q_{v,\max} = \frac{1}{12} \rho g b h^2 k_v^2 \alpha_v \beta_v, \quad (37)$$

мұндағы δ_i және δ_v - инерционды және жылдамдықты компоненттерінің толқындардың максималды күштерінің қозғалысының біріккен коэффициенттері,. Бұлар, 14-суреттің 1 және 2 сызбаларынан қабылданады;

h және λ - есебтік толқын биіктігі және ұзындығы, A қосымшасының А.4 жағдайында қабылданады;

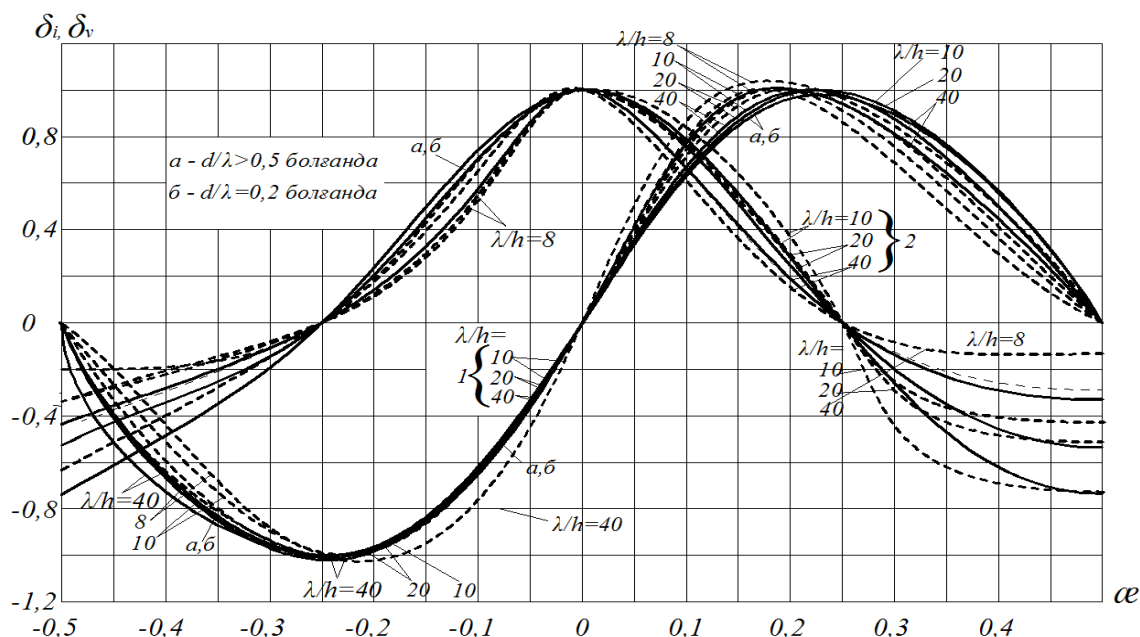


13-сурет – Сүйірленген горизонтал бөгеттерге түсетін толқынды жүктемелерді анықтау схемасы

a - толқын сәулесі бойынша бөгет өлшемі, м;
 b - толқын сәуле жағдайында кедергі көлемі, м;
 k_v - коэффициент 16-кесте бойынша қабылданады;

16-кесте - k_v коэффициенті

$a/\lambda, b/\gamma\lambda, D/\lambda$ кедергісінің салыстырмалы мөлшерлер	0,05	0,1	0,15	0,2	0,25	0,3	0,4
k_v коэффициент	1	0,97	0,93	0,86	0,79	0,7	0,52



14-сурет - Толқын әсерінен инерциялық δ_i (1-график) мен жылдамдықтық δ_v (2-сызба) күш компоненттері коэффициенттерінің, үйлесімдік мәнінің график

a_i және a_v - инерционды және жылдамдықты тереңдік коэффициенттері, 15-суреттегі a және α графиктері арқылы қабылданады;

β_i және β_v - кедергінің шеңбер, эллипс, тікбұрыш тәрізді, көлденең қимасындағы қалыптарының инерционды және жылдамдық коэффициенттері 16-сурет сызбалары арқылы анықталады.

Ескертпелер

1 Толқын қозғалысына қарсылық ережеге сай, кедергі бетінің қалпына (қыдыр -бұдырлығына) байланысты болады. Тәжірибеге бағынсақ, коррозияға ұшыраған жағдайда, төмендеуі және теңіздің жабысқан жапсарларын ескере отырып, формакоэффициентін міндетті түрде анықтау керек:

$$\beta_i = \frac{a}{2b} C_i, \quad (38)$$

$$\beta_v = C_v, \quad (39)$$

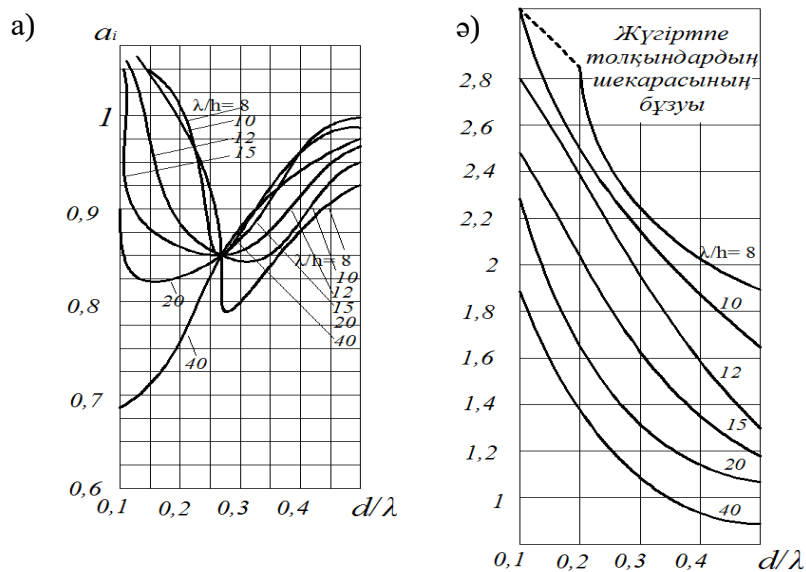
мұндағы C_i және C_v - тәжірибелік мағыналардың, инерциондық және жылдамдық қарсыласуының, коэффициенттері.

2 Толқындардың, дөңес бөгетке, бұрыш арқылы соғу кезінде (эллипсис немесе тікбұрыш ретінде), бастапқы ось бойынша, мәндерінің, интерполяция формасын анықтау үшін, коэффициенттер қолданылады.

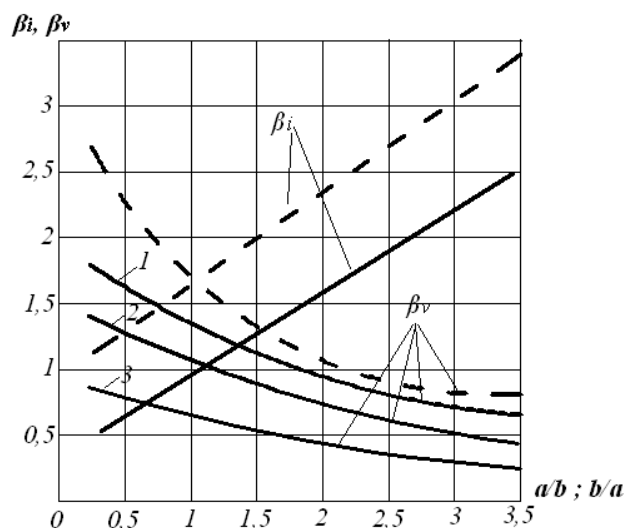
3 Толқынның ең үлкен әсері, $Q_{\max}$, кН, тік дөңес бөгетке, мына мәнде $\frac{Q_{i,\max}}{Q_{v,\max}} \geq 2$ қолдануға болады,

$Q_{\max} = Q_{i,\max}$, ал бұл мәнде, $\frac{Q_{i,\max}}{Q_{v,\max}} \leq 2$ қабылдайды, $Q_{\max} = Q_{v,\max}$; басқа кезде, $Q_{\max}$ алынған мәндерді,

(36) формула бойынша, әр түрлі α мағыналарда, анықтаған жөн.



15-сурет –Инерциялық α_i мен жылдамдықтық α_v тереңдік коэффициенттері мәнінің графигі



Эллиптикалық кедергілер - бірыңғай сызықтар, призматикалық – штрихталған сызықтар:
бұдыр эллиптикалық кедергі; 2 – тегіс эллиптикалық кедергілер; 3 – су асты бөлігіндегі
бұдыр және су үсті бөлігіндегі тегіс тік эллиптикалық кедергі

16-сурет - a/b (Q , q және P_x үшін) немесе b/a (P_z үшін) - мынадай шарттарға тәуелді инерциялық β_i мен жылдамдықтық β_v коэффициенттері формаларының графигі

6.1.2 Толқын әсерінің максимальды күшімен Q_{max} су тереңдігіндегі z , тік сүйір кедергіге түскен сызықтық күшті q (кН/М) мына формуламен анықтау керек:

$$q = q_{i,max} \delta_{xi} + q_{v,max} \delta_{xv}, \quad (40)$$

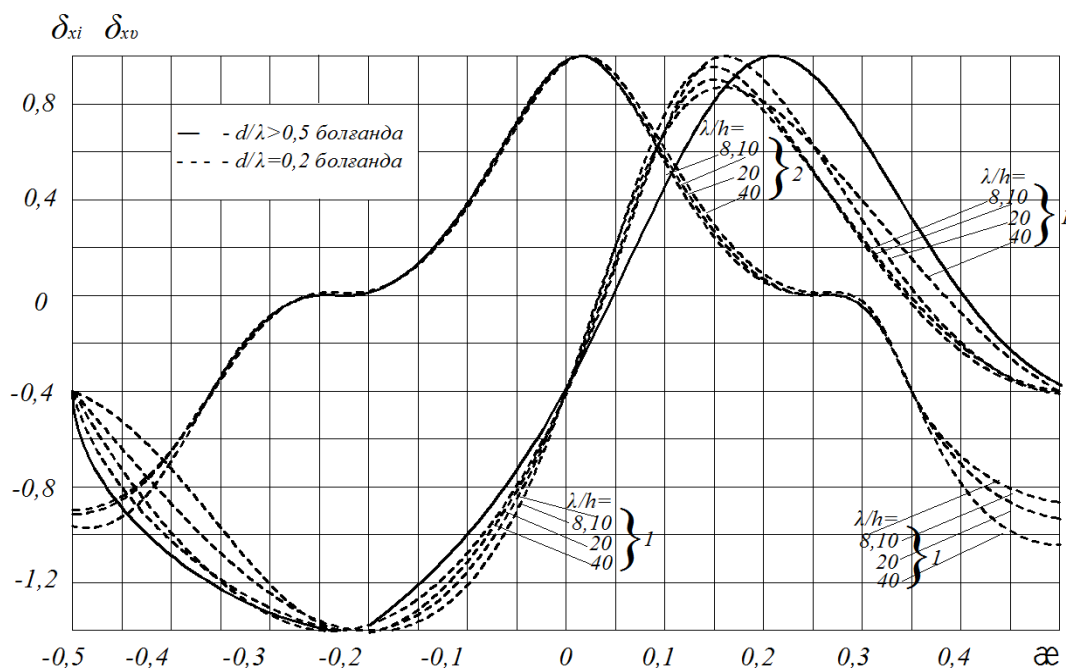
мұнда $q_{i,max}$ және $q_{v,max}$ - толқыннан түскен максимальды күштің инерциялық және жылдамдықтық компоненттері, кН/м:

$$q_{i,\max} = \frac{1}{2} \rho g \pi^2 b^2 \frac{h}{\lambda} k_v \theta_{xi} \beta_i, \quad (41)$$

$$q_{v,\max} = \frac{2}{3} \rho g \pi b \frac{h^2}{\lambda} k_v^2 \theta_{xv} \beta_v, \quad (42)$$

мұнда δ_{xi} және δ_{xv} - 6.1.1 –ге сәйкес 17-суреттің, 1 және 2- сызбаларындағы сәйкес, α мәндерін, қабылдайтын, инерциялық және жылдамдықтық, толқыннан түскен, күш компоненттерінің, үйлесімдік коэффициенттері;

θ_{xi} және θ_{xv} - толқындық жүктеменің, компоненттерінің, коэффициенттеріне қатысты, тереңдіктің мәні, $z_{rel} = \frac{d-z}{d}$, келесі сызба бойынша, анықталады (18сурет, а және б).

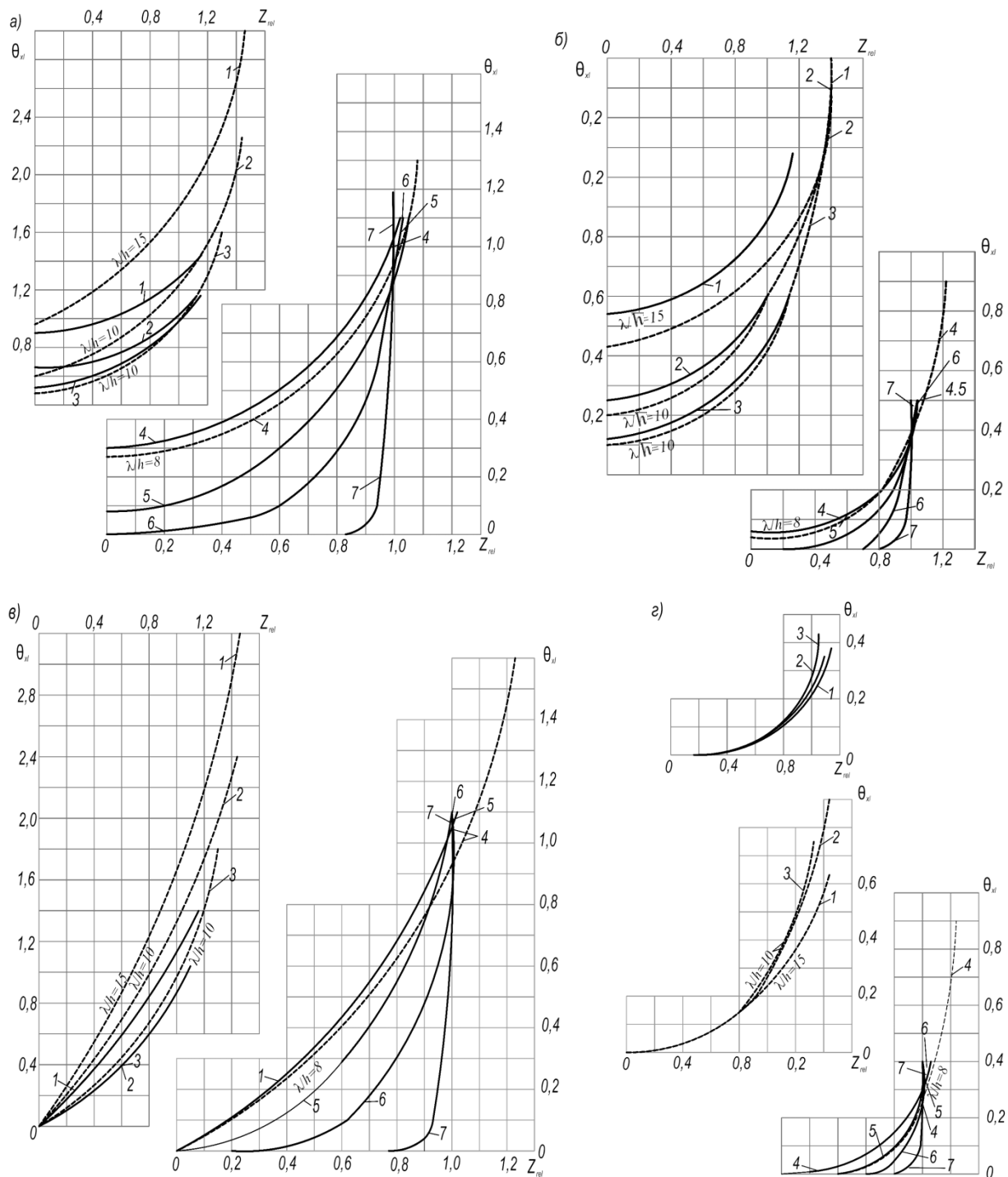


17-сурет – Толқындардың горизонтал жүктемесінің инерциялық δ_{xi} (1 графигі) және жылдам δ_{xv} (2- графигі) компоненттерінің сәйкес коэффициентінің мәндер графигі

6.1.3 Есептік деңгейден, толқытқан беттің, асып кетуі, η , м, мына формуламен анықталады:

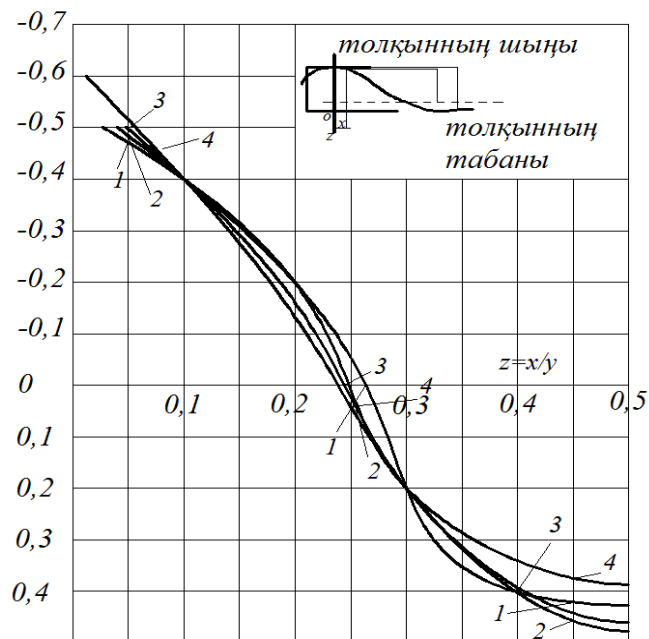
$$\eta = \eta_{rel} h, \quad (43)$$

мұндағы η_{rel} - 19 сурет арқылы анықталатын, салыстырмалы толқытқан беттің асып кетуі.



$\lambda/d = 40$ - жаппай сызықтар; $\lambda/d = 8-15$ - штрих сызықтар;

18сурет – Толқындардағы жүктемелердің коэффициенттерінің графиктері θ_{xi} , θ_{xv} , θ_{zi} , θ_{zv} , мұндай жағдайда d/λ : 1) 0,1; 2) 0,15; 3) 0,2; 4) 0,3; 5) 0,5; 6) 1; 7) 5



1 - $d/\lambda = 0,5$ және $d/\lambda = 40$ кезінде; 2 - $d/\lambda = 0,5$ және $d/\lambda = 20$ кезінде, және де $d/\lambda = 0,2$ және $d/\lambda = 40$ кезінде; 3- $d/\lambda = 0,5$ және $d/\lambda = 10$ кезінде, және де $d/\lambda = 0,2$ және $d/\lambda = 20$ кезінде; 4 - $d/\lambda = 0,2$ және $d/\lambda = 10$ кезінде

19-сурет – Салыстырмалы ординаталар мәндерінің графигі

Есептік деңгейден орташа толқындық сызықтың асып кетуі, Δd , м, мына формуламен анықталады:

$$\Delta d = (\eta_{c,rel} + 0,5)h, \quad (44)$$

мұнда $\eta_{c,rel}$ - 19-сурет арқылы анықталатын толқын шыңының салыстырмалы асып кетуі $\xi = 0$ мағына бойынша.

6.1.4 Кез-келген орындағы, x м, тік ағылатын бөгетке, Q және q толқындардан жүктемелерді, толқын биіктігінде (35) және (40) формулалар арқылы, анықтауға болады. Егер, δ_i и δ_v коэффициенттері бірдей болса, онда мәндері 1-ші және 2-ші келесі сызбалар бойынша анықталады (14сурет); ал δ_{xi} және δ_{xv} - мына мәнде, $\xi = x/\lambda$, 1-ші және 2-ші сызбалары бойынша, (17сурет).

6.1.5 Судың есептік деңгейінен тік ағылатын бөгетке, Q_{max} толқындардың әрекетінен максималды күштерді, қосу нүктесіне дейінгі, арақашықтықты, $z_{Q,max}$, м, мына формуламен анықтау керек:

$$z_{Q,max} = \frac{1}{Q_{max}} (Q_{i,max} \delta_i z_{Q,i} + Q_{v,max} \delta_v z_{Q,v}), \quad (45)$$

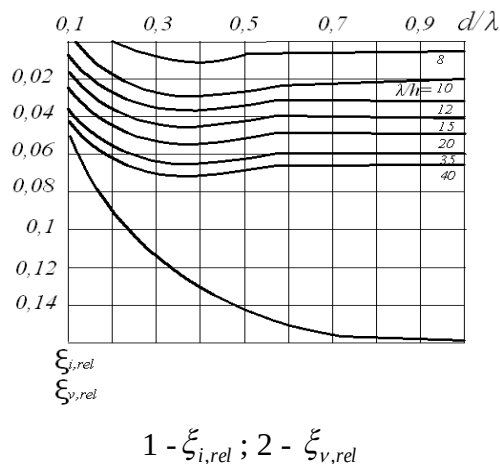
мұнда δ_i және δ_v , Q_{max} қатысты- ξ болғанда, 1-ші және 2-ші сызбалары бойынша (14- сурет) қабылданатын коэффициенттер;

$Z_{Q,i}$ және $Z_{Q,v}$ - инерциалдық және жылдамдық күш компоненттеріне сәйкес келетін қосу нүктелерінің салыстырмалы ординатасы. Ол, мына формулалармен анықталады:

$$Z_{Q,i} = \mu_i \xi_{i,rel} \lambda, \quad (46)$$

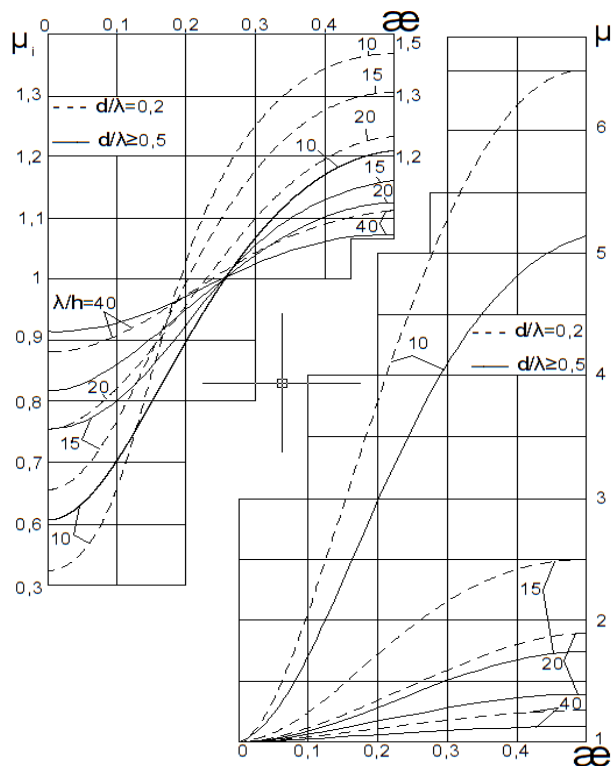
$$Z_{Q,v} = \mu_v \xi_{v,rel} \lambda, \quad (47)$$

мұнда $\xi_{i,rel}$ және $\xi_{v,rel}$ - 20-суреттегі сызбада қолданылатын инерциалдық және жылдамдық күш компоненттерінің қосу нүктесінің салыстырмалы ординатасы;



20-сурет – η_{rel} коэффициент мәндерінің графигі

μ_i және μ_v - 21-суретте қолданылатын фазаның инерциалдық және жылдамдық коэффициенттері.



21-сурет – Фазаның инерциялық, μ_i және жылдамдық коэффициенті мәндерінің графигі

Судың есептік деңгейінен бөгетке қарсы толқын биіктігінің кез-келген алып тастауындағы x , күштерді қосу нүктесіне, Q дейінгі арақашықтықты, z_Q (45) формула арқылы анықтау керек, бұл жағдайда, δ_i және δ_v коэффициенттері, $\alpha = x/\lambda$ мәні үшін 1-ші және 2-ші сызбаларға байланысты қабылданады (14-сурет).

6.2 Горизонтал сүйірленген бөгеттерге түсетін толқындардан жүктеме

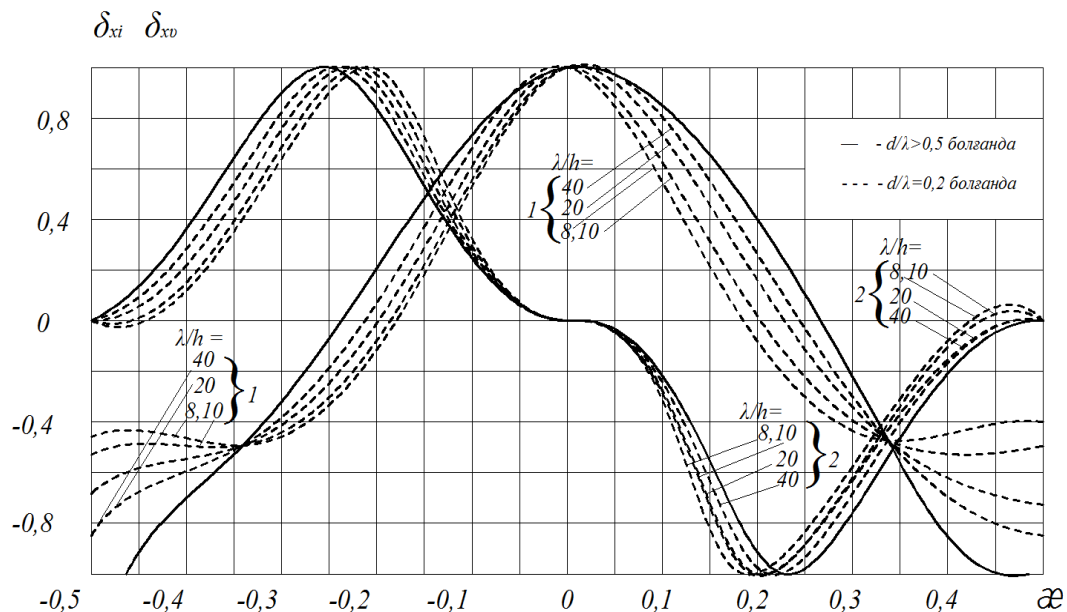
6.2.1 Толқындардан тең әрекеттенетін сызықты жүктемелердің жоғарғы мәні $P_{\max}$, кН/м, көлденең ағылатын бөгетке (14а -сурет) көлденең мөлшерлермен $a \leq 0,1\lambda$, м, және $b \leq 0,1\lambda$, м, $z \geq b$, бірақ, $(z_c - b/2) > h/2$, және $(d - z_c) \geq b$ бойынша келесі формула бойынша анықталуға тиісті:

$$P_{\max} = \sqrt{P_x^2 + P_z^2}, \quad (48)$$

– жүктеменің максималды көлденең құраушысы, $P_{x,\max}$, кН/м, тік құрайтын жүктемеге лайықты мәні, P_z , кН/м;

– жүктеменің максималды тікті құраушысы, $P_{z,\max}$, кН/м, горизонтал құрайтын жүктемеге лайықты мәні, P_x , кН/м.

Жоғарғы сызықты жүктемелердің әсерінде толқындардың төбесінен бөгетің ортасына дейінгі қашықтық x , м, сызықты жүктемелердің, $P_{x,\max}$ және $P_{z,\max}$, $\alpha = x/\lambda$ салыстырмалы шама бойынша қолданыстағы 17 және 22-суреттерге байланысты анықталуы тиіс.



22-сурет – δ_i - инерциялық (1 график) және δ_v - жылдамдық (2 график) бөгеттерден тік сызба жүктеменің компоненттердің коэффициентер мағынасы тіркестің сызбалары

6.2.2 Толқыннан көлденең құралатын сызықтық күштің ең үлкен мәнін, $P_{x,\max}$, кН/м, төмендегі формула арқылы көлденең сүйір бөгетте әр түрлі мәндерден алынатын, α , көлем қатарынан анықтау керек:

$$P_{x,\max} = P_{xi} \delta_{xi} + P_{xv} \delta_{xv}, \quad (49)$$

мұнда P_{xi} және P_{xv} , кН/м, төмендегі формула арқылы анықталатын толқыннан көлденең құралатын сызықтық күштің инерциондық және жылдамдық компоненттері:

$$P_{xi} = \frac{1}{2} \rho g \pi^2 b^2 \frac{h}{\lambda} k_v \theta_{xi} \beta_i, \quad (50)$$

$$P_{xv} = \frac{2}{3} \rho g \pi b \frac{h^2}{\lambda} k_v^2 \theta_{xv} \beta_v, \quad (51)$$

мұнда δ_{xi} және δ_{xv} - толқыннан туындайтын сызықтық күштің инерциондық және жылдамдық компоненттерінің үйлесу коэффициенттері 17-суреттегі 1 және 2 графиктерге сәйкес қабылданады белгіленуі α , 6.1.1 нұсқауға сәйкес;

θ_{xi} және θ_{xv} - белгіленуі, 6.1.2 нұсқауға сәйкес;

β_i және β_v - бөгеттің, шар пішінді, эллипсті және тікбұрышты тәріздес, инерциалдық және жылдамдық коэффициенті, a/b -көлденең және b/a - тік жүк үшін, 16 суреттегі сызба бойынша анықталады.

6.2.3 Толқыннан, тігінен құралатын, сызықтық күштің, ең үлкен мөлшерін, $P_{z,\max}$, кН/м, төмендегі формула арқылы, көлденең сүйір бөгетте, әр түрлі мәндерден алынатын, α , көлем қатарынан, анықтау керек:

$$P_{z,\max} = P_{zi} \delta_{zi} + P_{zv} \delta_{zv}, \quad (52)$$

мұндағы P_{zi} және P_{zv} - кН/м, төмендегі формула арқылы анықталатын, толқыннан, тігінен құралатын, сызықтық күштің, инерциондық және жылдамдық компоненттері:

$$P_{zi} = \frac{1}{2} \rho g \pi^2 \alpha^2 \frac{h}{\lambda} k_v \theta_{zi} \beta_i, \quad (53)$$

$$P_{zv} = \frac{2}{3} \rho g \pi \alpha \frac{h^2}{\lambda} k_v^2 \theta_{zv} \beta_v, \quad (54)$$

мұндағы δ_{zi} және δ_{zv} - мәндері, 6.1.1 нұсқауға сәйкес, 22 суреттегі, 1 және 2 сызбалар арқылы, қабылданатын, инерциялық және жылдамдық үйлесу коэффициенті;

θ_{zi} және θ_{zv} - мәндері, ординатаға қатысты, 18 суреттегі, α және z кестелерінде қабылданатын, салыстырмалы ординаталарының мәндерінде: $z_{c,rel} = \frac{d - z_c}{d}$;

β_i және β_v - белгіленуі, 6.2.2 нұсқауға сәйкес.

6.2.4 P_x , кН/м, көлденең мәні немесе P_z , кН/м, тік мәні, толқыннан болатын, сызықтық жүктемені құрастыратын, көлденең сүйір кедергіге толқын ұшынан кез-келген орнында орналасқан x шамасын, (50) немесе (53) формуламен анықтау қажет. Осыған сәйкес δ_{xi} және δ_{xv} немесе δ_{zi} және δ_{zv} 17 және 22-суреттердегі, $\alpha = x/\lambda$ мәнін қабылдау қажет.

6.2.5 $P_{\max}$, кН/м, теңгей әсерлі толқыннан болатын максималды сызықтық жүктемені су түбінде жатқан цилиндрлік кедергіге түсетін (13ә- сурет), соның диаметрі, $D \leq 0,1\lambda$, м, және $D \leq 0,1d$, (48) формула бойынша 2 жағдайда анықталуы қажет:

- $P_{x,\max}$, кН/м, максимальды көлденең сызықтық жүктеме, P_z , кН/м, тік сызықтық мәнімен сәйкес келгенде;

- $P_{z,\max}$ кН/м, максималды тік сызықтық жүктеме, P_x , кН/м, көлденең сызықтық мәнімен сәйкес келгенде.

6.2.6, Су түбінде жатқан цилиндрлі кедергіге түсетін, толқынның $P_{x,\max}$ кН/м, максималді көлденең және сәйкесінше, тікті $P_{z,\max}$, кН/м, сызықтық жүктеменің кескіндері мына формуламен анықталады:

$$P_{x,\max} = P_{xi} \delta_{xi} + P_{xv} \delta_{xv}, \quad (55)$$

$$P_z = -\frac{9}{5} P_{xv} \delta_{xv}, \quad (56)$$

мұндағы P_{xi} және P_{xv} - кН/м, төмендегі формулалар арқылы анықталатын толқыннан көлденең құралатын сызықтық күштің инерциондық және жылдамдық компоненттері:

$$P_{xi} = \frac{3}{4} \rho g \pi^2 D^2 \frac{h}{\lambda} \theta_{xi}, \quad (57)$$

$$P_{xv} = \rho g \pi D \frac{h^2}{\lambda} \theta_{xv}, \quad (58)$$

мұнда δ_{xi} және δ_{xv} , θ_{xi} және θ_{xv} - белгіленуі 6.2.2 нұсқаға сәйкес.

Толқыннан сызықты күштің проекциясының мәндері яғни ең үлкен мәнді, тігінен $P_{z,\max}$, кН/м, және соған қатысты, көлденең, $P_{x,\max}$, кН/м, келесіге тең болады:

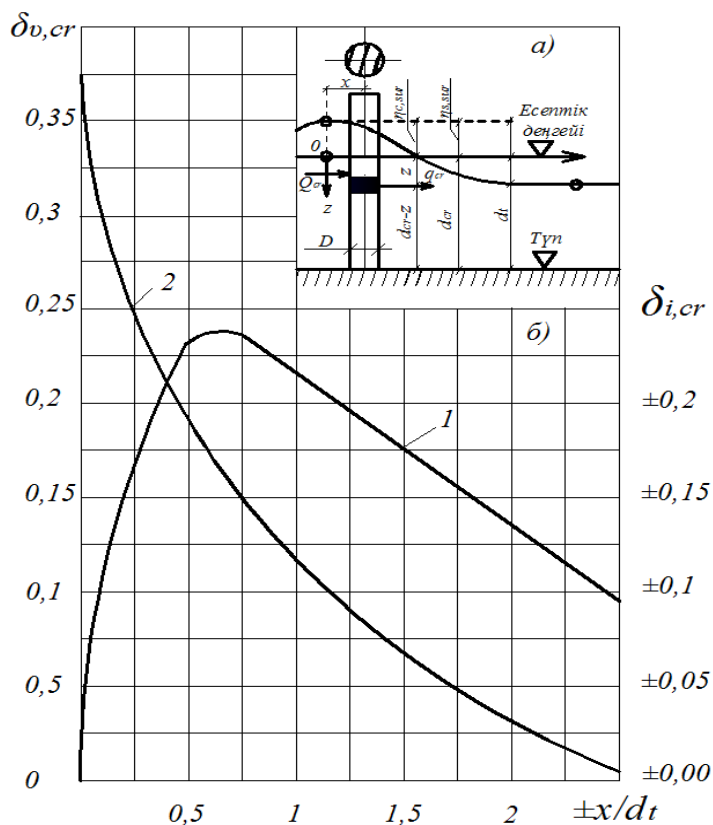
$$P_{z,\max} = -\frac{9}{5} P_{xv},$$

$$P_x = P_{xv}.$$

6.3 Тік сүйірлі бөгетке соғылатын толқындардан түсетін жүктеме

6.3.1 Соғылатын толқындар күштерінің максимал мәнін $Q_{cr,\max}$, кН, диаметрі, $D \leq 0,4d_{cr}$, м, болатын цилиндрлі тік бөгетке толқын күштерінің таралуына байланысты, әр түрлі шамада анықтау қажет, Q_{cr} , кН, алынған бөгеттің орнына қатысты толқын

биіктігіне байланысты (23а сурет), интервал мәні, $0,1 \frac{x}{d_t}$, $\frac{x}{d_t} = 0$ - дан бастап, (мұндағы x - арақашықтық, м, соғылатын толқынның ең биік нүктесінен тік цилиндр тәріздес бөгеттің өсіне дейін).



23-сурет – Соғылатын толқындардан түсетін жүктемелерді анықтау схемасы және $\delta_{i,cr}$ - 1 қисық және $\delta_{v,cr}$ - 2 қисық коэффициенттері мәндерінің графигі

Толқындардан әсер еткен күш Q_{cr} , кН, цилиндр тәріздес бөгеттің кез-келген орнына қатысты толқын биіктігі мына формуламен анықталады:

$$Q_{cr} = Q_{i,cr} + Q_{v,cr}, \quad (59)$$

Мұнда $Q_{i,cr}$ және $Q_{v,cr}$ қиайтын күштерден, әсер еткен, инерциялық және жыдамдықтық құрамы, бұл, келесі формулалармен анықталады:

$$Q_{i,cr} = \frac{1}{2} \rho g \pi D^2 (d_{cr} + \eta_{c,sur}) \delta_{i,cr}, \quad (60)$$

$$Q_{v,cr} = \frac{2}{5} \rho g D (d_{cr} + \eta_{c,sur}) d_t \delta_{v,cr}, \quad (61)$$

мұндағы d_t - толқын етегіндегі, су тереңдігі, м, бірдей қолданылады (23а сурет):

$$d_t = d_{cr} - (h_{sur} - \eta_{c,sur}), \quad (62)$$

мұндағы h_{sur} - судың биіктігі, м, тайыз аумаққа, келесі шарттармен, алғашқы соқтығысу, $h_{sur} \leq 0.8 \cdot d_t$;

$\eta_{c,sur}$ - алғашқы соқтығысу кезіндегі, есептік шарттардан, асып кеткен, толқындағы, судың биіктігі, м;

$\delta_{i,cr}$ және $\delta_{v,cr}$ - 23б- суреттің, берілген сызба бойынша, инерциялық және жылдамдық коэффициенттері.

6.2.7 Қираайтын, толқындардың, сызықтық күштері, q_{cr} , кН/м, z, м, тереңдіктегі тік цилиндр бөгетке әсер ететін, есептік мөлшері, (23а сурет) қатысты бөгет өсінің, толқын биіктігінен ауытқуын, x/d_t , келесі формулаға сәйкес, анықтайды:

$$q_{cr} = q_{i,cr} + q_{v,cr}, \quad (63)$$

мұндағы $q_{i,cr}$ және $q_{v,cr}$ - кН/м, қирайтын, күштердің, әсер еткен, инерциялық және жылдамдық құрамы, бұл, келесі формулалармен анықталады:

$$q_{i,cr} = \frac{1}{2} \rho g \pi D^2 \varepsilon_{i,cr}, \quad (64)$$

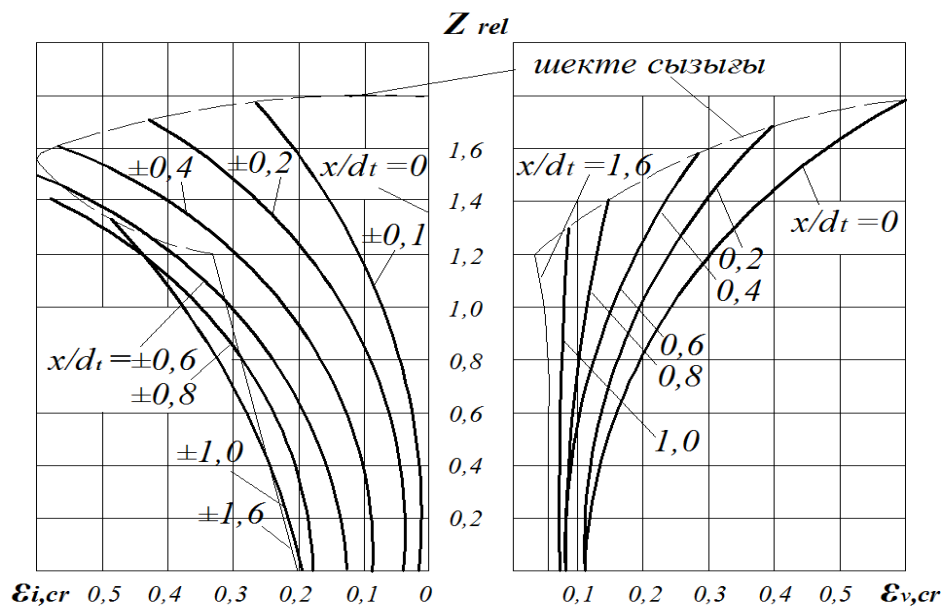
$$q_{v,cr} = \frac{2}{5} \rho g D (d_{cr} + \eta_{c,sur}) \varepsilon_{v,cr}, \quad (65)$$

мұндағы $\varepsilon_{i,cr}$ және $\varepsilon_{v,cr}$ - б және а 24-суреттің берілген графиктерінің бойынша қабылданатын инерция және жылдамдық коэффициенттері, қатысты толқын тереңдігі бойынша $z_{rel} = \frac{d_{cr} - z}{d_t}$.

Ескертпе-Берілген коэффициенттердің, $\delta_{i,cr}$ (24ә- сурет) және $\varepsilon_{i,cr}$ (24а- сурет) с $x/d_t > 0$ мәнінде, оң және $x/d_t < 0$ мәнінде, теріс.

а)

ә)



24сурет –Графиктің инерциялық $\varepsilon_{i,cr}$ және жылдамдықтың $\varepsilon_{v,cr}$ коэффициенттері

6.4 Су тесіп өтетін сүйір элементтердің имараттарына толқындықүштердің әсері

6.4.1 Су тесіп өтетін, сүйір элементтердің имараттарына,өзек жүйелі имаратқа, толқын күштерінің, әсерлерін, анықтау үшін, күштің жалпы суммасын табу керек.Анықтау, 6.1.1 - 6.1.5, 6.2.1 – 6.2.4 сай, жеке тұрған бөгеттердің, әр элементтеріне, толқын биіктігін есепке ала отырып, имараттың, элементтерін, жеке тұрған осьтердің арақашықтығы, $l < 3D$, м, болатын, сүйір бөгет ретінде, қарастыру керек. Арақашықтығы, $l < 3D$ (D -элементтеңе ең үлкен диаметрі) болғанда, жеке тұрған имарат элементтерін, анықталған, жақындасу коэффициентіне, ψ_t және сәуле, ψ_l 17кестедегі мөндерге, көбейтілуі қажет.

17-кесте - ψ_t және ψ_l жақындасу коэффициенттері

Бөгет осьтерінің салыстырмалы арақашықтығы l/D	D/λ салыстырмалы диаметрдің мәндері кезіндегі ψ_t және ψ_l жақындасу коэффициенттері			
	ψ_t		ψ_l	
	0,1	0,05	0,1	0,05
3	1,0	1	1,0	1,0
2,5	1,0	1,05	1,0	0,98
2	1,04	1,15	0,97	0,92
1,5	1,2	1,4	0,87	0,8
1,25	1,4	1,65	0,72	0,68

6.2.8 Сүйір имараттың, иілген элементіне, әсер ететін, толқын күштерін, алынған

көлденең және тік эпюралардан, таба аламыз, олардың, ординаталары, 6.2.4 бойынша тереңдетілген және есептік толқын, биіктігіне, қатысты, анықталады.

Ескертпе-Толқын күштерінің, имарат элементтеріне әсері, тік немесе көлденең бұрышы, 25° жоғары болуы керек. Бұл 6.1.4 және 6.2.4 берілген, тік және көлденең, сүйір бөгетке, қатысты, анықталады.

6.2.9 Бейуақыт, динамикалық, жел толқындарының, сүйір элементтер арқылы, имараттарға әсерін, статикалық күш мәндерінің, көбейтіндісі арқылы, анықтауға болады, 6.4.1 және 6.4.2 бойынша, толқынның орташа ұзындығын, динамикалық коэффициентке k_d , көбейтіндісі, 18-кестеде берілген.

18-кесте - k_d динамикалық коэффициенті

Периодтар қатынасы $T_c / \bar{T} > 0,3$	0,01	0,1	0,2	0,3
Динамикалық коэффициенті k_d	1	1,15	1,2	1,3
T_c - имараттың тербеліс коэффициенті, с; $\bar{T}$ - толқынның орташа периоды, с.				

Периодтардың қатынасы $T_c / \bar{T} > 0,3$ болса, имараттың динамикалық есептеуін жүргізу қажет.

6.5 Үлкен диаметрлердің тік цилиндрларына толқындардан түсетін жүктеме (ерекше жағдайлар)

6.5.1 Толқындық қысым әсерінен, тік дөңгелек цилиндрлі бөгеттің гравийлі немесе тасты жазық негіз түбінде, пайда боатын, максималды төңкеруші сәтті, $M_{z,por}$, кН·м, бөгеттің, салыстырмалы ортасына қатысты, мына формуламен анықталады:

$$M_{z,por} = \frac{1}{16} pghD^3 \beta_{por}, \quad (66)$$

мұнда β_{por} - 19-кесте бойынша қабылданатын негіздердің өткізгіштігі ескерілген аудару сәтінің коэффициенті.

Бөгетке әсер ететін толық максимал аудару сәті, екі сәттің сомасы ретінде: 6.1.5 бойынша анықталатын, иықта 6.1.1 бойынша анықталатын осы күштің туындысына тең Q_{max} максимал күш сәтімен және (66) формула бойынша анықталатын және Q_{max} максимал күшінің фазасы бойынша сәйкес келетін максимал сәтпен анықталады.

19-кесте - D/λ кезінде β_{por} коэффициенті

d/λ	D/λ кезінде β_{por} коэффициенті			
	0,2	0,25	0,3	0,4
0,12	0,67	0,76	0,82	0,81
0,15	0,59	0,68	0,73	0,73
0,2	0,46	0,52	0,57	0,56
0,25	0,35	0,42	0,44	0,42
0,3	0,26	0,29	0,32	0,32
0,4	0,14	0,15	0,17	0,17
0,5	0,07	0,08	0,09	0,09

6.5.2 $z \geq 0$ тереңдіктегі дөңгелек цилиндр тәріздес бөгеттің көлбеу күшінің жоғарғы әсерінде $Q_{\max}$ толқын қысымы, p , кПа, келесі формуламен анықталады:

$$p = \rho gh \frac{chk(d-z)}{chkd} \chi, \quad (67)$$

мұнда χ – қысымның таралу коэффициенті 20-кесте бойынша;

20-кесте – D/λ болғанда, χ коэффициент мөлшері

θ , бұршақ	D/λ кезінде β_{por} коэффициенті		
	0,2	0,3	0,4
0	0,73	0,85	0,86
15	0,7	0,83	0,85
30	0,68	0,81	0,84
45	0,6	0,74	0,8
60	0,5	0,65	0,7
75	0,35	0,51	0,55
90	0,22	0,34	0,34
105	0,03	0,11	0,1
120	-0,09	-0,08	-0,1
135	-0,23	-0,23	-0,23
150	-0,32	-0,36	-0,33
165	-0,37	-0,42	-0,38
180	-0,41	-0,45	-0,4

θ – толқынның түсу бұрышымен дененің қарастырылған бөлігіне бағыты (цилиндрдің алдыңғы жасаушысы үшін $\theta = 0$).

Есептелген биіктіктен жоғары жатқан су мөлшеріндегі, ($z < 0$), қысым p , $\chi > 0$, мәндегі сызықтық заңымен p деңгейі, $z = 0$, (67) формуласымен анықталады, және $p = 0$ деңгейі, $z = -\chi h$; ал $\chi < 0$ тереңіндегі нүктелерге, $0 \leq z \leq -\chi h$ - және де сызық заңымен, $p = 0$ мен $z = 0$ және p , жағдайда, $z = -\chi h$ (67) формуласымен анықталады.

Берілген ($\theta = 90^\circ$ және 270°) контурда және бөгеттің алдыңғы бөлігіндегі, $0,25\lambda$ нүктелерде, ($\theta = 0^\circ$) орналасқан, максималды жылдамдық, $V_{b,\max}$, м/с, келесі формуламен анықталады:

$$V_{b,\max} = 2\varphi_v \frac{\pi h}{T} \cdot \frac{1}{shkd}, \quad (68)$$

мұндағы коэффициент φ_v 21-кестемен қабылданады.

21-кесте - D/λ кезінде β_{por} коэффициенті

Есептеу нүктелерінің, орналасуы	D/λ кезінде β_{por} коэффициенті		
	0,2	0,3	0,4
Бөгеттің контурында	0,98	0,87	0,77
Бөгеттің алдында	0,67	0,75	0,75

7 ЖАҒАЛАУДЫ НЫҒАЙТУ ИМАРАТТАРЫНА ЖЕЛ ТОЛҚЫНДАРЫНАН ЖӘНЕ АРНАЛАР ЖАҒАЛАУЛАРЫН БЕКІТУДЕ КЕМЕ ТОЛҚЫНДАРЫНАН ТҮСЕТІН ЖҮКТЕМЕЛЕР

7.1 Жағалауды нығайту имараттарына жел толқындарынан түсетін жүктемелер

7.1.1 Жүктемелердің көлбеудегі максималды мәнін, P_x , кН/м, және тік мәнін P_z және P_c , кН/м суасты толқынның тосқыларға әсер еткен күш мөлшерін проекциялау үшін 25-суретте көрсетілген қабырғалық және толқындық қысым эпюраларын қолдану керек. Бұл жағдайда қысым p , кПа, z қатысты түп деңгейіне байланысы, i , келесі формулалармен анықталады:

а) түп деңгейінің мөлшері $i < 0,04$:

$$z = z_1$$

$$z_1 < z_2 \text{ кезінде} \quad p_1 = \rho g(z_1 - z_2), \quad (68)$$

$$z_1 \geq z_2 \text{ кезінде} \quad p_1 = \rho_2, \quad (69)$$

k_w - 23-кесте бойынша қабылданатын коэффициент,

23-кесте – k_w коэффициенті

Толқын жазықтығы $\bar{\lambda}/h$	8	10	15	20	25	30	35
k_w коэффициенті	0,73	0,75	0,8	0,85	0,9	0,95	1,0

7.1.2 Жағалауды нығайту имараттары алдындағы максимал су түбі жылдамдығы $V_{b,max}$, м/с, (12) формула бойынша анықталады, мұндағы k_{sl} коэффициенті:

- а) 4-кесте бойынша тік және иілген қабырғаға;
- ә) 24-кесте бойынша суасты толқын тосқыларына қолданылады;

24-кесте – k_{sl} коэффициенті

Толқынның қатысты ұзындығы $\bar{\lambda}/h$	≤ 5	10	15	20 және көп
k_{sl} коэффициенті	0,5	0,7	0,9	1,1

Соғылатын және соқпа толқындарда жағалауды нығайту имараттары алдындағы максимал су түбі жылдамдығы $V_{b,max}$, м/с, (18) және (23) формулалар бойынша анықталуға жатады.

Шайылмайтын су түбі жылдамдықтарының рұқсат етілетін мәндері 5.2.5 сәйкес қабылдануы тиіс.

7.1.3 Толқынның сызықтық күшінен толқынға бөгет болатын қабырғаға соғылатын көлбеу P_x , кН/м, және тік P_z , кН/м, проекциялардың максимал мәндерін, (жағалау жақтан топырақ төгу болмаған жағдайда) 26-суреттегі эпюраларға байланысты қабылдау қажет, сонымен қатар, p , кПа, және η_c , м, имараттың орналасқан орнына тікелей қатысты болуы тиіс:

а) имараттың соңғы толқынға соғылатын бетімен тұрғанда (26а-сурет) келесі формуламен анықталады:

$$p = p_u = \rho g h_{br} \left(0,033 \frac{\bar{\lambda}}{d} + 0,75 \right), \quad (75)$$

$$\eta_c = - \frac{p_u}{\rho g}. \quad (76)$$

б) имараттың қиылысқан жерде орналасуы (27б-сурет) мына формуламен анықталады:

$$p = p_i = \left(1 - 0,3 \frac{\alpha_i}{\alpha_n} \right) p_u, \quad (77)$$

$$\eta_c = -\frac{p_u}{\rho g} . \quad (78)$$

в) имараттың жағада яғни толқынның соңғы қиылысында орналасуы (266-сурет), мына формуламен анықталады:

$$p = p_l = 0,7 \left(1 - \frac{\alpha_l}{\alpha_r} \right) p_u , \quad (79)$$

$$\eta_c = \frac{p_l}{\rho g} , \quad (80)$$

мұндағы η_c - толқын биіктігінің толқыннан қорғағыш қабырға биіктігінен асып кетуі, м;

h_{br} - соғылатын (талқандаушы) толқынның биіктігі, м;

α_n - толқындардың соңғы құлау жармасынан су деңгейі сызығына дейінгі (жиек маңы) арақашықтық, м;

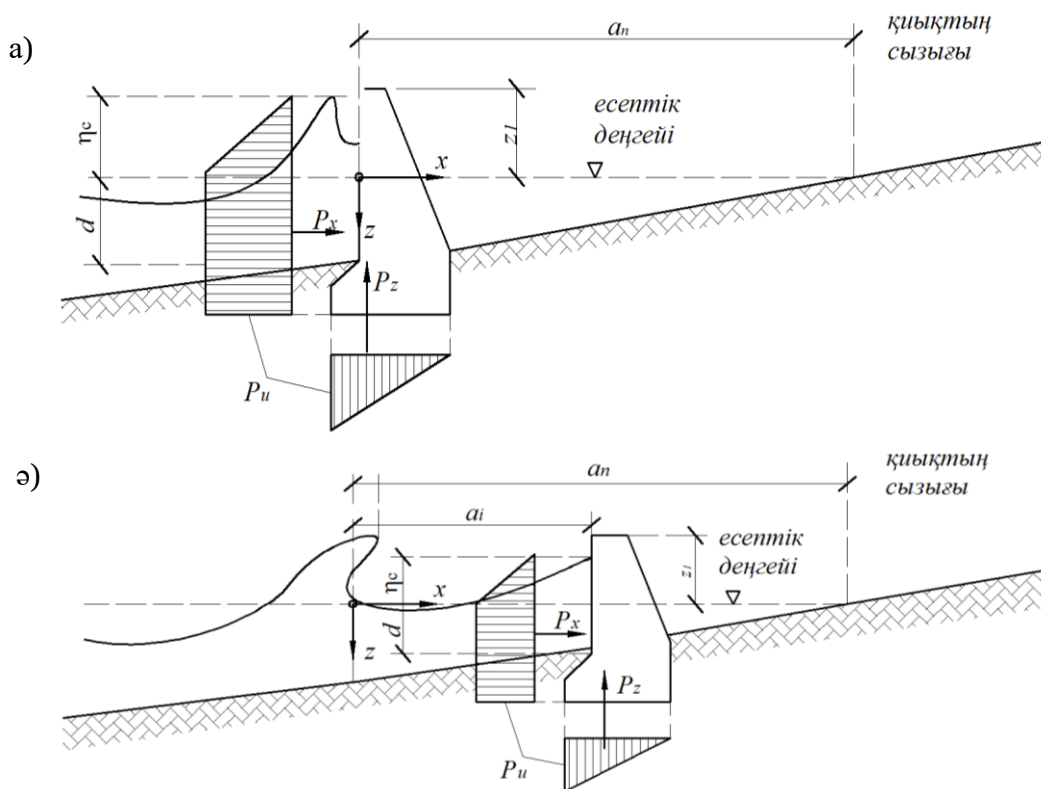
α_i - толқындардың соңғы құлау жармасынан имаратқа дейінгі арақашықтық, м;

α_l - су деңгейінің сызығынан имаратқа дейінгі арақашықтық, м;

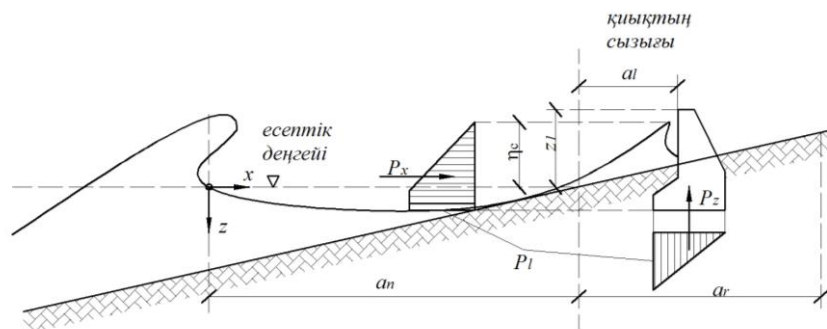
α_r - су деңгейі сызығынан толқын соғылған жағаның төсемі шегіне дейінгі арақашықтық (имарат болмаған жағдайда) мына формуламен анықталады:

$$\alpha_r = h_{sur1\%} \operatorname{ctg} \varphi , \quad (81)$$

мұнда $h_{sur1\%}$ - жағаға соғылған толқынның биіктігі м, 5.4.1 бойынша анықталады.



б)



26-сурет – Имаратты орналастыру кезінде тік толқыннан қорғайтын қабырғаға түсетін толқын қысымының эпюралары:

а) соқпа толқын аймағында ә) жиек маңы б) су деңгейінің сызығынан ары

Ескертпелер

1 Егер имараттың төбе ординатасы, $z_1 \geq -0,3h$, м, болса, онда (75), (77) және (79), формуларымен анықталатын толқын қысымын 25-кесте бойынша қабылданатын, k_{zd} , коэффициентіне көбейту қажет.

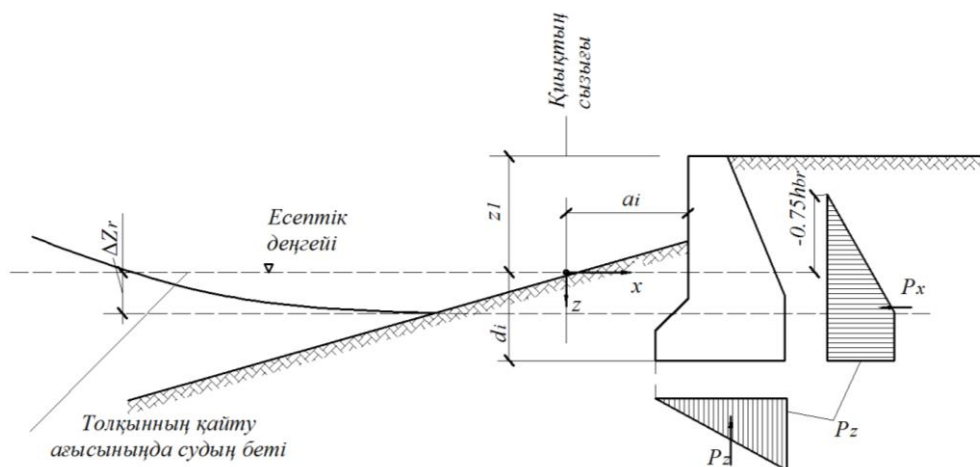
2 Ағым аймағындағы толқыннан қорғағыш қабырғаларға соғылатын толқын күштерін 5.3.2 бойынша анықтау қажет.

25-кесте – k_{zd} коэффициенті

Имараттың төбе ординатасы z_1 , м	-0,3h	0,0	+0,3h	+0,65
k_{zd} коэффициенті	0,95	0,85	0,8	0,5

7.1.4 Сызықтық күштен толқынға бөгет болатын қабырғаға соғылған көлбеу P_x , кН/м, және тік P_z , кН/м, проекциялардың максимал мәндерін (жағаның негізді болуын ескере), 27-суреттегі эпюраларға байланысты қабылдау қажет, сонымен қатар, p_r , кПа, келесі формуламен анықталуы керек:

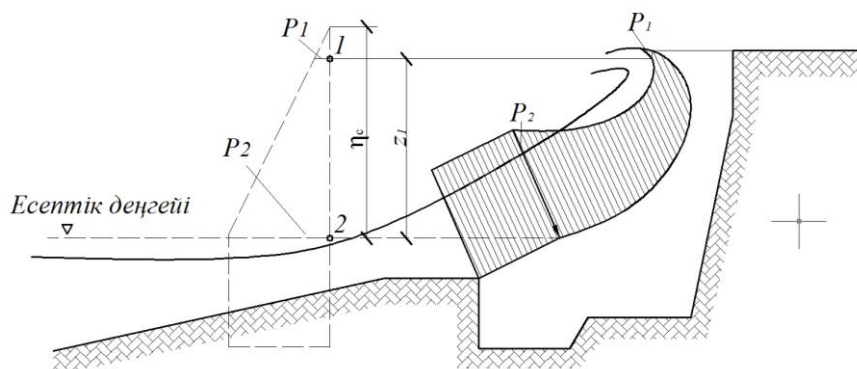
$$p_r = \rho g (\Delta z_r - 0,75 h_{br}), \quad (82)$$



27-сурет – Толқынның қайту кезіндегі тік толқыннан қорғайтын қабырғаға түсетін толқын қысымының эпюрасы

мұнда $\Delta z_r - a_l \geq 3h_{br}$ $\Delta z_r = 0$ және $a_l < 3h_{br}$, $\Delta z_r = 0,25h_{br}$ жағдайдағы имарат пен судың қиылу арасындағы арақашықтыққа байланысты қабылданатын толқынның сырғу кезіндегі су деңгейінің төмендеуі.

7.1.5 Толқын қысымының, p , кПа, қабырғаның қисық сызықтық аумағына әсері 7.1.3 бойынша толқын қысымының тік қабырғаға әсері эпюрасы бойынша қабылдау қажет (28-сурет).



28-сурет - Толқыннан қорғайтын қабырғаның қисық учаскесіне түсетін толқын қысымының эпюрасы түсірілген толқын қысымының эпюрасы

7.1.6 Буна элементіне әсер ететін тік сызықты толқын күшінің әсері проекциясының максималды тік $P_{x,ext}$, $P_{x,int}$ кН және максимал көлбеу P_z , кН, мәндерін өлшегіш толқын қысымы эпюрасымен қабылдағаны жөн (29-сурет), сонымен қатар, толқын қысымының сыртқа әсері p_{ext} , кПа және көлеңкелі әсері p_{int} , кПа, бунаның жиектері мен толқын тудырғыштар η_{ext} , м, және η_{int} , м, келесі формулалармен анықталуы тиіс:

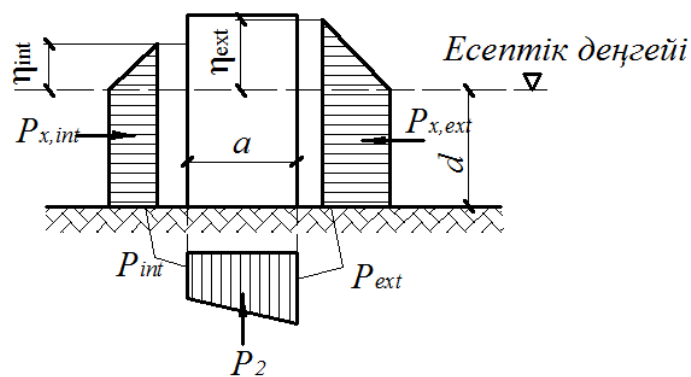
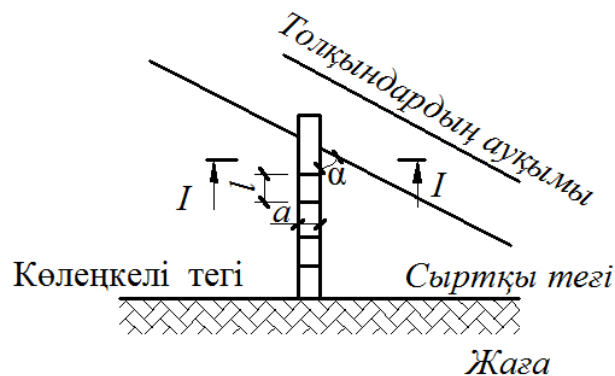
$$P_{ext(int)} = \frac{3}{4} k_{\alpha} \rho g h (1 + \cos^2 \alpha), \quad (83)$$

$$\eta_{ext} = \frac{p_{ext}}{\rho g}, \quad \eta_{int} = \frac{p_{int}}{\rho g}, \quad (84)$$

мұнда k_{α} - 26-кестеге сай қабылданатын бунаның α байланысты коэффициенті.

26-кесте - Толқынның α бұрыш арқылы, бунағы түсіретін коэффициент

Бунаның шегі	$ctg\alpha$	$l/\bar{\lambda}$ байланысты коэффициент k_α			
		0,03 төмен	0,05	0,1	0,2 жоғары
Сыртқы	—	1	0,75	0,65	0,6
Көлеңкелі	0	1	0,75	0,65	0,6
	0,2	0,45	0,45	0,45	0,45
	0,5	0,18	0,22	0,3	0,35
	1	0	0	0	0

Жоба

29-сурет – Бунаға түсірілген толқын қысымының, эпюрасы

26кесте - Толқынның α бұрыш арқылы, бунағы түсіретін коэффициент

Бунаның шегі	$ctg\alpha$	$l/\bar{\lambda}$ байланысты коэффициент k_α			
		0,03 төмен	0,05	0,1	0,2 жоғары
Ішкі	—	1	0,75	0,65	0,6
Көлеңкелі	0	1	0,75	0,65	0,6
	0,2	0,45	0,45	0,45	0,45
	0,5	0,18	0,22	0,3	0,35
	1	0	0	0	0

7.2 Арналардың жағалауларын бекітуге кеме толқындарынан түсетін жүктеме

7.2.1 Кеме толқындарының биіктігін, h_{sh} , м, келесі формуламен анықтау қажет:

$$h_{sh} = \frac{2v^2}{g} \sqrt{\frac{\delta d_s}{l_u}}, \quad (85)$$

мұнда d_s және l_u - кеменің тайыздығы мен ұзындығы, м;

δ - кеменің суды ысыру көлемінің коэффициенті;

v_{adm} -эксплуатациялық жағдайларға сай кеменің жылдамдығы, м/с, келесі формуламен анықталған:

$$v_{adm} = 0,9 \sqrt{\left[6 \cos \frac{\pi + \arccos(1 - k_\alpha)}{3} - 2(1 - k_\alpha) \right] g \frac{A}{b}}, \quad (86)$$

мұнда k_α -кеменің суасты сиысу ауданының каналды сиысу ауданына қатынасы A , м²;

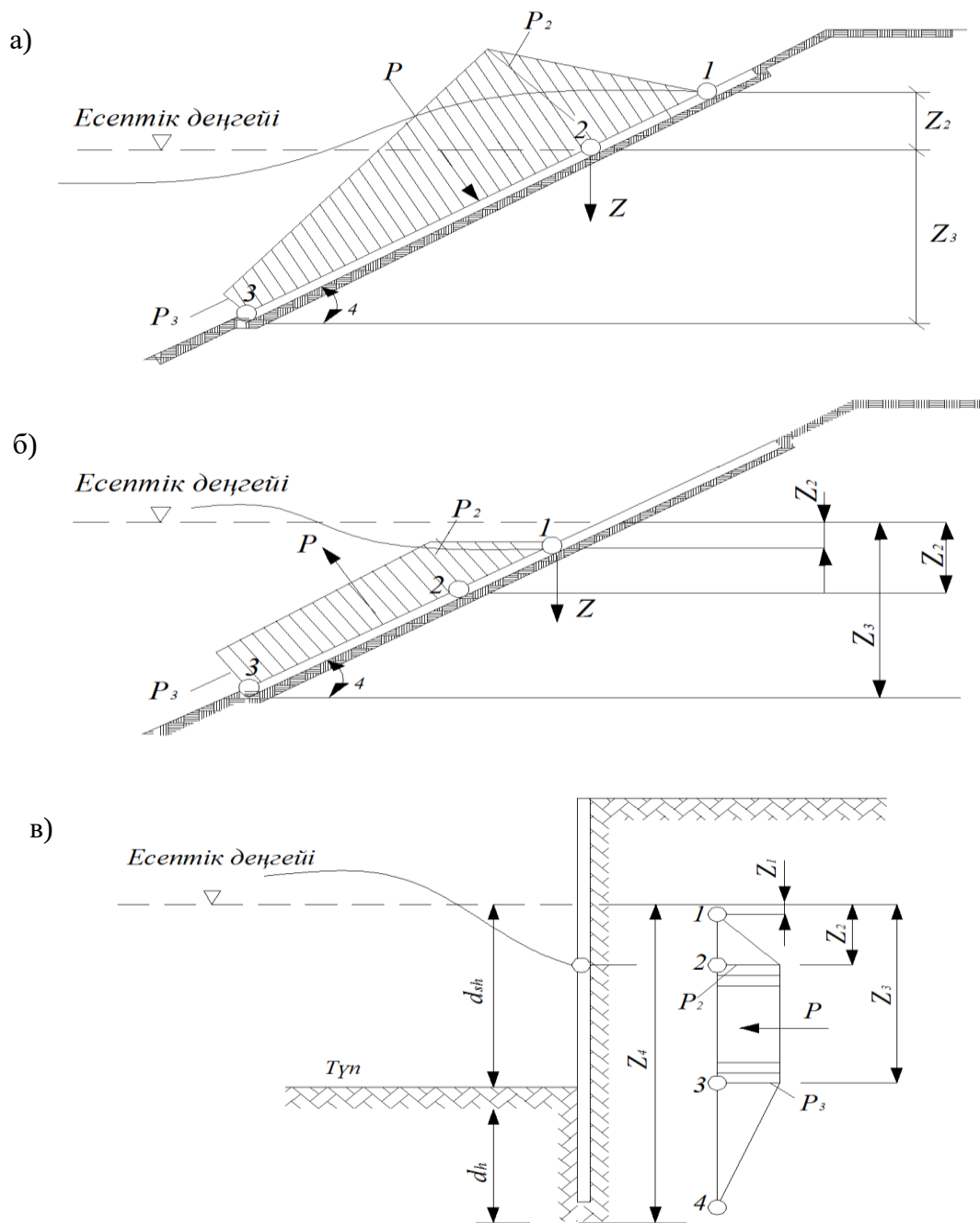
b - каналдың ені, м.

7.1.7 Кеменің толқынының құлау биіктігі h_{rsh} , м, (30-сурет) келесі формуламен анықтау қажет:

$$h_{rsh} = \beta_{sl} \frac{0,5h_{sl} + 0,05 \operatorname{ctg} \varphi \frac{v_{adm}^2}{g}}{1 - 0,05 \operatorname{ctg} \varphi}, \quad (87)$$

β_{sl} -еңістерге қолданылатын коэффициент біріңғай жабу үшін, 1.4; тас үшін - 1.0 және тас қалдықтары үшін- 0.8.

7.2.3 Канал тірмелеріне түсетін кеме толқынының тік күшінің максималды мәні P , кН/м, 30-сурет бойынша толқын қысымының эпюрасы арқылы қабылдануы қажет, сонымен қатар, қысым мәнін p , кПа, z - ке байланысты келесі формулалармен анықтау қажет.



- а) толқынның еңіске аууы ә) толқынның еңістен кетуі;
 в) тік қабырға толқынының жырасында

30-сурет – Арна жағалауларын бекітуге кеме толқындарынан түсетін қысым эпюрасы

а) толқынның тақталармен бекітілген еңіске аууы кезінде (30а сурет):

$$z = z_1 = -h_{rsh}, \quad p_1 = 0, \quad (88)$$

$$z = z_2 = 0, \quad p_2 = 1,34\rho gh_{sh}, \quad (89)$$

$$z = z_3 = 1,5h_{sh}\sqrt{1+ctg^2\varphi}, \quad p_3 = 0,5\rho gh_{sh}. \quad (90)$$

б) толқынның тақталармен бекітілген еңіске кері серпілуінде, (30ә сурет):

$$z = z_1 = \Delta z_f, \quad p_1 = 0, \quad (91)$$

$$z = z_2 = 0,5h_{sh}, \quad p_2 = -\rho g(0,5h_{sh} - \Delta z_f), \quad (92)$$

$$z = z_3 = d_{inf}, \quad p_3 = p_2. \quad (93)$$

в) тік қабырғасының жанындағы су жотасында (30б сурет):

$$z = z_1 = \Delta z_f, \quad p_1 = 0, \quad (94)$$

$$z = z_2 = 0,5h_{sh}, \quad p_2 = -\rho g(0,5h_{sh} - \Delta z_f), \quad (95)$$

$$z = z_3 = d_{sh}, \quad p_3 = p_2, \quad (96)$$

$$z = z_4 = d_{sh} + d_h, \quad p_4 = 0, \quad (97)$$

мұнда d_{inf} - еңістің бекітілген түбінің тереңдігі, м;

d_{sh} - шпунттың қағылу тереңдігі, м;

Δz_f - сүзгілеу әсерінен су деңгейінің төмендеуіне байланысты;

$0,25h_{sh}$ - деңгейі 4 м төмен болмайтын су өткізбейтін тіректер;

$0,2h_{sh}$ - деңгейі 4 м төмен болмайтын су өткізбейтін тас пішіндес призма тіректер;

$0,1h_{sh}$ - тік шпунттық қабырға үшін.

8 ГИДРОТЕХНИКАЛЫҚ ИМАРАТТАРҒА КЕМЕЛЕРДЕН (ҚАЛҚЫМАЛЫ ОБЪЕКТІЛЕРДЕН) ТҮСЕТІН ЖҮКТЕМЕЛЕР

Гидротехникалық имараттарға әсер еткен, кеме (жүзу нысандарының) жүктемелерін, есептеу кезінде мыналарды анықтау қажет:

- 8.1.1 - 8.1.4 жүзу нысандарына әсер ететін желдің толқынның ағыстың күші;
- 8.2.1 кемеге желдің әсерінен пайда болған толқын ағысының имаратқа әсер ететін басқы күші;
- 8.3.1 - 8.3.3 кеменің айлыққа келе жатқандағы басқы күшінің порттық имаратқа соққан күші;
- 8.4.1 - 8.4.2 кеменің бекітулі кезіндегі желдің ағыстың әсер ету күші.

8.1 Желдің ағыстың және толқын күшінің жүзу нысандарына әсері

8.1.1 Жүзу нысандарына әсер еткен желдің көлденең W_q , кН, және бойлық W_n , кН, күш мәндерін анықтау үшін келесі формулалар қолданылады:

- бекітілген кеме мен нысандар үшін:

$$W_q = 73,6 \cdot 10^{-5} A_q v_q^2 \xi, \quad (98)$$

$$W_n = 49,0 \cdot 10^{-5} A_n v_n^2 \xi, \quad (99)$$

- жүзбелі доктар үшін:

$$W_q = 79,5 \cdot 10^{-5} A_q v_q^2, \quad (100)$$

$$W_n = 79,5 \cdot 10^{-5} A_n v_n^2, \quad (101)$$

мұнда A_q және A_n - жүзбелі нысандардың жандық және алдыңғы желкенінің ауданы m^2 ;

v_q және v_n - көлденең және бойлық жел жылдамдығының 2 % құрамы бақылау периодына дейін, м/с;

ξ - 27-кесте бойынша қабылданатын коэффициент, мұндағы a_h - су үсті көлденең және бойлық сұлбаларының көлбеу өлшемі.

8.1.2. Жүзу нысандарына әсер еткен ағыстың көлденең, Q_w , кН, және бойлық, N_w , кН, күш мәндерін анықтау үшін келесі формулалар қолданылады:

$$Q_w = 0,59 A_l v_l^2, \quad (102)$$

$$N_w = 0,59 A_l v_l^2, \quad (103)$$

A_l және A_t - қалқымалы нысандардың суасты жандық және беткі желкенділік ауданы, m^2 ;

v_l және v_t - көлденең және бойлық жел жылдамдығының, 2 % құрамы бақылау периодына дейін, м/с.

27кесте – ξ коэффициентінің a_h ең үлкен көлбеу өлшеміне қатыстылығы

Қалқымалы объекті сұлбасының ең үлкен өлшемі a_h , м	до 25	50	100	200 жоғары
ξ коэффициенті	1	0,8	0,65	0,5

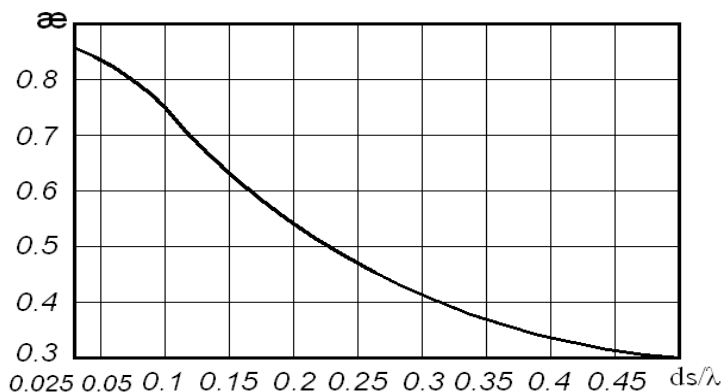
Ескертпе-Желкенділік аумағын жел соғатын жағынан беттік бөгеттердің көлемі бойынша анықтау қажет.

8.1.3 Жүзу нысандарына әсер еткен ағыстың көлденең Q , кН, және бойлық N , кН, көлбеу күштің максимал мәндерін анықтау үшін келесі формулалар қолданылады:

$$Q = \alpha \gamma_1 \rho g h A_l, \quad (104)$$

$$N = \alpha \rho g h A_t, \quad (105)$$

мұнда α - 31-суретпен қабылданатын коэффициент, мұндағы d_s - нысанның алған шөгуі, м;



31- сурет – α коэффициентінің мән графигі

γ_1 - 28-кестемен қабылданатын коэффициент, мұндағы a_l - су үсті көлденең және бойлық сұлбаларының көлбеу өлшемінің ең үлкен мәні, м;

28 кесте - γ_1 коэффициентінің a_l / λ коэффициентіне тәуелділігі

a_l / λ	0,5 және одан кем	1	2	3	4 және одан көп
γ_1 коэффициенті	1	0,73	0,5	0,42	0,4
Ескертпе-Толқын күшінің өзгеру периодында толқынның орташа периодымен тең қабылдау керек.					

h - 5 % -тік жүйедегі толқын биіктігі, м;

A_t және A_t - 8.1.2 бойынша.

8.1.4 Қалқымалы объектілерден палдарға берілетін жүктемелердің әрекетінде гидротехникалық имараттарды есептеуде айлақтардың түпкі бөліктері және анкер тіреулері (қабылданған санға, калибрға және байланыс ұзындығына, бастапқы жағдайдағы керілген байланыс мәніне, аспалы жүктердің салмағына және оларды бекіту орындарына арналған):

- көлденең және тік күштердің имарат пен анкерлі тірегімен;
- байланыс арасындағы үлкен белсенділікпен;
- жүзбелі нысандардың жылжуымен анықталуы қажет.

Ескертпе - Жоғарылау және төмендеуі бар теңіздерде, бекіту элементтері үшін су деңгейінің ең жоғары және ең төмен мәнін есепте ескеру қажет.

8.1.5 Анкерлі тіректерге түскен күшті және нысанның жылжу кезіндегі байланыстың артуын анықтау үшін толқынның әсерінің динамика мәнін есепке алу керек, мұнымен қатар, нысанның бос және еріксіз тербелісті алу кезіндегі резонансты құбылыстың болмауын қадағалау.

8.2 Бекітілген кеменің басқы күшінің имаратқа әсері

8.2.1 Желдің толқынның немесе ағыстың күші нормалардан асып кетсе, бекітілген кеменің тік басқы күшінің имаратқа әсері, q , кН/м, келесі формуламен анықталады:

$$q = 1,1 \frac{Q_{tot}}{l_d}, \quad (106)$$

мұндағы Q_{tot} - 8.1.1, 8.1.2, 8.1.3, 8.1.5 сай желдің толқынның немесе ағыстың жиынтықты көлденең күші;

l_d - кеменің, имаратпен соқтығысу, ара қашықтығы, м, айлақтың, ұзындығына, L , м, және бордтың тік сызықты ұзындығына, l , м, байланысты қойылады:

$$L \geq l \quad \text{жағдайда} \quad l_d = l,$$

$$L < l \quad \text{жағдайда} \quad l_d = L.$$

Ескертпе – Бірнеше тіреулермен жасалған айлық фронты үшін байланған кемеден жүктемені бөлу кеме бортының тік сызықты бөлігінің шегінде орналасқан біреуін ғана қабылдау керек.

29-кесте – Кемені арқандап байлау кезінде толқын биіктігінің рұқсат етілген мәні, мың.т.

Кеменің диаметрлік жазықтығына толқын бағытының жақындау бұрышы, α , град	$h_{5\%}$, толқын биіктігі, м, арқандап байлау кезіндегі, толқын биіктігінің, рұқсат етілу шамасы D , мың. т.						
	2-ге дейін	5	10	20	40	100	200 және одан да көп
45-ке дейін	0,6	0,7	0,9	1,1	1,2	1,5	1,8
90	0,9	1,2	1,5	1,8	2	2,5	3,2

8.3 Имаратқа жақындағанда кеме басқысынан түсетін жүктемелер

8.3.1 Кеменің кемежай айлағы имаратына жақындаған уақыттағы кинетикалық энергиясын келесі формула арқылы анықтау қажет E_q , кДж:

$$E_q = \psi \frac{Dv^2}{2}, \quad (107)$$

мұнда D - кеменің су сыйымдылығы, т;

V - кеменің орташа жылдамдығы (ғимарат үстіне), м/с, 30-кесте арқылы есептелінеді;

30-кесте – жақындау жылдамдығының қалыпты құрамдаушысы

Кемелер	D мың. т есептік суды ығыстырумен кемеңіз жақындау жылдамдығының қалыпты құрамдаушысы V , м/с						
	2 дейін	5	10	20	40	100	200 жоғары
Теңіздік	0,22	0,15	0,13	0,11	0,10	0,09	0,08
Өзендік	0,2	0,15	0,1	-	-	-	-

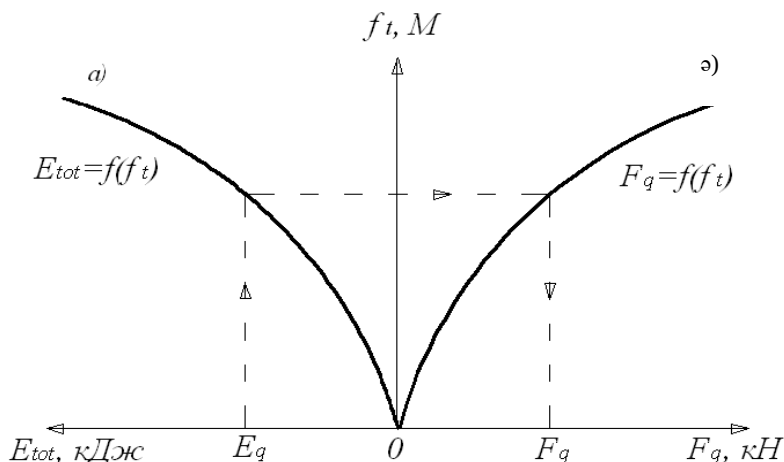
ψ - 31-кесте арқылы есептелінетін коэффициент, сондай-ақ, балласта немесе бос арқандап байланатын кемелерге де алынады, ψ - кестелік мәндерін 15 %-ке кеміту қажет.

8.3.2 Кеме басқысының ғимаратқа жақындауындағы F_q , кН көлденең күшінің берілген мәнінің кеме басқысының энергиясын E_q , кДж, 32 суреттегі сызбасының штрихталған сызық тілінің бағыты арқылы анықтау қажет.

31-кесте – ψ коэффициенті

Айлақтық имараттардың конструкциялары	ψ кемелерге арналған коэффициент	
	теңізді	өзенді
Қарапайым немесе сәнді массивтерден, алып массивтерден құралған жағажайлар, қабықшасы үлкен диаметрлі және бұрышты түрлі жағажайлар; больверктер, алдыңғы тығыны бар бағаналы сүйенішті жағажайлар.	0,5	0,3
Эстакадты немесе көпірлі типті, жағажайлар, артқы тығыны бар, бағаналы сүйенішті жағажайлар.	0,55	0,4
Эстакадты немесе көпірлі типті палды айлақтары.	0,65	0,45
Басты немесе айқармалы палды айлақтары.	1,6	-

Ескертпе - Теңіз кемелерінің қорғалмаған айдынга арқандап байланғандағы 5 мың.т су сыйымдылығының кинетикалық энергиясын анықтау кезінде орташа жасаушысының жақындап келу жылдамдығын бір жарым есе көбейту қажет, 30-кесте арқылы есептелінеді.



32-сурет – босату қондырғысы (және айлақтық имараттардың) f_t деформацияларының тәуелділік графиктерін салу схемасы
а) E_{tot} энергиясынан; б) F_q жүктемеден.

8.1.6 Кеме басқысының имаратқа жақындауындағы E_{tot} , кН жалпы энергияның деформациясы кең құрылғының деформация энергиясын E_i , кДж, және ғимарат айлағының энергиясын E_i , кДж; құрау қажет. $E_e \geq 10E_i$ мәнінде, E_i шамасын санамауға болады.

Ғимарат айлағының деформация энергиясын E_i , кДж, келесі формула арқылы есептеу қажет:

$$E_i = \frac{1}{2} \cdot \frac{F_q^2}{k_i}, \quad (108)$$

мұнда k_i - көлденең жазық бағыттағы имарат айлағының қаттылық коэффициенті, кН/м.

Кеме басқысының имаратқа жақындауындағы бойлық күшін келесі формула арқылы анықтау қажет F_n , кН:

$$F_n = \mu F_q, \quad (109)$$

мұнда μ - материалдың беттік жазықтығының кең құрылғысына тәуелді болатын үйкеліс күші: бетон немесе резеңке бетіне байланысты $\mu = 0,5$; ағашты бетіне байланысты $\mu = 0,4$.

8.1.7 Имараттың бетіне жасаушы кеменің келу жылдамдығының v_{adm} , м/с, шектелген мағынасын келесі формуламен анықтау қажет:

$$v_{adm} = \sqrt{\frac{2E_q}{\psi D}}, \quad (110)$$

мұнда E_q - үйіп-тоғуының қуаты, кДж, 32 суреттің сызбалары бойынша, айлағы имаратына (немесе кемеңің бортына), ең кіші жіберілген күштің, F_q жағдайында;
 ψ және D - 8.3.1 бойынша.

8.4 Байлау арқандарының созылуынан болатын имаратқа түсетін күштер

8.4.1 Байлау арқандарының созылуынан болатын күштері бағаналардың көлденең құрастырушысының жалпы күші Q_{tot} , кН, бір есептік, кемеге әсер ететін, жел және ағыс есебінде бөлінуі арқылы анықталуы қажет. 8.1.1 және 8.1.2- ге сәйкес Q_{tot} , кН мәні арқылы алынады.

S , кН, бір тығынның күші арқылы қабылданатын (34 сурет), күнқағар деңгейінде кеме санына тәуелсіз тығынға кіргізіліп арқанға байланғандары S_q , кН, сондай-ақ, көлденең S_n , кН, бойлық және тік S_v , кН проекцияларын келесі формулалар арқылы есептеу керек:

$$S_q = \frac{Q_{tot}}{n \sin \alpha \cos \beta}, \quad (111)$$

$$S_q = \frac{Q_{tot}}{n}, \quad (112)$$

$$S_n = S \cos \alpha \cos \beta, \quad (113)$$

$$S_v = S \sin \beta, \quad (114)$$

мұнда n - жұмыс істейтін тумбалардың саны 32-кесте бойынша;

32-кесте - $l_{\max}$ -дан және l_s істеп тұрған тумбалар санына тәуелді

$l_{\max}$, м, кемеңің ең үлкен ұзындығы	50 және одан төмен	150	250	300 және одан жоғары
l_s , м, тығындар арасындағы ең үлкен арақашықтық	20	25	30	30
n істеп тұрған тумбалар саны	2	4	6	8

α, β - 33-кесте арқылы, қабылданатын, арқанға байлану бұрышының еңістігі, град:

33кесте - Кеме түріне байланысты арқан байлауының бұрыштық еңістігі, град.

Кемелер	Бойлық ғимараттағы тығындар жағдайы	Арқан байлауының бұрыштық еңістігі, град		
		α	β	
			Жүкті кеме	Бос кеме
Теңіздік	Кордонда	30	20	40
	Тылда	40	10	20
Өзендік жолаушық және жүкті жолаушылық	Кордонда	45	0	0
Жүкті өзендік	Сондай	30	0	0
Ескертпе-Арқан байлау тығындарының орналасуында жеке тұрған фундаменталды β мәндік бұрышын 30° -қа тең етіп, қабылдау қажет.				

8.4.2 Арқан байлануының созылунан болатын күштің мәні S , кН, өзенді кеме флоттарына 34-кесте арқылы қабылдануы қажет.

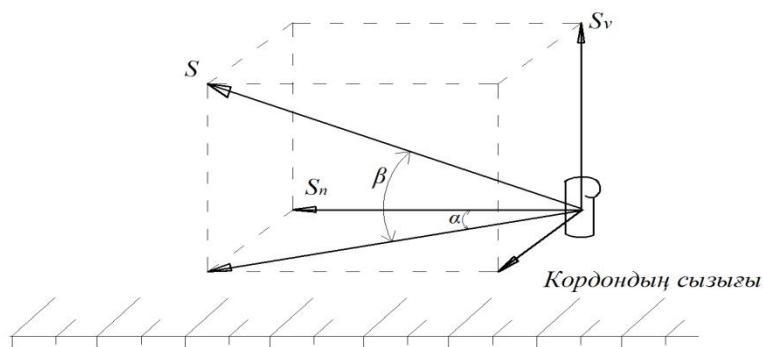
8.2. және 8.3 жағдайларына сәйкес нақты жел және ағыс әсеріне байланысты арқанға байланған кемелерге жел және ағыс әсеріне байланысты арқанға байланған кеме жел және ағыс әсерінен су сыйымдылығы 50 мың.т-дан көпке есептелінген теңіздік кемелерге әрбір соңғы тұмсық немесе азық-түлік тығынға берілетін күштің бойлық арқан байлауы бойлық жалпы күшіне N_{tot} кН тең етіп қабылдау керек.

8.4.3 Теңіз порттарының арнаулы айлақтары, технологиялық аудандар мен жеке тұрған палдардан құралған 8.1.1 және 8.1.2- ге сәйкес айқын жел және ағыс әсерінен болған жалпы күштері Q_{tot} , N_{tot} байланатын арқандар арасында келесі түрде үлестірілуі қажет:

а) кеменің тұмсық, артқы жағының көлденең және қысылатын арқандары $0,8Q_{tot}$, кН бойынша;

ә) $0,6Q_{tot}$, кН шпрингілер бойынша.

8.4.4 Егерде, әрбір байланатын арқан топтары бірнеше палдар нәтижесінде, іске қосылса, онда, күш тарату осы палдарды арасында тең етіп қабылдау керек, α және β бұрыштық мәндері және істеп тұрған тығындар сандарын арқан байлау палының орналасуы бойынша орнату қажет (33сурет).



33-сурет – Байланатын арқандарды керуден қысқа бағанаға түсетін күшті бөлу схемасы

9 ГИДРОТЕХНИКАЛЫҚ ИМАРАТТАРҒА МҰЗДАН ТҮСЕТІН ЖҮКТЕМЕЛЕР МЕН ӘСЕРЛЕР

1. Гидротехникалық имараттарға мұздан түсетін жүктемелер мен әсерлер мұздың шектік бүлдіру күшінің мәндері имарат аймағындағы мұздың жағдайының уақыт мерзіміндегі ең үлкен мұздардың әсерлерін бастапқы мәліметтер негізінде қабылдауы қажет.

Нормативті мұздың сығылуға қарсы тұруы R_c , МПа, R_f иілісі МПа, R_b жапыру МПа, тәжірибелі мәліметтер арқылы, ал олар болмаса, келесідей шектеледі:

а) 35-кестеден, R_c қабылдайды;

t_a , °C – үш күндік мерзім ішіндегі орташа ауа температурасы алдыңғы мұз әрекеті 0.5м-ден аз, мұз қалыңдығындағы мұздың имаратқа берген алдыңғы әсері;

S_i - мұздың тұздылығы ‰, мұздың 20 % екі ай шағындағы судың тұздылығы немесе 15 % судың тұздылығы.

35-кесте – R_c мұз қысымының нормативті қарсыласуы

S_i , ‰ мұз тұздылығы	R_c , МПа, мұз сығылуының нормативті қарсы тұруы t_a , °C орташа тәулік ауа температурасында			
	0	-3	-15	-30
1-ден аз (тұщы мұз)	0,45	0,75	1,2	1,5
1÷2	0,4	0,65	1,05	1,35
3÷6	0,3	0,5	0,85	1,05

б) R_f келесі формулармен анықталады:

тұщы судағы мұзға:

$$R_f = 0,75R_c, \quad (115)$$

теңіздік мұзға:

$$R_f = 0,5R_c \quad (116)$$

в) R_b формуласы арқылы анықтау:

$$R_b = k_b R_c, \quad (117)$$

мұнда k_b - 36-кесте арқылы қабылданатын коэффициент.

36-кесте – k_b коэффициенті

b/h_d мәні	1	3	10	20	30 және одан көп
k_b коэффициенті	2,5	2	1,5	1,2	1

b - мұз әсерінің деңгейіндегі фронтынан имарат ені (тіректің немесе имараттың бөлімі), м;

h_d - есептік мұз қалыңдығы, м, тең қабылданады: өзендік 0,8 –ден, максималды қыс мерзімінің қалыңдығының 1 %-тік қамтамасыз етілуімен теңіздікке максималды мұз қалыңдығы 1 %-тік қамдықпен.

Ескертпелер

1 Су қоймалары мен көлдерге, сондай-ақ, Қостанай - Қарағанды-Өскемен өзендерінің оңтүстікке қарай аймақтары, нормативті, мұздардың сығылуға, қарсы келуі, су мерзіміндегі мұз жүру, $R_c = 0,3$ МПа, ал бастапқы кезеңіндегі, осы, өзен аймақтарында, $R_c = 0,45$ МПа, нормативті қарсы келудің, жапырылуы (117) формуласы арқылы бірақ, мұз жүру мерзімінде, $R_b = 0,45$ МПа-дан биік емес, $R_b = 0,75$ МПа және бастапқы мұз жүру кезеңінде қабылдауға болады.

2 Нағыз жағдайлары бойынша тұщы су және бір жылдық теңіз мұзына атылады.

3 35 және 36-кестелерінің мәліметтері 0,5 м/с және оданда көп, жылдамдықпен ғана, қозғалатын мұздыққа қабылдауға болады.

2. Нүкте үстемесіне теңдей әсер ететін мұздың жүктемесін (күшін), есептелінетін су деңгейінен, $0,3h_d$, м, төмен қабылдауы қажет.

3. Сеңді мұз шоғырланған айдындары қозғалысынан болатын, имаратқа әсер ететін күштерін 9.1.1 - 9.1.4-ке сәйкес белгіленген 1,3-ке тең Каспий теңізіне қабылданатын коэффициенттеріне көбейту қажет.

9.1 Мұз алаңдарынан имаратқа түсетін жүктеме

9.1.1. Тік алдыңғы шегі бар имараттарға қозғалыстағы мұз алаңдарының әсер ету күшін мынау бойынша анықтау керек:

- Мұз алаңының жеке тұрған сүйенішке алдыңғы шекті үшбұрышты бейнеуі $F_{b,p}$ МН, оның мұздың кесіуі кезіндегі әсері, немесе $F_{c,p}$, МН, сүйеніш арқылы мұз айдынының тоқтатылуына байланысты күштер аз мәндері белгіленген келесі формулалармен анықталады:

$$F_{b,p} = mR_b b h_d, \quad (118)$$

$$F_{c,p} = 0,04h_d \sqrt{mAR_b \operatorname{tg} \gamma}, \quad (119)$$

- мұз алаңы қозғалысының әсері жеке тұрған сүйеніштерді қандай да бейнеде болса да, олардың мұз алаңын кесуі $F_{b,p}$, МН (118) формуласы арқылы анықталады;

- мұз алаңы қозғалысының әсері созылықы имараттарға ($b/hd \geq 50$) соққысында жеке мұздарға $F_{c,w}$, МН немесе мұздың бүлінуінде $F_{b,w}$, МН ең аз мәнінде белгіленген формулаларда:

$$F_{c,w} = 0,07h_d \sqrt{AR_c}, \quad (120)$$

$$F_{b,w} = 0,5R_c b h_d, \quad (121)$$

мұнда m - 37-кесте арқылы анықталатын сүйеніш жоспары бойынша пішін коэффициенті;

37-кесте – m планындағы тірек пішін коэффициенті

Жобадағы тірек пішінінің коэффициенті	Алдыңғы шегі ғана бар, тіректер түрінде:						
	2γ , планындағы бұрыш сүйірлену үшбұрышы, бұрышқа					Тікбұрышқа	Көп қырлы дене және доғал кескін
	45	60	75	90	120		
m	0,54	0,59	0,64	0,69	0,77	1	0,9

V - мұз алаңы қозғалысының жылдамдығы, м/с, табиғат қадағалау мәліметтері бойынша анықталады. Олар болмағанда оны осылай тең етіп алуға болады: өзендерге және өткінші теңіз аймақтарына – су ағысының жылдамдығы су қоймалары мен теңіздерде- 3 % жел жылдамдығының e мәні бойынша 1 %-тік мұз қозғалысының қамсыздық мерзімінде;

A - мұз өрісінің ауданы, m^2 , табиғи бақылау мәліметтері немесе көршілес орындар арқылы анықталыды;

γ - алдыңғы шек құрылысының сүйеніші бойынша жарты бұрышы, град.

Ескертпе-Теңіз жағдайларындағы мұз алаңдарының жеке тұрған тіректер мен созылған имараттарымен 0,5 м/с жылдамдықпен қозғалысын тәжірибелі мәліметтер арқылы дәйектеледі.

9.1.2 Мұз алаңының имарат еңіс пішініне немесе жеке тұрған тірекке күш әсерін көлбеу жазықтық мұз әсерінің алаңы бар болуын былай анықтау керек:

ғимаратың еңіс пішініне:

а)көлденең жасаушы күші, F_h , МН – ең кіші мәні ретінде (122) формуласы арқылы және мына формула арқылы:

$$F_h = k_p m_t R_f h_d^2, \quad (122)$$

б) тік жасаушы күші F_v , МН - мына формала арқылы:

$$F_v = \frac{F_h}{m_t}, \quad (123)$$

алдыңғы еңіс шегімен жеке тұрған тірегі:

а) көлденең жасаушы күші, F_h , МН – ең кіші мәні ретінде алынған (118) және (122) формулалары арқылы;

б) тік жасаушы күші, $F_{v,p}$, МН - (123) формула арқылы,

мұнда k_β - 38-кесте арқылы қабылданатын коэффициент;

38-кесте – k_β коэффициенті

Бөгет немесе ғимарат түрі	b/h_d мәніндегі тікбұрыш қимасының тірегі		Конус тәрізді тірек	Құлама бейінді имараты
	5 және оған кем	5 және оған		
k_β коэффициенті	1	$\frac{0,2b}{h_d}$	$1 + \frac{0,05b}{h_d}$	0,1b

m_t - 39-кесте арқылы қабылданатын коэффициент;

9.1.3 Қозғалатын мұз алаңдары әсерінің күші, F_p , МН, тік тіректер қатарынан имарат тірегіне l арақашығында орналасады, м, b/l мәнінде 0.1-ден 0.9-ға дейін ең кіші мәні ретінде (119) және (120) формулалары арқылы қабылдау керек:

$$F_p = \left[\frac{b}{l} (1 - 2mk_b) + 2mk_b \right] F_{b,w}, \quad (124)$$

39-кесте – m_t коэффициенті

Шекті кесетін еңіс бұрышының, ғимаратқа β көкжиегі, град,	15	30	45	60	75	80	85
m_t коэффициенті	0,27	0,58	1	1,73	3,73	5,67	11,43
Ескертпе – Оны зерттеу кезінде имараттың кесетін кесетін шегінің есептік бұрышының мәнін осы аудандағы бұрыннан бар имараттарды пайдалану тәжірибиесін ескере отырып, ұлғайтуға рұқсат етіледі, бірақ 20 градустан кем емес.							

Қозғалатын мұз алаңдары әсерінің күші F_b , МН, иілгіш тірекке, алдыңғы шекті үшбұрышты бейнесімен ең кіші мәні ретінде (119) формуласымен және айқын формулалары арқылы қабылдануы қажет:

$$F_b = 0,03 \delta h_d \sqrt{\frac{A}{\delta h_d + \frac{0,2}{R_c m h g \gamma}}}, \quad (125)$$

мұндағы δ - имараттың иілгіш тіректің коэффициенті, м/МН, құрылыс механикасының айқын әдістерімен;

$R_c, m, \nu, b, h_d, A, \gamma, k_b$ - белгілеулері 9.1.1 сияқты.

9.1.4 Тоқтаған мұз алаңының күш әсерінің имаратқа бастырылуы, F_s , МН су және жел ағыны әсері нәтижесінде мына формула арқылы анықтау қажет:

$$F_s = (p_\mu + p_\nu + p_i + p_{\mu,a})A, \quad (126)$$

$p_\mu, p_\nu, p_i, p_{\mu,a}$ маңыздары МПа, келесі формулары арқылы анықталады:

$$p_\mu = 5 \cdot 10^{-6} v_{\max}^2, \quad (127)$$

$$p_\nu = 5 \cdot 10^{-4} \frac{h_d v_{\max}^2}{L_m}, \quad (128)$$

$$p_i = 9,2 \cdot 10^{-3} h_d i, \quad (129)$$

$$p_{\mu,a} = 2 \cdot 10^{-8} v_{w,\max}^2, \quad (130)$$

мұнда $V_{\max}$ - мұз астындағы ағынның ең үлкен жылдамдығы мұз жылжуының 1 %-ті қамсыздығымен, м/с;

$V_{w,\max}$ - мұз жылжуының ең үлкен жел жылдамдығының 1 %-тік қамсыздығы м/с;

L_m мұз алаңының бағыт ағынының орташа ұзындығы табиғи бақылау мәліметтері бойынша алынады, ал, олар болмаған жағдайда, өзендерге L_m -ге тең үш еселенген өзен жалпақтығы арқылы алуға болады, м;

i - ағын бетінің еңістігі;

h_d және A - белгілеулері 9.1.1 сияқты.

Ескертпе - Мұз алаңының есептік жалпақтығы табиғи бақылау мәліметтері бойынша алынады, ал бекітпелер немесе ұқсас имараттарға имараттың бойлық өту жалпақтығынан артық емес болуы тиіс.

9.2 Температурадан кеңейген жағдайдағы, тұтастай мұз жабыны қабаттылығының әсерінен имаратқа түсетін жүктемелер мен әсерлер

9.2.1 q , МН/м, сызықтық күшті имаратқа әсер ететін мұздық тұтас жабынының 2 %-тен артық емес тұздылығымен температурасына байланысты ұлғаюында мына формула арқылы анықтау қажет:

$$q = h_{\max} k_l p_t, \quad (131)$$

Мұнда $h_{\max}$ - мұз жабынының, максималды қалыңдығы 1 % тік қамсыздығымен;

k_l - 40-кесте арқылы қабылданатын коэффициент.

40-кесте - k_l коэффициенті

L , м, мұз жабынының ұзындығы	50 және одан кем	70	90	120	150 және одан көп
k_l коэффициенті	1	0,9	0,8	0,7	0,6

p_t - серпілмелі және иілмелі деформация есебінен алынған қысым, МПа, мұздың температуралық ұлғаюында, мына формула арқылы анықтайды:

$$p_t = 0,05 + 11 \cdot 10^{-5} v_{t,a} \eta_i \varphi, \quad (132)$$

мұнда $v_{t,a}$ - ауа температурасы өсуінің максималды жылдамдығы $^{\circ}\text{C}/\text{сағ}$. Уақытта t , сағ (6 сағ. 4 жедел бақылауда);

η_i - мұз тұтқырлығының коэффициенті, МПа·сағ., формулалары арқылы анықталатын $t \geq -20^{\circ}\text{C}$ болғанда.

$$\eta_i = (3,3 - 0,28t_i + 0,083t_i^2) \cdot 10^2, \quad (133)$$

$t < -20^{\circ}\text{C}$ болғанда

$$\eta_i = (3,3 \cdot 1,85t_i) 10^2, \quad (134)$$

мұнда t_i - мұз температурасы $^{\circ}\text{C}$, келесі формула арқылы анықталады:

$$t_i = t_b h_{rel} + \frac{v_{t,a} t}{2}, \quad (135)$$

мұндағы t_b - ауаның бастапқы температурасы, $^{\circ}\text{C}$, оның өсуімен басталатын;

h_{rel} - мұз жабынының, салыстырмалы қалыңдығы, қар ықпалының, есебімен, алынуы, келесі формула арқылы анықталады:

$$h_{rel} = \frac{h_{max}}{h_{red}}, \quad (136)$$

мұндағы h_{red} - мұз жабынының, келтірілген қалыңдығы, м, келесі формула арқылы анықталады:

$$h_{red} = h_{max} + 1,43h_{s,min} + \frac{2,3}{\alpha}, \quad (137)$$

мұнда $h_{s,min}$ - есептік кезеңінен алынған мұз жабынының ең кіші қалыңдығы, м, табиғи бақылау мәлеметтері бойынша анықталады ал, олардың болмауында $h_{s,min} = 0$ деп, қабылдау қажет;

α - мұз жабыны бетінің және ауасының жылу бергіштік коэффициенті, Вт/м², $23\sqrt{V_{w,m} + 0,3}$ қар болған жағдайда, осыған тең етіп алады, ал қар болмаған жағдайда $\sqrt[6]{V_{w,m} + 0,3}$;

$V_{w,m}$ - желдің орташа жылдамдығы, м/с;

φ, ψ - көлемсіз коэффициент 34, 35 суреттеріндегі сызбалар арқылы алынатын h_{rel}

мұз жабынының салыстырмалы қалыңдығы және $F_0 = \frac{4 \cdot 10^{-3} t}{h_{red}^2}$ көлемсіз шамасы мәндері арқылы берілген;

мұнда t - уақыт аралығы, сағ., ауа температурасының екі өлшеу арасындағы.

9.2.2 Сызықтық күшті анықтауда, q , МН/м, тұтас мұз жабынының имаратқа әсері кезіндегі оның, температурасының ұлғаюында келесі жағдайларын ескеру керек: сызықтық күш есебіне ең көп q мәні қабылдануы қажет 9.2.7-ге сәйкес, анықталған жағдайларға қатар бақылауы болғанда, ауа температурасының есептелінген кезеңінен немесе минималды температурамен және оның градиентімен немесе максималды градиентімен сәйкес. Сызықтық күші, q , МН/м, $S_i \geq 2\%$ мұз тұздылығында келесі формула арқылы анықтау қажет:

$$q = p_t h_{max} k_l, \quad (138)$$

мұнда $p_t = 0,1$ МПа;

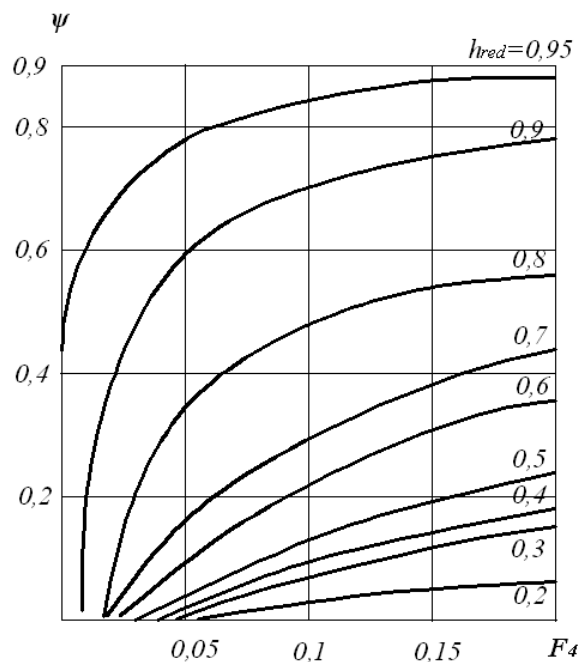
h_{max} және k_l - белгілеулері, 9.2.1-дегі сияқты.

q , МН/м, сызықтық күші көкжиекке имарат шегінің 40°-тан кем, көлбеу болғанда саналынбайды.

9.3 Мұздың астындағы массадан имаратқа түсетін жүктеме

9.3.1 Мұздың астындағы массаны тірекпен кесу күшін келесі формула арқылы анықтау қажет $F_{b,j}$, МН:

$$F_{b,j} = mR_{b,j}bh_j, \quad (139)$$

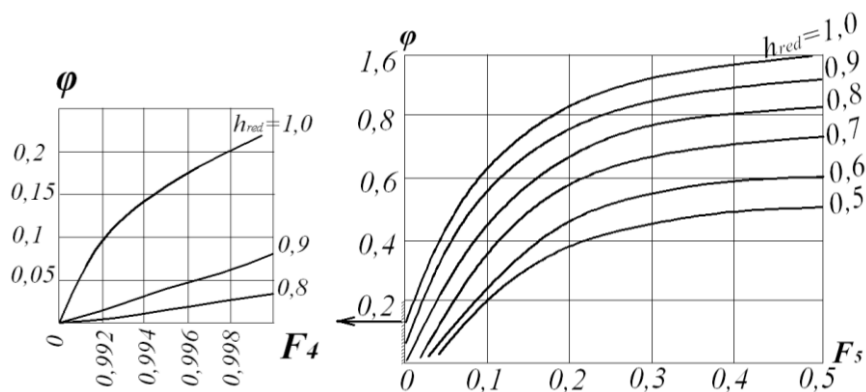


34сурет – ψ коэффициент мәндерінің графигі

мұнда $R_{b,j}$ -

сеңді мұз массасының жапырылуының нормативтік қарсылығы, МПа, тәжірибелі мәліметтер арқылы анықталады, ал, олар болмаған жағдайда, $R_{b,j} = 0,12$ МПа етіп қабылдауға болады;

h_j - сеңнің есептік қалыңдығы, м, табиғи бақылау мәліметтері бойынша қабылданады. Қабыршақөзен аймақтарына, іргелес мұз қабаты қалыңдығындағы мәліметтері бойынша алуға болады, бірақ, 80 %-тен артық емес, сағанның орташа тереңдігіндегі, судың, сеңдік кезеңдегі, шығынындағана; m, b - белгілеулері, 9.1.1 сияқты.



35сурет- ϕ коэффициенттің график мәндері

9.3.2 Сеңді мұз массаларының имаратқа әсер ететін күші оның, фронтына $F_{s,j}$ тікті МН, келесі формула арқылы анықтау қажет:

$$F_{s,j} = lL_j(4p_\mu + p_v + p_i + p_{\mu,\alpha}), \quad (140)$$

мұнда l - имарат аумағының ұзындығы сеңді мұз массаларының әсер ететін деңгейінде, м;

L_j - сеңді аумақ ұзындығы өзен жармасының бір жарымдық қалыңдығына тең етіп қабылданады м;

$p_\mu, p_v, p_i, p_{\mu,\alpha}$ - мұз қысымының мәні (127-130) формулалары арқылы анықталады сондайақ, сеңінің қалыңдығы 9.3.1 сияқты етіп қабылдау керек.

Су ағынының, жылдамдығы және су бетінің еңістігі сеңнің пайда болған жерінде, табиғи бақылау мәліметтері бойынша алынуы қажет, ал, олар болмаған жағдайда, аналогия бойынша табиғи бақылау мәліметтеріне іргелес аудандар арқылы анықталады.

9.3.2 Сеңді мұз массаларының, имаратқа құлаған уақыттағы, сызықтық күші, ағынға қатар орналасқан бағытпен (сондай ақ жағажайларға), q_j , МН/м, келесі формула арқылы, анықтау қажет:

$$q_j = \xi \frac{F_{sj}}{l}, \quad (141)$$

мұндағы ξ - коэффициенті, құмды жағажайларға, тең етіп, алынады - 0,7; сазды - 0,8; таулы және тікті қабырғаларға - 0,9;

$F_{s,j}$ және l - 9.3.2-дегі сияқты.

9.4 Су деңгейінің, өзгеруінде, имаратқа, қатып қалған, мұз жабынының, түсіретін күші

9.4.1 Қатып қалған жердің, имаратқа түсіретін, мұз жабынының, тік күшін, су деңгейінің, өзгеруіне байланысты, келесі формула арқылы, анықтау керек (36 сурет), F_d , МН,

$$F_d = 0,2l v_d t_d^4 \sqrt{\frac{h_{\max}^3}{\Phi}}, \quad (142)$$

мұнда l - мұз әсерінің, деңгейіндегі, аймақтың ұзындығы, м;

v_d - су деңгейінің, жоғарылауы мен төмендеуінің, жылдамдығы, м/сағ;

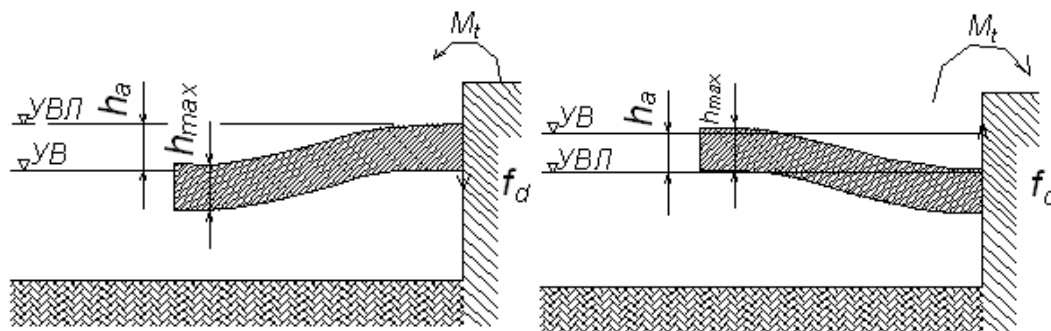
t_d - су деңгейінің, жоғарылауы мен төмендеуіндегі, мұз жабынының, деформацияланған, кезіндегі, уақыты;

Φ - уақыттың, көлемсіз функциясы, келесі формула арқылы анықталады:

$$\Phi = 1 + \frac{3 \cdot 10^2}{\eta_i} [t_d + 50(1 - e^{-0.4t_d})], \quad (143)$$

$h_{\max}$ және η_i - белгілеулері 9.2.1 сияқты.

Ескертпе - Мұз жабынының деформацияланған кезінде болатын, уақыты, t_d , табиғи өлшеу мәліметтері бойынша бірақ, t_{cal} , одан артық емес 9.4.2 - тегі сияқты анықталады



а) – СД төмендеуінде; ә) – СД, СДМ жоғарылауында – мұзды жабындының, судағы деңгейі

36-сурет – Су деңгейінің (СД) өзгеруінде қатып қалған мұз жабындарының имаратқа әсер ететін күшінің анықталатын сызбасы

9.4.2 Су деңгейінің жоғарылауы мен төмендеуіндегі қатып қалған мұз жабынынан имараттың қабылдайтын күш сәтін келесі формула арқылы анықтау қажет (36-сурет), M , МН·м:

$$M = 2l v_d t_d \sqrt{\frac{h_{\max}^3}{\Phi}}, \quad (144)$$

Мұнда l , v_d , t_d , $h_{\max}$, Φ - белгілеулері 9.4.1 сияқты.

Күш сәтін анықтағанда мәні келесі формуланың мәнінен артық болмауы тиіс $M_{\lim}$, МН·м:

$$M_{\lim} = \frac{lh_{\max}^2 R_t R_c (1 + 2k_e)}{6(R_t + R_c)}, \quad (145)$$

мұнда R_t және R_c - мұз жабынының деформацияланғандағы нормалық сығылуымен созылуының қарсылықтары, келесі формула арқылы анықталады МПа:

$$R_t = R_{t,y} e^{\frac{-4t_{cal}}{\eta_i}}, \quad (146)$$

$$R_c = R_{c,y} e^{\frac{-4t_{cal}}{\eta_i}}, \quad (147)$$

мұндағы $R_{c,y}$, $R_{t,y}$ - мұз шектерінің орташа мәнді аққыштығының сығылу мен созылуы бойынша тәжірибелі мәлеметтер арқылы анықталады, олар болмаған жағдайда 41- кесте арқылы қыбылдануы тиіс;

41-кесте – Мұз шектері аққыштығының сәйкесінше созылуымен сығылуындағы, орташа мәні, $R_{c,y}$, $R_{t,y}$ тәжірибелі мәліметтер болмаған жағдайда қабылданады

t_i , °C мұз температурасы	Мұз шегінің аққыштығы, МПа	
	$R_{t,y}$ созылуы	$R_{c,y}$ сығылуы
	Мұз жабынының жоғарғы бөлігі	
от 0 до -2	0,7	1,8
от -3 до -10	0,8	2,5
от -11 до -20	1	2,8
	Мұз жабынының төменгі бөлігі	
от 0 до -2	0,5	1,2

t_{cal} - су деңгейінің мөлшері өзгеруі кезіндегі уақыты мұз қалыңдығына тең сағ;

$k_e - e^{\frac{-4t_{cal}}{\eta_i}}$ мөлшерге байланысты қабылданатын коэффициент 42-кесте):

42кесте – k_e коэффициентінің $e^{\frac{-4t_{cal}}{\eta_i}}$ мөлшеріне тәуелділігі

$e^{\frac{-4t_{cal}}{\eta_i}}$	0,8 және одан кем	0,85	0,9 және одан артық
k_e	1	1,5	2

h_{max}, η_i, l - белгілеулері, 9.2.1 и 9.4.1-дегі сияқты.

9.4.3 Жеке тұрған тірекке, әсер ететін,тік үшті, мұз жабынының ғимаратқа қатып қалған су деңгейінің өзгеруі кезінде келесі формула арқылы анықтау қажет $F_{d,p}$, МН:

$$F_{d,p} = k_f R_f h_{max}^2, \quad (148)$$

мұндағы R_f, h_{max} - белгілеулері 9.2.1 сияқты;

k_f - 43-кестесі арқылы қабылданатын көлемсіз коэффициент.

$20h_{\max}$ - тан кем, тіректер арақашықтығында мұз жабынының имаратқа қатып қалған мұз күшін су деңгейінің өзгеруі кезінде 9.4.1 және 9.4.2 сәйкес анықтау қажет.

Ескертпе- цилиндрлік және теңіз тіректерінің имаратқа әсер ететін күш мөлшерін қатып қалған мұз алаңының теңіз деңгейінің өзгеруін табиғи мәліметтер арқылы айқындалады.

t_i - 9.2.1 сияқты

43-кесте – k_f көлемсіз коэффициент

$D/h_{\max}$ мәні	0,1	0,2	0,5	1	2	3	5	10	20
k_f коэффициенті	0,16	0,18	0,22	0,26	0,31	0,36	0,43	0,63	1,11
D - тіректің диаметрі (немесе бір түптік қаданың), м; Ескертпе–Тіректің тікбұрышты пішінінде a және b жақтарындағы планында, м, оның диаметрі, $D = \sqrt{ab}$, м, теңетіп, алынады.									

9.5 Мұз астындағы массасының имаратқа әсер ететін күші

9.5.1 $F_{b,i}$ күші, МН, мұз астындағы массасы тірекпен кесілген уақытта келесі формула арқылы анықталады:

$$F_{b,i} = 0,5mR_{b,i}bh_{b,i}, \quad (149)$$

Мұнда $R_{b,i}$ - мұз сығылуының орташа қарсылығы мұз астындағы массасы тәжірибелі мәліметтер арқылы қабылданады, ал, олар болмаған жағдайда - 0.45 МПа, ал Қостанай-Қарағанды - Өскемен аймақтарының оңтүстік сызықтарына қарай- 0.25 МПа;

$h_{b,i}$ - мұз кептелудің есептік қалыңдығы, м, табиғи бақылау мәліметтері бойынша, қабылданады, ал олар болмаған жағдайда, $h_{b,i} = aH_{b,i}$ етіп қабылдауға болады,

a - 44- кесте арқылы анықталатын коэффициент;

44-кесте – a коэффициентінің қабылдануы

$H_{b,i}$, м	3	5	10	15	20	25
a коэффициенті	0,85	0,75	0,45	0,4	0,35	0,28

$H_{b,i}$ - қар астындағы мерзімдегі судың максималды шығыны кезіндегі өзеннің кептелуден жоғары орташа тереңдігі;

m, b - белгілеулері, 9.2.1 және 9.1.1 сияқты.

9.6 Қозғалыстағы торостың жүктемелері

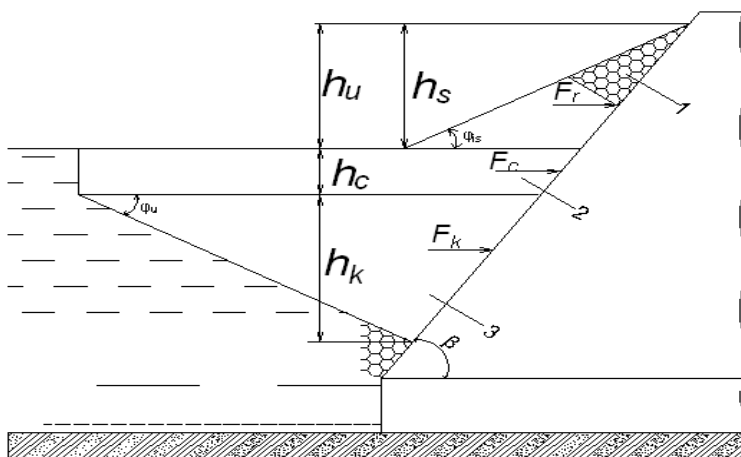
9.6.1 Қозғалыстағы торостың имаратқа тікелей немесе қиғаш бейімділігінің әрекеттегі жүктемесін F_r , МН, келесі формула арқылы анықтау қажет [8,9]:

$$F_r = F_u + F_c + F_k, \quad (155)$$

мұнда F_u - торостың су асты бөлігінің жүктемесі (желкен), МН;

F_c - торостың нысан бөлігінің жүктемесі, МН;

F_k - торостың килдік жүктемесі, МН.



1—торостың су үсті бөлігі (желкен); 2 – торостың консолидарлық бөлігі; 3 – торостың килі

37-сурет – Торостың имаратқа әсер ету кезеңіндегі есепті моделі

9.6.2 Торостың су үстіндегі мұздан пайда болатын жүктеме (күш) келесідей есептеледі:

а) көлденеңнен құрайтын жүктеме, $F_{u,h}$, МН,

$$F_{u,h} = 0,5[10^{-6} \rho_i g (1 - \psi_u) h_u^2 k_{u,\varphi} + c_u \operatorname{ctg} \varphi_u (k_{u,c} - 1) h_u] b_u, \quad (155)$$

б) тігінен құрайтын жүктеме, $F_{u,v}$, МН,

$$F_{u,v} = F_{u,h} \operatorname{tg}(90 - \beta - \alpha_f) - 0,5 c_c \operatorname{ctg} \varphi_u \operatorname{tg} \alpha_f h_u b_u, \quad (157)$$

мұнда ρ_i - мұздың жиілігі, кг/м³;

ψ_u - уақ тесікті, мұздың, пайда болуы (ішкі бастылығы) арнайы зерттеулер жоқ болған жағдайда келесіні қабылдауға рұқсат етіледі, $\psi_u = 0,5$;

b_u - мұздың пайда болу аймағындағы шетеу енінің ортасы, м;

c_u - мұз қалдықтарымен, мұздың пайда болу арасындағы, ілме, МПа, тәжірибелі мәліметтер бойынша анықталады; олар жоқ болған жағдайда, келесіні қабылдауға рұқсат етіледі, $c_u = 0,003...0,005$ МПа;

φ_{ik} - мұздың ішкі бұрышы, град, олар жоқ болған жағдайда, $\varphi_{ik} = 35 - 40^\circ$;

h - килдің батыруының тереңдігі;

h_u - мұздың пайда болған есептік биіктігі арнайы зерттеулердің мәліметтері бойынша анықталады;

Арнайы зерттеулер жоқ болған жағдайда, h_u келесі формула бойынша есептелінеді:

$$h_u = 9,1h_t^{0,4}, \quad (158)$$

мұнда h_t - торостың пайда болу кезіндегі мұздың қалыңдығы h_d , 0,6 м, артық болмауы тиіс;

$k_{u,\varphi}$ және $k_{u,c}$ - мұздың пайда болудағы пассивті қысымының көлденең коэффициенттері келесі формулалар бойынша есептелінеді:

$$k_{u,\varphi} = \left\{ \frac{\cos(\varphi_{ik} + 90 - \beta)}{\cos(90 - \beta) \cdot [1 - \sqrt{k_1}]} \right\}^2, \quad (159)$$

$$k_{u,c} = \left\{ \frac{\cos(\varphi_{ik} + 90 - \beta + \alpha_u)}{\cos(90 - \beta) \cdot [1 - \sqrt{k_2}]} \right\}^2 k_3, \quad (160)$$

$$k_1 = \frac{\sin(\varphi_{ik} + \alpha_f) \sin(\varphi_{ik} - \alpha_u)}{\cos(90 - \beta - \alpha_f) \cos(90 - \beta + \alpha_u)}, \quad (161)$$

$$k_2 = \frac{\sin(\varphi_{ik} + \alpha_f) \sin \varphi_{ik}}{\cos(90 - \beta - \alpha_f + \alpha_u) \cos(90 - \beta + \alpha_u)}, \quad (162)$$

$$k_3 = \frac{\cos(90 - \beta) \cos(90 - \beta - \alpha_f)}{\cos(90 - \beta - \alpha_f + \alpha_u) \cos(90 - \beta + \alpha_u)}, \quad (163)$$

мұнда α_f - мұзбенғимаратарасындағы, үйкеліс бұрышы, град;

$$\alpha_f = \arctg f, \quad (164)$$

f - мұз бен ғимарат арасындағы үйкеліс коэффициентті арнайы зерттеулер жоқ болған жағдайда, $f = 0,1 - 0,2$;

α_u - мұздың көкжиекке қарай қисықтығының бұрышы, зерттеулер жоқ болған жағдайда, $\alpha_u = 30^\circ$;

β - 7.9 белгілер.

Торостың су үсті бөлігіндегі мұз қабатының теңдей жүктемесі суеңгейінің үстіндегі $0,33h_u$, биіктіктегі нүктеде $F_{u,v} < 0$ болғанда имаратқа түсетін жүктеме жоғары бағытталған.

9.6.3 Консолидарлық құздың жүктемесі келесі формулалар бойынша есептелінеді:

а) көлденең құрайтын жүктеме, $F_{c,h}$, МН, мына формула бойынша

$$F_{b,p} = m k_b k_v R b h_d - \text{оқшау тұрған имарат үшін;}$$

$$F_{b,w} = k k_v R_c b_s h_d - \text{имараттың ауыстырушылық пен аумақтары үшін,}$$

мұнда, h_d орнына, h_c - консолидарлық бөліктің есептік қалыңдығы, м, және беріктікті, R_c коэффициентке көбейту арқылы, r_c - мұздың қысымының, консолидарлық бекемділігінің қатынасына тең, тәжірибелі деректер де анықталатын, деректер жоқ болғанда, $r_c = 0,8$, мұнда h_d , R_c - 9.17 белгілер; мұздың консолидарлық бөлігінің қалыңдығы, $h_c = (1,8 - 2,0)h_d$ (Г қосымшада көрсетілген).

ә) тігінен құрайтын жүктеме, $F_{c,v}$, МН,

$$F_{c,v} = F_{c,h} \operatorname{tg}(90 - \beta - \alpha_f). \quad (165)$$

Консолидарлық бөлікте, мұз қабатының теңдей жүктемесінің қойылатын нүктесі, суеңгейінен, $0,5h_c$ төмен қабылданады.

9.6.4 Килдік жүктеме мына формула бойынша анықталады:

а) көлденең құрайтын жүктеме, $F_{k,h}$, МН,

$$F_{k,h} = 0,5 [10^{-6} (\rho - \rho_i) g (1 - \psi_k) (h_k - h_c)^2 k_k + C_k \operatorname{ctg} \varphi_k (k_k - 1) (h_k - h_c)] b_k, \quad (166)$$

ә) тігінен құрайтын жүктеме, $F_{k,v}$, МН,

$$F_{k,v} = F_{k,h} \operatorname{tg}(90 - \beta - \alpha_f) - 0,5 C_k \operatorname{ctg} \varphi_k \operatorname{tg} \alpha_f (h_k - h_c) b_k, \quad (167)$$

мұнда ψ_k - уақ тесікті мұздың пайда болуы (ішкі бостылығы) арнайы зерттеулер жоқ болған жағдайда, $\psi_k = 0,3 - 0,4$;

h_k - мұздың есептік тереңдігі, м; мұздың есептік тереңдігін есептеу мақсатында $h_u / h_k = 2-6$ қабылдауға болады;

b_k - мұздың пайда болу аймағындағы кедергінің орташа ені, м;

C_k - мұздың пайда болуындағы ілінгіштігі (іліп алі есебінен), МПа, арнайы зерттеулер жоқ болғанда, $C_k = 0,02-0,03$, МПа;

φ_k - мұздың ішкі үйкеліс бұрышы, арнайы зерттеулер жоқ болғанда, $\varphi_k = 15-20^\circ$;

k_k - мұз сынығының көлденең еселікті пассивтік қысымының коэффициенттері мына формулалар бойынша есептелінеді:

$$k_k = \left[\frac{\cos(\varphi_k + 90 - \beta)}{\cos(90 - \beta)(1 - \sqrt{k_4})} \right]^2, \quad (168)$$

$$k_4 = \frac{\sin(\varphi_k + \alpha_f) \sin(\phi_k)}{\cos(90 - \beta - \alpha_f) (\cos 90 - \beta)}, \quad (169)$$

мұнда ρ - 7.9 белгілер.

Жүктеме $F_{k,h}$, (166) формула бойынша бірақ $F_{b,j}$, (139) формула бойынша b және h_j орындарына - b_k және $(h_k - h_c)$ ауыстырып, анықталатын жүктемеден артық бола алмайды.

су асты деңгейіндегі мұз қабатының теңдей жүктемесінің қойылатын нүктесі су деңгейінен $0,33(h_k - h_c)$ төмен биіктікте қабылданады.

Ескертпе - Тік профилді имаратқа түсетін жүктемені анықтау $\beta = 90^\circ$ бойынша қарастырылады.

А қосымшасы
(міндетті)

Ашық және шарбақты айлақтардағы толқынның элементтері

А.1 Толқын элементінің ұйғарымында ашық және шарбақты айлақтарда ескеруге қажетті келесі толқындық факторларды: желдің (оның аумағының және бағытты), жылдамдығының ұзақтықты желдің толассыз әрекеті су асты бетпен өлшемдерді және бас айлақтың көлемімен есептелінеді.

А.2 Судың және желдің мінездемесінің есептік деңгейлерін айталмыш көпжылдық қадағалаудың нәтижесінде (25 жылкем дегенде), статистикалық өңдеуінің анықтауға қажетті мұзсыз мезгілдерге, бұл ретте, судың есептік деңгейлері есебімен судың келіп кету деңгейінен анықтау керек деңгейдің маусымдық тербелісінің айдағышы және жылдамдығы.

А.3 Толқын элементінің, есеп айыруға қажетті есебі үшін суды келесі зоналық тереңдікке бөлу керек:

- терең су – тереңдігі $d > 0,5 \cdot \overline{\lambda_d}$, судың түбі толқынның негізгі сипаттарына әсер етпейді;
- ұсақ су – тереңдігі $0,5 \overline{\lambda_d} \geq d > d_{cr}$, су түбі толқынының сипаттамасына және оның өзгеруіне әсер етеді;
- шарпу – тереңдігі d_{cr} ден, $d_{cr,u}$ дейін толқынның басталатын және аяқталатын шектеулері;
- үзіктері–тереңдігі, $d_{cr,u}$, кем, тасқын толқындар, жағаға дейін барады.

А.4 Гидротехникалық имараттың және оның элементтерінің, беріктігі мен тұрақтылығын, толқынның биіктігінің, есептік қамтамасыз ететін жүйесін, А.1-кестеден қабылдау қажет.

А.1-кесте -Толқынның биіктігінің, есептік қамтамасыз ететін, тиянақты және гидротехникалық имараттың, оның элементінің беріктігі мен тұрақтылығын анықтауда қолданылатын мөлшерлер

Гидротехникалық ғимарат	Толқын жүйесіндегі биіктіктің, есептелуін қамтамасыз ету, %, артық болмау тиіс
Тік имараттың, әдістемесі, қоршалған имараттың, қиғаш әдістемесі	1
Имаратжәнекластыңбіріккенбөгеттері:	
I	1
II	5
III, IV	13

А.1-кесте -Толқынның биіктігінің, есептік қамтамасыз ететін, тиянақты және гидротехникалық имараттың, оның элементінің беріктігі мен тұрақтылығын анықтауда қолданылатын мөлшерлер (жалғасы)

Гидротехникалық ғимарат	Толқын жүйесіндегі биіктіктің, есептелуін қамтамасыз ету, %, артық болмау тиіс
Жағалаудағы класс имараттарын қатайту: I, II III, IV	1 3
Гидротехникалық имарат	Толқын жүйесіндегі биіктіктің, есептелуін қамтамасыз ету, %, артық болмау тиіс
Тайқы профилдің кедергілеу имараттарының, бетонды плиталармен, тастың қоқымдылары мен, нышанасыз немесе модалы алаптармен	1 2
Ескертпелер 1 Имараттарға түсетін, жүктемелерді, анықтау кезінде, биіктік тапсырынды қамтамасыздық жүйеде, h_i және толқынның орта ұзындығы $\bar{\lambda}$ қабылдау керек. Өтпелі конструкцияға, толқынның қатынасын, анықтау қажет, толқынның ұзындығын өзгерту, осы арақашықтықта $(0,8 - 1,4)\bar{\lambda}$; Биік ғимараттарды, тағайындаған кезде, соғылған ашық акваторияларда, толқын биіктігін, есептік қамтамасыздандырылған жүйеде, рұқсат етілген, 0,1 % құрылған негізінде. 2 Қамтамасыздырылған есеп, толқын ұзындығын, жүйеде қабылдауы тиіс: - порттық акваториялық қорғаныс анықталғанда - 5%; - толқынның, анықталған шегінде - 1%. 3 Биік ғимараттарды, белгілеу кезінде, ашық акваторияларда салынады, рұқсат етілген, есептік биіктікті, қамтамасыздырылған толқынды жүйеде қабылдау, 0,1 %.	

Судың есептелу деңгейі

А.5 Судың максималды есептелу деңгейін ҚНЖЕ ережесіне байланысты имараттарды жобалағанда қабылдау керек. Гидротехникалық имараттарға түсетін жүктемелер мен эсерлерді анықтау кезінде, қамтамасыздырылған есептік деңгейлер, келесі көрсеткіштен аспауы тиіс:

- I кластық имараттарға - 1 % (100 жылда 1 рет);
- II және III кластарға - 5 % (20 жылда 1 рет);
- IV класқа - 10 % (10 жылда 1 рет) ең үлкен жылдық деңгейлерде мұзсыз мерзімде.

Ескертпе - Жағаны қатайту имараттарында толқынсыз өзендерде қамтамасыздандыру есептелген келесі деңгейлерде қабылдау қажет:

- жылдық жоғары деңгейде - гравитациялық қабырғаға (толқын қорғанысы) II класқа - 1 %; III класқа - 25 % қолдан құрылған жаға имараты үшін (IV класс) - 1 %;

- жарты жылдық деңгей - қатты (толқын қорғанысы) қабырғаға IV класқа, буналар және сүңгуір толқын ажыратқыштарға IV класқа - 50 %; қолдан құрылған жаға имараттары үшін (IV класс) - 50 %.

А.6 Желдік бөгет биіктікті, Δh_{set} , м, табиғи деректерді қадағалап, қабылдау керек ал, ол болмаса (жаға сызығының конфигурациясының, ескеруінсіз және d түбінің түпкілікті тереңдігінде), мына формуламен анықтау қажет:

$$\Delta h_{set} = k_w \frac{V_w^2 L}{gd} \cos \alpha_w, \quad (A.1)$$

Мұнда α_w - бойлық кіндігімен желдің бағытының бұрышы, град;

V_w –желдің, есептік жылдамдығы, А.9 белгілер;

L - екпін, м;

k_w - коэффициент, А.2-кесте бойынша қабылданады:

А.2-кесте – k_w ·коэффициенті

V_w , м/с	20	30	40	50
$k_w \cdot 10^6$	2,1	3	3,9	4,8

Желдің есептік мінездемелері

А.7 Желдік толқынның және желдік жел бөгет элементінің ұйғарымында имаратар үшін қамтамасыздығы I, II класқа - 2 % (50 жылда 1 рет) және III, IV класқа - 4 % (25 жылда 1 рет).

I және II класстың имараттары үшін, есептік дауылдың қамтамасыздығын- 1 %(100 жылда 1 рет) қабылдау негіздеме болғанда.

А.8 Тіркес желдің жылдамдығының қамтамасыздығы судың деңгейінің қамтамасыздығымен I және II классты имараттары үшін қабылдау керек, соның ішінде бөгеннің шарттары үшін бір қалыпты подборлы деңгейде (НПУ), А.5 және А.7 байланысты, табиғатты қадағалаудың деректерінен анықталады.

А.9 Желдің есептік жылдамдығы 10 м биіктікте су айдынының бетінде V_w , м/с, мына формулаға байланысты анықтау керек:

$$V_w = k_{\beta} k_l V_l, \quad (A.2)$$

мұнда V_l - желдің жылдамдығы 10 м, биіктікте жер (су айдынынның) бетінің 10-минут ара қашықтыққа лайықты орташалау және А.7 қабылдайтын қамтамасыздықта;

k_{ρ} - желдің, қайта есептеген жылдамдығында желбағармен өлшенген мына формула бойынша анықталатын $k_{\rho} = 0,675 + \frac{4,5}{V_l}$, 1 артық емес коэффициент;

k_l - желдің жылдамдығы сулы беттің шарттары үшін суайдындар (соның ішінде жобалалау) мен мінездің созылымдылығы 20 километрге дейін қабылдаданады желдің жылдамдығы V_l су бетінде өлшенгенде шағылды (жағажайлар, дөңдер және өзге) немесе қар тегіс жабулы, ауданда;

-А.3-кесте бойынша- желдің жылдамдығын, А, В мен С аудандарда өлшенгенде, СН РК 3.04-01 талаптарына сай, тағайындылады.

А.10 Толқын элементінің, ұйғарымды екпіннің, орташа мәнін, L , м, берілген желдің жылдамдығында, м/с, келесі формула арқылы белгіленеді:

$$L = k_{vis} \frac{v}{V_w}, \quad (A.3)$$

мұндағы k_{vis} - 5×10^{11} тең, қабылданатын коэффициент;

v – ауаның кинематикалық тұтқырлығының, 10^{-5} тең коэффициенті, м²/с.

Межелі екпіннің мағыналарын, L_u , м, тапсырынды, желдің есептік жылдамдығында, V_w , м/с, А.4 кесте бойынша қабылдауға болады.

А.3 –кесте – k_l коэффициенті

Желдің жылдамдығы V_l , м/с	Коэффициенттің мағыналары k_l аудан үлгісінде		
	А	В	С
10	1,1	1,3	1,47
15	1,1	1,28	1,44
20	1,09	1,26	1,42
25	1,09	1,25	1,39
30	1,09	1,24	1,38
35	1,09	1,22	1,36
40	1,08	1,21	1,34

А.4-кесте - L_u межелі екпіні

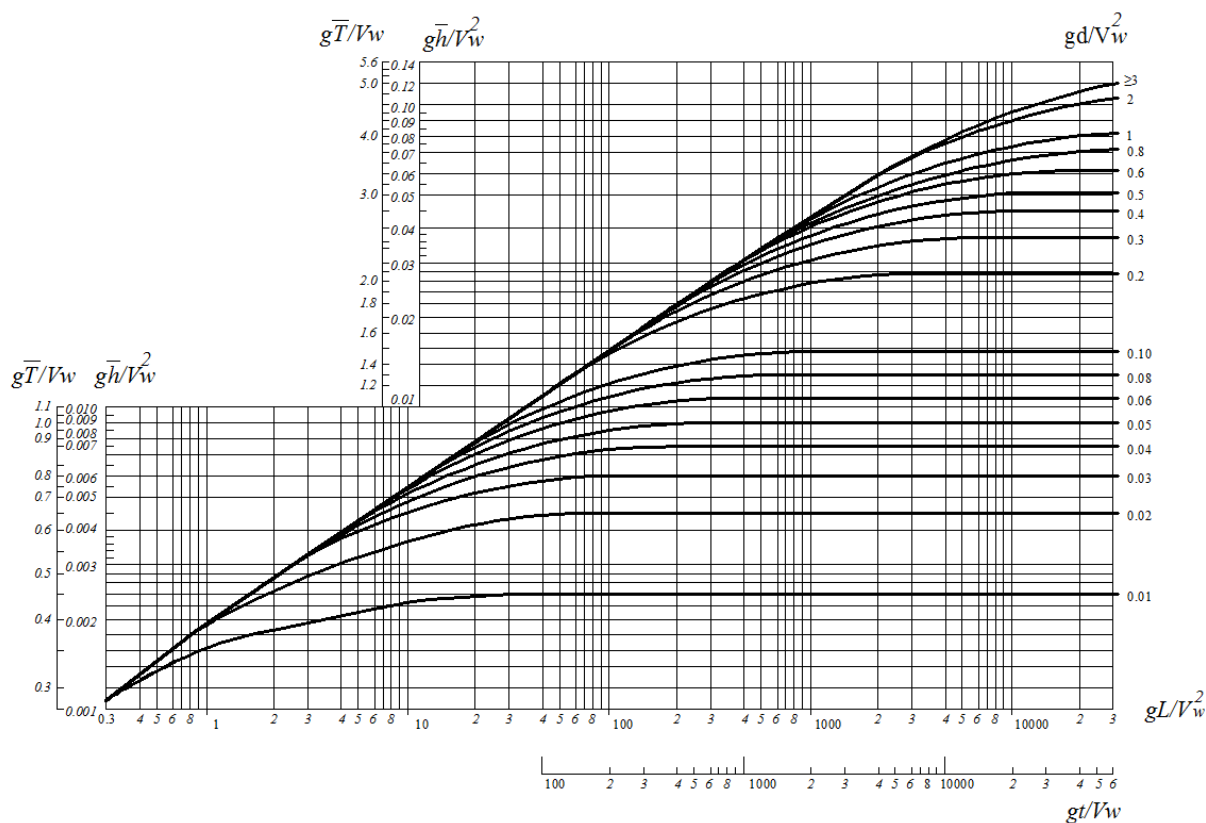
Желдің жылдамдығы V_w , м/с	20	25	30	40	50
Межелі екпіннің мағыналары, $L_u \cdot 10^{-3}$, м	1600	1200	600	200	100

А.11 Желдің есептік жылдамдықтарын 100 км кем екпіндерде табиғатта желдің ең жоғарғы жылдамдықтарын қадағалау арқылы олардың ұзақтығына байланысты емес анықтайды.

А.12 Желдің есептік жылдамдығын желдің 100 км артық екпіндерде олардың таратушылығын есепке ала отырып (В қосымшаны қара) анықтау керек.

Тереңдік аймақтағы толқын элементтері

А.13 Толқындардың орташа биіктігін $\bar{h}_d$, м, және толқындардың орташа кезіндерін $\bar{T}$, с, су аймағының терең зоналарында А.1 суреттің сыртқы қисығына байланысты анықтау қажет. Ауқымсыз мағыналарына gt/V_w және gL/V_w^2 , байланысты және сырттың қисықтары арқылы $g\bar{h}_d/V_w^2$ және $g\bar{T}/V_w$ мәндерін анықтау қажет және олардың кіші мәндерінен толқынның орташа биіктігін және толқынның орташа кезеңін қабылдауға болады.



А.1-сурет –Су аймақтарының терең және ұсақ сулы аймақтарында желдік толқындардың элементтерін анықтауға арналған сызбалар

Толқынның орташа ұзындығы $\bar{\lambda}_d$, м, белгілі мағынада $\bar{T}$, мына формула бойынша орындалады:

$$\bar{\lambda}_d = \frac{g\bar{T}^2}{2\pi}, \quad (A.4)$$

Ескертпе- Желдің айнымалы жылдамдықтарында, толқын екпінінің нәтижелері бойынша, желдің

тұрақты жылдамдығы болатын бөлімдерде, $\bar{h}_d$ толқын биіктіктерін түпкілікті анықтауға жол беріледі.

А.14 Жаға сипатының күрделі конфигурациясында толқынның орташа биіктігі $\bar{h}_d$, м, келесі формула бойынша қарастырылады:

$$\bar{h}_d = 0,1\sqrt{25h_1^{-2} + 21(h_2^{-2} + h_{-2}^{-2}) + 13(h_3^{-2} + h_{-3}^{-2}) + 3,5(h_4^{-2} + h_{-4}^{-2})}, \quad (\text{A.5})$$

мұнда $\bar{h}_n$ м, ($n = 1; \pm 2; \pm 3; \pm 4$ болғанда) - толқындардың орташа биіктіктері А.1 сурет бойынша L_n , желдің есептік жылдамдығы мен басты сәуленің бағытымен түйісетін желдің бағыты кезінде анықталады. Сәулелер,, есептік нүктеден, жағаның сызығымен қиылысқанға дейін басты сәуледен ± 22.5 град ара қашықтықпен жүргізілуі керек.

Толқынның есептік тұстамасында бөгеттердің үлкен саны аралдар түрінде кездессе және олардың бұрыштама өлшемдері, 22,5 град. кем, бірақ, бұрыштама өлшемнің сомасымен 22,5 град. артық болғанда, толқынның орташа биіктігі, $\bar{h}_n$, м, n , секторында, мына формуламен анықталады:

$$\bar{h}_n = \sqrt{\sum_{i=1}^{k_n} \alpha_{ni} h_{ni}^{-2} + \sum_{j=1}^{l_n} \nu_{nj} h_{nj}^{-2}}, \quad (\text{A.6})$$

мұнда α_{ni} , ν_{nj} - сәйкесінше бұрыштама өлшемдер i - ға кедергілер және j - ға араның көршілес бөгеттердің арасында бұрышқа қатысты 22,5 град. ($i = 1, 2, 3..k_n$; $j = 1, 2, 3..l_n$), n секторының шектерінде ± 11.25 град. сәуленің бағытынан ара қашықтықта тағайындалады.

Толқынның орташа биіктігі $\bar{h}_{ni}$, $\bar{h}_{nj}$, м, А.1 сурет арқылы желдің есептік жылдамдығына және екпінге L , тең сәуленің проекцияларының L_{ni} және L_{nj} , м, желдің бағытына қарай қабылдануы керек. Сәулелер, L_{ni} және L_{nj} - есептік нүктеден, i - м бөгетпен қиылысқанға дейінгі ара қашықтықта немесе желді жағамен, j - м арасында қабылдануы керек.

Толқынның орташа кезеңі ауқымсыз аумақты мәнде, $g\bar{T}/V_w$, қабылданады. Ол А.1 сурет арқылы белгілі ауқымсыз аумақты мәндер арқылы $g\bar{h}_d/V_w^2$ анықталады. Толқынның орташа ұзындығын (А.4) формуласы бойынша анықталады.

Ескертпе-Жаға сипатының конфигурациясы күрделі қабылданады, егер аумақ $L_{\max}/L_{\min} \geq 2$, қайда $L_{\max}$ және $L_{\min}$ - үлкен және кіші сәулелер есептік нүктеден секторға өткізуі, ± 45 град болса, желдің бағытынан желді жағамен қиылысқанға дейін.

А.15 Желдік толқынның биіктігін терең суда, $\bar{h}_d$, мына формула бойынша анықтайды:

$$\frac{g\bar{h}_d}{V_w^2} = 0,16 \left\{ 1 - \left[\frac{1}{1 + 6 \cdot 10^3 (gL/V_w)^{0,5}} \right]^2 \right\}, \quad (\text{A.7})$$

мұнда L - толқынның екпінінің ұзындығы, м;

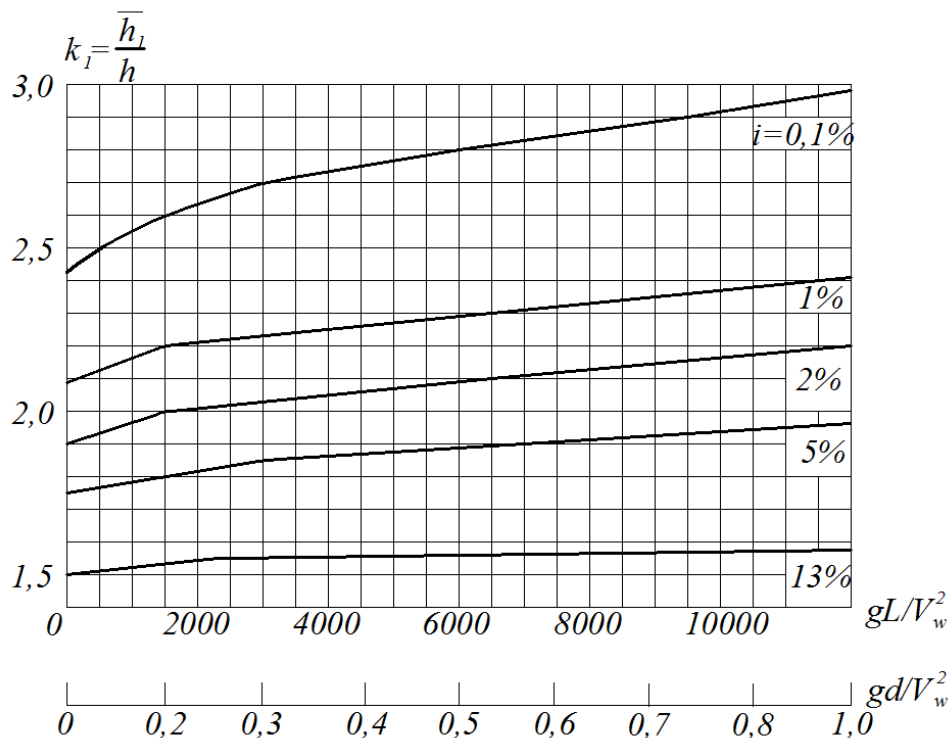
V_w - желдің есептік жылдамдығы А.9 белгілер.

Толқынның орташа кезеңі келесі формула бойынша есептеледі:

$$\frac{g\bar{T}}{V_w} = 2\pi \cdot 3,1 \left(\frac{g\bar{h}}{V_w^2} \right)^{0,625}, \quad (\text{A.8})$$

мұнда $\bar{h}$ - толқынның орташа биіктігі, м;

А.16 Толқынның биіктігіні %-пен жүйеде қамтамасыз етеді, $h_{d,i}$, м, k_i , коэффициентке көбейту арқылы анықтайды. Ал, коэффициент, А.2 суреттің сызбалары бойынша ауқымсыз аумақ үшін gL/V_w^2 қабылданады. Жаға сипатының күрделі конфигурациясында gL/V_w^2 орнына gh_d/V_w^2 аумақта, және А.2 суретінің жоғарғы қисығында қабылдануы керек.



А.2-сурет - k_i коэффициент мағынасының кестелері

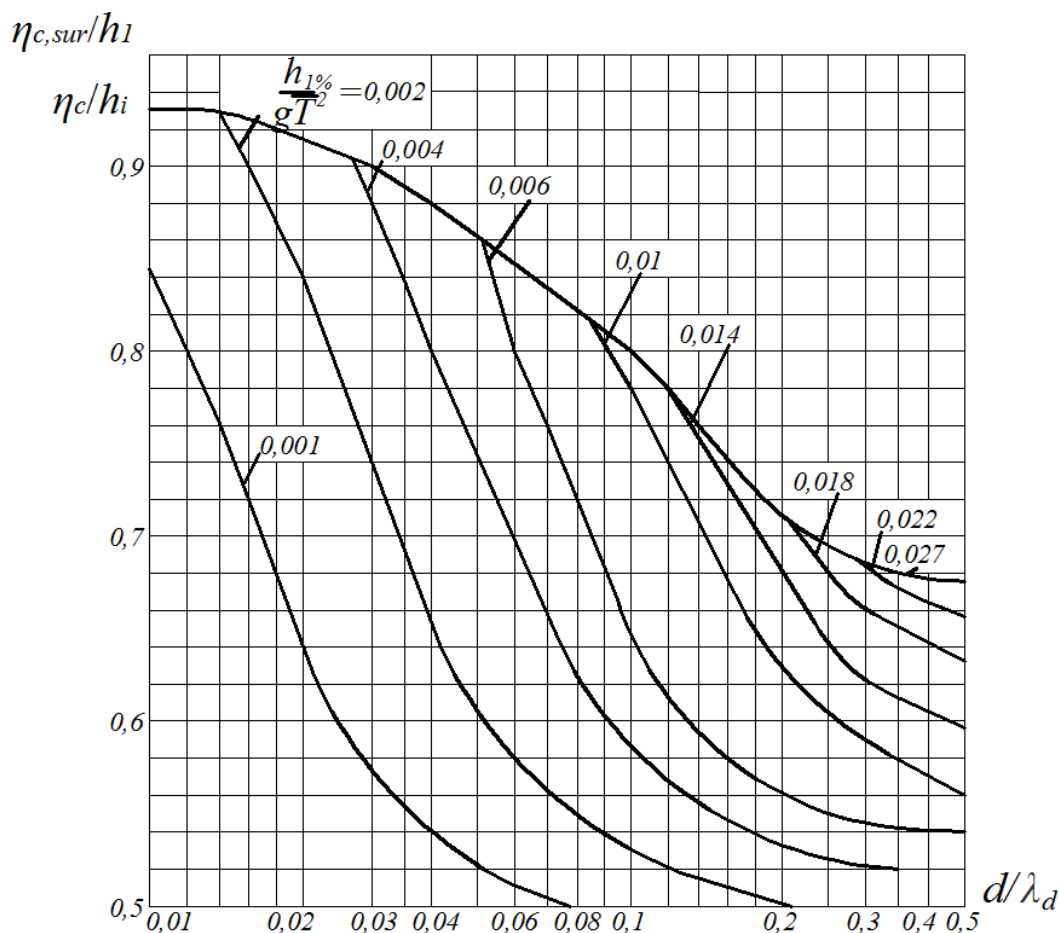
Толқынның элементтері қамтамасыз режимдерде 1; 2; 4 % тарату функциясы арқылы табиғи жағдайда, олар болмағандықтан немесе жетпегендіктен – өңдеу нәтижесімен синоптикалық карттарды тексеру нәтижесінде өткізу қажет (В қосымшасыны қара).

А.17 Толқынның шыңын есептік деңгейден, η_c , асырып кетуден ауқымсыз аумақты мәнінен η_x / h_l анықтау қажет (А.3 сурет), мұнда, $h_l / g \bar{T}^2$ мағынасы үшін, $d / \bar{\lambda}_d = 0,5$ қабылдау керек.

Таяз сулы аймақтағы толқын элементтері

А.18 Толқын биіктігі $i\%$ -пен қамтамасыздықты h_i м, таяз аймақтағы, 0,002 және одан жоғары еңісті түпті келесі формуламен анықтау керек:

$$h_i = k_t k_r k_l k_i \bar{h}_d, \quad (\text{А.9})$$



А.3-сурет – Таяз сулы және шарпу аймақтарындағы η_x / h_l және $\eta_{c,sur} / h_i$ мәндерін анықтау графигі

мұнда k_t - трансформация коэффициенті;

k_r - рефракцияларк оэффиценті;

k_l - шығынның жиынтық коэффиценті;

k_i - жүйеде толқынның қамтамасыз етілу коэффиценті.

Коэффицентерді, k_t , k_r және k_l А.19 бойынша белгілейді.

Толқын ұзындығын таяз сумен терең судың орын ауыстаруы, А.4 сурет бойынша берілген ауқымсыз аумақты мәндерде $d / \bar{\lambda}_d$ және $h_{1\%} / g\bar{T}^2$, анықтау қажет. Бұл ретте, толқын кезеңін толқынның тереңдік зонасындағы кезеңіне тең етіп қабылданады.

Толқын шыңын есептік деңгейден η_c , м, асып кетуін, А.4 сурет бойынша анықтау қажет, ауқымсыз аймақтар мәндері үшін, $d / \bar{\lambda}_d$ және $h_i / g\bar{T}^2$.

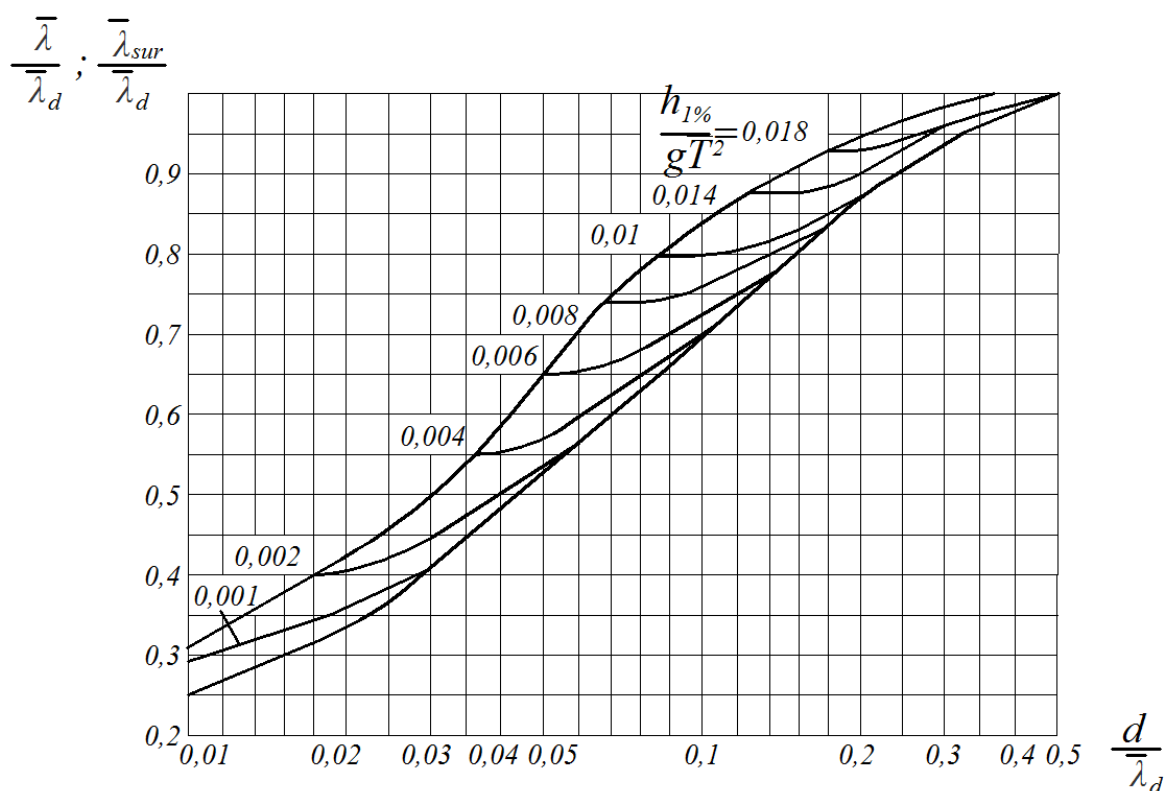
А.19 Трансформация коэффицентін, 1-і сызба, А.5 сурет бойынша анықтау қажет.

Рефракцияның коэффицентін, осы формула бойынша анықтау қажет:

$$k_r = \sqrt{\frac{a_d}{a}}, \quad (\text{A.10})$$

мұнда a_d - толқындық көрші сәулелердің арасындағы, терең сулы зонадағы арақашықтығы, м;

a - сол сәулелердің, терең сулы аймақта белгілеген сызық бойынша арақашықтығы, м.

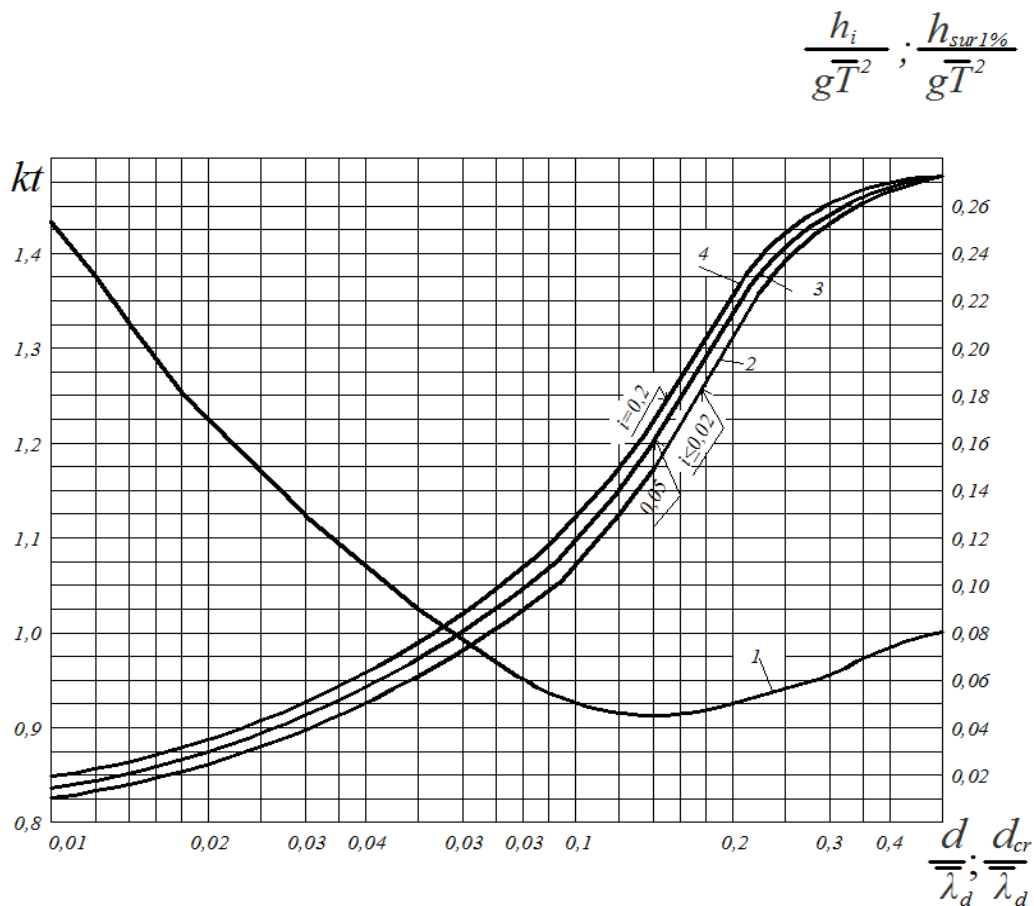


А.4-сурет –Ұсақ сулы және шарпу зоналардағы, $\lambda / \bar{\lambda}_d$ және $\lambda_{sur} / \bar{\lambda}_d$ мағаналарын анықтау сызбасы

Толқын сәулелері рефракцияның жоспарында терең сулы аймақта тапсырылған бағыттағы толқын таралуына сәйкес қабылдау қажет, ал, таяз сулы аймақта, оларды нобаймен және А.6 суретті бойынша сызбаларға сәйкес қарастыру қажет.

Шығынның жиынтық коэффициенті, k_l , тапсырылған аумақты мәнімен $d / \bar{\lambda}_d$ және i түптің еңісіне, (А.5-кесте); түптік еңістің 0.03 және одан көп жағдайында шығынның жиынтық коэффициентін бірге тең деп қабылдау керек.

Ескертпе- Коэффициенттің мағынасы k_r рефракция коэффициентін анықтау нәтижелері мен толқындық сәулелер арқылы есептік нүктеден басты сәуле бағытында 22,5 град. Арқылы қабылдауға жол беріледі.



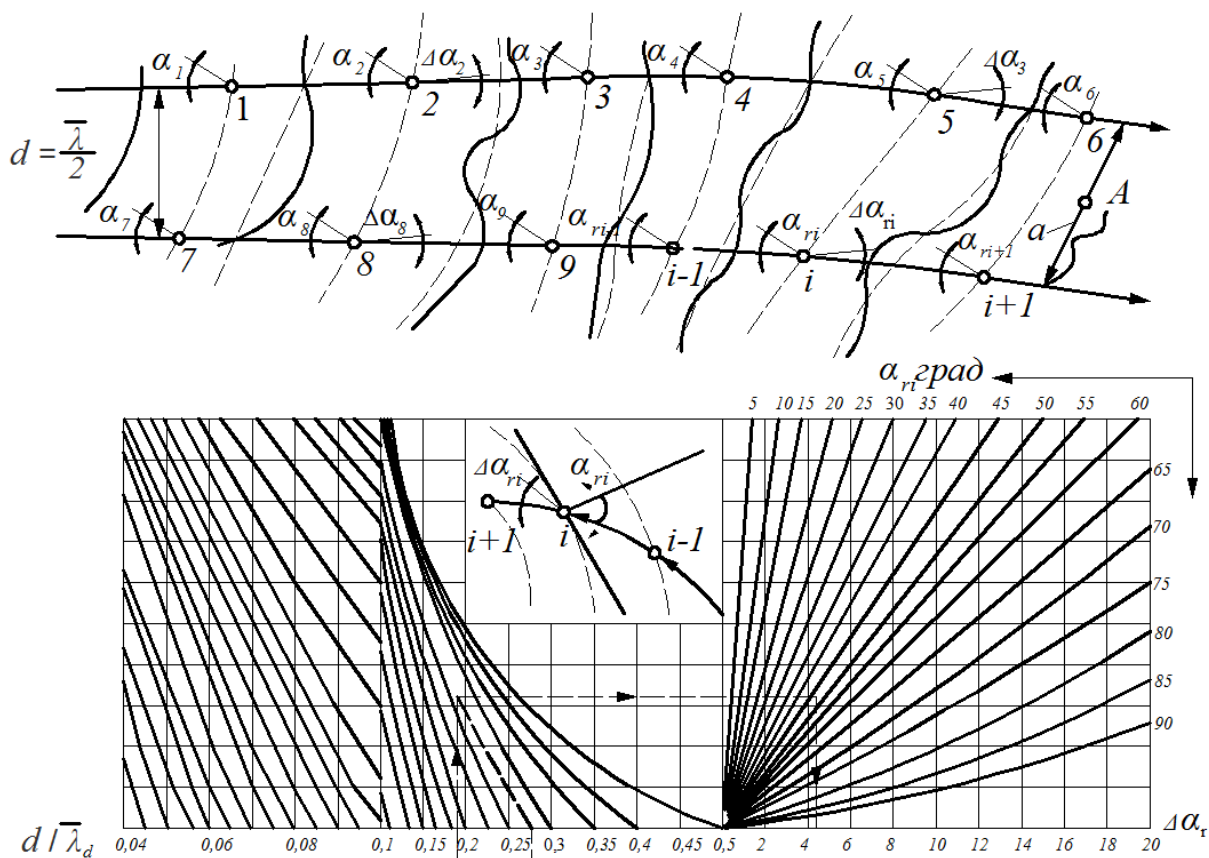
А.5-сурет– k_t коэффициентті (1) және $d_{cr} / \bar{\lambda}_d$ өлшемдерді (2, 3 және 4) анықтау графигі

А.5-кесте– k_l Ысыраптың жиынтық коэффициенті

Салыстырмалы тереңдік $d / \bar{\lambda}_d$	i еңісті түптің k_l коэффициенттің мәндері	
	0,025	0,02... 0,002
0,01	0,82	0,66
0,02	0,85	0,72
0,03	0,87	0,76
0,04	0,89	0,78
0,06	0,9	0,81

А.5-кесте— k_l Ысыраптың жиынтық коэффициенті (жалғасы)

Салыстырмалы тереңдік $d / \bar{\lambda}_d$	i еңісті түптің k_l коэффициентінің мәндері	
	0,025	0,02... 0,002
0,08	0,92	0,84
0,1	0,93	0,86
0,2	0,96	0,92
0,3	0,98	0,95
0,4	0,99	0,98
0,5 және одан да кем	1	1



А.6 сурет—Рефракция жоспарының, құрылысы үшін нобай (а) және сызбалар (ә)

А.20 Орташа биіктігінің және толқынның орташа кезеңінің таяз сулы аймақта, 0,001 түптің көлбеу және одан да төмен А.1-сурет бойынша анықтау қажет. gL/V_w^2 және gd/V_w^2 ауқымсыз аумақтар мәнінде $g\bar{h}/V_w^2$ және $g\bar{T}/V_w$ мағыналар қабылданады және олар арқылы $\bar{h}$ және $\bar{T}$ анықталады.

А.21 Толқынның орташа биіктігі таяз сулы су айдындарда (аймақтарда), келесі формуламен есептелуі мүмкін:

$$\frac{gh}{V_w^2} = 0,1 \left(\frac{gd}{V_w^2} \right)^{0,8}, \quad (\text{А.11})$$

мұнда d - су айдынынның тереңдігі (аймақтар), м.

Толқынның орташа кезі, $\bar{T}$, таяз сулы су айдындарында (аймақтарда) терең сулы аймақтардағыдай (А.8) формуламен қабылданады.

Толқынның орташа трансформациясының биіктігі таяз сулы су айдындарда (аймақтарда) мына формула бойынша есептелуі мүмкін:

$$\bar{h} = k_n k_r k_d, \quad (\text{A.12})$$

Мұнда k_t - трансформация коэффициенті келесі формула бойынша анықталады:

$$\text{орташа } k_t = \left\{ C_N \left[1 + \frac{4\pi}{C_N} \frac{d}{\lambda_d} \left(sh \left[\frac{4\pi}{C_N} \frac{d}{\lambda_d} \right] \right)^{-1} \right] \right\}^{-0,5}, \quad (\text{A.13})$$

$$C_N = \frac{\bar{\lambda}}{\lambda_d}, \quad (\text{A.14})$$

Мұнда k_r - рефракцияның коэффициенті сызықты изобаттарда мына формула бойынша анықталады:

$$k_r = \left[\frac{1 - C_N \sin \alpha_d}{cjs^2 \alpha_d} \right]^{-0,25}, \quad (\text{A.15})$$

мұнда α_d - сәуле толқынымен орташа изобаттың бұрышы.

Толқын биіктігі $i\%$ - тең қамтамасыз етілген жүйеде толқынның орташа биіктігінің А.2-сурет бойынша қабылданатын, k_i коэффициентке көбейту арқылы анықталады. gd/V_w^2 және gL/V_w^2 ауқымсыз аумақтар мәндерінен k_i коэффициенттің мағыналары анықталады, оның ішінен ең азы қабылданады.

Толқынның орташа ұзындығы, орташа кезеңінің белгілі мағынасында А.13 тармақтағыдай, анықталуы тиіс.

Толқын шыңының есептік деңгейден асып кетуін А.3-сурет бойынша анықтау керек.

Ескертпе- Толқын элементтерінің таяз сулы аймақтан 0,001 еңіс түбімен көлбеу және одан кем, 0,002 астам, еңісті аймаққа жылжыуларын А.18 және А.19 тармақтарға байланысты анықтау керек, бұл ретте бастапқы $\bar{h} = \bar{h}_d$ орташа биіктігінің мағынасы қабылданады.

Соқпа аймақтағы толқын элементтері

А.22 Толқын биіктігі $h_{sur1\%}$, м, соқпа аймағында еңіс су түбіне байланысты 1, 2, 3

және 4-кестелерді және А.5-сурет бойынша $d_{cr}/\bar{\lambda}_d$ ауқымсыз аумақты мағыналар

арқылы $h_{sur1\%}/g\bar{T}^2$ анықтау қажет және сәйкесінше $h_{sur1\%}$ анықталады.

Толқын ұзындығы $\bar{\lambda}_{sur}$ соқпа аймағында м, А.4-сурет бойынша жоғарғы қисық

арқылы анықтау қажет, сонымен бірге толқын шыңының есептік деңгейі $\eta_{c,sur}$, м, асып кетуін А.3-сурет бойынша жоғарғы сыртқы қисық арқылы анықтау керек.

А.23 Сыни тереңдікті, d_{cr} , м, толқынның бірінші құлауы кезеңде 2, 3 және 4 сызбалар арқылы А.5-сурет бойынша бірте-бірте жақындату есептері арқылы анықтау керек. Тереңдік маңыздылығы, d , А.18 және А.19 тарауларға сәйкес $h_i / g\bar{T}^2$ және А.5-сурет бойынша 2, 3 және 4— сызбалар арқылы оларға лайықты мағыналар $d_{cr} / \bar{\lambda}_d$, анықталып, одан, d_{cr} , қабылдап, сандықты сәйкес келетін тиелі тереңдік d анықталады.

А.24 Сыни тереңдікті лайықты толқынның соңғы бұзылуына сәйкес $d_{cr,u}$ су түбінің тұрақты еңісі келесі формула бойынша анықтауға болады:

$$d_{cr,u} = k_u^{n-1} d_{cr}, \quad (\text{А.16})$$

мұнда k_u - коэффициент А.6-кесте бойынша анықталады.

А.6-кесте – k_u коэффициенті

Түптің еңісі i	0,01	0,015	0,02	0,025	0,03	0,035	0,04	0,045	0,05
k_u коэффициенті	0,75	0,63	0,56	0,5	0,45	0,42	0,4	0,37	0,35

n - толқындарды қауыздаудың (бұзудың) саны (біріншісінқосқанда), қатардан қабылданатын $n = 2,3$ және 4, келесі теңсіздіктің орындалуы мен қабылданады: $k_u^{n-2} \geq 0,43$ және $k_u^{n-1} < 0,43$.

Тереңдікті анықтаудың, соңғы қауыздаудың кезеңінде, $d_{cr,u}$ коэффициентті k_u немесе коэффициенттердің көбейтіндісі, 0,35 кем қабылданбауы керек.

Түптің еңістері 0,05 артық болғанда, $d_{cr} = d_{cr,u}$ кәдімгі тереңдікті қабылдау керек.

Ескертпе-Түптің айнымалы еңістерінде, $d_{cr,u}$ қабылдауға рұқсат етіледі, қысылшаң тереңдіктің дәйекті ұйғарымының нәтижелерінде түптің бөлімдерінде тұрақты еңістері болуы тиіс.

Қоршалған айдындардағы толқындардың элементтері

А.25 Дифрагировалық толқынның биіктігі h_{dif} , м, белгіленген аймақта мына формула бойынша белгіленеді:

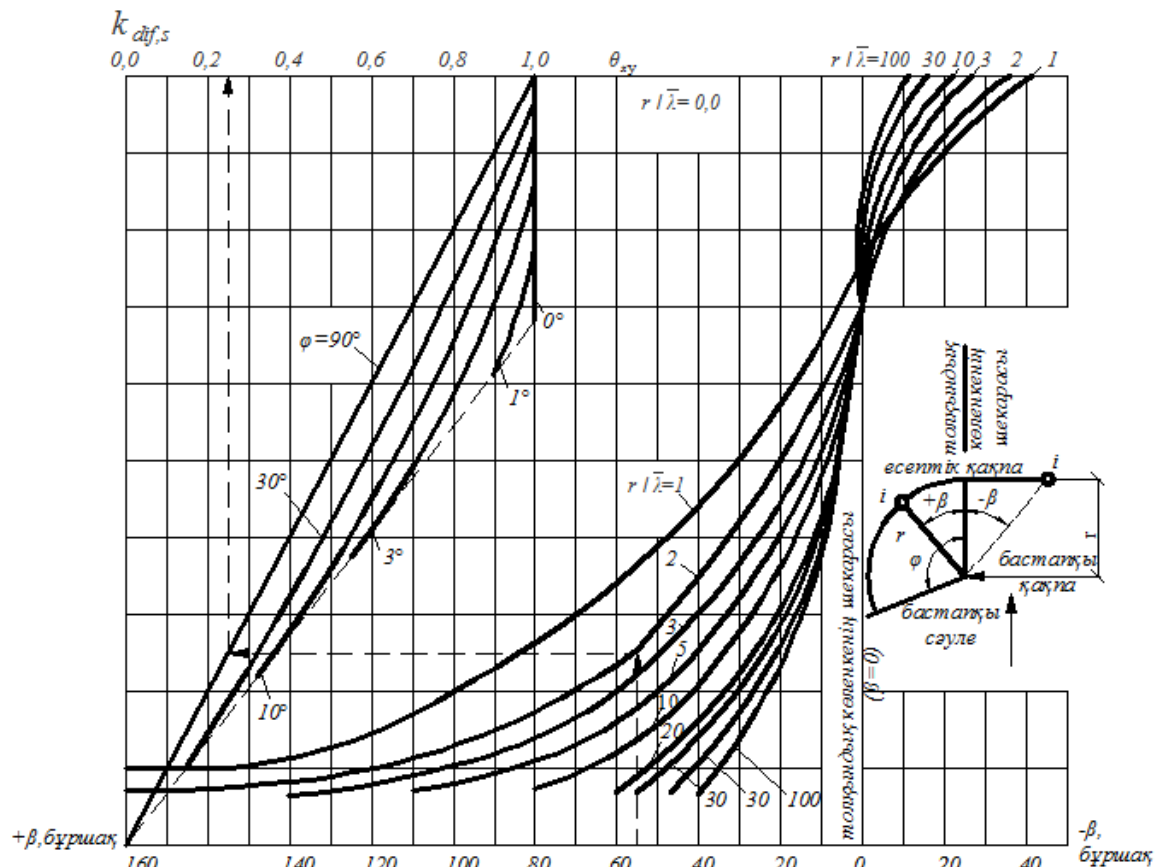
$$h_{dif} = k_{dif} h_i, (\text{А.17})$$

Мұнда k_{dif} - дифрагировалық толқынның коэффициенті А.26, А.27 және А.28 бойынша анықталынады;

h_i - бастапқы толқынның биіктігі i %-пен қамтамасыздандырады.

Сапалы ұзындықта $\bar{\lambda}$ бастапқы айлаққа кіргендегі ұзындық қабылданады.

А.26 Дифракциялық толқынның коэффициентін, $k_{dif,s}$ жеке қашылмен қоршалған айлақ үшін (берілген бұрышта β , град. Салыстырмалы қашықтықта, қашылдың басынан есептік тұстамасындағы, $r/\bar{\lambda}$ және бұрыштың φ , град. өлшемінде нүктесіне дейін), нобай және шарбақты А.7-суреті бойынша сызықтың нұсқағыштарымен анықталады.



А.7-сурет— $k_{dif,s}$ коэффициент мағынасын анықтау үшін график

А.27 $k_{dif,c}$ дифракциялық толқын коэффициенті қоршалған шарбақты қашылдармен осы формула бойынша анықтау қажет:

$$k_{dif,c} = k_{dif,s} \psi_c, \quad (\text{A.18})$$

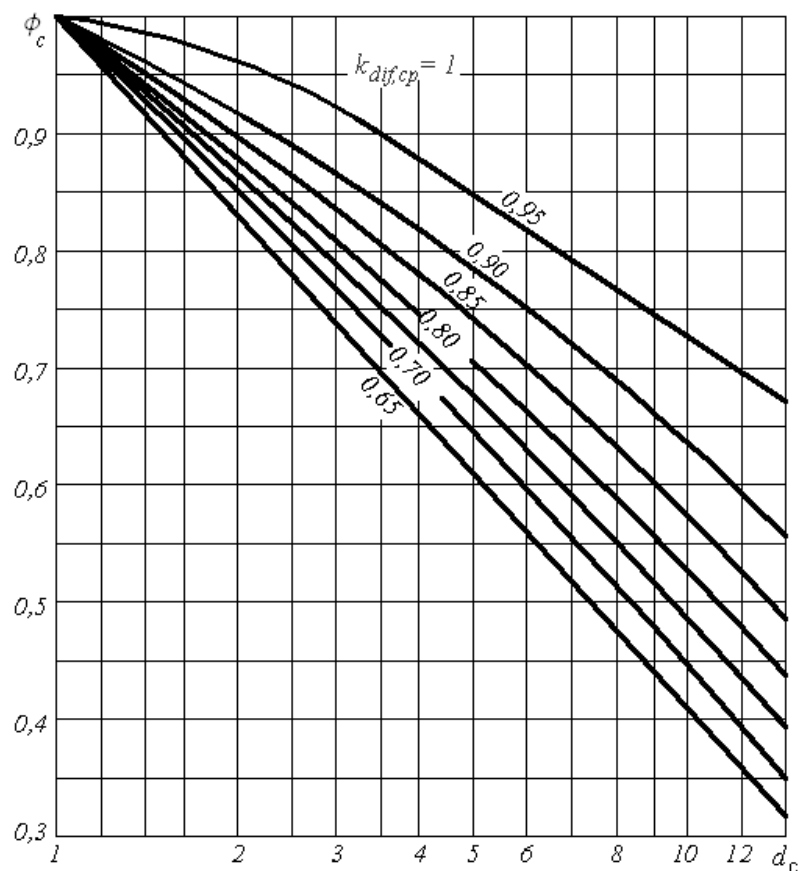
Мұнда ψ_c - А.8-сурет бойынша d_c және $k_{dif,cp}$ мағына үшін қабылданатын коэффициенті.

d_c мәні келесі формула бойынша анықталады:

$$d_c = \frac{l_1 + l_2 + b}{2b}, \quad (\text{A.19})$$

мұнда l_1 және l_2 - аралық толқын көлеңкесінің шекарасынан (АКШ) дефракциялық толқынның шекарасына дейін (ДТШ) нобай мен А.9-суреттің сызық нұсқағыштарымен келіседі;

b - портқа кіре берістің ені, м, бастапқы толқынмен қашылдың арасының проекциясына тең.



А.8-сурет - ψ_c коэффициенті мәндерінің графикасы

Коэффициенттің мағынасы $k_{dif,cp}$, $k_{dif,s}$ сияқты А.26 басты сәуле қоспасы толқынның есептік тұстамасымен нүкте қиылысында формула арқылы анықталады,

Басты сәуле жағдайы сызбада А.9а сурет бойынша, нүктелерге қарай, қабылдау керек, мұнда, толқын көлеңкесінің шекарасынан (ТКШ), қашылдың φ_i кіші бұрышымен, град. қиылысқан жердегі арақашықтық X , м. келесі формула бойынша анықталуы қажет:

$$X = \frac{l_1 l_{a2} - l_{a1} (l_2 - b)}{l_{a1} + l_{a2}}, \quad (\text{A.20})$$

мұнда l_{a1} және l_{a2} - сызық және А.9 суреттің кестелермен сәйкес мәндер.

А.28 Толқын дифракциясының коэффициенті $k_{dif,b}$ айлақтарға қоршалған шарбақты толқындарда келесі формула бойынша анықталу қажет:

$$k_{dif,b} = \sqrt{k_{dif,s1}^2 + k_{dif,s2}^2}, \quad (A.21)$$

мұнда $k_{dif,s1}$ және $k_{dif,s2}$ дифракциялық коэффициенттері, дифракцияның толқын коэффициенттері басты бөлімдер үшін А.26 бойынша анықталады.

А.29 Толқынның биіктік есебімен оның имараттан және бөгеттерден шағылысының $h_{dif,r}$, м, шарбақты айлақтың нүктесінде келесі формула бойынша анықтауға болады:

$$h_{dif,r} = (k_{dif} + k_{ref})h_i, \quad (A.22)$$

мұнда

$$k_{ref} = k_{dif,s} k_r k_p k_{ref,i} e^{-0.08r/\bar{\lambda}} \sqrt{\cos\theta_r}, \quad (A.23)$$

$k_{dif,s}$ - тұстамадағы қайтарушы беттегі дифракция коэффициенті А.26, А.27 және А.28 бойынша анықталады;

k_r және k_p - А.19 бойынша коэффициенттері;

θ_r - толқын және қайтарушы беттің арасындағы бұрышы, град.;

$r/\bar{\lambda}$ - қайтарушы беттен толқын сәулесі бойындағы есептік нүктеге дейінгі салыстырмалы қашықтық мұнда толқын сәулесінің бағыты бойынша толқын шағылыс бұрышының келу бұрышымен теңдік шартымен қабылдануы тиіс;

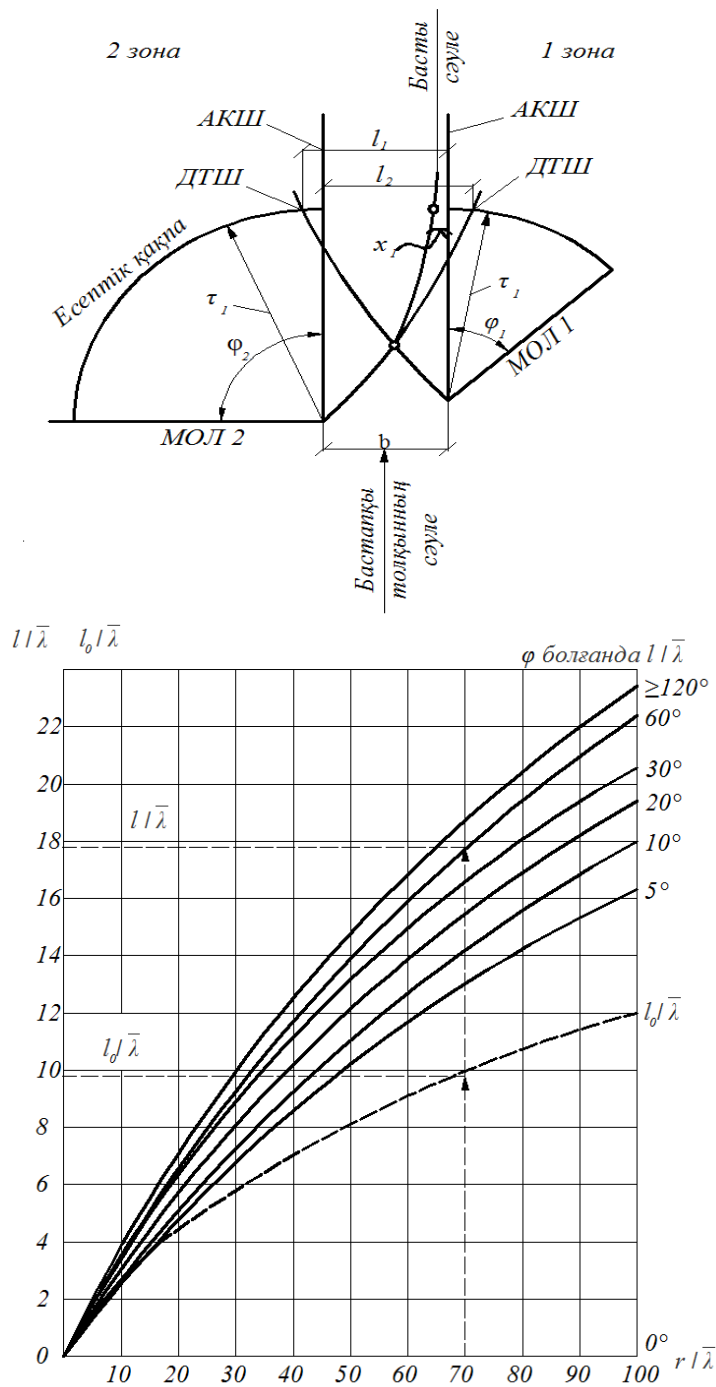
А.7-кесте - $k_{ref,i}$ шағылыс коэффициенті

Толқынның көлбеулігі $\bar{\lambda}/h_{dif}$	i қайтарушы беттің еңістеріндегі, $k_{ref,i}$ мәндер		
	1	0,5	0,25
10	0,5	0,02	0,0
15	0,8	0,15	0,0
20	1	0,5	0,0
30	1	0,7	0,05
40	1	0,9	0,18

$k_{ref,i}$ - шағылыстың коэффициенті А.7-кесте бойынша белгіленеді; қайтару беттің көкжиекке қисықтығы кем дегенде 45 град. болғанда шағылыс коэффициенті, $k_{ref,i} = 1$ тең деп қабылданады.

Ескертпе-Толқынның биіктігі шарбақты аялақта ауыспалы тереңдіктермен анықтауға болады, және А.19 тиісті.

А.18



А.9-сурет - l және l_0 өлшемдерін анықтайтын сызба (а) және графика (б)

Б қосымшасы
(ақпараттық)

МКГКС өлшеу жүйесіндегі осы нормалардың формулалары және кестелері

Осы ұсыныста формулалар және кестелер белгіленген физикалық бірліктің жаңа жүйесінде байланысы мен аудармасы өзгерген. Олар, сол нөмірлер (жаңа әріптің белгілерінде) шаманың лайықты пункттарына деген сілтемемен беріледі. Формула мен кестелер судың көлемді салмағын ғана көтереді, γ туындыға ρg келтірілмейді.

8.1.1– не

$$W_q = 7,5 \cdot 10^{-5} A_q \nu_q^2 \xi, \quad (\text{Б.1})$$

$$W_n = 5,0 \cdot 10^{-5} A_q \nu_n^2 \xi, \quad (\text{Б.2})$$

$$W_q = 8,1 \cdot 10^{-5} A_q \nu_q^2, \quad (\text{Б.3})$$

$$W_n = 8,1 \cdot 10^{-5} A_q \nu_n^2, \quad (\text{Б.4})$$

W_q и W_n

8.1.2 - ге

$$Q_w = 0,06 A_t \nu_t^2, \quad (\text{Б.5})$$

$$N_w = 0,06 A_l \nu_l^2, \quad (\text{Б.6})$$

Q_w и N_w , тс..

9 - ға

9.1.1 - не

$$F_{c,p} = 0,4 \nu_d \sqrt{m A R_b t g \gamma}, \quad (\text{Б.7})$$

$$F_{c,w} = 0,7 \nu_d \sqrt{A R_c}, \quad (\text{Б.8})$$

9.1.3 - ке

$$F_\delta = 0,3 \nu_d \sqrt{\frac{A}{k_\delta h_\delta + \frac{0,2}{R_c m t g \gamma}}}, \quad (\text{Б.9})$$

Б.1 -кесте-Мұздың қысуға қаттылығы R_c

Мұздың ащылығы S_i , ‰	Мұздың қысуға қаттылығы, R_c , тс/м ² , ауаның орта тәулік қызуында t_a , °C			
	0	-3	-15	-30
1 -нен төмен (татымсыз мұз)	45	75	120	150
1÷2	40	65	105	135
3÷6	30	50	85	105

9.1.4 - ке

$$p_\mu = 5 \cdot 10^{-4} v_{\max}^2, \quad (\text{Б.10})$$

$$p_v = 0,05 \cdot \frac{h_d v_{\max}^2}{L}, \quad (\text{Б.11})$$

$$p_i = 0,92 h_d i, \quad (\text{Б.12})$$

$$p_{\mu\alpha} = 2 \cdot 10^{-6} v_{\max}^2, \quad (\text{Б.13})$$

 $p_\mu, p_v, p_i, p_{\mu\alpha}$, тс/м².

9.2.1– не

$$p_t = 5 + 11 \cdot 10^{-5} v_{t,\alpha} \eta_i \varphi, \text{ тс/м}^2, \quad (\text{Б.14})$$

 $t_i \geq -20^\circ\text{C}$ болғанда

$$\eta_i = (3,3 - 0,28 t_i + 0,083 t_i^2) \cdot 10^4, \quad (\text{Б.15})$$

 $t_i < -20^\circ\text{C}$ болғанда

$$\eta_i = (3,3 - 1,85 t_i) \cdot 10^4, \quad (\text{Б.16})$$

 h_{red} - мұздың жамылғы қалыңдығы, м, келесі формула бойынша анықталады:

$$h_{red} = h_{\max} + 1,43 h_{\min} + \frac{2,3}{\alpha}, \quad (\text{Б.17})$$

мұндағы α - ауа және қар жабынының коэффициенті ккал/(сағ·м²), қабылданады $23\sqrt{\nu_{w,m} + 0,3}$ - қардың есебі немесе $6\sqrt{\nu_{w,m} + 0,3}$ - қардың болмағандығы.

9.2.2 - ге

$$q = p_t h_{\max} k_l, \text{тс/м}, \quad (\text{Б.18})$$

мұнда $p_t = 10 \text{ тс/м}^2$.

9.3.1 - ге

$$F_{b,j} = m R_{bj} b h_j, \quad (\text{Б.19})$$

мұнда $R_{bj} = 12 \text{ тс/м}^2$.

9.4.1 - ге

$$F_d = 20 l \nu_d t_d^4 \sqrt{\frac{h_{\max}^3}{\Phi}}, \quad (\text{Б.20})$$

$$\Phi = 1 + \frac{3 \cdot 10^4}{\eta_i} [t_d + 50(1 - e^{-0,4 t_d})], \quad (\text{Б.21})$$

9.4.2 - ге

$$M = 200 l \nu_d t_d \sqrt{\frac{h_{\max}^3}{\Phi}}, \text{тс} \cdot \text{м}, \quad (\text{Б.22})$$

$$R_t = R_{t,y} e^{\frac{-400 t_{cal}}{\eta_i}}, \quad (\text{Б.23})$$

$$R_c = R_{c,y} e^{\frac{-400 t_{cal}}{\eta_i}}, \quad (\text{Б.24})$$

R_t және R_c , тс/м².

Б.2 - кесте - k_e коэффициенті

$e^{\frac{-400 t_{cal}}{\eta_i}}$	0,8	0,85	0,9 и более
k_e	1	1,5	2

Б.3-кесте -Мұздың аққыш шегінің ұйғарымы, тс/м²

Мұздың қызуы $t_i, ^\circ\text{C}$	Мұздың аққыштығының, шегі, тс/м ²	
	созғыш $R_{t,y}$	қусыруға $R_{c,y}$
Бас мұз жамылғы		
0° ден бастап -2° - ге дейін	70	180
-3° тен бастап-10° - ға дейін	80	250
-11° нен бастап -20° - ға дейін	100	280
Төменгі бөлік мұз жамылғы		
0° ден бастап-2°- ге дейін	50	120

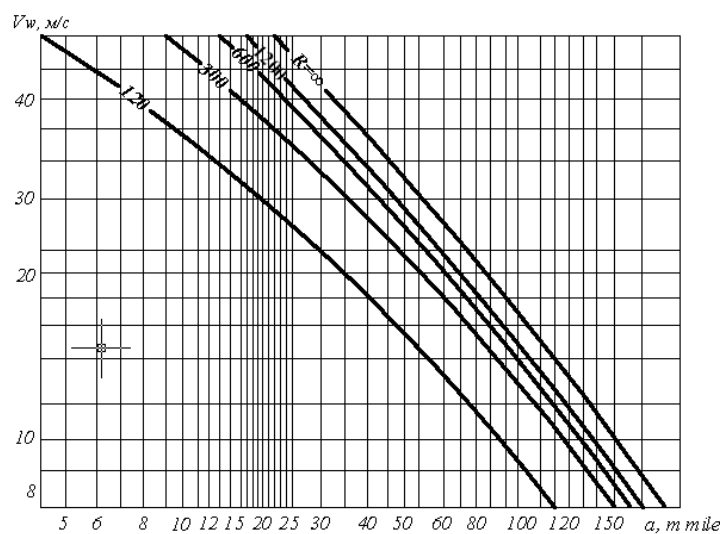
t_i -9.2.1. белгілер

В қосымшасы
(ақпараттық)

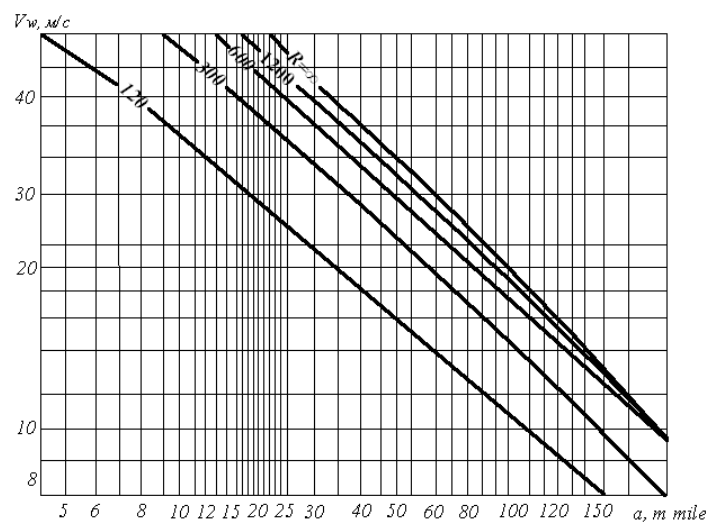
**Жел мінездемесінің, синоптикалық карталардың, деректер бойынша,
ұйғарымы**

Жел жылдамдығының, таратушылық жолымен, егістік құрылысын, ескеру қажет, деректер карттармен, анықталады. Желдің, есептік жылдамдықтары, географиялық кеңдік үшін, ϕ , изобаралардың, арасында пайдаланылады. a , m.mile, және изобаралардың, қисықтық радиусы, R , m.mile тең. Жел бағыты, 15 бұрышқа, град. Изобарадан, аласа қысымға дейін.

а)



ә)



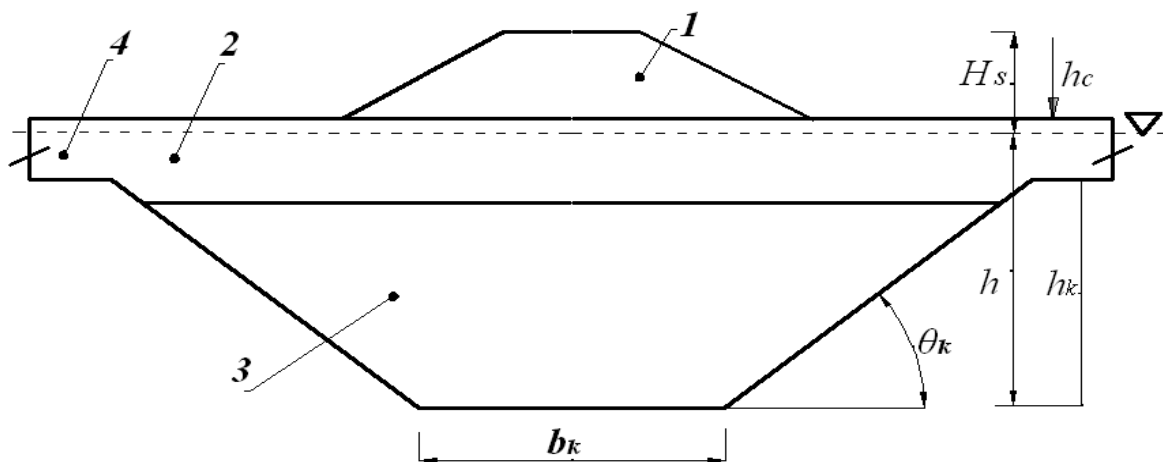
В.1-сурет - Циклондық изобараларда, синоптикалық карталық деректерге, 0.5 кПа арқылы өткізу, V_w , м/с желдің ұйғарымы үшін кестелер

а) $\phi \geq 50^\circ$ ә) $\phi \geq 35 \div 49^\circ$

Г қосымшасы
(ақпараттық)

Торостың тізбелері

Бір жылдық торостар қылқаннан құралады консолидарлық қабат және кіші баян қабаты. Киль, жарым жарты, қар астындағы мұзды немесе үзік үйінділерден құралады. Консолидарлық қабыттың үлкен бөлігі – сол мұздың пластиналары. Мұз қырқасының геометриялық пішіндері. Симметриялы көлденең қимасы тороста қабылданады, Г.1 суретте көрсетілгендей.



1 - желкен; 2 – консолидарлық қабат; 3 - киль; 4 – тегіс мұз;

θ_k - килдің бұрышы; H_s - желкеннің биіктігі; h - килдің тереңдетілгені;

h_c - консолидарлық қабаттың қалыңдығы; h_k - консолидарлық қабаттың төменгі бөлігімен және килдің арасы;

Г.1-сурет – Бір жылдық мұзқырқаның геометриясы

Торостың профилі үшін Г.1 суретте көрсетілгендей арақатынасы сияқты $h_c = 1,6h$, $H_k = 4,5H_s$ және $\theta_k = 26^\circ$. Енінің параметрі $b_k = 0$ осыдан $b_k = 5H_s$ дейін ауыстырылады. Желкеннің килі мұзды торостың жасына тәуелді және әр түрлі мұзды облыстарда ауыстырылады. Консолидарлық қабыттың қалыңдығы үшін торостың уақытында өзгереді. Килдің кеуектілігі кез келгені, 0,1- ден- 0,4 дейін өзгереді.

Шекараның жоғарғы бағаламасы мұзды көлденең торостың жүктемесі үшін келесі теңдігінен пайда болады:

$$F_R = F_C + F_k, \quad (\text{Г.1})$$

мұнда F_C - торостың консолидарлық жүктеме бөлігі;

F_k - килдік торостың жүктемесі.

Тік конструкциялар үшін жүк торосының килі тағайындалады:

$$F_k = \mu h_k b \left(\frac{h_k \mu \gamma_e}{2} + 2c \right) \cdot \left(1 + \frac{h_k}{6b} \right), \quad (\Gamma.2)$$

Мұнда μ - статистикалық қысымның коэффициенті;

$$\mu = \operatorname{tg} \left(45^\circ + \frac{\Theta}{2} \right), \quad (\Gamma.3)$$

Θ - ішкі бұрыштық қажалыстар;

c - килдің айқын тіркемдері;

b - конструкциялардың ені;

γ_e - тиімді малтығыштық келесі формула арқылы анықталады:

$$\gamma_e = (1 - n_k)(\rho - \rho_i)g. \quad (\Gamma.4)$$

КІТАПНАМА

[1] Ұлттық қосымшамен «Тіреу конструкцияларына әсер ету. 1-1-бөлім. Үлес салмағы, ғимаратқа түсетін тұрақты және уақытша жүктемелер» ҚР ҚН ЕН 1991-1-1:2002/2011

[2] Ұлттық қосымшамен «Тіреу конструкцияларына әсер ету. 1-3-бөлім. Жалпы әсер ету. Қар жүктемелері» ҚР ҚН ЕН 1991-1-3:2003/2011;

[3] Ұлттық қосымшамен «Тіреуіш конструкцияларға әсер ету. 1-4-бөлім. Жалпы әсер ету. Желдің әсер етуі» ҚР ҚН ЕН 1991-1-4:2005/2011;

[4] Ұлттық қосымшамен «Тіреу конструкцияларына әсер ету. 1-6-бөлім. Жалпы әсер ету. Құрылыс жұмыстарын жүргізу кезіндегі әсер ету» ҚР ҚН ЕН 1991-1-6:2005/2011;

[5] Ұлттық қосымшамен «Тіреу конструкцияларына әсер ету. 1-7-бөлім. Жалпы әсер ету. Ерекше әсер ету» ҚР ҚН ЕН 1991-1-7:2006/2011;

[6] ЕЖ 11-103-97 Құрылысқа арналған инженерлік-гидрометеорологиялық қарастырулар.

[7] ЕЖ 32-103-97 Теңіздік жағалаудың қорғаныстық имараттардың жобалау.

[8] ЕЖ 11-114-2004 Теңіздік мұнайгаз қәсіпкерлік имараттарды құрылысқа арналған континенттік шельфте құрастырулар.

[9] ЕЖ 38.13330.2012. Гидротехникалық құрылыстарға түсетін жүктеме мен күш (толқынды, мұзды және кемелерден келтірілетін)

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	V
1 ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ.....	1
2 НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ	1
3 ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ.....	2
4 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ	5
5 НАГРУЗКИ И ВОЗДЕЙСТВИЯ ВОЛН НА ГИДРОТЕХНИЧЕСКИЕ СООРУЖЕНИЯ ВЕРТИКАЛЬНОГО И ОТКОСНОГО ПРОФИЛЕЙ.....	5
5.1 Нагрузки от стоячих волн на сооружения вертикального профиля.....	5
5.2 Нагрузки и воздействия волн на сооружения вертикального профиля и их элементы (особые случаи).....	9
5.3 Нагрузки от разбивающихся и прибойных волн на сооружения, вертикального профиля	14
5.4 Нагрузки от волн на сооружения откосного профиля	16
6 НАГРУЗКИ ОТ ВОЛН НА ОБТЕКАЕМЫЕ ПРЕГРАДЫ И СКВОЗНЫЕ СООРУЖЕНИЯ.....	23
6.1 Нагрузки от волн на вертикальную обтекаемую преграду	23
6.2 Нагрузки от волн на горизонтальную обтекаемую преграду.....	32
6.3 Нагрузки от разбивающихся волн на вертикальную обтекаемую преграду	35
6.4 Нагрузки от волн на сквозное сооружение из обтекаемых элементов	38
6.5 Нагрузки от волн на вертикальные цилиндры больших диаметров (особые случаи)	39
7 НАГРУЗКИ ОТ ВЕТРОВЫХ ВОЛН НА БЕРЕГОУКРЕПИТЕЛЬНЫЕ СООРУЖЕНИЯ И СУДОВЫХ ВОЛН НА КРЕПЛЕНИЯ БЕРЕГОВ КАНАЛОВ.....	41
7.1 Нагрузки от ветровых волн на берегоукрепительные сооружения.....	41
7.2 Нагрузки от судовых волн на крепления берегов каналов.....	48
8 НАГРУЗКИ ОТ СУДОВ (ПЛАВУЧИХ ОБЪЕКТОВ) НА ГИДРОТЕХНИЧЕСКИЕ СООРУЖЕНИЯ.....	51
8.1 Нагрузки от ветра, течения и волн на плавучие объекты.....	51
8.2 Нагрузки от навала пришвартованного судна на сооружение.....	53
8.3 Нагрузки от навала судна при подходе к сооружению.....	54
8.4 Нагрузки на сооружения от натяжения швартовов.....	56
9 НАГРУЗКИ И ВОЗДЕЙСТВИЯ ЛЬДА НА ГИДРОТЕХНИЧЕСКИЕ СООРУЖЕНИЯ... ..	59
9.1 Нагрузки от ледяных полей на сооружения.....	60
9.2 Нагрузки и воздействия на сооружения от сплошного ледяного покрова при его температурном расширении	64
9.3 Нагрузки на сооружения от зажорных масс льда.....	66
9.4 Нагрузки от примёрзшего к сооружению ледяного покрова при изменении уровня воды.....	68
9.5 Нагрузка на сооружения от заторных масс льда	70
9.6 Нагрузки от движущегося тороса	71
Приложение А (информационное) Элементы волн на открытых и огражденных акваториях.....	76
Приложение Б (информационное) Формулы и таблицы настоящих норм в системе	

СП РК 3.04-107-2014

измерений МКГСС.....	93
Приложение В (информационное) Определение пространственных характеристик ветра по данным синоптических карт	97
Приложение Г (информационное) Гряды торосов	99

ВВЕДЕНИЕ

Настоящий свод правил разработан на основе положений технических регламентов Республики Казахстан «Требования к безопасности зданий и сооружений, строительных материалов и изделий», строительных норм и действующих нормативно-технических документов Республики Казахстан.

Текст настоящего свода правил содержит перечень допущений и требований, содержащихся в нормативных документах [1, 2, 3, 4, 5], при выполнении которых использование настоящего свода правил будет обеспечивать надежность и безопасность принимаемых проектных решений.

Документ разработан в соответствии с параметрическим методом нормирования.

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ЕРЕЖЕЛЕР ЖИНАҒЫ**СВОД ПРАВИЛ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН**

**НАГРУЗКИ И ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ГИДРОТЕХНИЧЕСКИЕ СООРУЖЕНИЯ
(ВОЛНОВЫЕ, ЛЕДОВЫЕ И ОТ СУДОВ)****LOADS AND IMPACTS ON HYDRAULIC STRUCTURES
(FROM WAVE, ICE AND SHIPS)**

Дата введения - 2015-07-01

1 ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

1.1 Настоящий свод правил распространяется на проектирование вновь строящихся, расширяемых и реконструируемых гидротехнических сооружений.

1.2 При проектировании гидротехнических сооружений, с применением настоящих правил определяются нагрузки и усилия, воспринимаемые сооружениями.

2 НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ

Для применения настоящего свода правил необходимы следующие ссылочные нормативные документы:

Технический регламент «Требования к безопасности зданий и сооружений, строительных материалов и изделий», утвержденный постановлением Правительства Республики Казахстан от 17 ноября 2010 года № 1202.

СН РК 1.01-01-2011 Государственные нормативы в области архитектуры, градостроительства и строительства. Основные положения.

СН РК 3.04-01-2013 Гидротехнические сооружения.

СН РК 3.04-03-2014 Основания гидротехнических сооружений.

СНиП 2.01.07-85* Нагрузки и воздействия.

СП РК 3.04-101-2013 Гидротехнические сооружения.

ГОСТ 19185-73 Гидротехника. Основные понятия. Термины и определения.

ГОСТ 27751-88 Надежность строительных конструкций и оснований.

ГОСТ 25100-95 Грунты. Классификация. Разделы 3- 5, приложение А.

Примечание - При пользовании настоящим государственным нормативом целесообразно проверить действие ссылочных документов по информационным «Перечню нормативных правовых и нормативно-технических актов в сфере архитектуры, градостроительства и строительства, действующих на территории Республики Казахстан», «Указателю межгосударственных нормативных документов», составляемых ежегодно по состоянию на текущий год

Если ссылочный документ заменен (изменен), то при пользовании настоящим стандартом 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 ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

В настоящем своде правил применены следующие термины с соответствующими определениями:

3.1 Бегущие волны: Волны, видимая форма которых перемещается в пространстве.

3.2 Ветровые волны: Колебательное движение воды, вызванное ветром при его воздействии на свободную поверхность.

3.3 Волновое давление: Доля (составляющая) гидродинамического давления, обусловленная ветровым волнением свободной поверхности жидкости.

3.4 Высота волны: Превышение вершины волны над соседней подошвой на волновом профиле (рисунок 1).

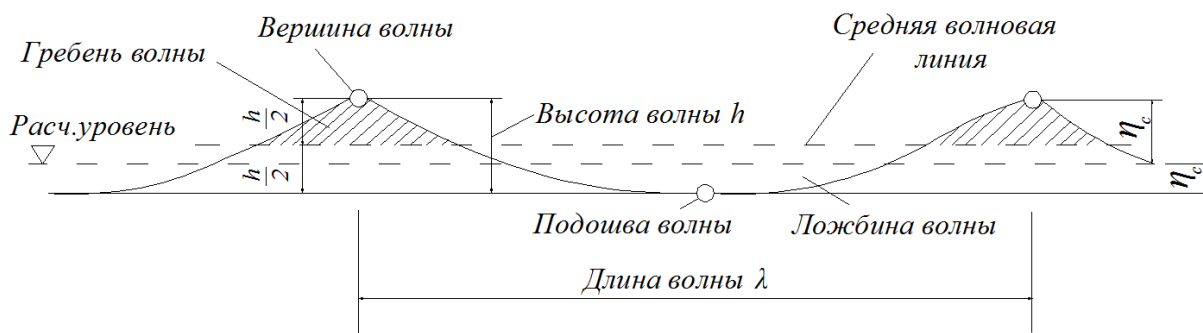


Рисунок 1 - Профиль и элементы волны

3.5 Вершина волны: Наивысшая точка гребня волны (рисунок 1).

3.6 Гребень волны: Часть волны, расположенная выше средней волновой линии (рисунок 1).

3.7 Дифракция волн: Искривление фронтов и изменение высот бегущих волн, огибающих препятствия (сооружения, острова, мысы и др.).

3.8 Длина волны: Горизонтальное расстояние по лучу волны между вершинами двух смежных гребней на волновом профиле (рисунок 1).

3.9 Длина разгона волн: Протяженность охваченной ветром акватории, измеренная по направлению ветра до расчетной точки.

3.10 Киль тороса: Подводная часть тороса, расположенная ниже его консолидированного слоя.

3.11 Консолидированный слой тороса: Часть тороса, в которой образовавшие его блоки льда смерзлись в монолит.

3.12 Критическая глубина: Глубина, при которой происходит обрушение волн;

3.13 Ледяное поле: Любой относительно плоский участок ледяного покрова более 20 м в поперечнике, окруженный со всех сторон водой.

3.14 Ледяной покров: Любая форма образований поверхностного льда, покрывающего в холодное время года поверхность водоема или принесенного течениями и ветрами из соседних районов; среди форм ледяного покрова различают ровный лед, наслоненный лед, торосистое ледяное поле с грядами торосов, отдельные торосы и прочее.

3.15 Ложбина волны: Часть волны, расположенная ниже средней волновой линии (Рисунок 1).

3.16 Луч волны: Линия, перпендикулярная фронту волны.

3.17 Лыдина: Цельная часть ледяного покрова сравнительно небольшого размера, образующаяся на водной поверхности при постепенном росте льда или от разрушения ледяных полей.

3.18 Наслоненный лед: Тип деформированного льда, образовавшегося в результате наслоения одной лыдины на другую и характерный для льда толщиной не более 30 см.

3.19 Нерегулярные волны: Волны, элементы которых изменяются случайным образом.

3.20 Парус тороса: Надводная часть тороса.

3.21 Период волны: Интервал времени между прохождением двух смежных вершин волн через фиксированную вертикаль.

3.22 Подвижка льда: Перемещение ледяного покрова на отдельных участках, происходящее под влиянием течения, ветра, подъема уровня воды.

3.23 Подошва волны: Наинизшая точка ложбины волны.

3.24 Прибойные волны: Ветровые волны на пологом прибрежном откосе (естественном или искусственном), в пределах которого вследствие трения частиц воды о дно происходит трансформация профиля волн с образованием переднего крутого склона; на завершающем этапе трансформации волн возможно обрушение их гребней в сторону берега (см. разбивающиеся волны).

3.25 Профиль волны (главный): Линия пересечения взволнованной поверхности с вертикальной плоскостью в направлении луча волны (рисунок 1).

3.26 Разбивающиеся волны: Ветровые волны, у которых при взаимодействии с обрывистым берегом, гидротехническими сооружениями, подводными преградами или круто наклоненным дном происходит трансформация профиля волн с обрушением гребня в сторону берега (преграды).

3.27 Расчетные элементы волны: Элементы волны заданной обеспеченности в системе расчетного шторма, принятые в соответствии с классом и видом сооружения.

3.28 Расчетный уровень: Уровень воды в водоеме, назначаемый с учетом сезонных и годовых колебаний, ветрового нагона и сгона, приливов и отливов (рисунок 1).

3.29 Расчетный шторм: Шторм повторяемостью один раз за заданный период времени (например, 25, 50 или 100 лет) и характеризующийся максимальными за этот период элементами волн; разным направлениям волн могут соответствовать различные расчетные штормы.

3.30 Регулярные волны: Волны, высота и период которых остаются неизменными во времени.

3.31 Рефракция волн: Искривление фронтов и изменение высот бегущих волн под воздействием течений или обусловленное изменением глубины на мелководье.

3.32 Ровный лед: Лед, имеющий относительно ровные верхнюю и нижнюю поверхности.

3.33 Скорость волны: Скорость перемещения гребня волны в данной точке.

3.34 Соленость морского льда: Отношение суммарной массы ионов в образовавшемся при таянии льда растворе к массе этого раствора;

3.35 Средняя волновая линия: Линия, пересекающая запись волновых колебаний так, что суммарные площади выше и ниже этой линии одинаковы (рисунок 1).

3.36 Стоячие волны: Волны, видимая форма которых в пространстве не перемещается.

3.37 Толщина ровного льда: Сумма толщин надводной и подводной частей ледяного покрова.

3.38 Торос: Отдельное нагромождение кусков и обломков льда, образовавшегося при сжатии ледяных полей в зоне их контакта.

3.39 Торосистое ледяное поле: Поле с грядами торосов, образовавшихся при сжатии ледяного покрова.

3.40 Трансформация волн: изменение высоты и длины бегущих волн, искривление их фронтов под воздействием рельефа дна, препятствий, течений.

3.41 Фронт волны: Линия на плане взволнованной поверхности, проходящая по вершинам гребня волны.

3.42 Штормовой нагон и сгон: Повышение и понижение уровня воды в акватории относительно среднего уровня, вызванные воздействием ветра и уменьшением атмосферного давления в шторме.

3.43 Элемент волны (основные): Высота, длина и период волны (рисунок 1).

Основные буквенные обозначения

V_w - скорость ветра, м/с;

η_c - превышение вершины волны над расчетным уровнем, м;

η_t - понижение подошвы волны от расчетного уровня, м;

h - высота волны, м;

λ - длина волны, м;

$k = 2\pi / \lambda$ - волновое число, 1/м;

T - период волны, с;

$\omega = 2\pi / T$ - круговая частота волны, 1/с;

c - скорость волны, м/с;

h / λ - крутизна волны;

λ / h - пологость волны;

h_i , λ_i , T_i - соответственно высота, длина и период волн i -%-й обеспеченности в системе, м;

$\bar{h}$, $\bar{\lambda}$, $\bar{T}$ - соответственно средние высота, длина и период волн, м;

d - глубина воды при расчетном уровне, м;
 d_{cr} - критическая глубина воды, при которой происходит первое обрушение волн, м;
 $d_{cr,u}$ - глубина воды, при которой происходит последнее обрушение волн, м;
 Q - сила от воздействия волн на сооружение, преграду, кН;
 P - распределенная нагрузка на единицу длины сооружения, преграды, кН/м;
 p - волновое давление, кПа;
 ρ - плотность воды, кг/м³;
 g - ускорение свободного падения, м/с²;
 φ, β - угол наклона откоса (или дна) к горизонту, град.
 i - уклон дна.

4 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

4.1 В своде правил установлены нормативные значения нагрузок и воздействий от ветровых волн, льда и судов на гидротехнические сооружения. Расчетная нагрузка должна определяться как произведение нормативной нагрузки на коэффициент надежности по нагрузкам γ_f , учитывающий возможное отклонение нагрузки в неблагоприятную сторону от ее нормативного значения. Значение коэффициента γ_f для нагрузок волновых, ледовых и от судов должно приниматься согласно требованиям СН РК 3.04-01.

4.2 Нагрузки и воздействия волн и льда на сооружения I класса, а также на сооружения других классов при расчетной высоте волн более 5 м, полученные расчетными методами, необходимо уточнять на основе натурных и лабораторных исследований.

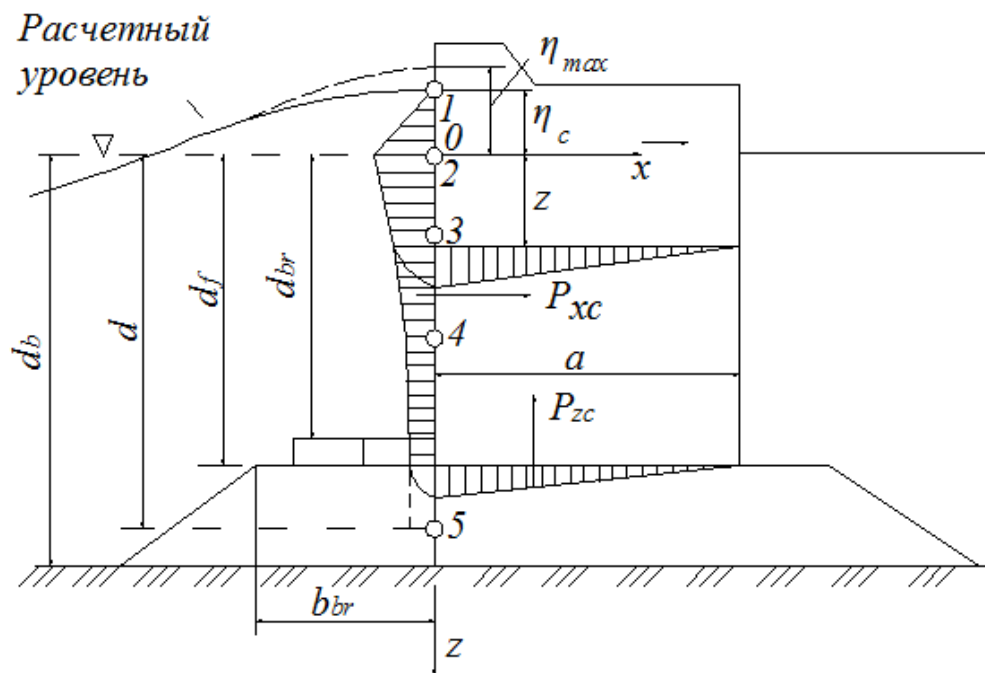
4.3 Расчетные элементы волн и ледовых условий на открытых и огражденных акваториях следует принимать на основе результатов инженерно-гидрометеорологических изысканий, многолетних натурных наблюдений и лабораторных исследований. Правила выполнения указанных изысканий приведены в [6, 7].

5 НАГРУЗКИ И ВОЗДЕЙСТВИЯ ВОЛН НА ГИДРОТЕХНИЧЕСКИЕ СООРУЖЕНИЯ ВЕРТИКАЛЬНОГО И ОТКОСНОГО ПРОФИЛЕЙ

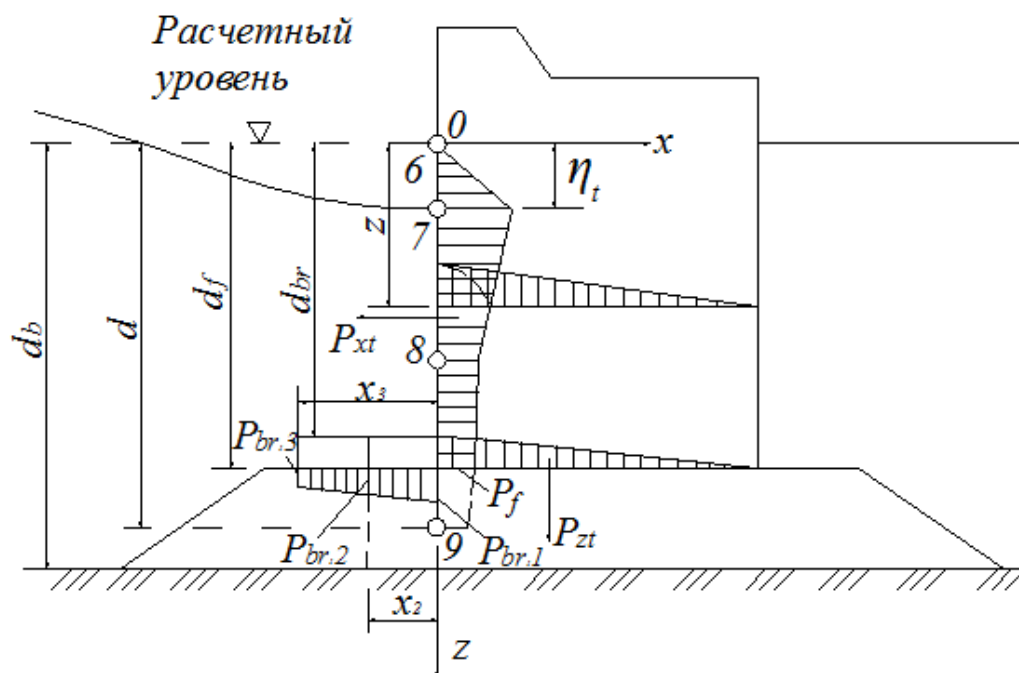
5.1 Нагрузки от стоячих волн на сооружения вертикального профиля

5.1.1 Расчет сооружений на воздействие стоячих волн со стороны открытой акватории (рисунок 2) должен производиться при глубине до дна $d_b > 1,5h$ и глубине над бермой $d_{br} \geq 1,25h$; при этом в формулах для свободной волновой поверхности и волнового давления вместо глубины до дна d_b , м, необходимо применять условную расчетную глубину d , м, определяемую по формуле (1):

а)



б)



а) при гребне волны; б) при ложбине волны
(с эпюрами взвешивающего волнового давления на берменные массивы)

Рисунок 2 - Эпюры давления стоячих волн на вертикальную стену со стороны открытой акватории

$$d = d_f + k_{br}(d_b - d_f), \quad (1)$$

где d_f - глубина над подошвой сооружения, м;

k_{br} - коэффициент, принимаемый по графикам (рисунок 3);

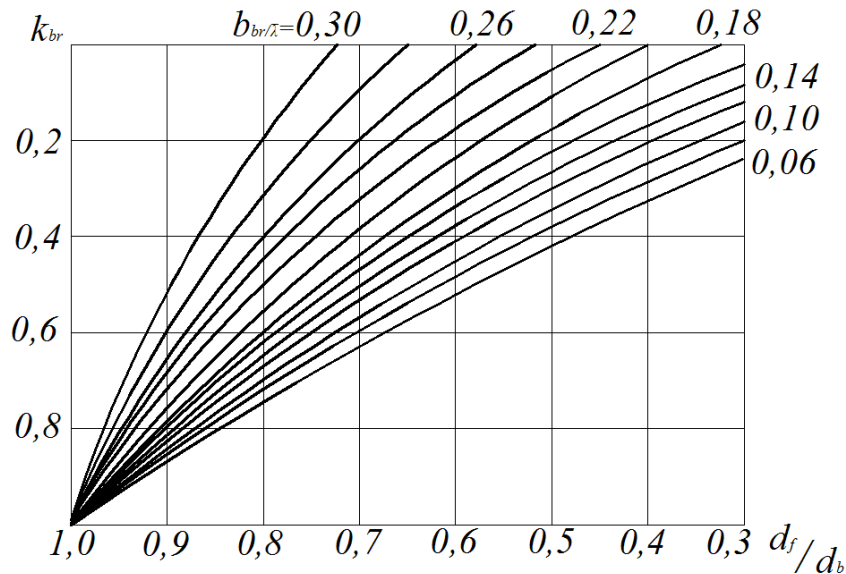


Рисунок 3 - Графики значений коэффициента k_{br}

5.1.2 Возвышение или понижение свободной волновой поверхности η , м, у вертикальной стены, отсчитываемое от расчётного уровня воды, должно определяться по формуле:

$$\eta = -h \cos \omega t - \frac{kh^2}{2} \operatorname{cth} kd \cos^2 \omega t, \quad (2)$$

где $\omega = 2\pi/T$ - круговая частота волны;

T - средний период волны, с;

t - время, с;

$k = 2\pi/\bar{\lambda}$ - волновое число;

$\bar{\lambda}$ - средняя длина волны, м.

При действии стоячей волны на вертикальную стену необходимо предусматривать три случая определения η по формуле (2) для следующих значений $t \cos \omega$:

а) $\cos \omega t = 1$ - при подходе к стене вершины волны, возвышающейся над расчётным уровнем на $\eta_{\max}$, м;

б) $1 > \cos \omega t > 0$ - при максимальном значении горизонтальной линейной волновой нагрузки P_{xc} , кН/м, для гребня волны, возвышающегося над расчётным уровнем на η_c , в этом случае значение $\cos \omega t$ должно определяться по формуле:

$$\cos \omega t = \frac{\bar{\lambda}}{\pi h(4kd - 3)}, \quad (3)$$

в) $\cos \omega t = -1$ - при максимальном значении горизонтальной линейной волновой нагрузки $P_{\text{х}}$, кН/м, для подошвы волны, расположенной ниже расчётного уровня η_i .

Примечание – При $d/\bar{\lambda} \leq 0,2$ и во всех других случаях, когда по формуле (3) значение $\cos \omega t > 1$, необходимо в дальнейших расчётах принимать $\cos \omega t = 1$.

5.1.3 В глубоководной зоне горизонтальную линейную нагрузку на вертикальную стену P_x , кН/м, при гребне или ложбине стоячей волны (рисунок 1) необходимо принимать по эпюре волнового давления, при этом величина p , кПа, на глубине z , м, должна определяться по формуле:

$$p = \rho g h e^{-kz} \cos \omega t - \rho g \frac{kh^2}{2} e^{-2kz} \cos^2 \omega t - \rho g \frac{kh^2}{2} (1 - e^{-2kz}) \cos 2\omega t - \rho g \frac{k^2 h^3}{2} e^{-3kz} \cdot \cos 2\omega t \cos \omega t, \quad (4)$$

где ρ - плотность воды, т/м³;

g - ускорение свободного падения, равное 9,81 м/с²;

z - ординаты точек ($z_1 = \eta_c$; $z_2 = 0$; ... $z_n = d$), м, отсчитываемые от расчётного уровня.

Для гребня при $z_1 = \eta_c$, а для ложбины при $z_6 = 0$, следует принимать $p = 0$.

5.1.4 В мелководной зоне горизонтальную линейную нагрузку на вертикальную стену P_x , кН/м, при гребне и ложбине стоячей волны рисунок 1) необходимо принимать по эпюре волнового давления, при этом величина p , кПа, на глубине z , м, должна определяться по таблице 1.

Таблица 1 – Волновое давление p , кПа

№ точки	Заглубление точек z , м	Значение волнового давления p , кПа
1	2	3
при гребне		
1	η_c	$p_1 = 0$
2	0	$p_2 = k_2 \rho g h$
3	0,25d	$p_3 = k_3 \rho g h$
4	0,5d	$p_4 = k_4 \rho g h$
5	d	$p_5 = k_5 \rho g h$

Таблица 1 – Волновое давление p , кПа (окончание)

при ложбине		
1	2	3
6	0	$p_6 = 0$
7	η_t	$p_7 = -\rho g \eta_1$
8	$0,5d$	$p_8 = -k_8 \rho g h$
9	d	$p_9 = -k_9 \rho g h$
Примечание - Значения коэффициентов k_2 , k_3 , k_4 , k_5 , k_8 и k_9 следует принимать по графикам рисунка 4.		

5.2 Нагрузки и воздействия волн на сооружения вертикального профиля и их элементы (особые случаи)

5.2.1 Волновое давление p , кПа, на вертикальную стену с возвышением над расчетным уровнем верха сооружения z_{sup} , м, менее чем на η_{max} , м, следует определять согласно п.5.1.3 и п.5.1.4 с последующим умножением полученных значений давления на коэффициент k_c , определяемый по формуле:

$$k_c = 0,76 \pm 0,19 \frac{z_{\text{sup}}}{h}. \quad (5)$$

Возвышение или понижение свободной волновой поверхности η , определённое по п.5.1.2 следует также умножать на коэффициент k_c .

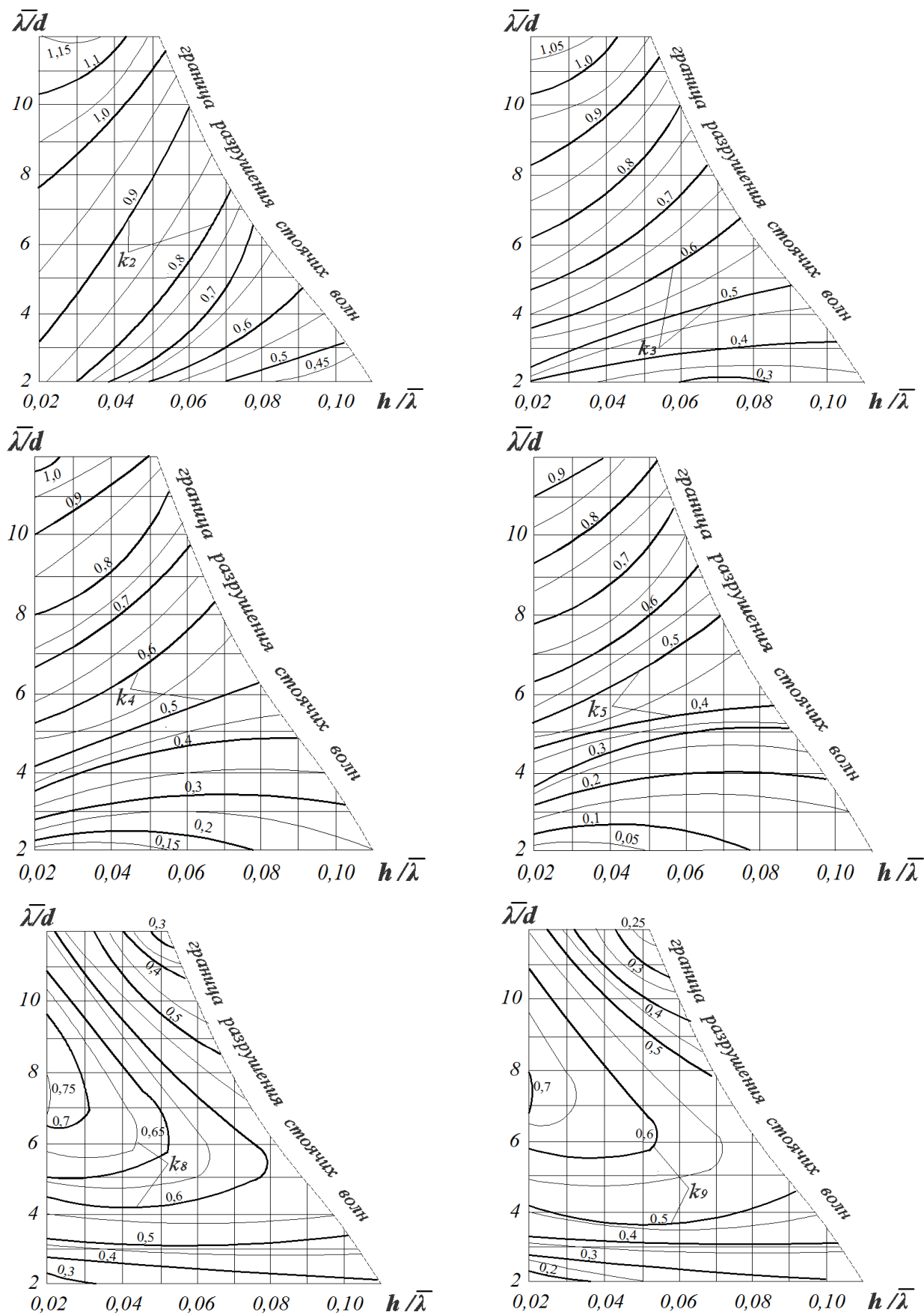
Горизонтальная линейная волновая нагрузка P_{xc} , кН/м, в рассматриваемом случае должна определяться по площади эпюры волнового давления в пределах высоты вертикальной стены.

5.2.2 При подходе фронта волны к сооружению под углом α , град, со стороны открытой акватории (в расчётах устойчивости сооружения и прочности грунтов основания) линейную волновую нагрузку на вертикальную стену, определённую согласно п.п.5.1.3 и 5.1.4, необходимо уменьшать путём умножения её на коэффициент снижения нагрузки k_{cs} , принимаемый согласно таблицы 2:

5.2.3

Таблица 2 – Коэффициент k_{cs}

α , град	k_{cs}
45	1
60	0,9
75	0,7
Примечание - При перемещении фронта волн вдоль стены, т. е. для α , близких или равных 90° , волновую нагрузку на секцию сооружения следует определять согласно п.5.2.3.	

Рисунок 4 - График коэффициентов $k_2, k_3, k_4, k_5, k_8, k_9$

5.2.4 Горизонтальную нагрузку от дифрагированных волн со стороны ограждённой акватории следует определять при относительной длине секции сооружения $l/\bar{\lambda} \leq 0,8$; при этом расчётную эпюру волнового давления со значениями p , кПа, допускается выполнять по трём точкам, рассматривая следующие случаи:

а) вершина волны совмещена с серединой секции сооружения (рисунок 5а):

$$z_1 = \eta_{\max} = -\frac{h_{\text{dif}}}{2} - \frac{kh_{\text{dif}}^2}{8} \text{cth}kd, \quad p_1 = 0, \quad (6)$$

$$z_2 = 0, \quad p_2 = k_l pg \left(\frac{h_{\text{dif}}}{2} - \frac{kh_{\text{dif}}^2}{8} \text{cth}kd \right), \quad (7)$$

$$z_3 = d_f, \quad p_3 = k_l pg \left(\frac{h_{\text{dif}}}{2\text{ch}kd} - \frac{kh_{\text{dif}}^2}{4\text{sh}2kd} \right). \quad (8)$$

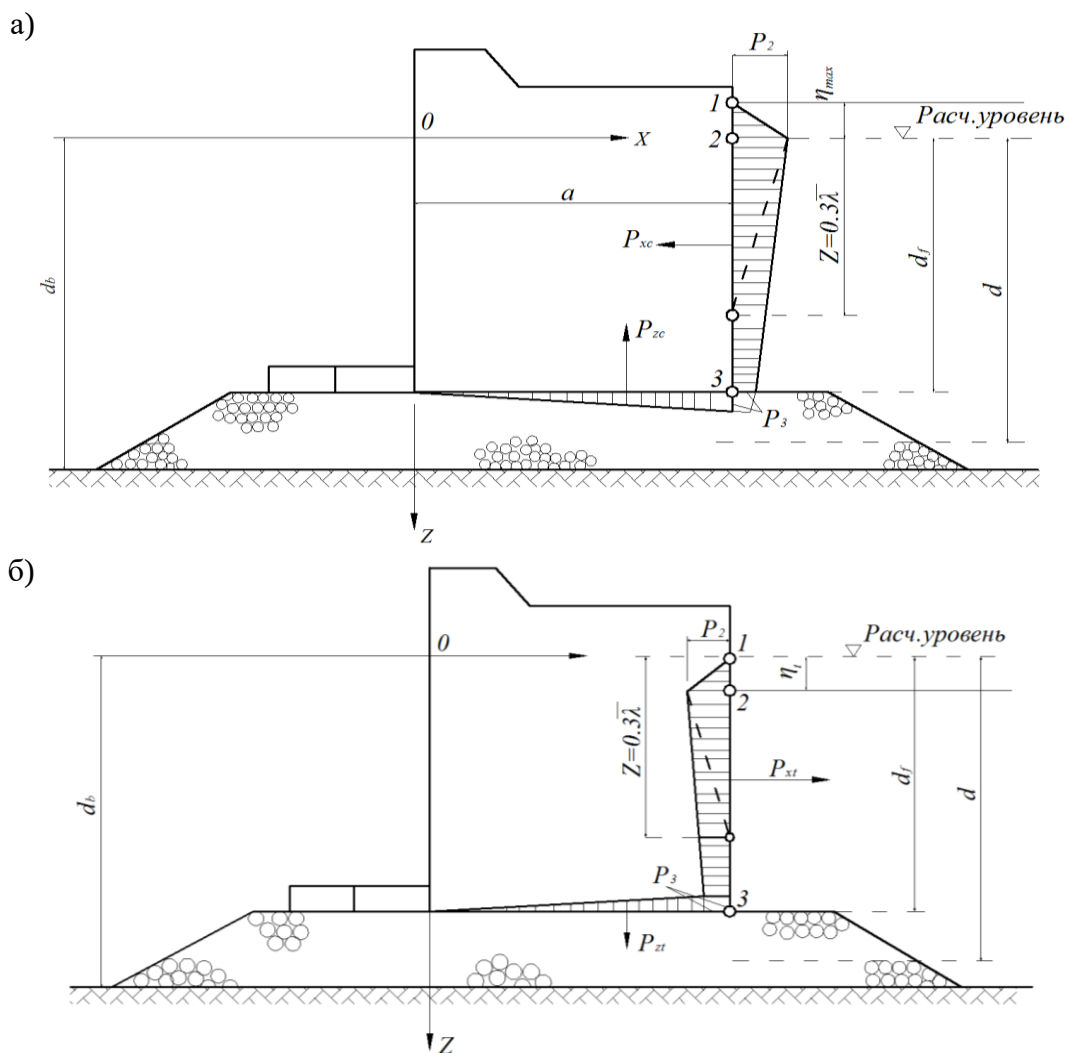


Рисунок 5 - Эпюры давления дифрагированных волн на вертикальную стену и ее подошву со стороны огражденной акватории при ложбине волны

б) подошва волны совмещена с серединой секции сооружения (рисунок 5б):

$$z_1 = 0, \quad p_1 = 0, \quad (9)$$

$$z_2 = \eta_t = \frac{h_{dif}}{2} - \frac{kh_{dif}^2}{8} \operatorname{cth} kd, \quad p_2 = -k_l p g \eta_t, \quad (10)$$

$$z_3 = df, \quad p_3 = -k_l p g \left(\frac{h_{dif}}{2 \operatorname{ch} kd} + \frac{kh_{dif}^2}{4 \operatorname{sh} 2kd} \right), \quad (11)$$

где h_{dif} - высота дифрагированной волны, м, определяемая, согласно приложению А;

k_l - коэффициент, принимаемый по таблице 3.

Таблица 3 – Коэффициент k_l

Относительная длина секции $l / \bar{\lambda}$	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8
Коэффициент k_l	0,98	0,92	0,85	0,76	0,64	0,51	0,38	0,26
Примечание - При глубине со стороны огражденной акватории $d \geq 0,3\bar{\lambda}$, следует строить треугольную эпюру волнового давления, принимая на глубине $z_3 = 0,3\bar{\lambda}$ волновое давление равным нулю (рисунок 5б).								

5.2.5 Взвешивающее волновое давление в горизонтальных швах массивной кладки и по подошве сооружения следует принимать равным соответствующим величинам горизонтального волнового давления в крайних точках (см. рисунки 2 и 5) при линейном изменении его в пределах ширины сооружения.

5.2.6 Максимальную донную скорость $v_{b,\max}$, м/с, перед вертикальной стеной (от действия стоячих волн) на расстоянии $0,25\bar{\lambda}$ от передней грани стены необходимо определять по формуле:

$$v_{b,\max} = \frac{2k_{sl}\pi h}{\sqrt{\frac{\pi}{g}} \bar{\lambda} \operatorname{sh} 2kd_b}, \quad (12)$$

где k_{sl} - коэффициент, принимаемый по таблице 4.

Таблица 4 – Коэффициент k_{sl}

Пологость волны, $\bar{\lambda} / h$	8	10	15	20	30
Коэффициент, k_{sl}	0,6	0,7	0,75	0,8	1

Допускаемые значения неразмывающих донных скоростей $v_{b,adm}$, м/с, для грунта крупностью фракций D , мм, следует принимать по рисунку 6; при $v_{b,max} > v_{b,adm}$ необходимо предусматривать защиту от размыва основания.

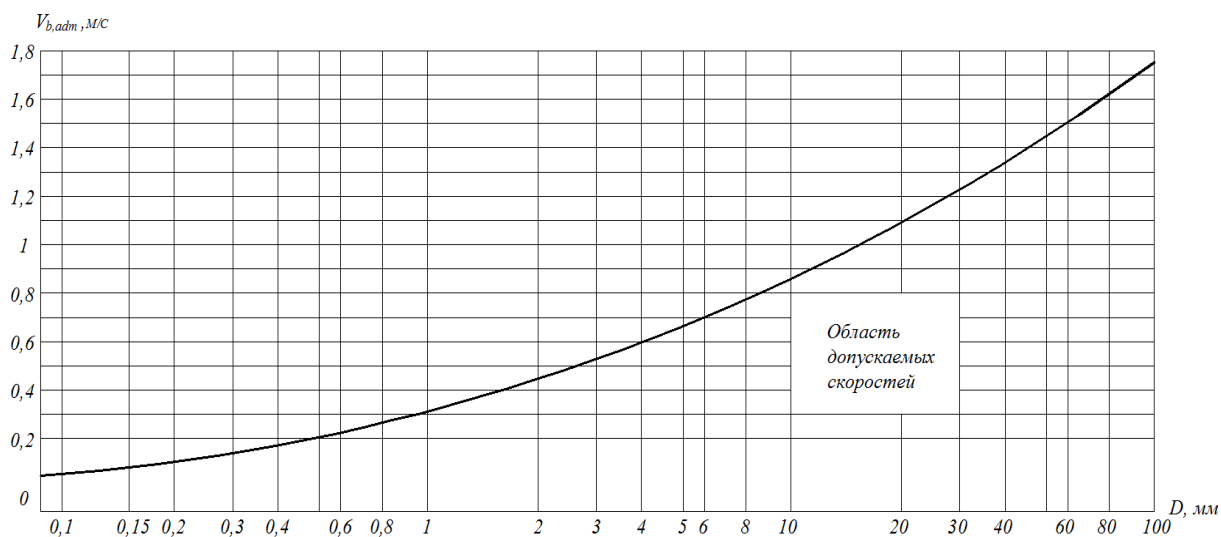


Рисунок 6 - График допустимых значений неразмывающих донных скоростей

5.2.7 Эпюра взвешивающего волнового давления на берменные массивы должна приниматься трапецеидальной, согласно рисунка 2б, с ординатами $P_{br,i}$, кПа, определяемыми (при $i = 1, 2$ или 3) по формуле:

$$P_{br,i} = k_{br} pgh \frac{\operatorname{ch}k(d - d_f)}{\operatorname{ch}kd} \cos kx_i \leq p_f, \quad (13)$$

где x_i - расстояние от стены до соответствующей грани массива, м;

k_{br} - коэффициент, принимаемый по таблице 5;

p_f - волновое давление на уровне подошвы сооружения.

Таблица 5 – Коэффициент k_{br}

Относительная глубина d/λ	Коэффициент k_{br} при пологостях волн $\bar{\lambda}/h$	
	15 и менее	20 и более
Менее 0,27	0,86	0,64
От 0,27 до 0,32	0,6	0,44
Более 0,32	0,3	0,3

5.3 Нагрузки от разбивающихся и прибойных волн на сооружения, вертикального профиля

5.3.1 Расчет сооружений на воздействие разбивающихся волн со стороны открытой акватории должен производиться при глубине над бермой $d_{br} < 1,25h$ и глубине до дна $d_b \leq 1,5h$ (рисунок 7).

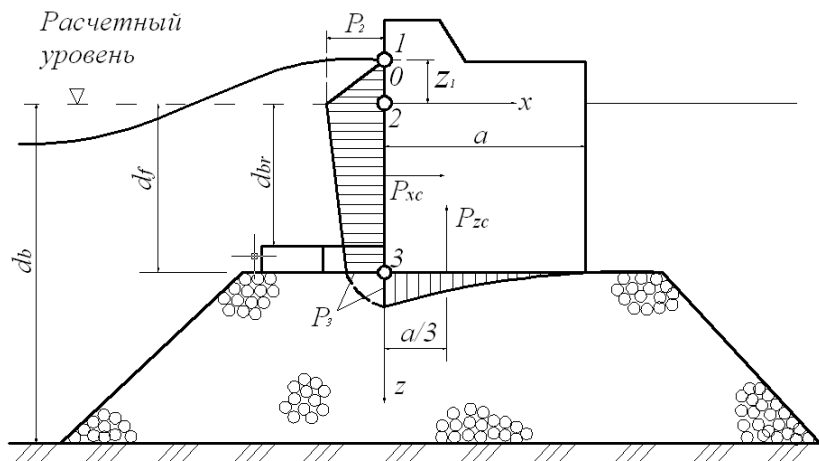


Рисунок 7 - Эпюры давления разбивающихся волн на вертикальную стену

5.3.2 Горизонтальную нагрузку P_{xc} , кН/м, от разбивающихся волн следует определять по эпюре бокового волнового давления, при построении которой значения p , кПа, для ординат z , м, следует принимать по формулам:

$$z_1 = -h, \quad p_1 = 0, \quad (14)$$

$$z_2 = 0, \quad p_2 = 1,5 pgh, \quad (15)$$

$$z_3 = d_f, \quad p_3 = \frac{pgh}{chkd_f}. \quad (16)$$

Вертикальную нагрузку P_{zc} , кН/м, от разбивающихся волн следует принимать равной площади эпюры взвешивающего волнового давления и определять по формуле:

$$P_{zc} = \mu \frac{p_3 \alpha}{2}, \quad (17)$$

где μ - коэффициент, принимаемый по таблице 6.

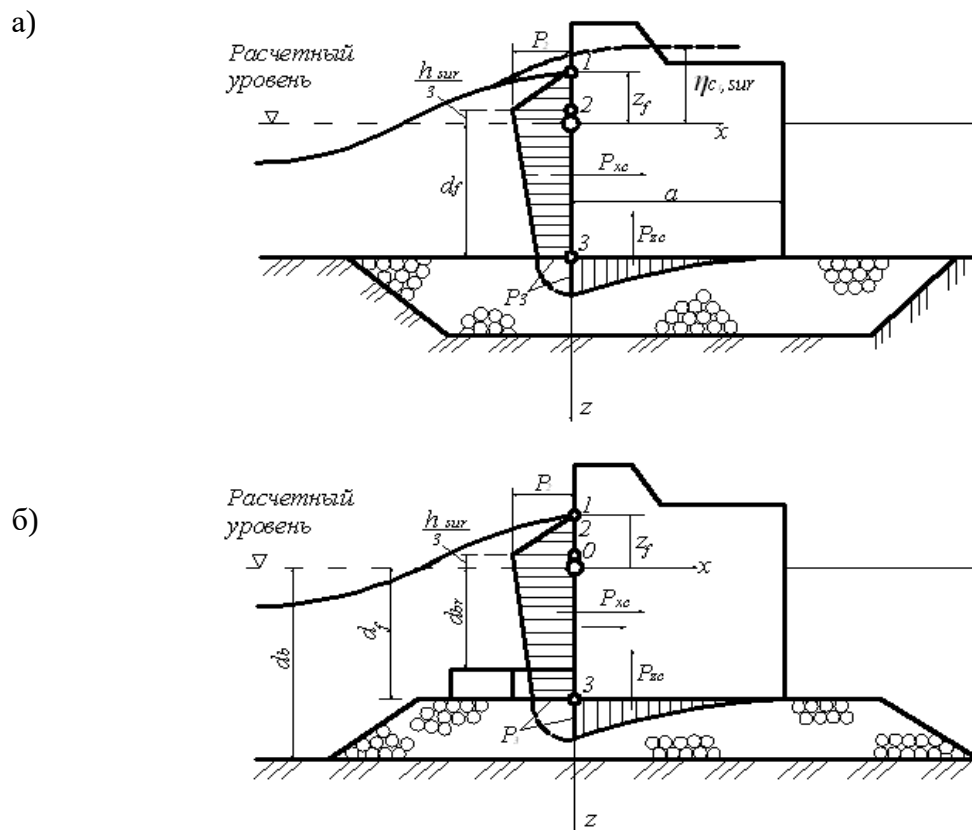
Таблица 6– Коэффициент μ

$\frac{\alpha}{d_b - d_j}$	≤ 3	5	7	9
Коэффициент μ	0,7	0,8	0,9	1,0

Максимальную придонную скорость воды $v_{f,\max}$, м/с, над поверхностью бермы перед вертикальной стеной при разбивающихся волнах следует определять по формуле:

$$v_{f,\max} = \sqrt{\frac{qh}{chkd_f}}, \quad (18)$$

5.3.3 Расчёт сооружений на воздействие прибойных волн со стороны открытой акватории должен производиться при глубине $d_b \leq d_{cr}$ на примыкающем к стене участке дна протяжённостью не менее $0,5\bar{\lambda}$ м (рисунок 8).



а) с верхом постели на уровне дна; б) с возвышающейся над дном постелью

Рисунок 8- Эпюры давления прибойных волн на вертикальную стену

Горизонтальную линейную нагрузку P_{xc} , кН/м, от прибойных волн необходимо принимать по площади эпюры бокового волнового давления, при этом значение p , кПа, для ординат z , м, допускается определять по формулам:

$$z_1 = -h_{sur}, \quad p_1 = 0, \quad (19)$$

$$z_2 = -\frac{1}{3}h_{sur}, \quad p_2 = 1,5\rho gh_{sur}, \quad (20)$$

$$z_3 = d_f, \quad p_3 = \frac{\rho gh_{sur}}{ch \frac{2\pi}{\lambda_{sur}} d_f}, \quad (21)$$

где $\bar{\lambda}_{sur}$ - средняя длина прибойной волны, м.

Вертикальную линейную нагрузку P_{zc} , кН/м, от прибойных волн следует принимать равной площади эпюры взвешивающего волнового давления (с высотой p_3) и определять по формуле:

$$P_{zc} = 0,7 \left(\frac{p_3 \alpha}{2} \right), \quad (22)$$

Максимальная придонная скорость прибойной волны $v_{b,max}$, м/с, перед вертикальной стеной со стороны открытой акватории должна определяться по формуле:

$$v_{b,max} = \sqrt{\frac{gh_{sur}}{ch \frac{2\pi}{\lambda_{sur}} d_f}}, \quad (23)$$

5.4 Нагрузки от волн на сооружения откосного профиля

5.4.1 Высоту наката на откос волн обеспеченностью 1 % по накату ($h_{run1\%}$, м) для фронтально подходящих волн при глубине перед сооружением $d \geq 2 \cdot h_{1\%}$ надлежит определять по формуле:

$$h_{run1\%} = k_r k_p k_{sp} k_{run} h_{1\%} \quad (24)$$

где k_r , k_p - коэффициенты шероховатости и проницаемости откоса, принимаемые по таблице 7;

Таблица 7 – Коэффициент шероховатости и проницаемости откоса

Конструкция крепления откоса	Относительная шероховатость $r/h_{1\%}$	Коэффициент k_r	Коэффициент k_p
Бетонные (железобетонные) плиты	-	1	0,9
Гравийно-галечниковое каменное или крепление бетонными (железобетонными) блоками	Менее 0,002	1	0,9
	0,005 - 0,01	0,95	0,85
	0,02	0,9	0,8

Таблица 7 – Коэффициент шероховатости и проницаемости откоса
(окончание)

	0,05	0,8	0,7
	0,1	0,75	0,6
	Более 0,2	0,7	0,5
Примечание - Характерный размер шероховатости r , м, следует принимать равным среднему размеру зерен материала крепления откоса или среднему размеру бетонных (железобетонных) блоков.			

k_{sp} - коэффициент, принимаемый по таблице 8;

Таблица 8 – Коэффициент k_{sp}

Значение $ctg \varphi$	1 - 2	3 - 5	более 5
Коэффициент k_{sp} при скорости ветра V_w , м/с:			
20 и более	1,4	1,5	1,6
10	1,1	1,1	1,2
5 и менее	1	0,8	0,6
Обозначение: φ - угол наклона откоса к горизонту, град.			

k_{run} - коэффициент, принимаемый по графикам рисунка 9 в зависимости от пологости волны $\bar{\lambda}_d / h_{d1\%}$ на глубокой воде.

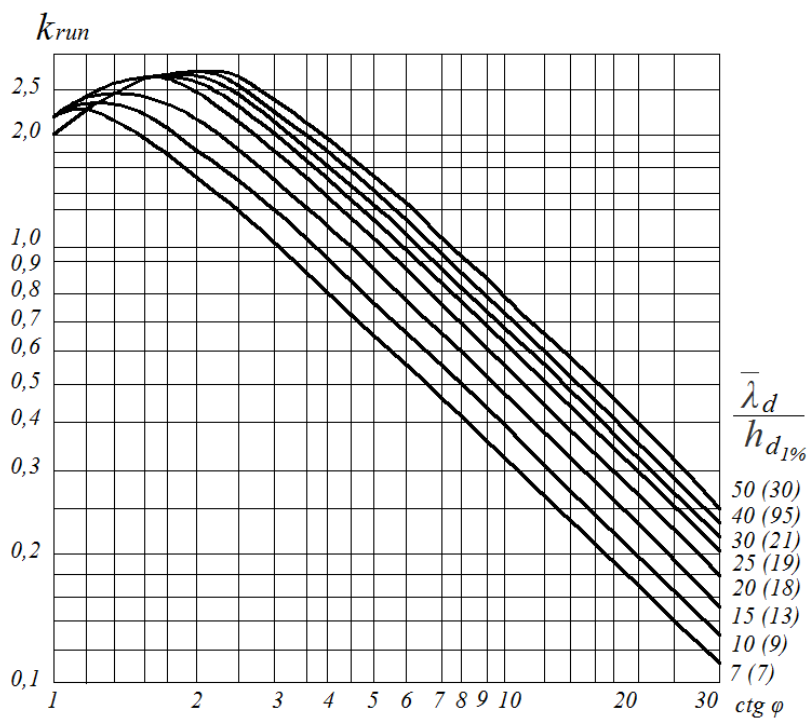


Рисунок 9 - Графики значений коэффициентов k_{run}

При глубине перед сооружением $d < 2h_{1\%}$ коэффициент k_{run} необходимо принимать для значений пологости волны, указанной на рисунке 9 в скобках и определяемой при глубине $d = 2h_{1\%}$.

Высоту наката на откос волн обеспеченностью i , % по накату необходимо определять умножением полученного по формуле (25) значения $h_{run1\%}$, м, на коэффициент k_i , принимаемый по таблице 9.

При подходе фронта волны к сооружению под углом α , град., со стороны открытой акватории, величину наката волн на откос следует уменьшать умножением на коэффициент k_α , принимаемый по таблице 10.

Таблица 9 – Коэффициент обеспеченности по накату

Обеспеченность по накату i , %	0,1	1	2	5	10	30	50
Коэффициент k_i	1,1	1	0,96	0,91	0,86	0,76	0,68

Таблица 10 – Коэффициент k_α

Значение угла α , град	0	10	20	30	40	50	60
Коэффициент k_α	1	0,98	0,96	0,92	0,87	0,82	0,76

Примечание - При определении высоты наката волн на песчаные и гравийно-галечниковые пляжи необходимо учитывать изменение уклона пляжа во время шторма. Наибольшее понижение пляжа на линии уреза воды следует принимать равным $0,3h$, м, с выклиниванием на нулевые значения на берегу до высоты наибольшего наката, а в подводной части до глубины $d = d_{cr}$, м, для размываемых грунтов или на глубине $d = d_{cr,u}$, м, - для неразмываемых грунтов (где h , d_{cr} и $d_{cr,u}$ - соответственно высота волны и глубина воды в створах первого и последнего обрушений, м).

5.4.2 Эпюра волнового давления на откос при $1,5 \leq ctg\varphi \leq 5$, укрепленный монолитными плитами, должна приниматься по рисунку 10, при этом максимальное расчётное волновое давление p_d , кПа, необходимо определять по формуле:

$$p_d = k_s k_f p_{rel} \rho g h, \quad (25)$$

где k_s - коэффициент, определяемый по формуле:

$$k_s = 0,85 + 4,8 \frac{h}{\lambda} + ctg\varphi \left(0,028 - 1,15 \frac{h}{\lambda} \right), \quad (26)$$

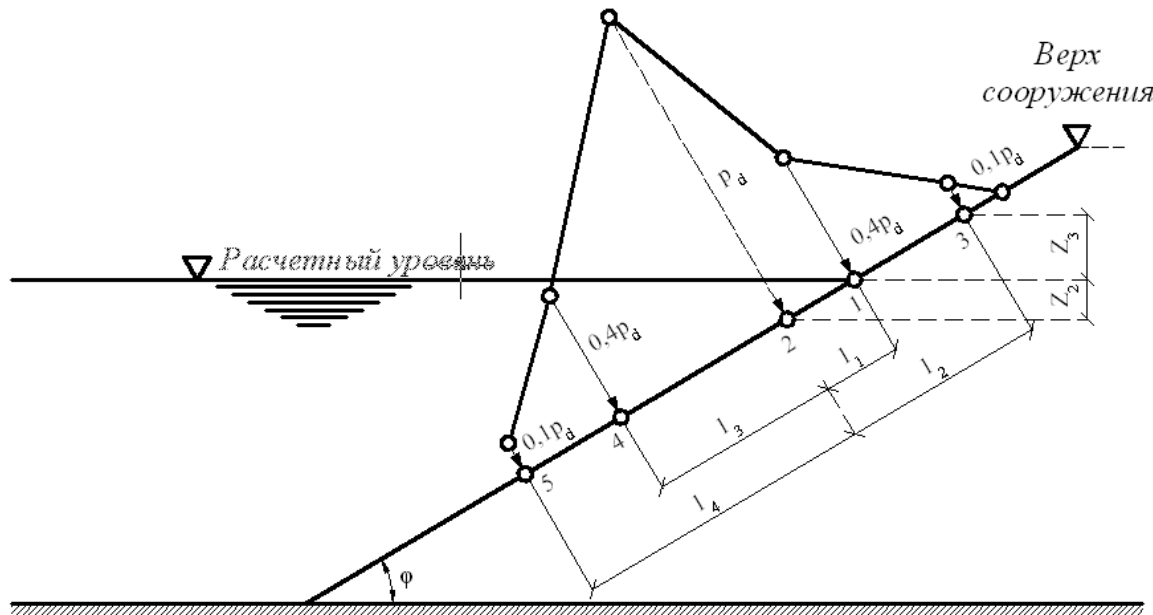


Рисунок 10 - Эпюра максимального расчетного волнового давления на откос, укрепленный плитами

k_f - коэффициент, принимаемый по таблице 11.

Таблица 11 – Коэффициент k_f

Пологость волны $\bar{\lambda}/h$	10	15	20	25	35
Коэффициент k_f	1	1,15	1,3	1,35	1,48

p_{rel} - максимальное относительное волновое давление на откос в точке 2 (см. рисунок 11), принимаемое по таблице 12.

Таблица 12– Максимальное относительное волновое давление p_{rel}

Высота волны h , м	0,5	1	1,5	2	2,5	3	3,5	≥ 4
Максимальное относительное волновое давление p_{rel}	3,7	2,8	2,3	2,1	1,9	1,8	1,75	1,7

Ордината z_2 , м, точки 2 приложения максимального расчетного волнового давления p_d определяется по формуле:

$$z_2 = A + \frac{1}{\operatorname{ctg}^2 \varphi} \left(1 - \sqrt{2 \operatorname{ctg}^2 \varphi + 1} \right) \cdot (A + B), \quad (27)$$

где A и B - параметры, м, значения которых определяются по зависимостям:

$$A = h \left(0,47 + 0,023 \frac{\bar{\lambda}}{h} \right) \frac{1 + \operatorname{ctg}^2 \varphi}{\operatorname{ctg}^2 \varphi}, \quad (28)$$

$$B = h \left[0,95 - (0,84 \operatorname{ctg} \varphi - 0,25) \frac{h}{\bar{\lambda}} \right]. \quad (29)$$

Ордината z_3 , м, соответствующая высоте наката волн на откос, принимается согласно п.5.4.1.

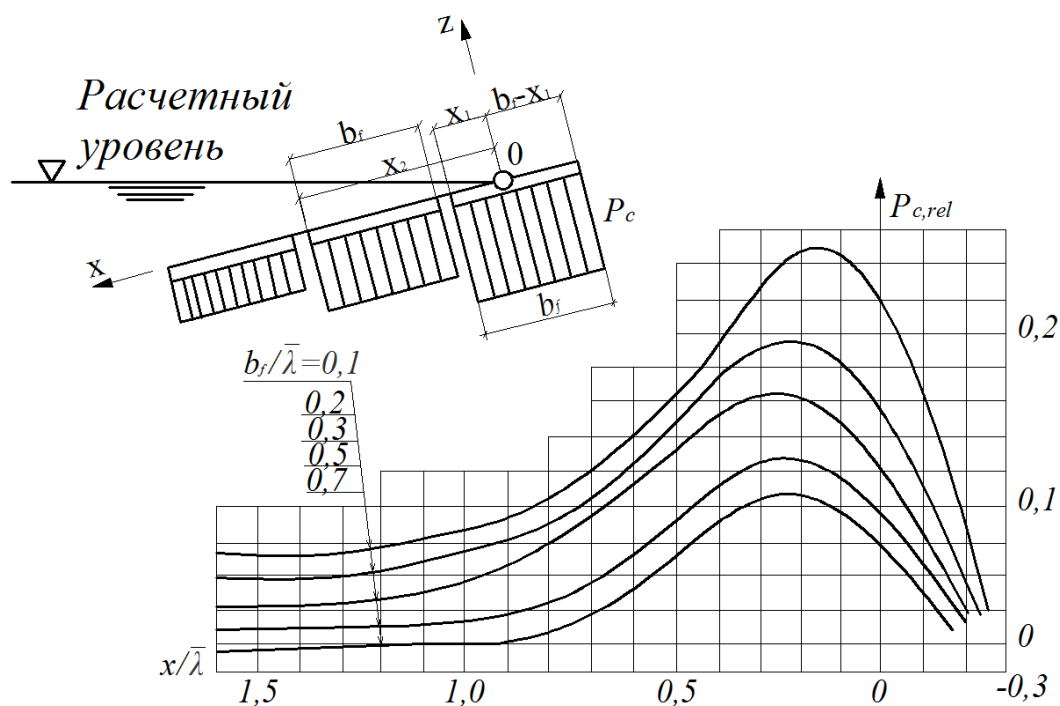


Рисунок 11 - Графики для определения относительного волнового противодействия

На участках крепления по откосу выше и ниже точки 2 (см. рисунок 11) могут приниматься значения ординат эпюры волнового давления p , кПа, на расстояниях, м:

при	$l_1 = 0,0125L_\phi$	и	$l_3 = 0,0265L_\phi$	$p = 0,4p_d$,
при	$l_2 = 0,0325L_\phi$	и	$l_4 = 0,0675L_\phi$	$p = 0,1p_d$,

где

$$L_\phi = \frac{\bar{\lambda} \operatorname{ctg} \varphi}{\sqrt{\operatorname{ctg}^2 \varphi - 1}}. \quad (30)$$

Ординаты эпюры волнового противодействия p_c , кПа, на плиты крепления откосов следует определять по формуле:

$$p_c = k_s k_f p_{c,rel} \rho g h, \quad (31)$$

где $p_{c,rel}$ - относительное волновое противодействие, принимаемое по графикам рисунка 11.

5.4.3 Нагрузку от волн на откос, укрепленный плитами, для сооружений I и II класса при высоте волн более 1,5 м обеспеченностью 1 % в системе допускается при надлежащем обосновании определять методами, в которых учитывается нерегулярность ветровых волн.

При наличии берм и переменных уклонов отдельных участков сооружений откосного профиля нагрузки от волн на крепления откосов необходимо определять по данным лабораторных исследований.

5.4.4 При проектировании сооружений откосного профиля и креплений откосов из рваного камня, обыкновенных и фасонных бетонных или железобетонных блоков, массу отдельного элемента m или m_z , т, соответствующую состоянию его предельного равновесия от действия ветровых волн, необходимо определять:

- при расположении камня или блока на участке откоса от верха сооружения до глубины $z = 0,7h$ по формуле:

$$m = \frac{3,16 k_{fr} p_m h^3}{\left(\frac{\rho_m}{\rho} - 1\right)^3 \sqrt{1 + ctg^3 \varphi}} \sqrt{\frac{\lambda}{h}}, \quad (32)$$

то же, при $z > 0,7h$ по формуле:

$$m_z = m e^{-\left(\frac{7,5z^2}{h\lambda}\right)}, \quad (33)$$

где k_{fr} - коэффициент, принимаемый по таблице 13; при $\frac{\lambda}{h} > 15$, а также при наличии бермы k_{fr} следует уточнять по опытным данным;

p_m - плотность камня, т/м³.

Таблица 13 – Коэффициент k_{fr}

Элементы крепления	Коэффициент k_{fr}	
	при наброске	при укладке
Камень	0,025	-
Обыкновенные бетонные блоки	0,021	-
Массивы с прорезями	0,016	-
Тетраподы	0,008	0,006
Гексалеги	0,007	0,004
Гексабиты и пентаподы	0,005	0,004
Долосы	0,004	0,003

К массе камня, определённой по формулам (32) и (33), должен вводиться коэффициент надёжности по ответственности сооружения γ_n , определяемый по СН РК 3.04-01 в зависимости от класса сооружения.

5.4.5 При проектировании крепления откосов сооружений из несортированной каменной наброски необходимо, чтобы значение коэффициента k_{gr} зернового состава находилось в границах заштрихованной зоны, приведенной на графике рисунка 12.

Значение коэффициента k_{gr} должно определяться по формуле:

$$k_{gr} = \sqrt[3]{\frac{m_i}{m}} = \frac{D_{ba,i}}{D_{ba}}, \quad (34)$$

где m - масса камня, определяемая по п.5.4.4, т;

m_i - масса камня, большая или меньшая расчётной, т;

$D_{ba,i}$ и D_{ba} - диаметры камня, см, приведенные к диаметру шара, имеющего массу соответственно m_i и m .

Зерновой состав несортированной каменной наброски для крепления откосов, соответствующий заштрихованной зоне (см. рисунок 12), следует считать пригодным только для сооружений с откосами, пологость которых находится в пределах $3 \leq \text{ctg} \phi \leq 5$, а высота расчётной волны - 3 м и менее.

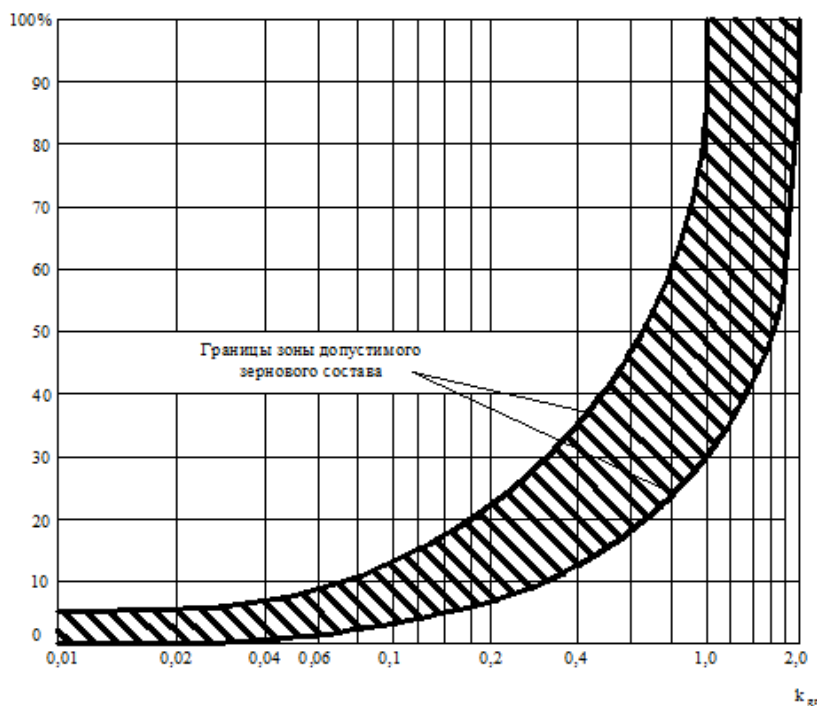


Рисунок 12 - График для определения допустимого зернового состава несортированной каменной наброски для крепления откосов

5.4.6 При пологости откосов $ctg\phi > 5$, укрепляемых несортированной разнозернистой каменной наброской, расчётную массу камня m , т, соответствующую состоянию его предельного равновесия от действия ветровых волн, необходимо определять по формуле (33), при $\bar{\lambda}/h \geq 10$ с умножением полученных результатов на коэффициент k_ϕ , определяемый по таблице 14.

Минимальное содержание фракций диаметром D_{ba} , соответствующим расчётной массе камня в несортированной разнозернистой наброске, должно приниматься в соответствии с таблицей 15.

Таблица 14 – Коэффициент k_ϕ

$ctg\phi$	6	8	10	12	15
Коэффициент k_ϕ при $\bar{\lambda}/h \geq 10$	0,78	0,52	0,43	0,25	0,2

Таблица 15 – Минимальное содержание фракций диаметром D_{ba}

Коэффициент разнозернистости D_{60}/D_{10}	5	10	20	40-100
Минимальное содержание фракций диаметром D_{ba} , % (по весу)	50	30	25	20

6 НАГРУЗКИ ОТ ВОЛН НА ОБТЕКАЕМЫЕ ПРЕГРАДЫ И СКВОЗНЫЕ СООРУЖЕНИЯ

6.1 Нагрузки от волн на вертикальную обтекаемую преграду

6.1.1 Максимальную силу от воздействия волн $Q_{\max}$, кН, на вертикальную обтекаемую преграду с поперечными размерами $a \leq 0,4\lambda$ и $b \leq 0,4\lambda$ (Рисунок 13а) при $d > d_{cr}$ необходимо определять из ряда значений, получаемых при различных положениях преграды относительно вершины волны $\alpha = x/\lambda$, по формуле:

$$Q_{\max} = Q_{i,\max} \delta_i + Q_{v,\max} \delta_v, \quad (35)$$

где $Q_{i,\max}$ и $Q_{v,\max}$ - соответственно инерционный и скоростной компоненты силы от воздействия волн, кН, определяемые по формулам:

$$Q_{i,\max} = \frac{1}{4} \rho g \pi b^2 h k_v \alpha_i \beta_i, \quad (36)$$

$$Q_{v,\max} = \frac{1}{12} \rho g b h^2 k_v^2 \alpha_v \beta_v, \quad (37)$$

где δ_i и δ_v - коэффициенты сочетания инерционного и скоростного компонентов максимальной силы от воздействия волн, принимаемые соответственно по графикам 1 и 2 рисунка 14;

h и λ - высота и длина расчётной волны, принимаемые согласно А.4 обязательного приложения А;

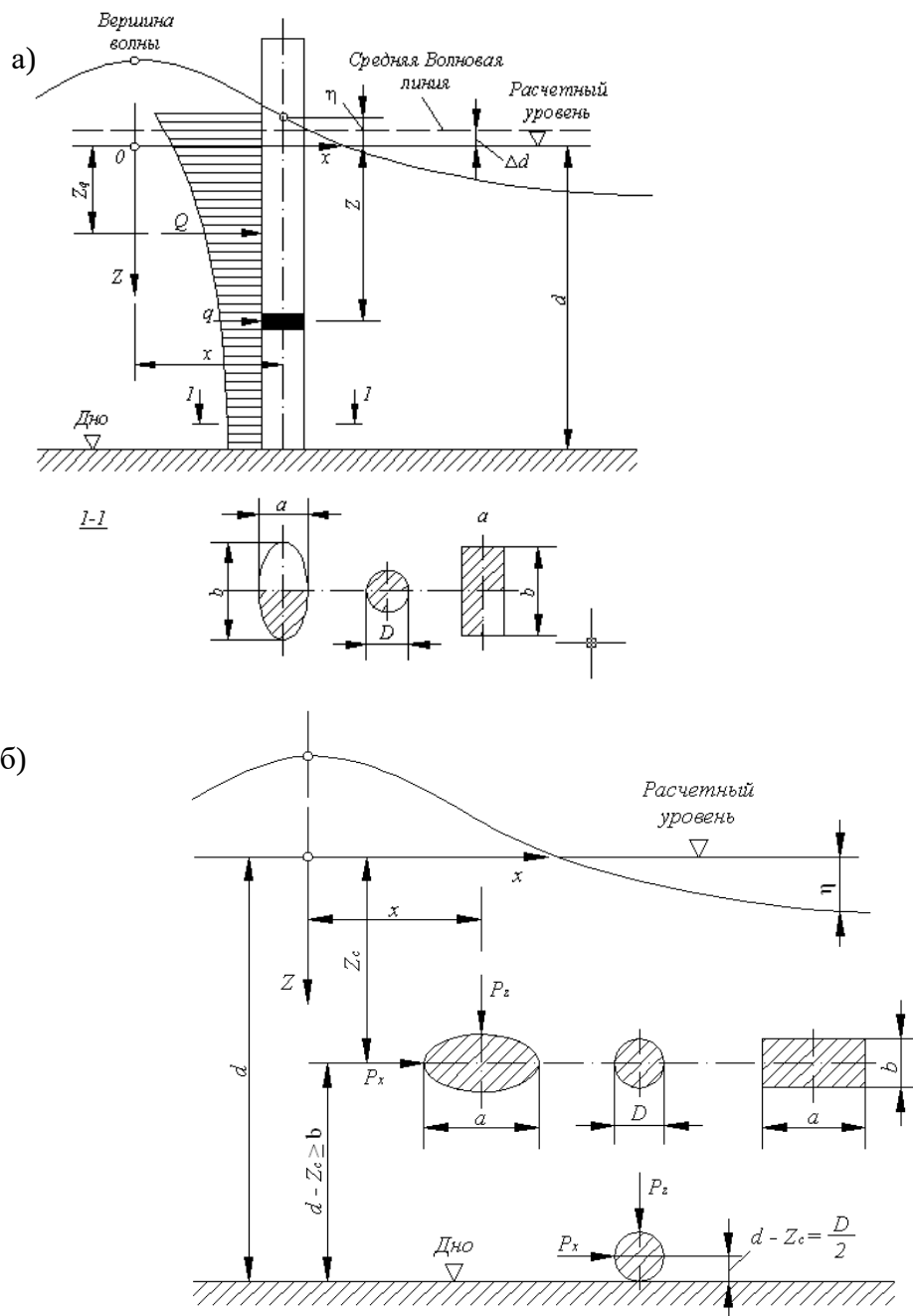


Рисунок 13 - Схемы к определению волновых нагрузок на обтекаемые горизонтальные преграды

a - размер преграды по лучу волны, м;

b - размер преграды по нормали к лучу волны, м;

k_v - коэффициент, принимаемый по таблице 16;

Таблица 16 – Коэффициент k_v

Относительный размер преграды $a/\lambda, b/\gamma\lambda, D/\lambda$	0,05	0,1	0,15	0,2	0,25	0,3	0,4
Коэффициент k_v	1	0,97	0,93	0,86	0,79	0,7	0,52

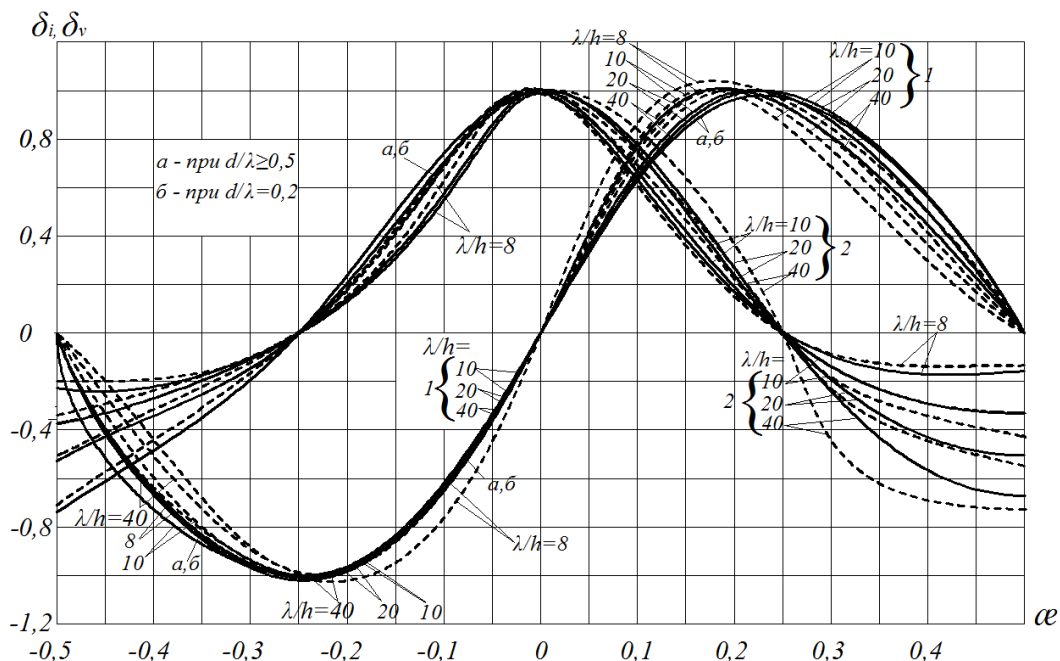


Рисунок 14 – Графики значений коэффициентов сочетания инерционного δ_i (графики 1) и скоростного δ_v (графики 2) компонентов силы от воздействия волн

a_i и a_v - инерционный и скоростной коэффициенты глубины, принимаемые соответственно по графикам а и б рисунка 15;

β_i и β_v - инерционный и скоростной коэффициенты формы преграды с поперечным сечением в виде круга, эллипса и прямоугольника, принимаемые по графикам рисунка 16.

Примечания -

1 Расчёт сквозных сооружений или отдельно стоящих обтекаемых преград на нагрузки от волн должен производиться, как правило, с учётом шероховатости их поверхности. При наличии опытных данных по снижению влияния коррозии и морских обрастаний коэффициенты формы необходимо определять по формулам:

$$\beta_i = \frac{a}{2b} C_i, \quad (38)$$

$$\beta_v = C_v, \quad (39)$$

где C_i и C_v - уточнённые опытные значения коэффициентов инерционного и скоростного сопротивлений.

2 При подходе волн под углом к обтекаемой преграде (в виде эллипса или прямоугольника), допускается коэффициенты формы определять интерполяцией между их значениями по главным осям.

3 Максимальную силу воздействия волн $Q_{\max}$, кН, на вертикальную обтекаемую преграду при значении $\frac{Q_{i,\max}}{Q_{v,\max}} \geq 2$ допускается принимать $Q_{\max} = Q_{i,\max}$, а при значении $\frac{Q_{i,\max}}{Q_{v,\max}} \leq 2$ принимать

$Q_{\max} = Q_{v,\max}$; в других случаях $Q_{\max}$ следует определять из ряда значений, полученных по формуле (36) при различных α .

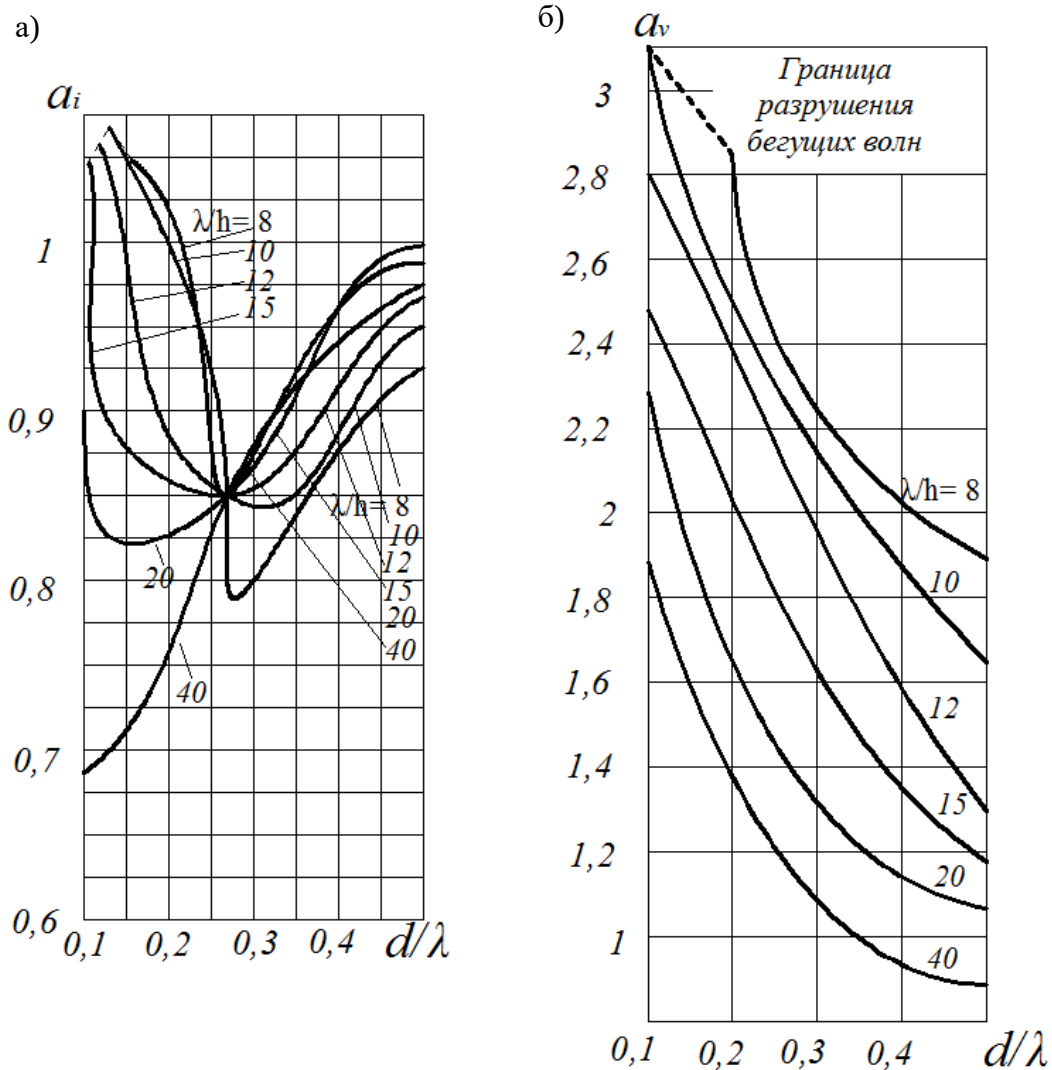
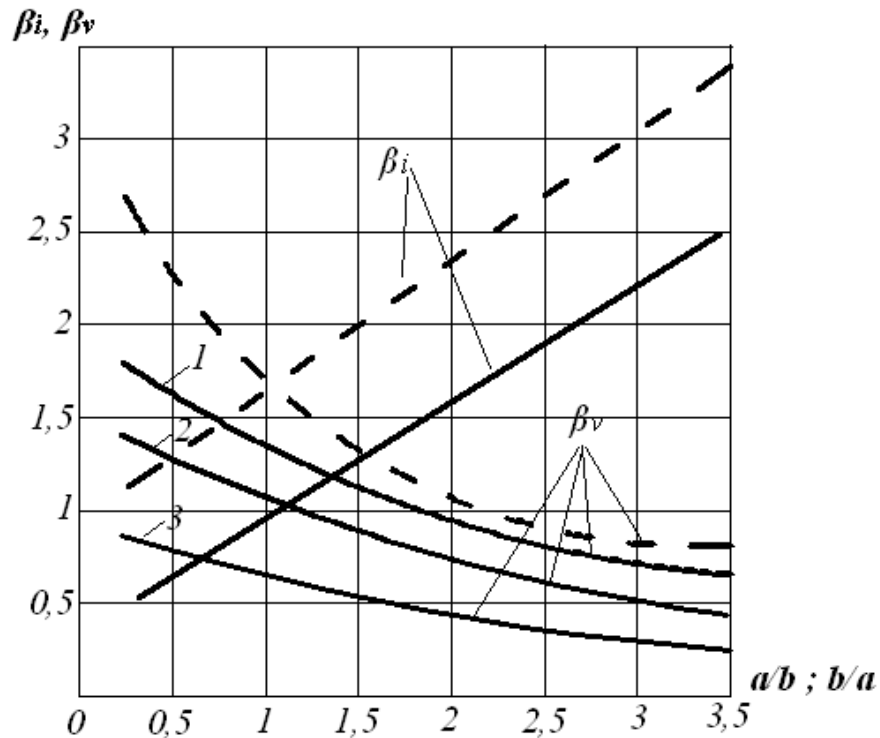


Рисунок 15 – Графики значений инерционного α_i и скоростного α_v коэффициентов глубины



Эллиптические преграды - сплошные линии; призматические - штриховые линии:

1 - шероховатая эллиптическая преграда; 2 - гладкая эллиптическая преграда;

3 - шероховатая в подводной части и гладкая в надводной части вертикальная эллиптическая преграда

Рисунок 16 – Графики значений инерционного β_i и скоростного β_v коэффициентов формы в зависимости от a/b (для Q , q и P_x) или b/a (для P_z)

6.1.2 Линейную нагрузку от волн q , кН/м, на вертикальную обтекаемую преграду на глубине z , м, при максимальной силе от воздействия волн $Q_{\max}$ (рисунок 13, а) следует определять по формуле:

$$q = q_{i,\max} \delta_{xi} + q_{v,\max} \delta_{xv}, \quad (40)$$

где $q_{i,\max}$ и $q_{v,\max}$ - инерционный и скоростной компоненты максимальной нагрузки от волн, кН/м:

$$q_{i,\max} = \frac{1}{2} \rho g \pi^2 b^2 \frac{h}{\lambda} k_v \theta_{xi} \beta_i, \quad (41)$$

$$q_{v,\max} = \frac{2}{3} \rho g \pi b \frac{h^2}{\lambda} k_v^2 \theta_{xv} \beta_v, \quad (42)$$

где δ_{xi} и δ_{xv} - коэффициенты сочетания инерционного и скоростного компонентов нагрузки от волн, принимаемые соответственно по графикам 1 и 2 рисунка 17 при значении α согласно 6.1.1;

θ_{xi} и θ_{xv} - коэффициенты компонентов волновой нагрузки, принимаемые по графикам (рисунок 18, а и б) при значениях относительной глубины $z_{rel} = \frac{d-z}{d}$.

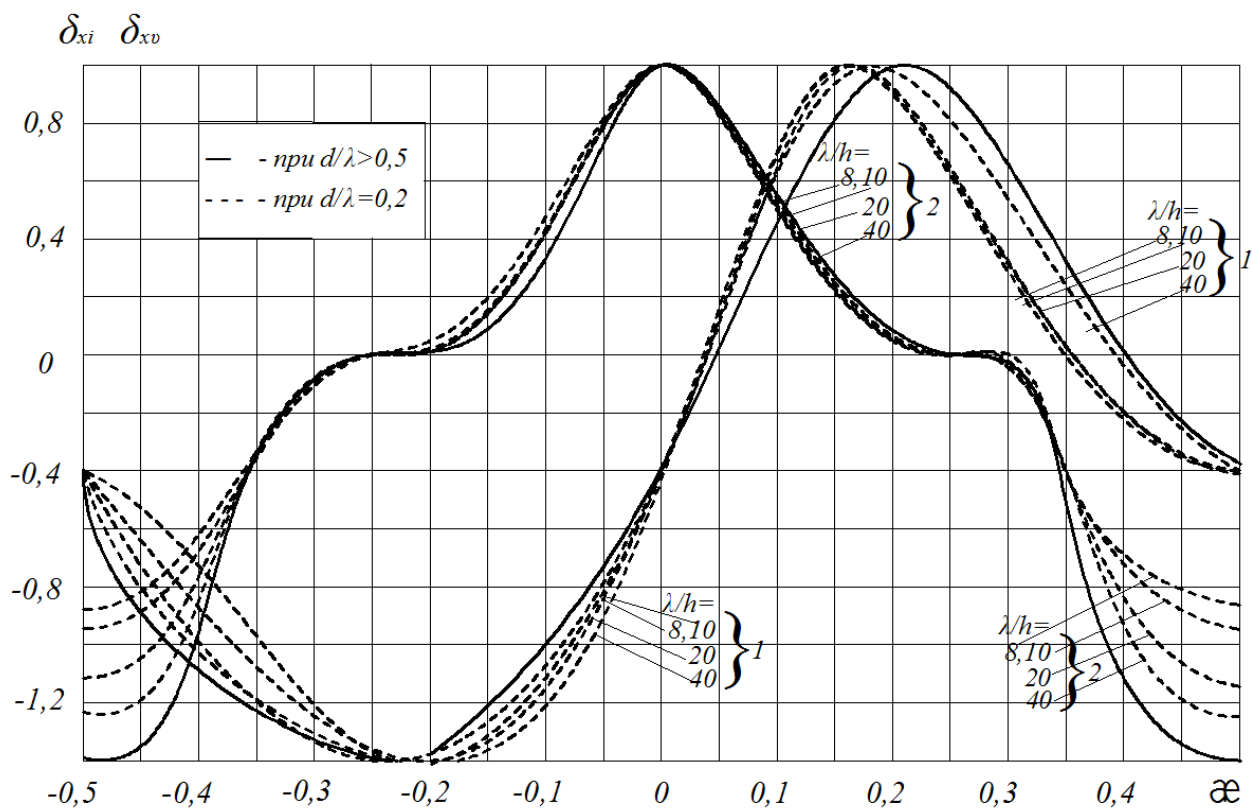
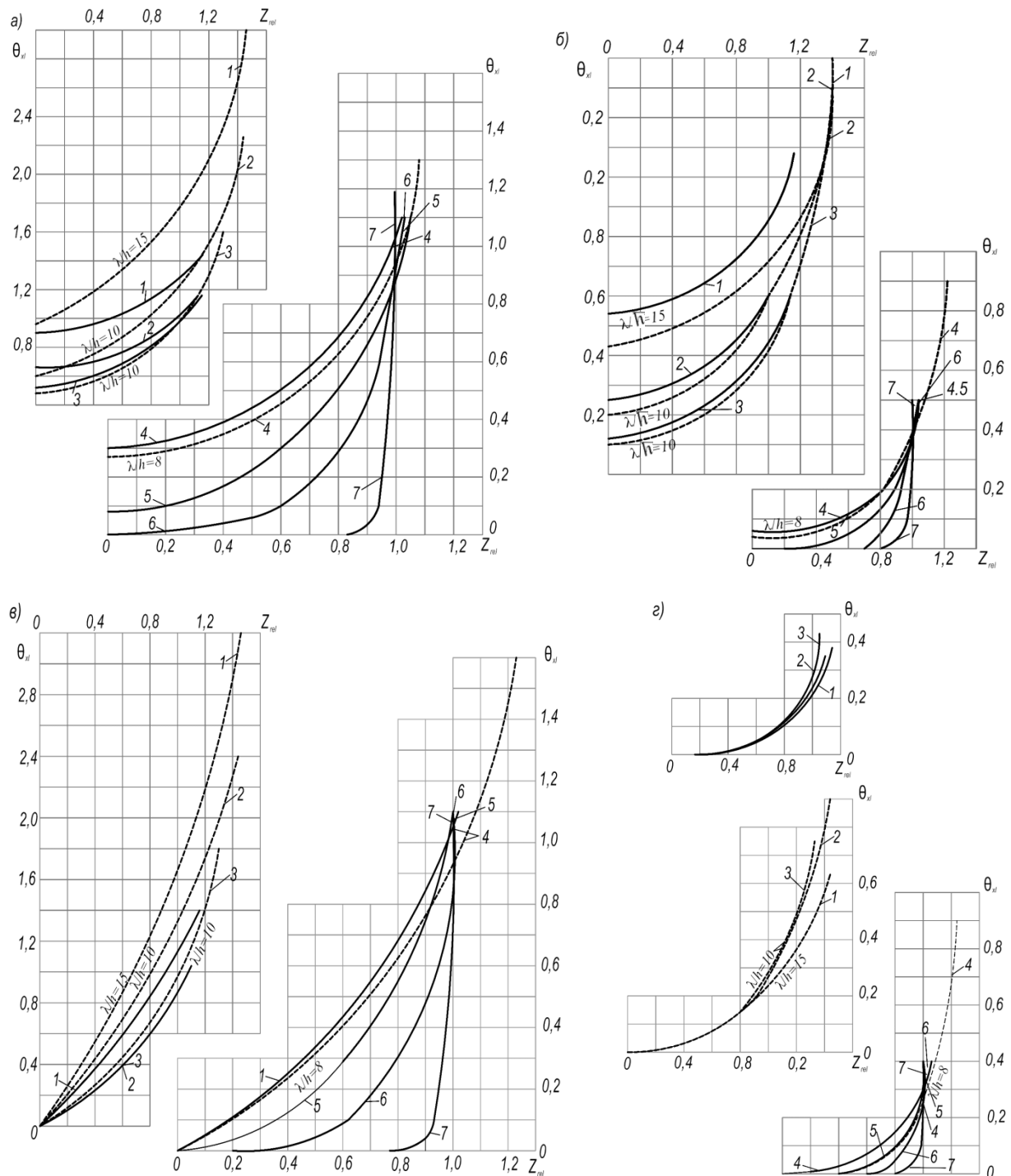


Рисунок 17 – Графики значений коэффициентов сочетания инерционного δ_{xi} (графики 1) и скоростного δ_{xv} (графики 2) компонентов горизонтальной нагрузки от волн

6.1.3 Превышение взволнованной поверхности η , м, над расчётным уровнем должно определяться по формуле:

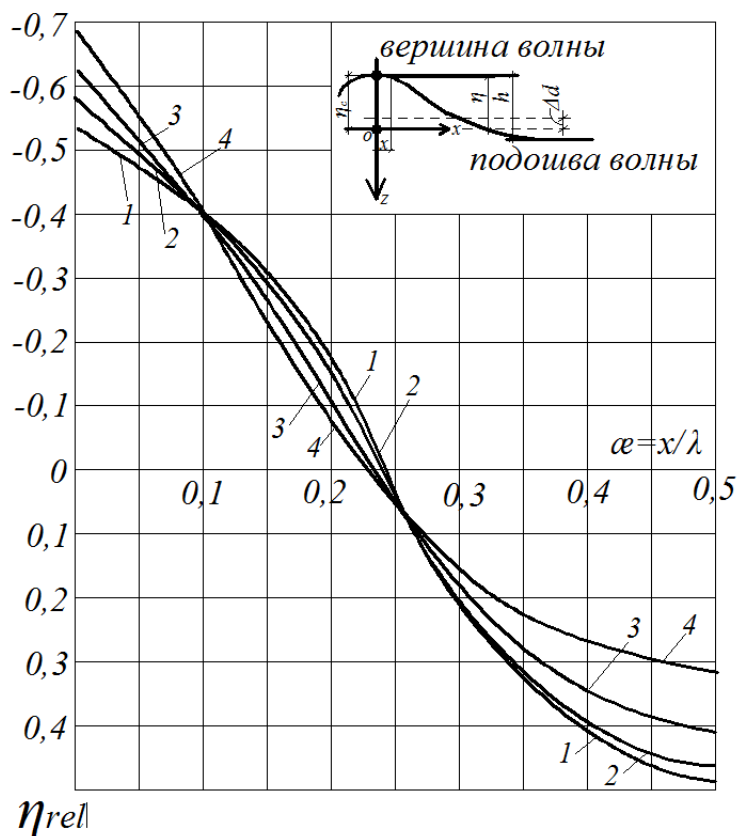
$$\eta = \eta_{rel} h, \quad (43)$$

где η_{rel} - относительное превышение взволнованной поверхности, определяемое по рисунку 19.



$\lambda/d = 40$ - сплошные линии; $\lambda/d = 8-15$ - штриховые линии;

Рисунок 18 – Графики коэффициентов нагрузки от волн θ_{xi} , θ_{xv} , θ_{zi} , θ_{zv} , при d/λ : 1) 0,1; 2) 0,15; 3) 0,2; 4) 0,3; 5) 0,5; 6) 1; 7) 5



1 – при $d/\lambda = 0,5$ и $d/\lambda = 40$; 2 – при $d/\lambda = 0,5$ и $d/\lambda = 20$,
а также при $d/\lambda = 0,2$ и $d/\lambda = 40$; 3 – при $d/\lambda = 0,5$ и $d/\lambda = 10$,
а также при $d/\lambda = 0,2$ и $d/\lambda = 20$; 4 – при $d/\lambda = 0,2$ и $d/\lambda = 10$

Рисунок 19 – Графики значений относительных ординат

Превышение средней волновой линии над расчетным уровнем Δd , м, следует определять по формуле:

$$\Delta d = (\eta_{c,rel} + 0,5)h, \quad (44)$$

где $\eta_{c,rel}$ – относительное превышение вершины волны, определяемое по рисунку 19, при значении $\alpha = 0$.

6.1.4 Нагрузки от волн Q и q на вертикальную обтекаемую преграду при любом её расположении x , м, относительно вершины волны, следует определять по формулам (35) и (40). При этом коэффициенты δ_i и δ_v должны приниматься по графикам 1 и 2 рисунка 14; а δ_{xi} и δ_{xv} – по графикам 1 и 2 рисунка 17 для данного значения $\alpha = x/\lambda$.

6.1.5 Расстояние $z_{Q,max}$, м, от расчётного уровня воды до точки приложения максимальной силы от действия волн на вертикальную обтекаемую преграду Q_{max} необходимо определять по формуле:

$$z_{Q,\max} = \frac{1}{Q_{\max}} (Q_{i,\max} \delta_i z_{Q,i} + Q_{v,\max} \delta_v z_{Q,v}), \quad (45)$$

где δ_i и δ_v - коэффициенты, принимаемые по графикам 1 и 2 рисунка 14 при α , соответствующем $Q_{\max}$;

$z_{Q,i}$ и $z_{Q,v}$ - ординаты точек приложения соответственно инерционного и скоростного компонентов сил, м, определяемые по формулам:

$$z_{Q,i} = \mu_i \xi_{i,rel} \lambda, \quad (46)$$

$$z_{Q,v} = \mu_v \xi_{v,rel} \lambda, \quad (47)$$

где $\xi_{i,rel}$ и $\xi_{v,rel}$ - относительные ординаты точек приложения инерционного и скоростного компонентов сил, принимаемые по графикам рисунка 20;

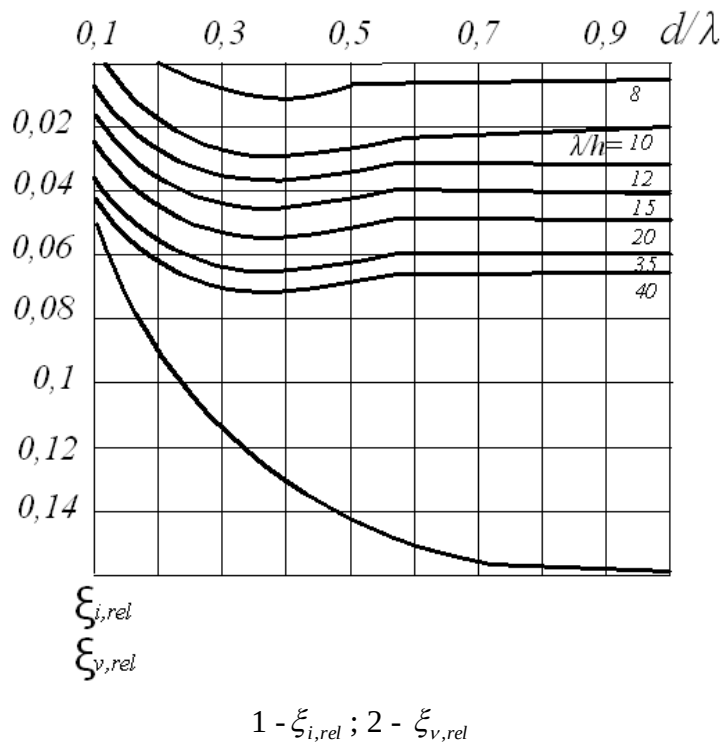


Рисунок 20 – Графики значений коэффициента η_{rel}

μ_i и μ_v - инерционный и скоростной коэффициенты фазы, принимаемые по графикам рисунка 21.

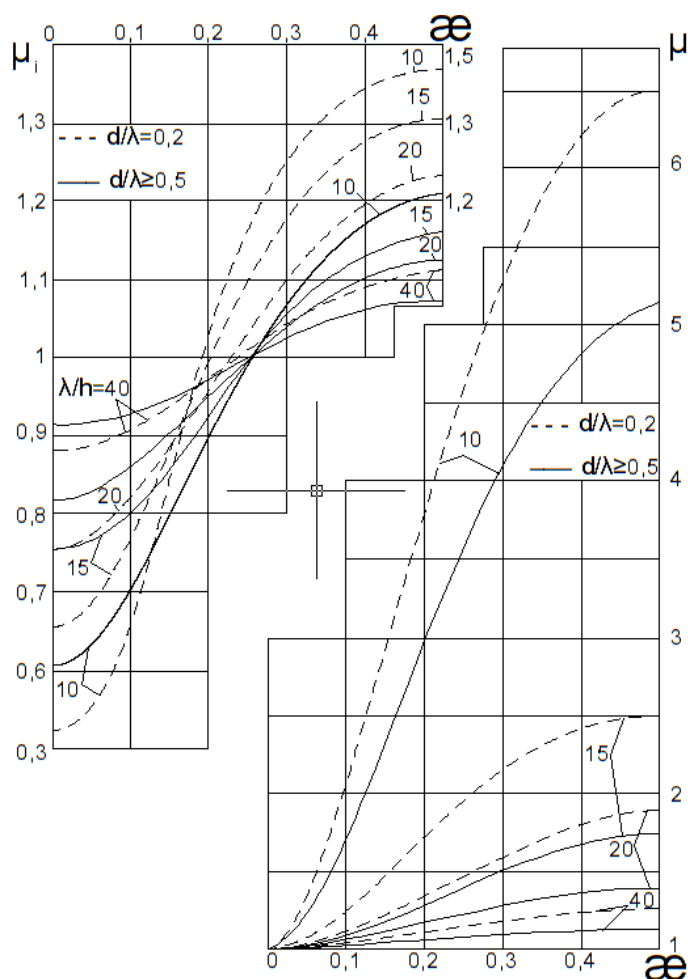


Рисунок 21 – Графики значений инерционного μ_i и скоростного μ_v коэффициента фазы

Расстояние z_Q от расчетного уровня воды до точки приложения силы Q при любом удалении x вершины волны от преграды следует определять по формуле (45), при этом коэффициенты δ_i и δ_v должны приниматься согласно графикам 1 и 2 рисунка 14 для данного значения $\alpha = x/\gamma$.

6.2 Нагрузки от волн на горизонтальную обтекаемую преграду

6.2.1 Максимальное значение равнодействующей линейной нагрузки от волн $P_{\max}$, кН/м, на горизонтальную обтекаемую преграду (см. рисунок 14б) с поперечными размерами $a \leq 0,1\lambda$, м, и $b \leq 0,1\lambda$, м, при $z \geq b$, но $(z_c - b/2) > h/2$, и при $(d - z_c) \geq b$ должно определяться по формуле:

$$P_{\max} = \sqrt{P_x^2 + P_z^2}, \quad (48)$$

– с максимальной горизонтальной составляющей нагрузки $P_{x,\max}$, кН/м, при соответствующем значении вертикальной составляющей нагрузки P_z , кН/м;

– с максимальной вертикальной составляющей нагрузки $P_{z,\max}$, кН/м, при соответствующем значении горизонтальной составляющей линейной P_x , кН/м.

Расстояние x , м, от вершины волны до центра преграды при действии максимальных линейных нагрузок $P_{x,\max}$ и $P_{z,\max}$ должны определяться по относительной величине $\alpha = x/\lambda$, принимаемой согласно рисунков 17 и 22.

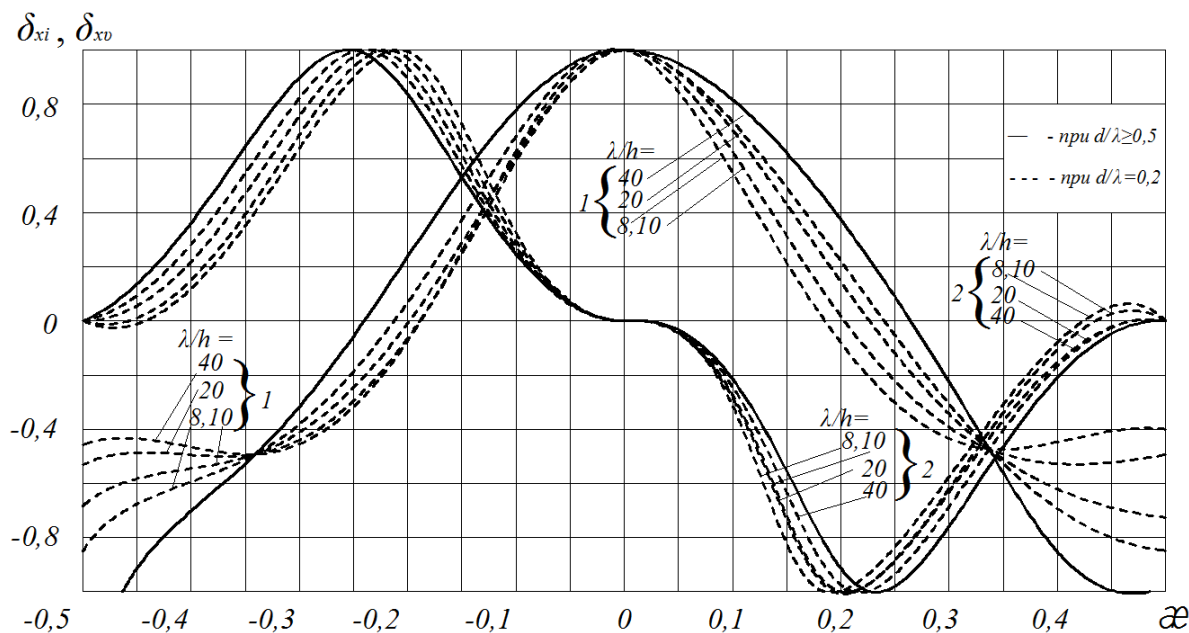


Рисунок 22 – Графики значений коэффициентов сочетания δ_i - инерционного (графики 1) и δ_v - скоростного (графики 2) компонентов вертикальной линейной нагрузки от волн

6.1.6 Максимальное значение горизонтальной составляющей линейной нагрузки от волн $P_{x,\max}$, кН/м, на горизонтальную обтекаемую преграду необходимо определять из ряда величин, получаемых при различных значениях α , по формуле:

$$P_{x,\max} = P_{xi} \delta_{xi} + P_{xv} \delta_{xv}, \quad (49)$$

где P_{xi} и P_{xv} - инерционный и скоростной компоненты горизонтальной составляющей линейной нагрузки от волн, кН/м, определяемые по формулам:

$$P_{xi} = \frac{1}{2} \rho g \pi^2 b^2 \frac{h}{\lambda} k_v \theta_{xi} \beta_i, \quad (50)$$

$$P_{xv} = \frac{2}{3} \rho g \pi b \frac{h^2}{\lambda} k_v^2 \theta_{xv} \beta_v, \quad (51)$$

где δ_{xi} и δ_{xv} - коэффициенты сочетания инерционного и скоростного компонентов линейной нагрузки от волн, принимаемые соответственно по графикам 1 и 2 рисунка 17 при значении α согласно п.6.1.1;

θ_{xi} и θ_{xv} - обозначения те же, что и в п.6.1.2;

β_i и β_v - инерционный и скоростной коэффициенты формы преграды с поперечным сечением в виде круга, эллипса и прямоугольника, принимаемые по графикам рисунка 16 при значениях a/b - для горизонтальной и b/a - вертикальной составляющей нагрузки.

6.1.7 Максимальную величину вертикальной составляющей линейной нагрузки от волн на горизонтальную обтекаемую преграду $P_{z,max}$, кН/м, необходимо определять из ряда величин, получаемых при разных значениях α , по формуле:

$$P_{z,max} = P_{zi} \delta_{zi} + P_{zv} \delta_{zv}, \quad (52)$$

где P_{zi} и P_{zv} - инерционный и скоростной компоненты вертикальной составляющей линейной нагрузки от волн, кН/м, определяемые по формулам:

$$P_{zi} = \frac{1}{2} \rho g \pi^2 \alpha^2 \frac{h}{\lambda} k_v \theta_{zi} \beta_i, \quad (53)$$

$$P_{zv} = \frac{2}{3} \rho g \pi \alpha \frac{h^2}{\lambda} k_v^2 \theta_{zv} \beta_v, \quad (54)$$

где δ_{zi} и δ_{zv} - инерционный и скоростной коэффициенты сочетания, принимаемые по графикам 1 и 2 рисунка 22 при значении α согласно п.6.1.1;

θ_{zi} и θ_{zv} - коэффициенты линейной нагрузки от волн, принимаемые соответственно

по графикам в и г рисунка 18 при значениях относительной ординаты: $z_{c,rel} = \frac{d - z_c}{d}$;

β_i и β_v - обозначения те же, что и в п.6.2.2.

6.1.8 Значение горизонтальной P_x , кН/м, или вертикальной P_z , кН/м, составляющих линейной нагрузки от волн на горизонтальную обтекаемую преграду при любом её расположении x относительно вершины волны, следует определять соответственно по формуле (50) или (53), при этом коэффициенты сочетания δ_{xi} и δ_{xv} или δ_{zi} и δ_{zv} должны приниматься по графикам рисунка 17 и 22 для заданного значения $\alpha = x/\lambda$.

6.1.9 Максимальное значение равнодействующей линейной нагрузки от волн P_{max} , кН/м, на лежащую на дне цилиндрическую преграду (см. рисунок 13б), диаметр которой $D \leq 0,1\lambda$, м, и $D \leq 0,1d$, должно определяться по формуле (48) для двух случаев:

- с максимальной горизонтальной составляющей линейной нагрузки $P_{x,\max}$, кН/м, при соответствующем значении вертикальной составляющей линейной нагрузки P_z , кН/м;
- с максимальной вертикальной составляющей линейной нагрузки $P_{z,\max}$ кН/м, при соответствующем значении горизонтальной составляющей линейной нагрузки P_x , кН/м.

6.1.10 Максимальную горизонтальную $P_{x,\max}$, кН/м, и соответствующую вертикальную $P_{z,\max}$, кН/м, проекции линейной нагрузки от волн, действующих на лежащую на дне цилиндрическую преграду, необходимо определять по формулам:

$$P_{x,\max} = P_{xi} \delta_{xi} + P_{xv} \delta_{xv}, \quad (55)$$

$$P_z = -\frac{9}{5} P_{xv} \delta_{xv}, \quad (56)$$

где P_{xi} и P_{xv} - соответственно инерционная и скоростная компоненты горизонтальной составляющей линейной нагрузки от волн, кН/м, определяемые по формулам:

$$P_{xi} = \frac{3}{4} \rho g \pi^2 D^2 \frac{h}{\lambda} \theta_{xi}, \quad (57)$$

$$P_{xv} = \rho g \pi D \frac{h^2}{\lambda} \theta_{xv}, \quad (58)$$

где δ_{xi} и δ_{xv} , θ_{xi} и θ_{xv} - обозначения те же, что в п.6.2.2.

Максимальную вертикальную $P_{z,\max}$, кН/м, и соответствующую горизонтальную $P_{x,\max}$, кН/м, проекции линейной нагрузки от волн необходимо принимать равными:

$$P_{z,\max} = -\frac{9}{5} P_{xv},$$

$$P_x = P_{xv}.$$

6.3 Нагрузки от разбивающихся волн на вертикальную обтекаемую преграду

6.3.1 Максимальную силу от воздействия разбивающихся (разрушающихся) волн $Q_{cr,\max}$, кН, на вертикальную цилиндрическую преграду, диаметр которой $D \leq 0,4d_{cr}$, м, необходимо определять по отдельным значениям силы от воздействий волн Q_{cr} , кН, полученным для ряда положений преграды относительно вершины волны (рисунок 23 а) с интервалом $0,1 \frac{x}{d_t}$, начиная с $\frac{x}{d_t} = 0$ (где x - расстояние, м, от вершины разбивающейся волны до оси вертикальной цилиндрической преграды).

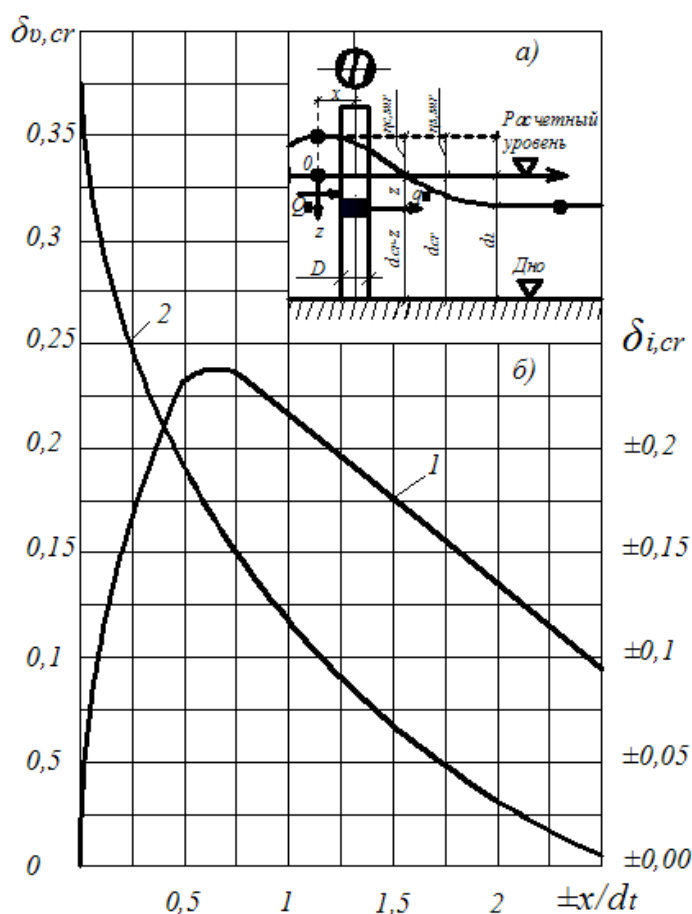


Рисунок 23 – Схема к определению нагрузок от разбивающихся волн и графики значений коэффициентов $\delta_{i, cr}$ - кривая 1 и $\delta_{v, cr}$ - кривая 2

Сила от воздействия волн Q_{cr} , кН, для любого положения цилиндрической преграды относительно вершины волны должна определяться по формуле:

$$Q_{cr} = Q_{i, cr} + Q_{v, cr}, \quad (59)$$

где $Q_{i, cr}$ и $Q_{v, cr}$ - инерционный и скоростной компоненты силы от воздействия разбивающихся волн, кН, определяемые по формулам:

$$Q_{i, cr} = \frac{1}{2} \rho g \pi D^2 (d_{cr} + \eta_{c, sur}) \delta_{i, cr}, \quad (60)$$

$$Q_{v, cr} = \frac{2}{5} \rho g D (d_{cr} + \eta_{c, sur}) d_t \delta_{v, cr}, \quad (61)$$

где d_t - глубина воды под подошвой волны, м, принимаемая равной (см. рисунок 23а):

$$d_t = d_{cr} - (h_{sur} - \eta_{c,sur}), \quad (62)$$

где h_{sur} - высота (трансформированной) волны, м, при первом обрушении в мелководной зоне с соблюдением условия $h_{sur} \leq 0.8 \cdot d_t$;

$\eta_{c,sur}$ - превышение над расчётным уровнем воды вершины (при первом обрушении) волны, м;

$\delta_{i,cr}$ и $\delta_{v,cr}$ - инерционный и скоростной коэффициенты, принимаемые по графикам рисунка 23б.

6.1.11 Линейную нагрузку от разбивающихся волн q_{cr} , кН/м, на вертикальную цилиндрическую преграду на глубине Z , м, от расчётного уровня (см. рисунок 23а) при относительном удалении оси преграды от вершины волны x/d_t необходимо определять по формуле:

$$q_{cr} = q_{i,cr} + q_{v,cr}, \quad (63)$$

где $q_{i,cr}$ и $q_{v,cr}$ - инерционный и скоростной компоненты линейной нагрузки от разбивающихся волн на вертикальную преграду, кН/м, определяемые по формулам:

$$q_{i,cr} = \frac{1}{2} \rho g \pi D^2 \varepsilon_{i,cr}, \quad (64)$$

$$q_{v,cr} = \frac{2}{5} \rho g D (d_{cr} + \eta_{c,sur}) \varepsilon_{v,cr}, \quad (65)$$

где $\varepsilon_{i,cr}$ и $\varepsilon_{v,cr}$ - инерционный и скоростной коэффициенты, принимаемые соответственно по графикам **а** и **б** рисунка 24 при значениях относительной глубины $z_{rel} = \frac{d_{cr} - z}{d_t}$.

Примечание - Коэффициенты $\delta_{i,cr}$ (рисунок 24б) и $\varepsilon_{i,cr}$ (рисунок 24а) следует принимать положительными при $x/d_t > 0$ и отрицательными при $x/d_t < 0$.

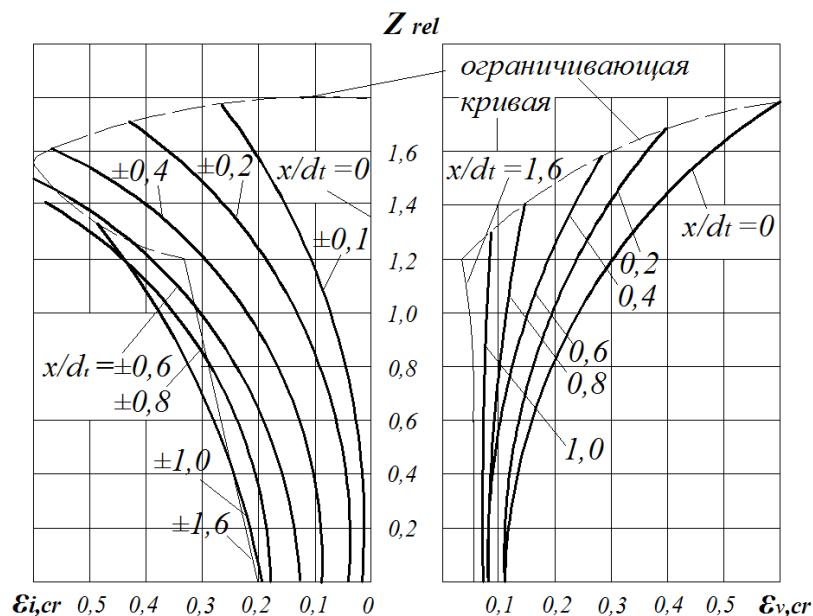


Рисунок 24– Графики значений инерционного $\varepsilon_{i,cr}$ и скоростного $\varepsilon_{v,cr}$ коэффициентов

6.4 Нагрузки от волн на сквозное сооружение из обтекаемых элементов

6.4.1 Нагрузку от волн на сквозное сооружение в виде стержневой системы необходимо получать суммированием нагрузок, определённых согласно п.п.6.1.1- 6.1.5, 6.2.1 - 6.2.4 как на отдельно стоящие преграды с учётом положения каждого элемента относительно профиля расчётной волны. Элементы сооружения следует принимать, как отдельно стоящие обтекаемые преграды при расстояниях между их осями $l \geq 3D$ (м). При $l < 3D$ (где D - наибольший диаметр элемента) волновую нагрузку, полученную на отдельно стоящий элемент сооружения, необходимо умножать на коэффициенты сближения по фронту ψ_t и лучу ψ_l волн, принимаемые по таблице 17.

Таблица 17– Коэффициенты сближения ψ_t и ψ_l

Относительное расстояние между осями преград l/D	Коэффициенты сближения ψ_t и ψ_l при значениях относительных диаметров D/λ			
	ψ_t		ψ_l	
	0,1	0,05	0,1	0,05
3	1,0	1	1,0	1,0
2,5	1,0	1,05	1,0	0,98
2	1,04	1,15	0,97	0,92
1,5	1,2	1,4	0,87	0,8
1,25	1,4	1,65	0,72	0,68

6.1.12 Нагрузки от волн на наклонный элемент сквозного сооружения необходимо получать по эпюрам горизонтальной и вертикальной составляющих нагрузки, ординаты которых должны определяться согласно п.6.2.4 с учётом заглубления под расчётный уровень и удаления от вершины расчётной волны отдельных участков элемента.

Примечание - Нагрузку от волн на элементы сооружения, наклонённые к горизонтали или вертикали под углом менее 25° , допускается определять соответственно по п.6.1.4 и п.6.2.4 как на вертикальную или горизонтальную обтекаемую преграду.

6.1.13 Динамическую нагрузку от воздействия нерегулярных ветровых волн на сквозное сооружение из обтекаемых элементов следует определять умножением значения статической нагрузки, полученной согласно п.6.4.1 и п.6.4.2 от волн с высотой заданной обеспеченности в системе и средней длиной, на коэффициент динамичности k_d , принимаемый по таблице 18.

Таблица 18 – Коэффициент динамичности k_d

Отношение периодов $T_c / \bar{T} > 0,3$	0,01	0,1	0,2	0,3
Коэффициент динамичности k_d	1	1,15	1,2	1,3
T_c - период собственных колебаний сооружения, с; $\bar{T}$ - средний период волны, с.				

При отношениях периодов $T_c / \bar{T} > 0,3$ необходимо выполнять динамический расчёт сооружения.

6.5 Нагрузки от волн на вертикальные цилиндры больших диаметров (особые случаи)

6.5.1 Максимальный опрокидывающий момент $M_{z,por}$, кН·м, от волнового давления на сплошное днище вертикальной круглоцилиндрической преграды, расположенной на гравийно-галечниковом или каменнонабросном основании, относительно центра днища следует определять по формуле:

$$M_{z,por} = \frac{1}{16} pghD^3 \beta_{por}, \quad (66)$$

где β_{por} - коэффициент опрокидывающего момента с учётом проницаемости основания, принимаемый по таблице 19.

Полный максимальный опрокидывающий момент, действующий на преграду, определяется как сумма двух моментов: момента от максимальной силы Q_{max} , равного произведению этой силы, определяемой по п.6.1.1, на плечо, определяемое по п.6.1.5, и максимального момента, определяемого по формуле (66) и совпадающего по фазе с максимальной силой Q_{max} .

Таблица 19– Коэффициент β_{por} при D/λ

d/λ	Значение коэффициента β_{por} при D/λ			
	0,2	0,25	0,3	0,4
1	2	3	4	5
1	2	3	4	5
0,12	0,67	0,76	0,82	0,81
0,15	0,59	0,68	0,73	0,73
0,2	0,46	0,52	0,57	0,56
0,25	0,35	0,42	0,44	0,42
0,3	0,26	0,29	0,32	0,32
0,4	0,14	0,15	0,17	0,17
0,5	0,07	0,08	0,09	0,09

6.5.2 Волновое давление p , кПа, в точке поверхности вертикальной круглоцилиндрической преграды на глубине $z \geq 0$ в момент максимума горизонтальной силы Q_{max} необходимо определять по формуле:

$$p = \rho g h \frac{chk(d-z)}{chkd} \chi, \quad (67)$$

где χ - коэффициент распределения давления, принимаемый по таблице 20;

Таблица 20– Коэффициент χ при D/λ

θ , град.	Значение коэффициента χ при D/λ		
	0,2	0,3	0,4
0	0,73	0,85	0,86
15	0,7	0,83	0,85
30	0,68	0,81	0,84
45	0,6	0,74	0,8
60	0,5	0,65	0,7
75	0,35	0,51	0,55
90	0,22	0,34	0,34
105	0,03	0,11	0,1
120	-0,09	-0,08	-0,1
135	-0,23	-0,23	-0,23
150	-0,32	-0,36	-0,33
165	-0,37	-0,42	-0,38
180	-0,41	-0,45	-0,4

θ - угол между лучом набегающей волны и направлением на рассматриваемую точку из центра преграды (для передней образующей цилиндра $\theta = 0$).

Давление p в точках, лежащих выше расчётного уровня воды ($z < 0$), при $\chi > 0$, принимается по линейному закону между p на уровне $z = 0$, определяемым по формуле (67), и $p = 0$ на уровне $z = -\chi h$; а при $\chi < 0$ для точек на глубине $0 \leq z \leq -\chi h$ - также по линейному закону между $p = 0$ при $z = 0$ и p , определяемым по формуле (67) при $z = -\chi h$.

Максимальную донную скорость $v_{b,\max}$, м/с, в точках, расположенных на контуре преграды ($\theta = 90^\circ$ и 270°) и впереди преграды на расстоянии $0,25\lambda$ от контура преграды ($\theta = 0^\circ$) следует определять по формуле:

$$v_{b,\max} = 2\varphi_v \frac{\pi h}{T} \cdot \frac{1}{shkd}, \quad (68)$$

где коэффициент φ_v принимается по таблице 21.

Таблица 21 – Коэффициент φ_v при D/λ

Положение расчётных точек	Значение коэффициента φ_v при D/λ		
	0,2	0,3	0,4
На контуре преграды	0,98	0,87	0,77
Впереди преграды	0,67	0,75	0,75

7 НАГРУЗКИ ОТ ВЕТРОВЫХ ВОЛН НА БЕРЕГОУКРЕПИТЕЛЬНЫЕ СООРУЖЕНИЯ И СУДОВЫХ ВОЛН НА КРЕПЛЕНИЯ БЕРЕГОВ КАНАЛОВ

7.1 Нагрузки от ветровых волн на берегоукрепительные сооружения

7.1.1 Максимальные значения горизонтальной P_x , кН/м, и вертикальных P_z и P_c , кН/м, проекций равнодействующей нагрузки от волн на подводный волнолом необходимо принимать по эпюрам бокового и взвешивающего волнового давления (рисунок 25). При этом p , кПа, должно определяться в зависимости от z с учетом уклона дна i по формулам по формулам:

а) при уклоне дна $i < 0,04$:

$$z = z_1$$

$$\text{при } z_1 < z_2 \quad p_1 = \rho g(z_1 - z_2), \quad (68)$$

$$\text{при } z_1 \geq z_2 \quad p_1 = \rho_2, \quad (69)$$

$$z = z_2 \quad p_2 = \rho g h \left(0,015 \frac{\bar{\lambda}}{d} + 0,23 \frac{d - z_1}{d} \right) - \rho g z_4, \quad (70)$$

$$z = z_3 = d \quad p_3 = k_w p_2. \quad (71)$$

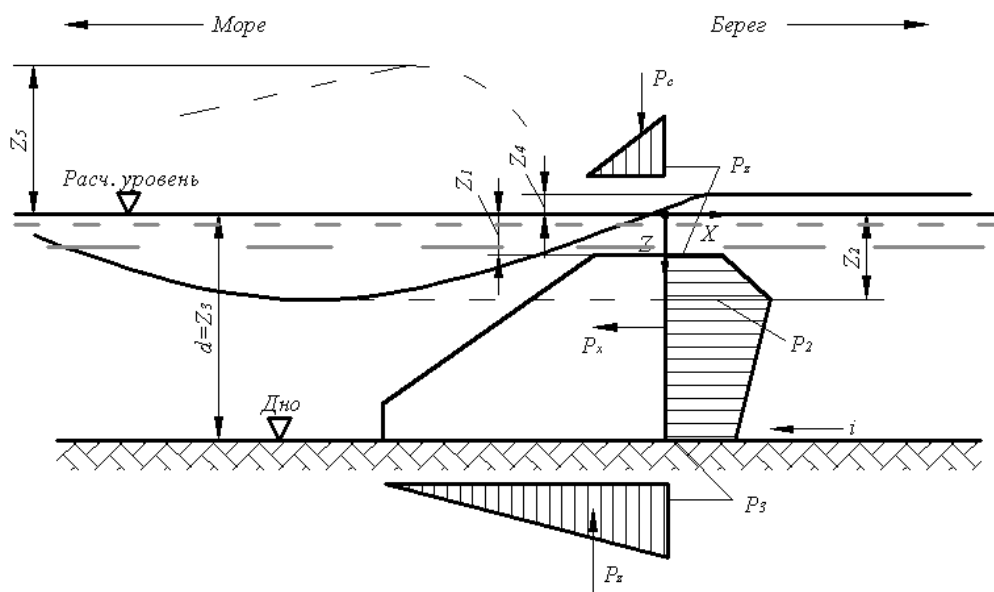


Рисунок 25 – Эпюры волнового давления на подводный волнолом

б) при уклоне дна $i > 0,04$:

$z = z_1$ p_1 определяется по формулам (68) и (69),

$$z = z_2 \quad p_2 = \rho g (z_2 - z_4), \quad (72)$$

$$z = z_3 = d \quad p_3 = p_2. \quad (73)$$

где z_1 - ордината верха сооружения, м;

z_2 - ордината подошвы волны, м, по таблице 22;

z_4 - ордината поверхности воды за подводным волноломом, м, определяемая по формуле:

$$z_4 = -k_{rd} (z_1 - z_5) + z_1, \quad (74)$$

где k_{rd} - коэффициент, принимаемый по таблице 22;

z_5 - ордината гребня волны перед подводным волноломом, м, принимаемая по таблице 22;

Таблица 22 – Ордината подошвы волны z_2

Относительная высота волны h/d	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	0,4
Относительное понижение гребня волны z_2/d	0,14	0,17	0,2	0,22	0,24	0,26	0,28	0,14
Относительное превышение гребня волны z_5/d	-0,13	-0,16	-0,2	-0,24	-0,28	-0,32	-0,37	-0,13
Коэффициент k_{rd}	0,76	0,73	0,69	0,66	0,63	0,6	0,57	0,76

k_w - коэффициент, принимаемый по таблице 23;

Таблица 23 – Коэффициент k_w

Пологость волны $\bar{\lambda}/h$	8	10	15	20	25	30	35
Коэффициент k_w	0,73	0,75	0,8	0,85	0,9	0,95	1,0

7.1.2 Максимальную донную скорость $v_{b,max}$, м/с, перед берегоукрепительным сооружением необходимо определять по формуле (12), где коэффициент k_{sl} принимается:

- а) для вертикальной или круглонаклонной стены по таблице 4;
- б) для подводного волнолома по таблице 24;

Таблица 24 – Коэффициент k_{sl}

Относительная длина волны $\bar{\lambda}/h$	≤ 5	10	15	20 и более
Коэффициент k_{sl}	0,5	0,7	0,9	1,1

Максимальную донную скорость воды $v_{b,max}$, м/с, перед берегоукрепительным сооружением при разбивающихся и прибойных волнах надлежит определять соответственно по формулам (18) и (23).

Допускаемые значения неразмывающих донных скоростей должны приниматься согласно п.5.2.5.

7.1.3 Максимальные значения горизонтальной P_x , кН/м, и вертикальной P_z , кН/м, проекций равнодействующей линейной нагрузки от разбивающихся и разрушающихся

волн на вертикальную волнозащитную стену (при отсутствии засыпки грунта со стороны берега) необходимо принимать по эпюрам бокового и взвешивающего волнового давлений (рисунок 26), при этом значения p , кПа, и η_c , м, должны определяться в зависимости от места расположения сооружения:

а) при расположении сооружения в створе последнего обрушения прибойных волн (рисунок 26 а) по формулам:

$$p = p_u = \rho g h_{br} \left(0,033 \frac{\bar{\lambda}}{d} + 0,75 \right), \quad (75)$$

$$\eta_c = -\frac{p_u}{\rho g}. \quad (76)$$

б) при расположении сооружения в приурезовой зоне (рисунок 27б) по формулам:

$$p = p_i = \left(1 - 0,3 \frac{\alpha_i}{\alpha_n} \right) p_u, \quad (77)$$

$$\eta_c = -\frac{p_u}{\rho g}. \quad (78)$$

в) при расположении сооружения на берегу за линией уреза в пределах наката волн (рисунок 26 в) по формулам:

$$p = p_l = 0,7 \left(1 - \frac{\alpha_l}{\alpha_r} \right) p_u, \quad (79)$$

$$\eta_c = \frac{p_l}{\rho g}, \quad (80)$$

где η_c - превышение гребня волны над расчётным уровнем в створе волнозащитной стены, м;

h_{br} - высота разбивающихся (разрушающихся) волн, м;

α_n - расстояние от створа последнего обрушения волн до линии уреза (приурезовая зона), м;

α_i - расстояние от створа последнего обрушения волн до сооружения, м;

α_l - расстояние от линии уреза воды до сооружения, м;

α_r - расстояние от линии уреза воды до границы наката на берег разрушившихся волн (при отсутствии сооружения), м, определяемое по формуле:

$$\alpha_r = h_{sur1\%} \operatorname{ctg} \varphi, \quad (81)$$

где $h_{sur1\%}$ - высота наката волн на берег, м, определяемая по п.5.4.1.

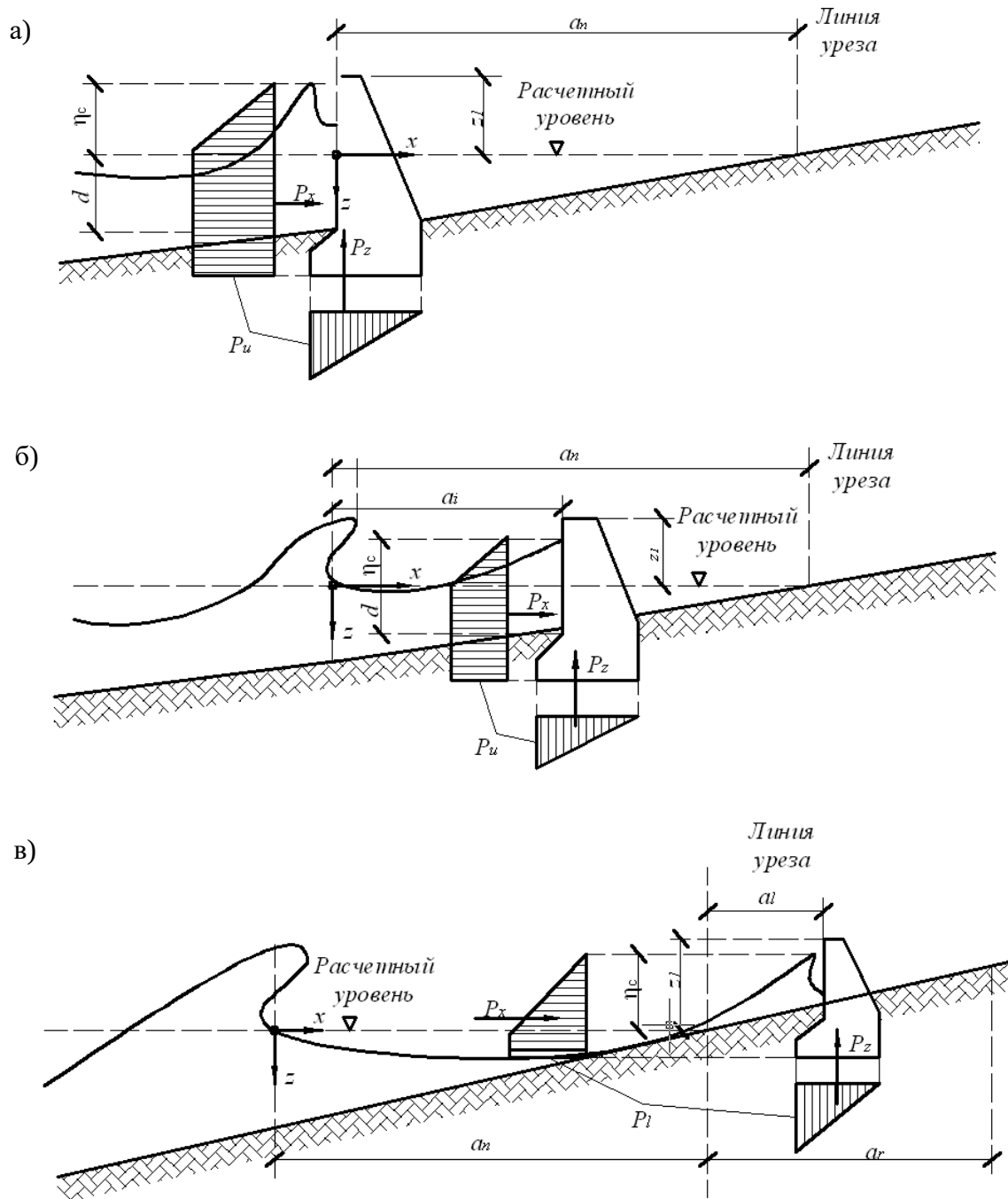


Рисунок 26 – Эпюры волнового давления на вертикальную волнозащитную стену при расположении сооружения:
а) в зоне прибойной волны; б) в приурезовой зоне; в) за линией уреза

Примечания

1 Если ордината верха сооружения $z_1 \geq -0,3h$, м, то величины волнового давления, определяемые по формулам (75), (77) и (79), необходимо умножать на коэффициент k_{zd} , принимаемый по таблице 25.

2 Нагрузки от прибойных волн на волнозащитные стены при расположении их в прибойной зоне следует определять согласно п.5.3.2.

Таблица 25 – Коэффициент k_{zd}

Ордината верха сооружения z_1 , м	-0,3h	0,0	+0,3h	+0,65
Коэффициент k_{zd}	0,95	0,85	0,8	0,5

7.1.4 Максимальные значения горизонтальной P_x , кН/м, и вертикальной P_z , кН/м, проекций равнодействующей линейной нагрузки от разрушившихся волн на вертикальную волнозащитную стену (с засыпкой грунта со стороны берега) при откате волны необходимо принимать по эпюрам бокового ивзвешивающего волнового давлений (рисунок 27), при этом значение p_r , кПа, должно определяться по формуле:

$$p_r = \rho g (\Delta z_r - 0,75h_{br}), \quad (82)$$

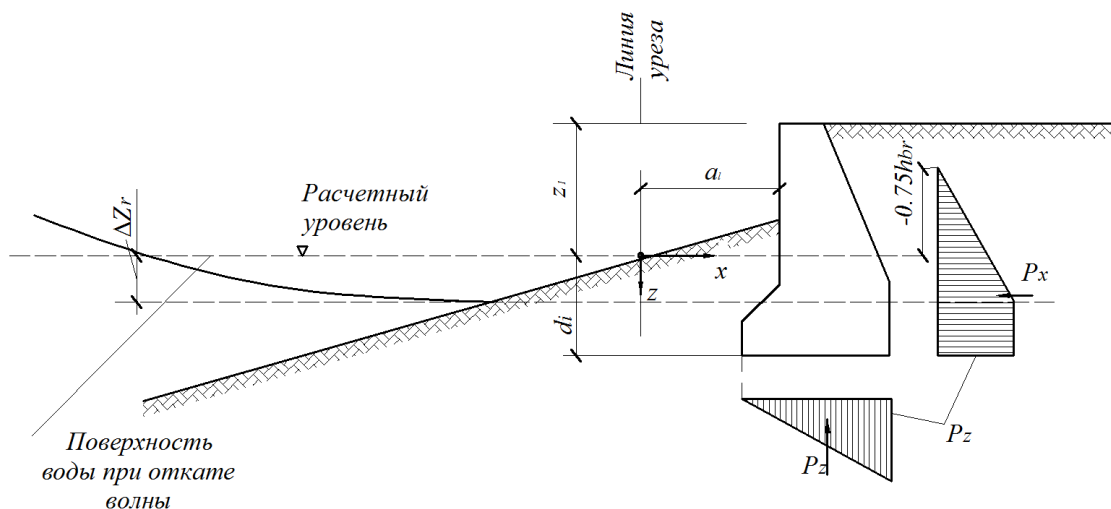


Рисунок 27 – Эпюры волнового давления на вертикальную волнозащитную стену при откате волны

где Δz_r - понижение поверхности воды от расчётного уровня перед вертикальной стеной при откате волны, м, принимаемое равным в зависимости от расстояния a_l от линии уреза воды до сооружения: при $a_l \geq 3h_{br}$ $\Delta z_r = 0$ и при $a_l < 3h_{br}$ $\Delta z_r = 0,25h_{br}$.

7.1.5 Волновое давление p , кПа, на криволинейный участок стены необходимо принимать по эпюре волнового давления на вертикальную стену согласно п.7.1.3 с ориентированием этой эпюры по нормали к криволинейной поверхности (рисунок 28).

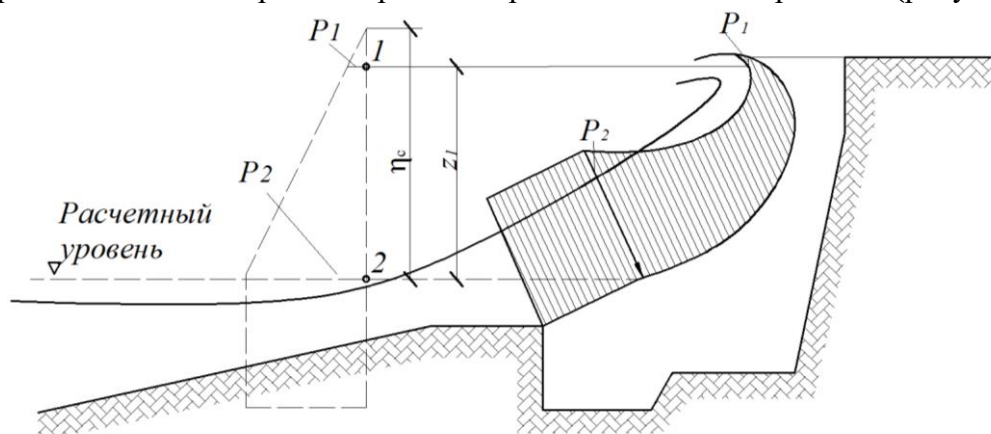


Рисунок 28 – Эпюры давления волн на криволинейный участок волнозащитной стены

7.1.6 Максимальные значения горизонтальных $P_{x,ext}$, $P_{x,int}$ кН, и вертикальной P_z , кН, проекций равнодействующей линейной нагрузки от волн на элемент буны необходимо принимать по эпюрам бокового и взвешивающего волнового давления (рисунок 29), при этом значения волнового давления на внешнюю p_{ext} , кПа, и теньевую p_{int} , кПа, грани буны и соответствующие возвышения гребня волны η_{ext} , м, и η_{int} , м, должны определяться по формулам:

$$P_{ext(int)} = \frac{3}{4} k_a \rho g h (1 + \cos^2 \alpha), \quad (83)$$

$$\eta_{ext} = \frac{p_{ext}}{\rho g}, \quad \eta_{int} = \frac{p_{int}}{\rho g}, \quad (84)$$

где k_a - коэффициент, принимаемый по таблице 26, в зависимости от угла α подхода фронта волны к буне.

Таблица 26 - Коэффициент, зависмый от угла α подхода фронта волны к буне

Грань буны	$ctg \alpha$	Коэффициент k_a при значении $l/\bar{\lambda}$			
		0,03 и менее	0,05	0,1	0,2 и более
Внешняя	—	1	0,75	0,65	0,6
Теньевая	0	1	0,75	0,65	0,6
	0,2	0,45	0,45	0,45	0,45
	0,5	0,18	0,22	0,3	0,35
	1	0	0	0	0

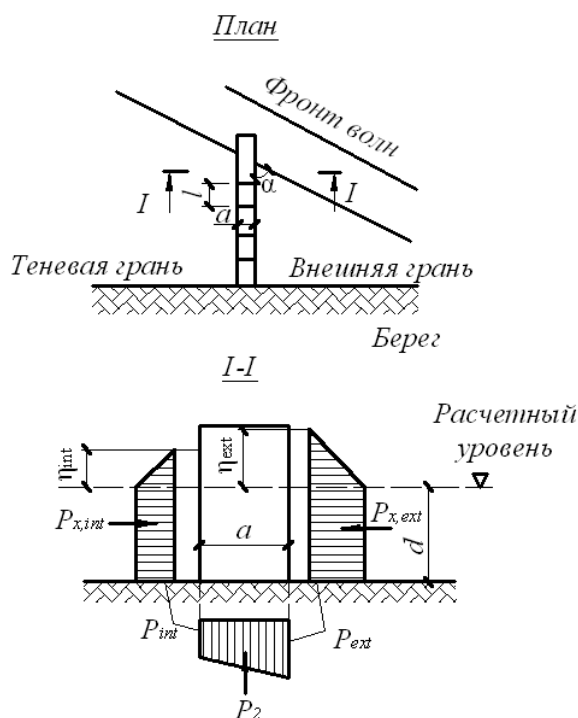


Рисунок 29 – Эпюры волнового давления на буну

7.2 Нагрузки от судовых волн на крепления берегов каналов

7.2.1 Высоту судовой волны h_{sh} , м, необходимо определять по формуле:

$$h_{sh} = \frac{2v^2}{g} \sqrt{\frac{\delta d_s}{l_u}}, \quad (85)$$

где d_s и l_u - осадка и длина судна, м;

δ - коэффициент полноты водоизмещения судна;

v_{adm} - допускаемая по эксплуатационным требованиям скорость судна, м/с, определяемая по формуле:

$$v_{adm} = 0,9 \sqrt{\left[6 \cos \frac{\pi + \arccos(1 - k_\alpha)}{3} - 2(1 - k_\alpha) \right] g \frac{A}{b}}, \quad (86)$$

где k_α - отношение подводной площади поперечного сечения судна к площади живого сечения канала A , м²;

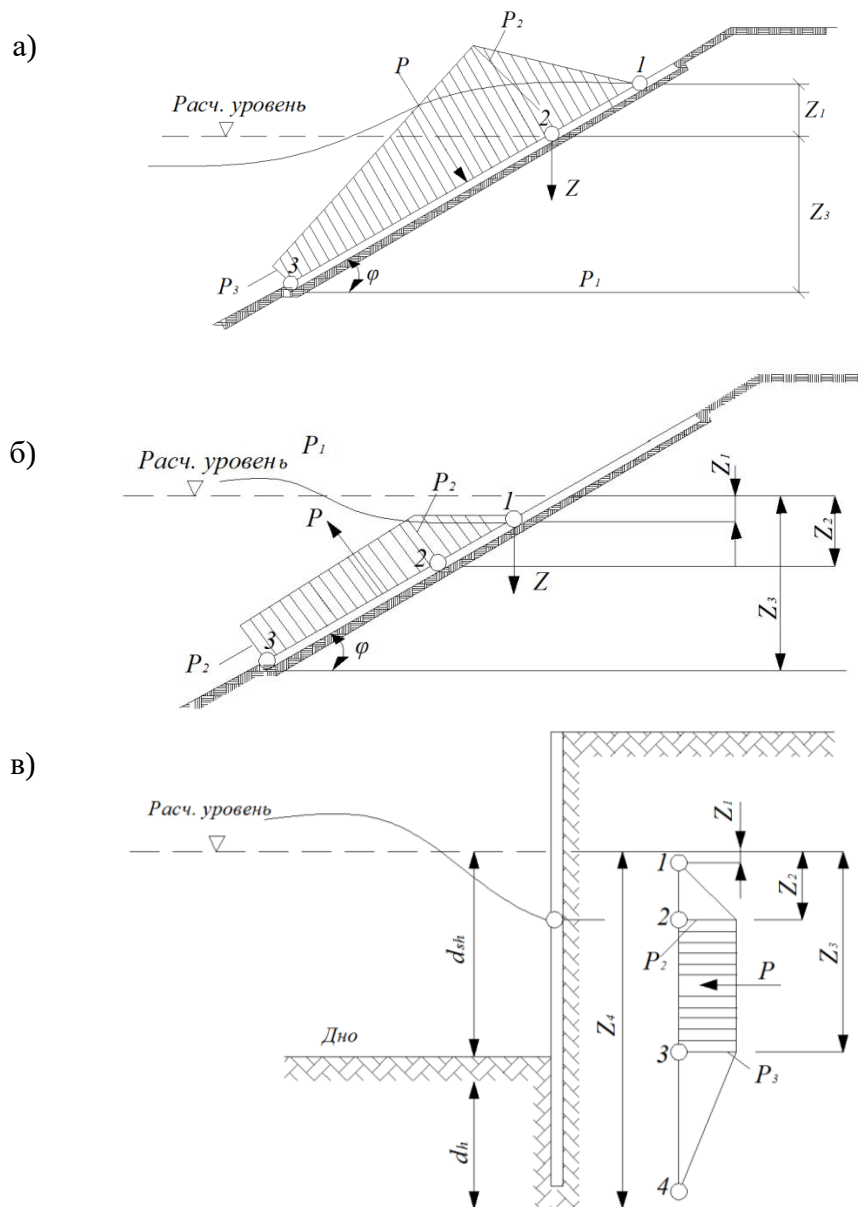
b - ширина канала, м, по урезу воды;

7.1.7 Высоту наката h_{rsh} , м, судовой волны на откос (рисунок 30) следует определять по формуле:

$$h_{rsh} = \beta_{sl} \frac{0,5h_{sl} + 0,05ctg\varphi \frac{v_{adm}^2}{g}}{1 - 0,05ctg\varphi}, \quad (87)$$

β_{sl} - коэффициент, принимаемый для откосов, облицованных сплошными плитами, равным 1,4; каменным мощением - 1,0 и каменной наброской - 0,8.

7.1.8 Максимальное значение линейной нагрузки от судовой волны на крепления берегов каналов P , кН/м, должно приниматься по эпюрам волнового давления (см. рисунок 30), при этом значения p , кПа, необходимо определять в зависимости от z по формулам:



- а) при накате волны на откос; б) при откате волны с откоса;
в) при ложбине волны у вертикальной стены

Рисунок 30 – Эпюры давления судовых волн на крепления берегов каналов

а) при накате волны на откос, укреплённый плитами (см. рисунок 30 а):

$$z = z_1 = -h_{rsh}, \quad p_1 = 0, \quad (88)$$

$$z = z_2 = 0, \quad p_2 = 1,34\rho gh_{sh}, \quad (89)$$

$$z = z_3 = 1,5h_{sh}\sqrt{1 + \operatorname{ctg}^2 \varphi}, \quad p_3 = 0,5\rho gh_{sh}. \quad (90)$$

б) при откате волны с откоса, укреплённого плитами (см. рисунок 30 б):

$$z = z_1 = \Delta z_f, \quad p_1 = 0, \quad (91)$$

$$z = z_2 = 0,5h_{sh}, \quad p_2 = -\rho g(0,5h_{sh} - \Delta z_f), \quad (92)$$

$$z = z_3 = d_{inf}, \quad p_3 = p_2. \quad (93)$$

в) при ложбине воды у вертикальной стены (см. Рисунок 30 в):

$$z = z_1 = \Delta z_f, \quad p_1 = 0, \quad (94)$$

$$z = z_2 = 0,5h_{sh}, \quad p_2 = -\rho g(0,5h_{sh} - \Delta z_f), \quad (95)$$

$$z = z_3 = d_{sh}, \quad p_3 = p_2, \quad (96)$$

$$z = z_4 = d_{sh} + d_h, \quad p_4 = 0, \quad (97)$$

где d_{inf} - глубина низа крепления откоса, м;

d_{sh} - глубина забивки шпунта, м;

Δz_f - понижение уровня воды, м, закреплением берега канала, вследствие фильтрации, принимаемое равным:

0,25 h_{sh} - для крепления протяжённостью по откосу от расчётного уровня воды менее 4 м с водонепроницаемым упором;

0,2 h_{sh} - то же, с протяжённостью более 4 м с упором в виде каменной призмы;

0,1 h_{sh} - для вертикальной шпунтовой стенки.

8 НАГРУЗКИ ОТ СУДОВ (ПЛАВУЧИХ ОБЪЕКТОВ) НА ГИДРОТЕХНИЧЕСКИЕ СООРУЖЕНИЯ

При расчёте гидротехнических сооружений на нагрузки от судов (плавучих объектов) необходимо определять:

- нагрузки от ветра, течения и волн на плавучие объекты согласно п.п.8.1.1 - 8.1.4;
- нагрузки от навала на причальное сооружение пришвартованного судна при действии ветра, течения и волн согласно п. 8.2.1;
- нагрузки от навала судна при его подходе к портовому причальному сооружению согласно п.п.8.3.1 -8.3.3;
- нагрузки от натяжения швартовов при действии на судно ветра и течения согласно п.п.8.4.1 - 8.4.2.

8.1 Нагрузки от ветра, течения и волн на плавучие объекты

8.1.1 Поперечную W_q , кН, и продольную W_n , кН, составляющие силы от воздействия ветра на плавучие объекты следует определять по формулам:

- для судов и плавучих причалов с ошвартованными судами:

$$W_q = 73,6 \cdot 10^{-5} A_q v_q^2 \xi, \quad (98)$$

$$W_n = 49,0 \cdot 10^{-5} A_n v_n^2 \xi, \quad (99)$$

- для плавучих доков:

$$W_q = 79,5 \cdot 10^{-5} A_q v_q^2, \quad (100)$$

$$W_n = 79,5 \cdot 10^{-5} A_n v_n^2, \quad (101)$$

где A_q и A_n - соответственно боковая и лобовая надводные площади парусности (силуэтов) плавучих объектов, м²;

v_q и v_n - соответственно поперечная и продольная составляющие скорости ветра обеспеченностью 2 % за навигационный период, м/с;

ξ - коэффициент, принимаемый по таблице 27, в которой a_h - наибольший горизонтальный размер поперечного или продольного силуэтов надводной части плавучего объекта.

8.1.2. Поперечную Q_w , кН, и продольную N_w , кН, составляющие силы от воздействия течения на плавучий объект следует определять по формулам:

$$Q_w = 0,59 A_t v_t^2, \quad (102)$$

$$N_w = 0,59A_t v_l^2, \quad (103)$$

A_t и A_l - соответственно боковая и лобовая подводные площади парусности плавучих объектов, м²;

v_t и v_l - поперечная и продольная составляющие скорости течения обеспеченностью 2 % за навигационный период, м/с.

Таблица 27 – Зависимость коэффициента ξ от наибольшего горизонтального размера a_h

Наибольший размер силуэта плавучего объекта a_h , м	до 25	50	100	200 и более
Коэффициент ξ	1	0,8	0,65	0,5

Примечание - Площади парусности следует определять с учётом площадей экранирующих преград, расположенных с наветренной стороны.

8.1.3 Максимальные значения поперечной Q , кН, и продольной N , кН, горизонтальных сил от воздействия волн на плавучие объекты следует определять по формулам:

$$Q = \alpha \gamma_1 \rho g h A_t, \quad (104)$$

$$N = \alpha \rho g h A_l, \quad (105)$$

где α - коэффициент, принимаемый по рисунку 31, на котором d_s - осадка плавучего объекта, м;

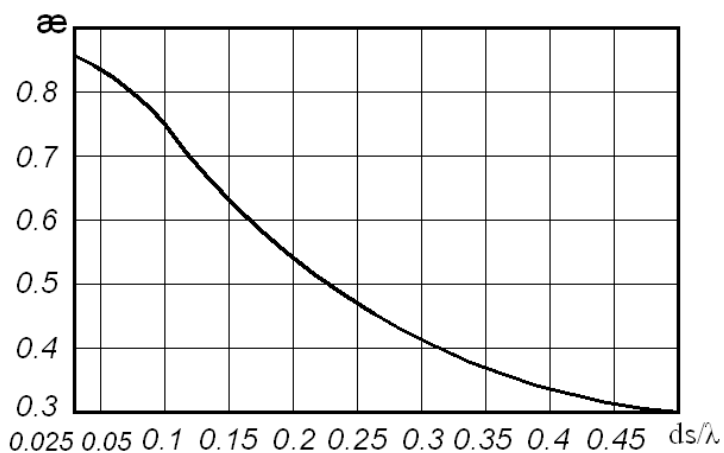


Рисунок 31 – График значений коэффициента α

γ_1 - коэффициент, принимаемый по таблице 28, в которой a_l - наибольший горизонтальный размер продольного силуэта подводной части плавучего объекта, м;

Таблица 28 – Зависимость коэффициента γ_1 от a_l / λ

a_l / λ	0,5 и менее	1	2	3	4 и более
Коэффициент γ_1	1	0,73	0,5	0,42	0,4
Примечание - Период изменения волновой нагрузки следует принимать равным среднему периоду волн.					

h - высота волн обеспеченностью 5 % в системе, м;

A_l и A_t - обозначения те же, что и в п.8.1.2.

8.1.4 При расчёте гидротехнических сооружений на действие нагрузок, передающихся от плавучих объектов на палы, корневые части причалов и анкерные опоры (для принятого количества, калибра и длины связей, значения натяжения связей в первоначальном состоянии, массы подвесных грузов и места их закрепления), необходимо определять:

- горизонтальные и вертикальные нагрузки на сооружения и анкерные опоры;
- наибольшие усилия в связях;
- перемещения плавучих объектов.

Примечание - На морях с приливами и отливами определение усилий в элементах раскрепления следует производить при самом высоком и самом низком уровнях воды.

8.1.5 Нагрузки на анкерные опоры, усилия в связях и перемещения плавучих объектов необходимо определять с учётом динамики действия волн, при этом соотношения периодов свободных и вынужденных колебаний плавучих объектов должны приниматься из условия недопущения резонансных явлений.

8.2 Нагрузки от навала пришвартованного судна на сооружение

8.2.1 Линейную нагрузку от навала пришвартованного судна на сооружение q , кН/м, под действием ветра, течения и волн, высота которых превышает допускаемые значения определяют по формуле:

$$q = 1,1 \frac{Q_{tot}}{l_d}, \quad (106)$$

где Q_{tot} - поперечная сила от суммарного воздействия ветра, течения и волн, кН, согласно п.п.8.1.1, 8.1.2, 8.1.3, 8.1.5;

l_d - длина участка контакта судна с сооружением, м, принимаемая в зависимости от соотношения длины причала L , м, и длины прямолинейной части борта судна (или обноса) l , м, соответственно:

$$\begin{aligned} \text{при } L \geq l & \quad l_d = l, \\ \text{при } L < l & \quad l_d = L. \end{aligned}$$

Примечание - Для причального фронта, образованного несколькими опорами, распределение нагрузки от пришвартованного судна следует принимать только на те из них, которые располагаются в пределах прямолинейной части борта судна.

Таблица 29– Допускаемые значения высоты волн при швартовке судна, тыс.т.

Угол подхода фронта волн к диаметральной плоскости судна α , град	Высоты волн $h_{5\%}$, м, допускаемые при швартовке судна с расчетным водоизмещением D , тыс. т						
	до 2	5	10	20	40	100	200 и более
до 45	0,6	0,7	0,9	1,1	1,2	1,5	1,8
90	0,9	1,2	1,5	1,8	2	2,5	3,2

8.3 Нагрузки от навала судна при подходе к сооружению

8.3.1 Кинетическую энергию навала судна E_q , кДж, при подходе его к портовому причальному сооружению следует определять по формуле:

$$E_q = \psi \frac{Dv^2}{2}, \quad (107)$$

где D - расчётное водоизмещение судна, т;

v - нормальная (к поверхности сооружения) составляющая скорости подхода судна, м/с, принимаемая по таблице 30;

Таблица 30 – Нормальная составляющая скорости подхода

Суда	Нормальная составляющая скорости подхода судна V , м/с, с расчётным водоизмещением D , тыс.т						
	до 2	5	10	20	40	100	200 и более
Морские	0,22	0,15	0,13	0,11	0,10	0,09	0,08
Речные	0,2	0,15	0,1	-	-	-	-

ψ - коэффициент, принимаемый по таблице 31, при этом для судов, швартующихся в балласте или порожнем, табличные значения ψ необходимо уменьшать на 15 %.

8.3.2 Поперечную горизонтальную силу F_q , кН, от навала судна при подходе к сооружению необходимо определять для заданного значения энергии навала судна E_q , кДж, по графикам, полученным согласно схеме рисунка 32, следуя по направлению штриховой линии со стрелками.

Таблица 31 – Коэффициент ψ

Конструкции причальных сооружений	Коэффициент ψ для судов	
	морских	речных
Набережные из обыкновенных или фасонных массивов, массивов-гигантов, оболочек большого диаметра и набережные углового типа; бoulderки, набережные на свайных опорах с передним шпунтом	0,5	0,3
Набережные эстакадного или мостового типа, набережные на свайных опорах с задним шпунтом	0,55	0,4
Пирсы эстакадного или мостового типа, палы причальные	0,65	0,45
Палы причальные головные или разворотные	1,6	-

Примечание - При определении кинетической энергии навала морских судов водоизмещением до 5 тыс.т, швартующихся на незащищённой акватории, нормальную составляющую скорости подхода, принимаемую по таблице 30, следует увеличивать в полтора раза.

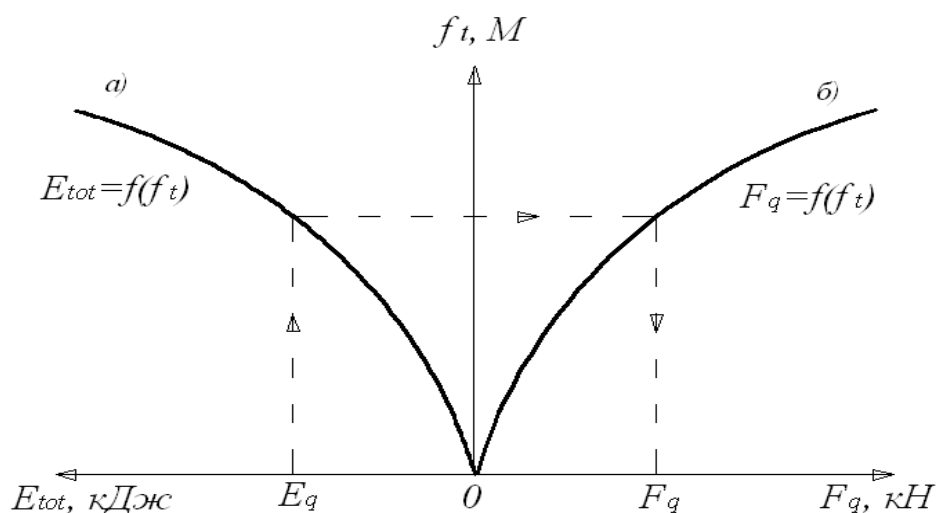


Рисунок 32 – Схема построения графиков зависимости деформаций отбойного устройства (и причального сооружения) f_t :

а) - от энергии E_{tot} ; б) - от нагрузки F_q

8.1.6 Суммарная энергия деформации E_{tot} , кДж, должна включать энергию деформации отбойных устройств E_e , кДж, и энергию причального сооружения E_i , кДж; при $E_e \geq 10E_i$ величину E_i допускается не учитывать.

Энергию деформации причального сооружения E_i , кДж, следует определять по формуле:

$$E_i = \frac{1}{2} \cdot \frac{F_q^2}{k_i}, \quad (108)$$

где k_i - коэффициент жёсткости причального сооружения в горизонтальном поперечном направлении, кН/м.

Продольная сила F_n , кН от навала судна при подходе к сооружению должна определяться по формуле:

$$F_n = \mu F_q, \quad (109)$$

где μ - коэффициент трения, принимаемый в зависимости от материала лицевой поверхности отбойного устройства: при поверхности из бетона или резины $\mu = 0,5$; при деревянной поверхности $\mu = 0,4$.

8.1.7 Допускаемое значение нормальной к поверхности сооружения составляющей скорости подхода судна v_{adm} , м/с, необходимо определять по формуле:

$$v_{adm} = \sqrt{\frac{2E_q}{\psi D}}, \quad (110)$$

где E_q - энергия навала, кДж, принимаемая по графикам, полученным согласно схеме рисунка 32 для случая наименьшей допускаемой силы F_q на причальное сооружение (или на борт судна);

ψ и D - обозначения те же, что и в п.8.3.1.

8.4 Нагрузки на сооружения от натяжения швартовов

8.4.1 Нагрузки от натяжения швартовов должны определяться с учётом распределения на швартовые тумбы (или рымы) поперечной составляющей суммарной силы Q_{tot} , кН, от действия на одно расчётное судно ветра и течения. Значения Q_{tot} , кН, принимаются согласно п.8.1.1 и п.8.1.2.

Воспринимаемую одной тумбой (рымом) силу S , кН, на уровне козырька (рисунок 34), независимо от количества судов, швартовы которых заведены за тумбу, а также её

поперечную S_q , кН, продольную S_n , кН и вертикальную S_v , кН, проекции следует определять по формулам:

$$S_q = \frac{Q_{tot}}{n \sin \alpha \cos \beta}, \quad (111)$$

$$S_q = \frac{Q_{tot}}{n}, \quad (112)$$

$$S_n = S \cos \alpha \cos \beta, \quad (113)$$

$$S_v = S \sin \beta, \quad (114)$$

где n - число работающих тумб, принимаемое по таблице 32;

Таблица 32– Зависимость числа работающих тумб от l_{max} и l_s

Наибольшая длина судна l_{max} , м	50 и менее	150	250	300 и более
Наибольшее расстояние между тумбами l_s , м	20	25	30	30
Число работающих тумб n	2	4	6	8

α, β - углы наклона швартова, град., принимаемые по таблице 33.

Таблица 33 – Углы наклона швартова, в зависимости от вида суда, град

Суда	Положения тумб на причальном сооружении	Углы наклона швартова, град		
		α	β	
			судно в грузу	судно порожнее
Морские	На кордоне	30	20	40
	В тылу	40	10	20
Речные пассажирские и грузопассажирские	На кордоне	45	0	0
Речные грузовые	То же	30	0	0
Примечание - При расположении швартовых тумб на отдельно стоящих фундаментах значение угла β следует принимать равным 30°.				

Значение силы от натяжения швартова S , кН, для судов речного флота должно приниматься по таблице 34.

Таблица 34 – Сила натяжения швартова S , для судов речного флота, кН

Расчетное водоизмещение судна в грузу D , тыс. т	Сила от натяжения швартова S , кН, для судов	
	пассажирских, грузопассажирских, технического флота со сплошной надстройкой	грузовых и технического флота без сплошной надстройки
0,1 и менее	50	30
0,11 - 0,5	100	50
0,51 - 1	145	100
1,1 - 2	195	125
2,1 - 3	245	145
3,1 - 5	-	195
5,1 - 10	-	245
Более 10	-	295

8.4.2 Силу, передаваемую на каждую концевую тумбу носовыми или кормовыми продольными швартовами, для морских судов с расчётным водоизмещением более 50 тыс.т, следует принимать равной продольной составляющей суммарной силы N_{tot} кН, от действия ветра и течения на пришвартованное судно, определённой согласно п. 8.1.1 и п.8.1.2.

8.4.3 Для специализированных причалов морских портов, состоящих из технологической площадки и отдельно стоящих палов, значения суммарных сил Q_{tot} , N_{tot} , от действия ветра и течения, определённые согласно п.8.1.1 и п.8.1.2, должны распределяться между группами швартовых канатов следующим образом:

а) на носовые, кормовые продольные и прижимные канаты - по $0,8Q_{tot}$, кН;

б) на шпринги - по $0,6Q_{tot}$, кН.

8.4.4 Если, каждая группа швартовов заводится на несколько палов, то распределение усилий между ними допускается принимать равномерным. Значения углов α и β (см. рисунок 33) и число работающих тумб, следует устанавливать по расположению швартовых палов.

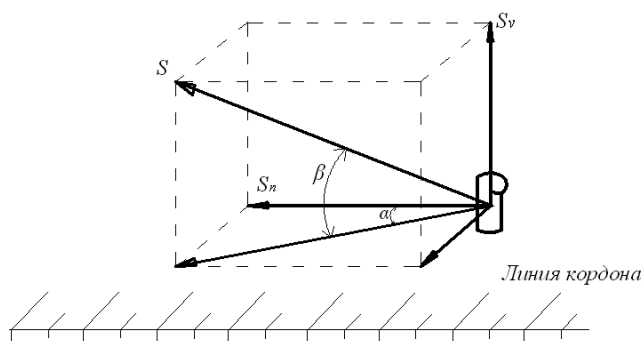


Рисунок 33 – Схема распределения усилия на тумбу от натяжения швартовов

9 НАГРУЗКИ И ВОЗДЕЙСТВИЯ ЛЬДА НА ГИДРОТЕХНИЧЕСКИЕ СООРУЖЕНИЯ

1. Нагрузки ото льда на гидротехнические сооружения, принимаемые по предельным разрушающим усилиям для льда, должны определяться на основе исходных данных по ледовой обстановке в районе сооружения для периода времени с наибольшими ледовыми воздействиями.

Нормативные сопротивления льда сжатию R_c , МПа, изгибу R_f , МПа, и смятию R_b , МПа, должны определяться по опытным данным, а при их отсутствии допускается:

а) принимать R_c по таблице 35;

t_a , °C - средняя температура воздуха трёхдневного периода, предшествующего действию льда на сооружение при толщине льда 0,5м и менее, или за шестидневный период при толщине льда более 0,5м;

S_i - солёность льда, ‰, принимаемая равной 20 ‰ солёности воды для льда с возрастом до двух месяцев или 15 ‰ солёности воды - для льда с возрастом два месяца и более.

Таблица 35 – Нормативные сопротивления льда сжатию R_c

Солёность льда S_i , ‰	Нормативное сопротивление льда сжатию R_c , МПа, при среднесуточной температуре воздуха t_a , °C			
	0	-3	-15	-30
Менее 1 (пресный лед)	0,45	0,75	1,2	1,5
1÷2	0,4	0,65	1,05	1,35
3÷6	0,3	0,5	0,85	1,05

б) определять R_f по формулам:

для пресноводного льда:

$$R_f = 0,75R_c, \quad (115)$$

для морского льда:

$$R_f = 0,5R_c \quad (116)$$

в) определять R_b по формуле:

$$R_b = k_b R_c, \quad (117)$$

где k_b - коэффициент, принимаемый по таблице 36.

Таблица 36 – Коэффициент k_b

Значение b/h_d	1	3	10	20	30 и более
Коэффициент k_b	2,5	2	1,5	1,2	1

b - ширина сооружения (опоры или секции сооружения) по фронту на уровне действия льда, м;

h_d - расчётная толщина льда, м, принимаемая равной: для речного льда 0,8 от максимальной за зимний период толщины льда обеспеченностью 1 %, для морского - максимальной толщине льда 1 % - ной обеспеченности.

Примечания

1 Для водохранилищ и озёр, а также участков рек южнее линии Кустанай - Караганда - Усть-Каменогорск допускается принимать нормативные сопротивления льда сжатию в период ледохода $R_c = 0,3$ МПа, а для начальной его стадии, на реках этого района, $R_c = 0,45$ МПа, нормативные сопротивления смятию льда - по формуле (117), но не выше $R_b = 0,45$ МПа в период ледохода и $R_b = 0,75$ МПа - в начальной стадии ледохода.

2 Настоящие положения распространяются на пресноводный и однолетний морской лёд.

3 Данные таблиц 35 и 36 допускается принимать при скорости движения льда 0,5 м/с и более.

2. Точку приложения равнодействующей ледовой нагрузки необходимо принимать ниже расчётного уровня воды на $0,3h_d$, м.

3. Нагрузки на сооружения от движущегося торосистого ледяного поля, определённые согласно п.п.9.1.1 – 9.1.4, необходимо увеличивать умножением их на коэффициент, принимаемый для Каспийского моря равным 1,3.

9.1 Нагрузки от ледяных полей на сооружения

9.1.1. Силу от воздействия движущихся ледяных полей на сооружения с вертикальной передней гранью необходимо определять:

- от воздействия ледяного поля на отдельно стоящую опору с передней гранью треугольного очертания при прорезании ею льда $F_{b,p}$, МН, или при остановке ледяного поля опорой $F_{c,p}$, МН, по меньшему значению, из определённых по формулам:

$$F_{b,p} = mR_b b h_d, \quad (118)$$

$$F_{c,p} = 0,04 v h_d \sqrt{m A R_b \operatorname{tg} \gamma}, \quad (119)$$

- от воздействия движущихся ледяных полей на отдельно стоящие опоры любого другого очертания при прорезании ими льда $F_{b,p}$, МН, по формуле (118);

- от воздействия движущихся ледяных полей на протяжённые сооружения ($b/hd \geq 50$) при ударе отдельных льдин $F_{c,w}$, МН, или при разрушении льда $F_{b,w}$, МН, по наименьшему значению, из определённых по формулам:

$$F_{c,w} = 0,07 v h_d \sqrt{A R_c}, \quad (120)$$

$$F_{b,w} = 0,5 R_c b h_d, \quad (121)$$

где m - коэффициент формы опоры в плане, определяемый по таблице 37;

Таблица 37 – Коэффициент формы опоры в плане m

Коэффициент формы опоры в плане	Для опор с передней гранью в виде:						
	треугольника с углом заострения в плане 2γ , град.					прямо- уголь- ника	многогранника или полуциркульного очертания
	45	60	75	90	120		
m	0,54	0,59	0,64	0,69	0,77	1	0,9

V - скорость движения ледяного поля, м/с, определяемая по данным натурных наблюдений. При их отсутствии допускается принимать её равной: для рек и приливных участков морей - скорости течения воды; для водохранилищ и морей - 3 % от значения скорости ветра 1 %-ной обеспеченности в период движения льда;

A - площадь ледяного поля, м², определяемая по натурным наблюдениям в данном или смежных пунктах;

γ - половина угла заострения передней грани опоры в плане, град.

Примечание - В морских условиях при подвижках ледяного поля со скоростью меньше 0,5м/с нагрузки для отдельно стоящих опор и протяжённых сооружений уточняются по опытными данным.

9.1.2 Силу от воздействия ледяного поля на сооружения откосного профиля или на отдельно стоящую опору, имеющую в зоне действия льда наклонную поверхность, необходимо определять:

на сооружение откосного профиля:

а) горизонтальную составляющую силы F_h , МН - как наименьшее из значений, полученных по формуле (122):

$$F_h = k_p m_t R_f h_d^2, \quad (122)$$

б) вертикальную составляющую силы F_v , МН - по формуле (123):

$$F_v = \frac{F_h}{m_t}, \quad (123)$$

на отдельно стоящую опору с наклонной передней гранью:

а) горизонтальную составляющую силы F_h , МН - как наименьшее из значений, полученных по формулам (118) и (122);

б) вертикальную составляющую силы $F_{v,p}$, МН - по формуле (123),

где k_β - коэффициент, принимаемый по таблице 38;

Таблица 38– Коэффициент k_β

Вид преграды или сооружения	Опора прямоугольного сечения при значении b/h_d		Конусообразная опора	Сооружение откосного профиля
	5 и менее	более 5		
Коэффициент k_β	1	$\frac{0,2b}{h_d}$	$1 + \frac{0,05b}{h_d}$	0,1b

m_t - коэффициент, принимаемый по таблице 39;

9.1.3 Силу от воздействия движущихся ледяных полей F_p , МН, на опору сооружения из ряда вертикальных опор, расположенных на расстоянии l , м, при значениях b/l от 0,1 до 0,9 необходимо принимать как наименьшее из значений, определённых по формулам (119), (120) и по формуле:

$$F_p = \left[\frac{b}{l} (1 - 2mk_b) + 2mk_b \right] F_{b,w}, \quad (124)$$

Таблица 39 – Коэффициент m_t

Угол наклона режущей грани сооружения к горизонту β , град.	15	30	45	60	75	80	85
Коэффициент m_t	0,27	0,58	1	1,73	3,73	5,67	11,43
Примечание - Значение расчётного угла наклона режущей грани сооружения при её обледенении допускается увеличивать с учётом опыта эксплуатации существующих в данном районе сооружений, но не более чем на 20 градусов.							

Силу от воздействия движущихся ледяных полей F_b , МН, на упругоподатливую опору с треугольным очертанием передней грани необходимо принимать как наименьшее из значений, определённых по формуле (119) и по формуле:

$$F_b = 0,03 \delta h_d \sqrt{\frac{A}{\delta h_d + \frac{0,2}{R_c m h g \gamma}}}, \quad (125)$$

где δ - коэффициент упругой податливости опоры сооружения, м/МН, определяемый методами строительной механики;

$R_c, m, \nu, b, h_d, A, \gamma, k_b$ - обозначения те же, что в п.9.1.1.

9.1.4 Силу от воздействия остановившегося ледяного поля, наваливающегося на сооружение при действии течения воды и ветра F_s , МН, необходимо определять по формуле:

$$F_s = (p_\mu + p_\nu + p_i + p_{\mu,a})A, \quad (126)$$

в которой величины $p_\mu, p_\nu, p_i, p_{\mu,a}$ МПа - определяются по формулам:

$$p_\mu = 5 \cdot 10^{-6} v_{\max}^2, \quad (127)$$

$$p_\nu = 5 \cdot 10^{-4} \frac{h_d v_{\max}^2}{L_m}, \quad (128)$$

$$p_i = 9,2 \cdot 10^{-3} h_d i, \quad (129)$$

$$p_{\mu,a} = 2 \cdot 10^{-8} v_{w,\max}^2, \quad (130)$$

где $V_{\max}$ - максимальная скорость течения воды подо льдом 1 %-ной обеспеченности в период ледохода, м/с;

$V_{w,\max}$ - максимальная скорость ветра в период ледохода 1 %-ной обеспеченности, м/с;

L_m - средняя длина ледяного поля по направлению потока, принимаемая по данным натурных наблюдений, а при их отсутствии для рек допускается принимать L_m равной утроенной ширине реки, м;

i - уклон поверхности потока;

h_d и A - обозначения те же, что в п.9.1.1.

Примечание - Расчётная ширина ледяного поля принимается по данным натурных наблюдений, а для затворов или аналогичных сооружений - не более ширины пролёта сооружения.

9.2 Нагрузки и воздействия на сооружения от сплошного ледяного покрова при его температурном расширении

9.2.1 Линейную нагрузку q , МН/м, на сооружение от воздействия сплошного ледяного покрова солёностью менее 2 %, при его температурном расширении необходимо определять по формуле:

$$q = h_{\max} k_l p_t, \quad (131)$$

где $h_{\max}$ - максимальная толщина ледяного покрова, м, обеспеченностью 1 %;

k_l - коэффициент, принимаемый по таблице 40.

Таблица 40– Коэффициент k_l

Протяженность ледяного покрова L , м	50 и менее	70	90	120	150 и более
Коэффициент k_l	1	0,9	0,8	0,7	0,6

p_t - давление за счёт упругой и пластической деформаций, МПа, при температурном расширении льда, определяемое по формуле:

$$p_t = 0,05 + 11 \cdot 10^{-5} v_{t,a} \eta_i \varphi, \quad (132)$$

где $v_{t,a}$ - максимальная скорость повышения температуры воздуха, °С/ч, за время t , ч (6ч. при 4 срочных наблюдениях);

η_i - коэффициент вязкости льда, МПа·ч, определяемый по формулам: при $t \geq -20^\circ\text{C}$.

$$\eta_i = (3,3 - 0,28t_i + 0,083t_i^2) \cdot 10^2, \quad (133)$$

при $t < -20^\circ\text{C}$

$$\eta_i = (3,3 \cdot 1,85t_i) 10^2, \quad (134)$$

где t_i - температура льда, $^\circ\text{C}$, определяемая по формуле:

$$t_i = t_b h_{rel} + \frac{v_{t,a} t}{2} \psi, \quad (135)$$

где t_b - начальная температура воздуха, $^\circ\text{C}$, от которой начинается ее повышение;

h_{rel} - относительная толщина ледяного покрова с учётом влияния снега, определяемая по формуле:

$$h_{rel} = \frac{h_{max}}{h_{red}}, \quad (136)$$

где h_{red} - приведенная толщина ледяного покрова, м, определяется по формуле:

$$h_{red} = h_{max} + 1,43h_{s,min} + \frac{2,3}{\alpha}, \quad (137)$$

где $h_{s,min}$ - наименьшая толщина снежного покрова за расчётный период, м, определяемая по данным натурных наблюдений, а при их отсутствии необходимо принимать $h_{s,min} = 0$;

α - коэффициент теплоотдачи от воздуха и поверхности снежного покрова, Вт/м^2 , принимаемый равным $23\sqrt{v_{w,m} + 0,3}$ - при наличии снега, или $\sqrt[6]{v_{w,m} + 0,3}$ - при отсутствии снега;

$v_{w,m}$ - средняя скорость ветра, м/с;

φ, ψ - безразмерные коэффициенты, принимаемые по графикам рисунков 34 и 35, при заданных значениях относительной толщины ледяного покрова h_{rel} и безразмерной величины:

$$F_0 = \frac{4 \cdot 10^{-3} t}{h_{red}^2};$$

где t - интервал времени, ч, между двумя измерениями температуры воздуха.

9.2.2 При определении линейной нагрузки q , МН/м, на сооружение от воздействия сплошного ледяного покрова при его температурном расширении необходимо учитывать следующие положения: за расчетную линейную нагрузку должно приниматься наибольшее из значений q , определённых согласно п.9.2.1 для случаев, когда из имеющегося ряда наблюдений за температурой воздуха приняты расчётные периоды либо с минимальной температурой и соответствующим ей градиентом, либо с максимальным градиентом и соответствующей ему температурой воздуха. Линейную нагрузку q , МН/м, при солёности льда $S_i \geq 2\%$ необходимо определять по формуле:

$$q = p_t h_{\max} k_l, \quad (138)$$

где $p_t = 0,1$ МПа;

$h_{\max}$ и k_l - обозначения те же, что в п.9.2.1.

Линейную нагрузку q , МН/м, при наклоне грани сооружения к горизонту менее 40° не учитывать.

9.3 Нагрузки на сооружения от зажорных масс льда

9.3.1 Силу от прорезания опорой зажорной массы льда $F_{b,j}$, МН, необходимо определять по формуле:

$$F_{b,j} = m R_{b,j} b h_j, \quad (139)$$

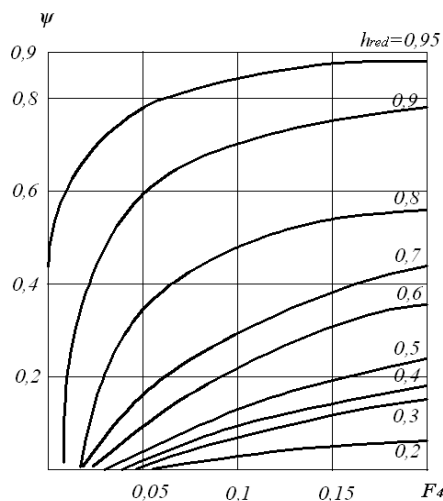


Рисунок 34 – Графики значений коэффициента ψ

где $R_{b,j}$ - нормативное сопротивление зажорной массы льда смятию, МПа, которое определяется по опытным данным, а при их отсутствии допускается принимать $R_{b,j} = 0,12$ МПа;

h_j - расчётная толщина зазора, м, принимается по данным натурных наблюдений. Допускается принимать h_j по данным о толщине слоя шуги на прилегающих участках реки, но не более 80 % средней глубины потока при расходе воды зазорного периода; m, b - обозначения те же, что в п.9.1.1.

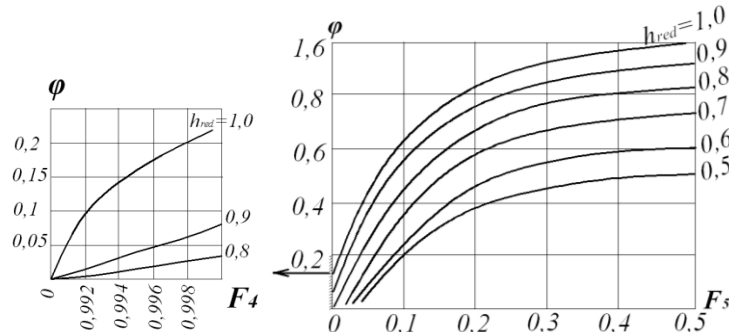


Рисунок 35– Графики значений коэффициента φ

9.3.2 Силу от навала зазорных масс льда на сооружение перпендикулярно его фронту $F_{s,j}$, МН, необходимо определять по формуле:

$$F_{s,j} = lL_j(4p_\mu + p_v + p_i + p_{\mu,\alpha}), \quad (140)$$

где l - длина участка сооружения на уровне воздействия зазорных масс, м;

L_j - длина участка зазора, принимаемая равной полуторной ширине реки в створе сооружения, м;

$p_\mu, p_v, p_i, p_{\mu,\alpha}$ - значения давлений льда, определяемые по формулам (127 - 130), при этом толщину зазора необходимо принимать согласно п.9.3.1. Скорость течения воды и уклон водной поверхности в месте образования зазора должны приниматься по данным натурных наблюдений, а при отсутствии их - по аналогии с данными натурных наблюдений для смежных районов.

9.3.3 Линейную нагрузку от навала зазорных масс льда на сооружение, расположенное параллельно направлению течения (а также на берега) q_j , МН/м, необходимо определять по формуле:

$$q_j = \xi \frac{F_{sj}}{l}, \quad (141)$$

где ξ - коэффициент, принимаемый равным для песчаных берегов - 0,7; глинистых - 0,8; скальных и вертикальных стен - 0,9;

$F_{s,j}$ и l - обозначения те же, что в п.9.3.2.

9.4 Нагрузки от примёрзшего к сооружению ледяного покрова при изменении уровня воды

9.4.1 Вертикальную силу от примёрзшего грунта к сооружению ледяного покрова при изменении уровня воды (рисунок 36) F_d , МН, необходимо определять по формуле:

$$F_d = 0,2l v_d t_d^4 \sqrt{\frac{h_{\max}^3}{\Phi}}, \quad (142)$$

где l - длина участка на уровне действия льда, м;

v_d - скорость понижения или повышения уровня воды, м/ч;

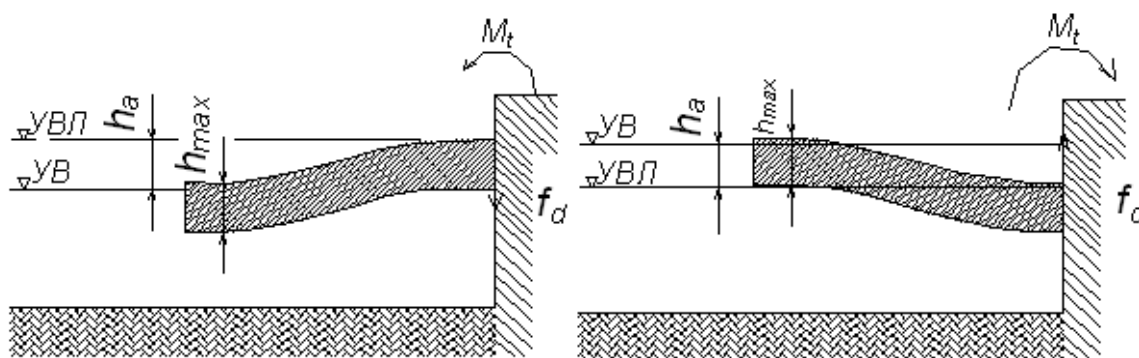
t_d - время, ч, в течение которого происходит деформация ледяного покрова при понижении или повышении уровня воды;

Φ - безразмерная функция времени, определяемая по формуле:

$$\Phi = 1 + \frac{3 \cdot 10^2}{\eta_i} [t_d + 50(1 - e^{-0,4 t_d})], \quad (143)$$

$h_{\max}$ и η_i - обозначения те же, что в п.9.2.1.

Примечание - Время t_d , в течение которого происходит деформация ледяного покрова, принимается по данным натурных измерений, но не более t_{cal} , определяемого по п.9.4.2.



а) - при понижении UB ; б) - при повышении UB ; $УВЛ$ - уровень воды при ледоставе

Рисунок 36 – Схемы к определению нагрузок от примерзшего к сооружению ледяного покрова при изменении уровня воды (UB):

9.4.2 Момент силы, воспринимаемый сооружением от примёрзшего ледяного покрова при понижении или повышении уровня воды (рисунок 36), M , МН·м, необходимо определять по формуле:

$$M = 2l\nu_d t_d \sqrt{\frac{h_{\max}^3}{\Phi}}, \quad (144)$$

где l , ν_d , t_d , $h_{\max}$, Φ - обозначения те же, что в п.9.4.1.

При этом предельное значение момента силы $M_{\lim}$, МНм, не должно быть более определяемого по формуле:

$$M_{\lim} = \frac{lh_{\max}^2 R_t R_c (1 + 2k_e)}{6(R_t + R_c)}, \quad (145)$$

где R_t и R_c - нормативные сопротивления растяжению и сжатию деформирующегося ледяного покрова, МПа, определяемые по формулам:

$$R_t = R_{t,y} e^{\frac{-4t_{cal}}{\eta_i}}, \quad (146)$$

$$R_c = R_{c,y} e^{\frac{-4t_{cal}}{\eta_i}}, \quad (147)$$

где $R_{c,y}$, $R_{t,y}$ - средние значения пределов текучести льда соответственно на растяжение и сжатие, МПа, определяемые по опытным данным, при их отсутствии допускается принимать по таблице 41;

Таблица 41 – Средние значения пределов текучести льда соответственно на растяжение и сжатие $R_{c,y}$, $R_{t,y}$ принимаемые при отсутствии опытных данных

Температура льда t_i , °C	Пределы текучести льда, МПа	
	на растяжение $R_{t,y}$	на сжатие $R_{c,y}$
Верхняя часть ледяного покрова		
от 0 до -2	0,7	1,8
от -3 до -10	0,8	2,5
от -11 до -20	1	2,8
Нижняя часть ледяного покрова		
от 0 до -2	0,5	1,2

t_{cal} - время, ч, в течение которого уровень воды изменяется на величину, равную толщине льда;

k_e - коэффициент, принимаемый в зависимости от величины: $e^{\frac{-4t_{cal}}{\eta_i}}$ (таблица 42):

Таблица 42 – Зависимость коэффициента k_e от величины: $e^{-\frac{4t_{cal}}{\eta_i}}$

$e^{-\frac{4t_{cal}}{\eta_i}}$	0,8 и менее	0,85	0,9 и более
k_e	1	1,5	2

h_{max}, η_i, l - обозначения те же, что в п.9.2.1 и п.9.4.1.

9.4.3 Вертикальную силу на отдельно стоящую опору (или свайный куст) от примёрзшего к сооружению ледяного покрова при изменении уровня воды $F_{d,p}$, МН, следует определять по формуле:

$$F_{d,p} = k_f R_f h_{max}^2, \quad (148)$$

где R_f, h_{max} - обозначения те же, что в п.9.2.1;

k_f - безразмерный коэффициент, принимаемый по таблице 43.

При расстоянии между опорами менее $20h_{max}$ силу от примёрзшего к сооружению ледяного покрова при изменении уровня воды необходимо определять согласно п.9.4.1 и п.9.4.2.

Примечание - Величина нагрузки на цилиндрические опоры морских гидротехнических сооружений от смёрзшегося с ними ледяного поля при изменении уровня моря уточняется по опытным данным.

t_i - то же, что и в п.9.2.1.

Таблица 43 – Безразмерный коэффициент k_f

Значение	0,1	0,2	0,5	1	2	3	5	10	20
$D/h_{max} \text{ или } D/h_{max}$ Коэффициент k_f	0,16	0,18	0,22	0,26	0,31	0,36	0,43	0,63	1,11
D - диаметр опоры (или свайного куста), м; Примечание - При прямоугольной форме опоры в плане со сторонами a и b, м, допускается её "диаметр" принимать равным $D = \sqrt{ab}$ м.									

9.5 Нагрузка на сооружения от заторных масс льда

9.5.1 Силу $F_{b,i}$, МН, от прорезания опорой заторной массы льда необходимо определять по формуле:

$$F_{b,i} = 0,5mR_{b,i}bh_{b,i}, \quad (149)$$

где $R_{b,i}$ - нормативное сопротивление льда смятию, принимаемое для заторных масс льда по опытным данным, а при их отсутствии - 0,45 МПа, а южнее линии Кустанай – Караганда - Усть-Каменогорск - 0,25 МПа;

$h_{b,i}$ - расчётная толщина заторных масс льда, м, принимаемая по данным натурных наблюдений, а при их отсутствии допускается принимать $h_{b,i} = aH_{b,i}$, где a - коэффициент, принимаемый по таблице 44;

Таблица 44 – Коэффициент a

$H_{b,i}$, м	3	5	10	15	20	25
Коэффициент a	0,85	0,75	0,45	0,4	0,35	0,28

$H_{b,i}$ - средняя глубина реки выше затора при максимальном расходе воды заторного периода;

m, b - обозначения те же, что в п.9.2.1 и п.9.1.1.

9.6 Нагрузки от движущегося тороса

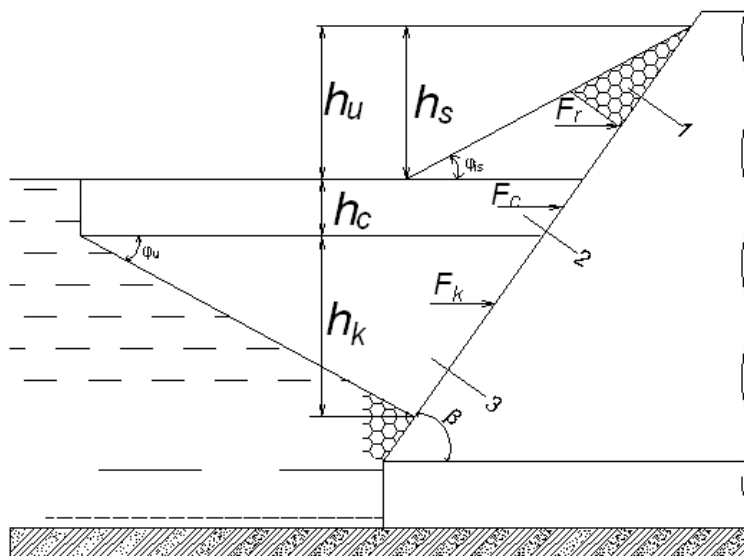
9.6.1 Нагрузку от воздействия движущегося тороса [8,9] на сооружения вертикального и откосного профиля F_r , МН, необходимо определять по формуле:

$$F_r = F_u + F_c + F_k, \quad (155)$$

где F_u - нагрузка от надводной части тороса (паруса), МН;

F_c - нагрузка от консолидированной части тороса, МН;

F_k - нагрузка от киля тороса, МН.



1 - надводная часть тороса (парус); 2 - консолидированная часть тороса; 3 - киль тороса

Рисунок 37– Расчетная модель тороса в момент наибольшего воздействия на сооружение

9.6.2 Нагрузка от надводной части тороса вычисляется по формулам:

а) горизонтальная составляющая нагрузки $F_{u,h}$, МН,

$$F_{u,h} = 0,5[10^{-6} \rho_i g (1 - \psi_u) h_u^2 k_{u,\phi} + c_u \operatorname{ctg} \varphi_u (k_{u,c} - 1) h_u] b_u, \quad (155)$$

б) вертикальная составляющая нагрузки $F_{u,v}$, МН,

$$F_{u,v} = F_{u,h} \operatorname{tg}(90 - \beta - \alpha_f) - 0,5 c_u \operatorname{ctg} \varphi_u \operatorname{tg} \alpha_f h_u b_u, \quad (157)$$

где ρ_i - плотность льда, кг/м³;

ψ_u - пористость (пустотелость) ледяного образования, при отсутствии специальных исследований, допускается принимать $\psi_u = 0,5$;

b_u - средняя ширина преграды по фронту в зоне действия ледяного образования, м;

c_u - зацеп между обломками льда в ледяном образовании, МПа, определяемый по опытными данным; при их отсутствии допускается принимать $c_u = 0,003 \dots 0,005$ МПа;

φ_{ik} - угол внутреннего трения ледяного образования, град, при отсутствии специальных исследований принимать $\varphi_{ik} = 35 - 40^\circ$;

h - глубина погружения киля;

h_u - расчетная высота ледяного образования, определяемая по натурным данным;

при их отсутствии допускается определять h_u по формуле:

$$h_u = 9,1h_t^{0,4}, \quad (158)$$

где h_t - толщина льда на момент образования тороса h_d , м, но не более 0,6 м;

$k_{u,\varphi}$ и $k_{u,c}$ - коэффициенты горизонтальной составляющей пассивного давления ледяного образования, вычисляемые по формулам:

$$k_{u,\varphi} = \left\{ \frac{\cos(\varphi_{ik} + 90 - \beta)}{\cos(90 - \beta) \cdot [1 - \sqrt{k_1}]} \right\}^2, \quad (159)$$

$$k_{u,c} = \left\{ \frac{\cos(\varphi_{ik} + 90 - \beta + \alpha_u)}{\cos(90 - \beta) \cdot [1 - \sqrt{k_2}]} \right\}^2 k_3, \quad (160)$$

$$k_1 = \frac{\sin(\varphi_{ik} + \alpha_f) \sin(\varphi_{ik} - \alpha_u)}{\cos(90 - \beta - \alpha_f) \cos(90 - \beta + \alpha_u)}, \quad (161)$$

$$k_2 = \frac{\sin(\varphi_{ik} + \alpha_f) \sin \varphi_{ik}}{\cos(90 - \beta - \alpha_f + \alpha_u) \cos(90 - \beta + \alpha_u)}, \quad (162)$$

$$k_3 = \frac{\cos(90 - \beta) \cos(90 - \beta - \alpha_f)}{\cos(90 - \beta - \alpha_f + \alpha_u) \cos(90 - \beta + \alpha_u)}, \quad (163)$$

где α_f - угол трения между льдом и сооружением, град;

$$\alpha_f = \arctg f, \quad (164)$$

f - коэффициент трения между льдом и сооружением, при отсутствии специальных исследований допускается принимать $f = 0,1 - 0,2$;

α_u - угол наклона откоса ледяного образования к горизонту, при отсутствии специальных исследований допускается принимать $\alpha_u = 30^\circ$;

Точка приложения равнодействующей нагрузки от надводной части ледяного образования принимается выше уровня воды на $0,33h_u$, при $F_{u,v} < 0$ нагрузка на сооружение направлена вверх.

9.6.3 Нагрузка от консолидированной части ледяного образования вычисляется по формулам:

а) горизонтальная составляющая нагрузки $F_{c,h}$, МН по формуле

$$F_{b,p} = mk_b k_v R b h_d - \text{для отдельно стоящего сооружения};$$

$F_{b,w} = k k_v R_c b_s h_d$ - для секции протяженного сооружения,

с заменой в них величины h_d на h_c - расчетную толщину консолидированной части, м, и умножением значения R_c на коэффициент r_c - отношение прочностей консолидированной части и ровного льда на сжатие, определяемый по опытным данным; при их отсутствии допускается принимать $r_c = 0,8$, где h_d , R_c - обозначения те же, что в 9.17; толщина консолидированной части тороса приближенно может быть принята равной $h_c = (1,8 - 2,0)h_d$ (приложение Г).

б) вертикальная составляющая нагрузки $F_{c,v}$, МН,

$$F_{c,v} = F_{c,h} \operatorname{tg}(90 - \beta - \alpha_f). \quad (165)$$

Точка приложения равнодействующей нагрузки от консолидированной части принимается ниже уровня воды на $0,5h_c$.

9.6.4 Нагрузка от кия вычисляется по формулам:

а) горизонтальная составляющая нагрузки $F_{k,h}$, МН,

$$F_{k,h} = 0,5[10^{-6}(\rho - \rho_i)g(1 - \psi_k)(h_k - h_c)^2 k_k + C_k \operatorname{ctg} \varphi_k (k_k - 1)(h_k - h_c)]b_k, \quad (166)$$

б) вертикальная составляющая нагрузки $F_{k,v}$, МН,

$$F_{k,v} = F_{k,h} \operatorname{tg}(90 - \beta - \alpha_f) - 0,5C_k \operatorname{ctg} \varphi_k \operatorname{tg} \alpha_f (h_k - h_c)b_k, \quad (167)$$

где ψ_k - пористость (пустотелость) ледяного образования, определяемая по опытным данным; при их отсутствии допускается принимать $\psi_k = 0,3 - 0,4$;

h_k - расчетная глубина ледяного образования, м; при назначении расчетной глубины ледяного образования можно принять, что $h_u / h_k = 2 - 6$;

b_k - средняя ширина преграды по фронту в зоне действия ледяного образования, м;

C_k - сцепление (с учетом зацепа) ледяного образования, МПа, определяемое по опытным данным; при их отсутствии допускается принимать $C_k = 0,02 - 0,03$ МПа;

φ_k - угол внутреннего трения ледяного образования, град, определяемый по опытным данным; при их отсутствии допускается принимать $\varphi_k = 15 - 20^\circ$;

k_k - коэффициент горизонтальной составляющей пассивного давления нагромождения обломков льда, вычисляемый по формулам:

$$k_k = \left[\frac{\cos(\varphi_k + 90 - \beta)}{\cos(90 - \beta)(1 - \sqrt{k_4})} \right]^2, \quad (168)$$

$$k_4 = \frac{\sin(\varphi_k + \alpha_f) \sin(\phi_k)}{\cos(90 - \beta - \alpha_f) (\cos 90 - \beta)}, \quad (169)$$

где ρ - обозначение то же, что в 7.9.

Нагрузка $F_{k,h}$, определенная по формуле (166), не может быть ни в каком случае больше нагрузки $F_{b,j}$, определенной по формуле (139) при замене в ней величин b и h_j на b_k и $(h_k - h_c)$ соответственно.

Точка приложения равнодействующей нагрузки от подводной части ледяного образования принимается ниже уровня воды на $0,33(h_k - h_c)$.

Примечание - Нагрузка на сооружение вертикального профиля определяется при $\beta = 90^\circ$.

Приложение А
(обязательное)

Элементы волн на открытых и ограждённых акваториях

А.1 При определении элементов волн на открытых и ограждённых акваториях необходимо учитывать следующие волнообразующие факторы: скорость ветра (её величину и направление), продолжительность непрерывного действия ветра над водной поверхностью, размеры и конфигурацию охваченной ветром акватории, рельеф дна и глубину водоёма с учётом колебаний уровня воды.

А.2 Расчётные уровни воды и характеристики ветра необходимо определять по результатам статистической обработки данных многолетних (не менее 25 лет) рядов наблюдений в безлédные сезоны, при этом расчётные уровни воды должны определяться с учётом приливо-отливных, сгонно-нагонных, сезонных и годовых колебаний уровней.

А.3 Расчёты элементов волн необходимо производить с учётом деления водоёма на следующие зоны по глубине:

- глубоководная - с глубиной $d > 0,5 \cdot \overline{\lambda_d}$, где дно не влияет на основные характеристики волн;
- мелководная - с глубиной $0,5 \overline{\lambda_d} \geq d > d_{cr}$, где дно оказывает влияние на развитие волн и на основные их характеристики;
- прибойная - с глубиной от d_{cr} до $d_{cr,u}$ в пределах которой начинается и завершается разрушение волн;
- приурезовая - с глубиной менее $d_{cr,u}$, в пределах которой поток от разрушенных волн периодически накатывается на берег.

А.4 При определении устойчивости и прочности гидротехнических сооружений и их элементов расчётную обеспеченность высот волн в системе необходимо принимать по таблице А.1.

Таблица А.1 – Расчётная обеспеченность высот волн при определении устойчивости и прочности гидротехнических сооружений и их элементов

Гидротехнические сооружения	Расчетная обеспеченность высот волн в системе, %, не более
Сооружения вертикального профиля, оградительные сооружения откосного профиля	1
Сквозные сооружения и обтекаемые преграды класса:	
I	1
II	5
III, IV	13
Берегоукрепительные сооружения класса:	
I, II	1
III, IV	3

Таблица А.1 – Расчётная обеспеченность высот волн при определении устойчивости и прочности гидротехнических сооружений и их элементов
(продолжение)

Гидротехнические сооружения	Расчетная обеспеченность высот волн в системе, %, не более
Оградительные сооружения откосного профиля с бетонными плитами	1
каменной наброской, обыкновенными или фасонными массивами	2
Примечания - 1 При определении нагрузок на сооружения необходимо принимать высоту заданной обеспеченности в системе h_i и среднюю длину волны $\bar{\lambda}$. Для сквозных конструкций следует определять максимальное воздействие волн при изменении длины расчётной волны в пределах от $(0,8-1,4)\bar{\lambda}$. При назначении высотных отметок сквозных сооружений, возводимых на открытых акваториях, расчетную обеспеченность высот волн в системе допускается принимать 0,1 % при надлежащем обосновании. 2 Расчётную обеспеченность высот волн в системе необходимо принимать: - при определении защищённости портовых акваторий - 5 %; - при определении наката волн - 1 %. 3 При назначении высотных отметок сквозных сооружений, возводимых на открытых акваториях, допускается расчётную обеспеченность высот волн в системе принимать 0,1 % при надлежащем обосновании.	

Расчётные уровни воды

А.5 Максимальный расчётный уровень воды необходимо принимать согласно требованиям СНиП на проектируемые сооружения (объекты). При определении нагрузок и воздействий на гидротехнические сооружения, обеспеченности расчётных уровней должны быть не более:

- для сооружений I класса - 1 % (1 раз в 100 лет);
- для II и III классов - 5 % (1 раз в 20 лет);
- для IV класса - 10 % (1 раз в 10 лет) по наивысшим годовым уровням в безледный период.

Примечание - Для берегоукрепительных сооружений в безливных морях обеспеченности расчётных уровней необходимо принимать:

- по наивысшим годовым уровням - для подпорных гравитационных стен (волнозащитных) II класса - 1 %; III класса - 25 %; для искусственных пляжей без сооружений (IV класс) - 1 %;
- по среднегодовым уровням - для подпорных (волнозащитных) стен IV класса, бун и подводных волноломов IV класса - 50 %; для искусственных пляжей с защитными сооружениями (буны, подводные волноломы - IV класс) - 50 %.

А.6 Высоту ветрового нагона Δh_{set} , м, следует принимать по данным натурных наблюдений, а при их отсутствии (без учёта конфигурации береговой линии и при постоянной глубине дна d), необходимо определять по формуле:

$$\Delta h_{set} = k_w \frac{V_w^2 L}{gd} \cos \alpha_w, \quad (\text{A.1})$$

где α_w - угол между продольной осью водоёма и направлением ветра, град;

V_w – расчётная скорость ветра, определяемая по п.А.9;

L - разгон, м;

k_w - коэффициент, принимаемый по таблице А.2:

Таблица А.2 – Коэффициент k_w

V_w , м/с	20	30	40	50
$k_w \cdot 10^6$	2,1	3	3,9	4,8

Расчётные характеристики ветра

А.7 При определении элементов ветровых волн и ветрового нагона должны приниматься обеспеченности расчётного шторма для сооружений I, II классов - 2 % (1 раз в 50 лет) и III, IV классов - 4 % (1 раз в 25 лет).

Для сооружений I и II классов допускается обеспеченность расчётного шторма принимать 1 % (1 раз в 100 лет) при надлежащем обосновании.

А.8 Сочетание обеспеченности скорости ветра с обеспеченностью уровня воды следует принимать для сооружений I и II классов, в том числе для условий водохранилищ при нормальном подпорном уровне (НПУ), согласно А.5 и А.7 и уточнять по данным натурных наблюдений.

А.9 Расчётную скорость ветра на высоте 10 м над поверхностью водоёма V_w , м/с, следует определять по формуле:

$$V_w = k_{\Pi} k_l V_l, \quad (\text{A.2})$$

где V_l - скорость ветра на высоте 10 м над поверхностью земли (водоёма), соответствующая 10-минутному интервалу осреднения и обеспеченности, принимаемой по А.7;

k_{Π} - коэффициент пересчёта данных по скоростям ветра, измеренным по флюгеру, принимаемый по формуле $k_{\Pi} = 0,675 + \frac{4,5}{V_l}$, но не более 1;

k_l - коэффициент приведения скорости ветра к условиям водной поверхности для водоёмов (в том числе проектируемых) с характерной протяжённостью до 20 км, принимаемый: равным единице при измерении скорости ветра V_l над водной поверхностью, над ровной песчаной (пляжи, дюны и прочее) или покрытой снегом местностью;

- по таблице А.3 - при измерении скорости ветра над местностью типа А, В или С, устанавливаемого в соответствии с требованиями СН РК 3.04-01.

А.10 При предварительном определении элементов волн среднее значение разгона L , м, для заданной скорости ветра V_w , м/с, допускается определять по формуле:

$$L = k_{vis} \frac{V}{V_w}, \quad (\text{А.3})$$

где k_{vis} - коэффициент, принимаемый равным 5×10^{11} ;

V – коэффициент кинематической вязкости воздуха, принимаемый равным $10^{-5} \text{ м}^2/\text{с}$.

Значения предельного разгона L_u , м, допускается принимать по таблице А.4 для заданной расчётной скорости ветра V_w , м/с.

Таблица А.3 – Коэффициент k_l

Скорость ветра V_l , м/с	Значения коэффициента k_l при типе местности		
	А	В	С
10	1,1	1,3	1,47
15	1,1	1,28	1,44
20	1,09	1,26	1,42
25	1,09	1,25	1,39
30	1,09	1,24	1,38
35	1,09	1,22	1,36
40	1,08	1,21	1,34

Таблица А.4 - Предельный разгон L_u

Скорость ветра V_w , м/с	20	25	30	40	50
Значения предельного разгона, $L_u \cdot 10^{-3}$, м	1600	1200	600	200	100

А.11 Расчётные скорости ветра при разгонах менее 100 км допускается определять по данным натурных наблюдений над максимальными ежегодными значениями скоростей ветра без учёта их продолжительности.

А.12 Расчётные скорости ветра при разгонах более 100 км следует определять с учётом их пространственного распределения (приложение В).

Элементы волн в глубоководной зоне

А.13 Среднюю высоту $\bar{h}_d$, м, и средний период волн $\bar{T}$, с, в глубоководной зоне необходимо определять по верхней огибающей кривой рисунка А.1. По значениям безразмерных величин gt/V_w и gL/V_w^2 , и верхней огибающей кривой необходимо определять значения $\bar{h}_d/V_w$ и $\bar{T}/V_w$ и по меньшим их величинам принять среднюю высоту и средний период волн.

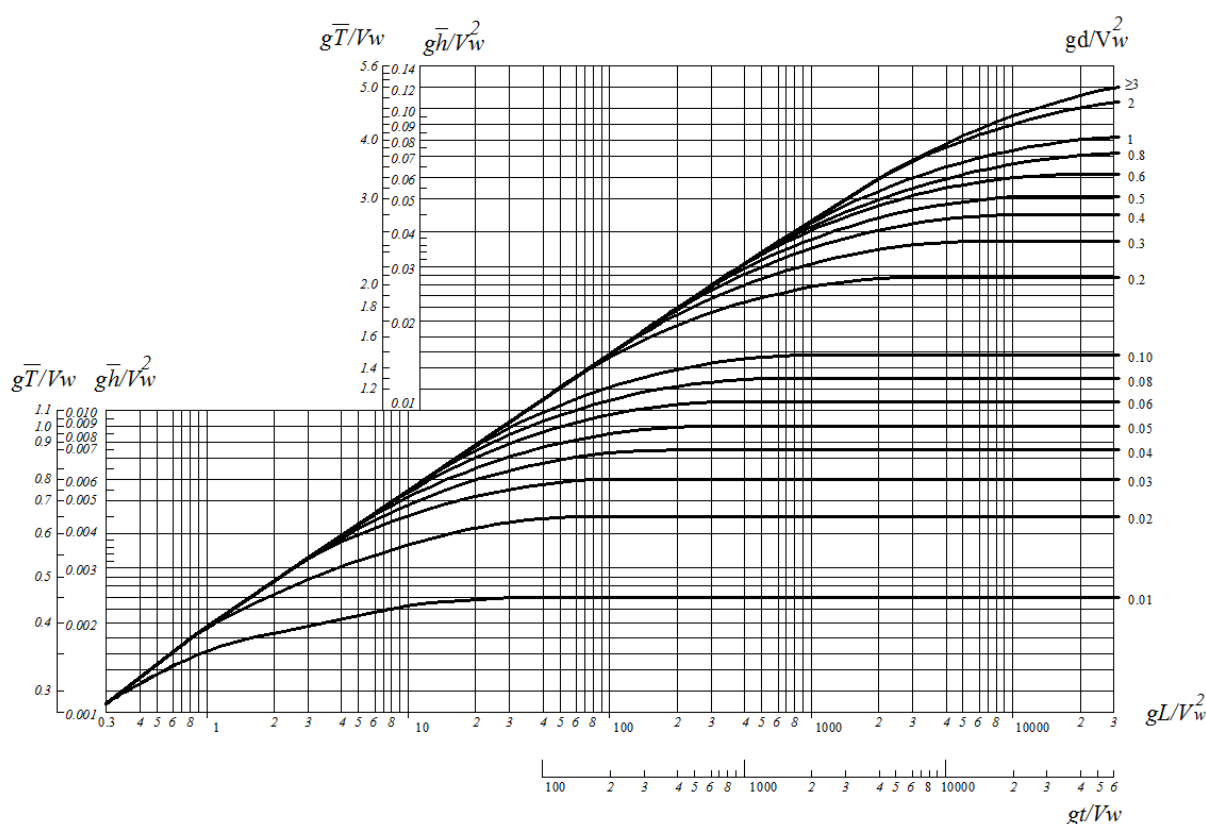


Рисунок А.1 – Графики для определения элементов ветровых волн в глубоководной и мелководной зонах

Среднюю длину волн $\bar{\lambda}_d$, м, при известном значении $\bar{T}$ следует определять по формуле:

$$\bar{\lambda}_d = \frac{g\bar{T}^2}{2\pi}, \quad (\text{А.4})$$

Примечание - При переменных скоростях ветра вдоль разгона волн допускается принимать $\bar{h}_d$ по результатам последовательного определения высоты волны для участков с постоянными значениями скорости ветра.

А.14 При сложной конфигурации береговой черты, среднюю высоту волн $\bar{h}_d$, м, необходимо определять по формуле:

$$\bar{h}_d = 0,1\sqrt{25h_1^{-2} + 21(h_2^{-2} + h_{-2}^{-2}) + 13(h_3^{-2} + h_{-3}^{-2}) + 3,5(h_4^{-2} + h_{-4}^{-2})}, \quad (\text{A.5})$$

где $\bar{h}_n$ м, (при $n=1;\pm 2;\pm 3;\pm 4$ - средние высоты волн, которые должны приниматься согласно рисунка А.1 по расчётной скорости ветра и проекциям лучей L_n , на направление главного луча, совпадающего с направлением ветра. Лучи проводятся из расчётной точки до пересечения с линией берега с интервалом $\pm 22,5$ град. от главного луча.

При наличии перед расчётным створом большого количества препятствий в виде островов с угловыми размерами менее 22,5 град. и суммой угловых размеров более 22,5 град. среднюю высоту волн, $\bar{h}_n$, м, в секторе n необходимо определять по формуле:

$$\bar{h}_n = \sqrt{\sum_{i=1}^{k_n} \alpha_{ni} h_{ni}^{-2} + \sum_{j=1}^{l_n} \nu_{nj} h_{nj}^{-2}}, \quad (\text{A.6})$$

где α_{ni} , ν_{nj} - соответственно угловые размеры i -го препятствия и j -го промежутка между соседними препятствиями, отнесённые к углу 22,5 град. ($i=1,2,3..k_n$; $j=1,2,3..l_n$) в пределах n -го сектора, назначаемого в интервале $\pm 11,25$ град. от направления луча.

Средние высоты волн $\bar{h}_{ni}$, $\bar{h}_{nj}$, м, следует определять по рисунку А.1 по расчётной скорости ветра и разгону L , равному проекциям лучей L_{ni} и L_{nj} , м, на направление ветра. Лучи L_{ni} и L_{nj} , - равны соответственно расстоянию от расчётной точки до пересечения с i -м препятствием или подветренным берегом в j -м промежутке.

Средний период волн определяется по безразмерной величине $g\bar{T}/V_w$, которая принимается согласно рисунка А.1 при известной безразмерной величине $g\bar{h}_d/V_w^2$. Среднюю длину волн следует определять по формуле (А.4).

Примечание - Конфигурация береговой черты принимается сложной, если величина $L_{\max}/L_{\min} \geq 2$, где $L_{\max}$ и $L_{\min}$ - наибольший и наименьший лучи, проведённые из расчётной точки в секторе ± 45 град. от направления ветра до пересечения с подветренным берегом.

А.15 Средняя высота ветровых волн на глубокой воде $\bar{h}_d$ может быть определена по формуле:

$$\frac{g\bar{h}_d}{V_w^2} = 0,16 \left\{ 1 - \left[\frac{1}{1 + 6 \cdot 10^3 (gL/V_w)^{0,5}} \right]^2 \right\}, \quad (\text{A.7})$$

где L - длина разгона волн, м;

V_w - расчётная скорость ветра, определяемая по А.9.

Средний период волн рассчитывается по формуле:

$$\frac{g\bar{T}}{V_w} = 2\pi \cdot 3,1 \left(\frac{g\bar{h}}{V_w^2} \right)^{0,625}, \quad (\text{A.8})$$

где $\bar{h}$ - средняя высота волн, м;

А.16 Высоту волны i % - ной обеспеченности в системе $h_{d,i}$, м, следует определять умножением средней высоты волн на коэффициент k_i , принимаемый по графикам рисунка А.2 для безразмерной величины gL/V_w^2 . При сложной конфигурации береговой черты значение gL/V_w^2 должно приниматься по величине gh_d/V_w^2 и верхней огибающей кривой рисунка А.2.

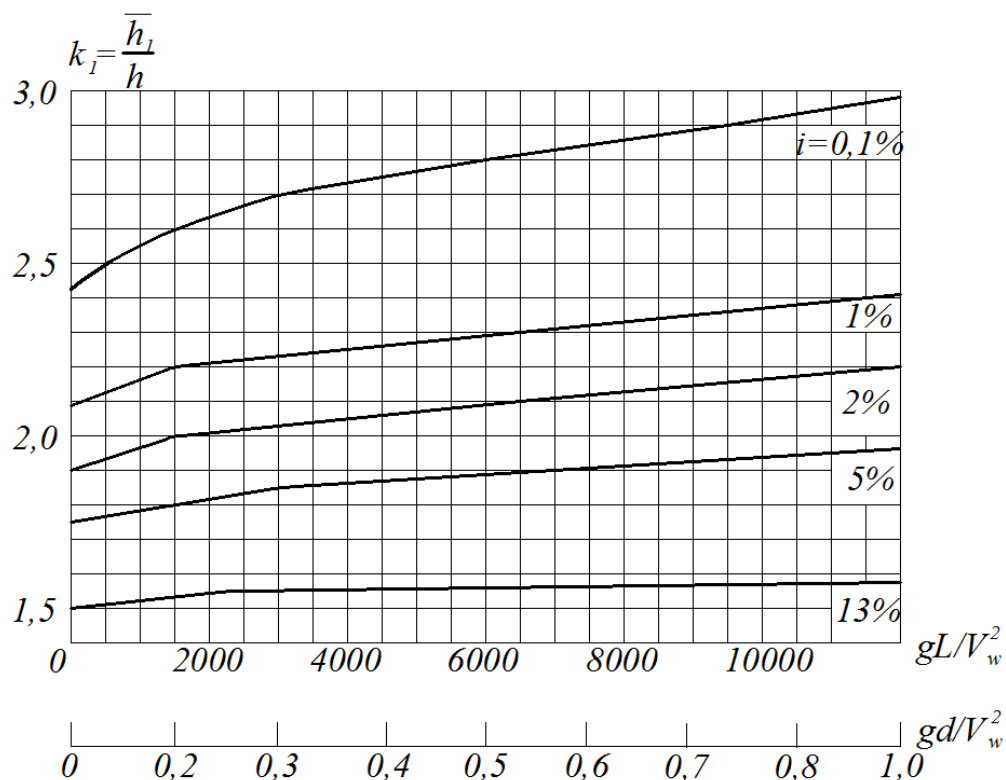


Рисунок А.2 – Графики значений коэффициента k_i

Элементы волн с обеспеченностью по режиму 1; 2; 4 % необходимо принимать по функциям распределения, определяемым по натурным данным, а при их отсутствии или недостаточности - по результатам обработки, синоптических карт (приложение В).

А.17 Превышение вершины волны над расчётным уровнем η_c , следует определять по безразмерной величине η_c / h_i (рисунок А.3) для данного значения $h_i / g \bar{T}^2$, принимая $d / \bar{\lambda}_d = 0,5$.

Элементы волн в мелководной зоне

А.18 Высоту волн i % - ной обеспеченности h_i м, в мелководной зоне с уклонами дна 0,002 и более следует определять по формуле:

$$h_i = k_t k_r k_l k_i \bar{h}_d, \quad (\text{А.9})$$

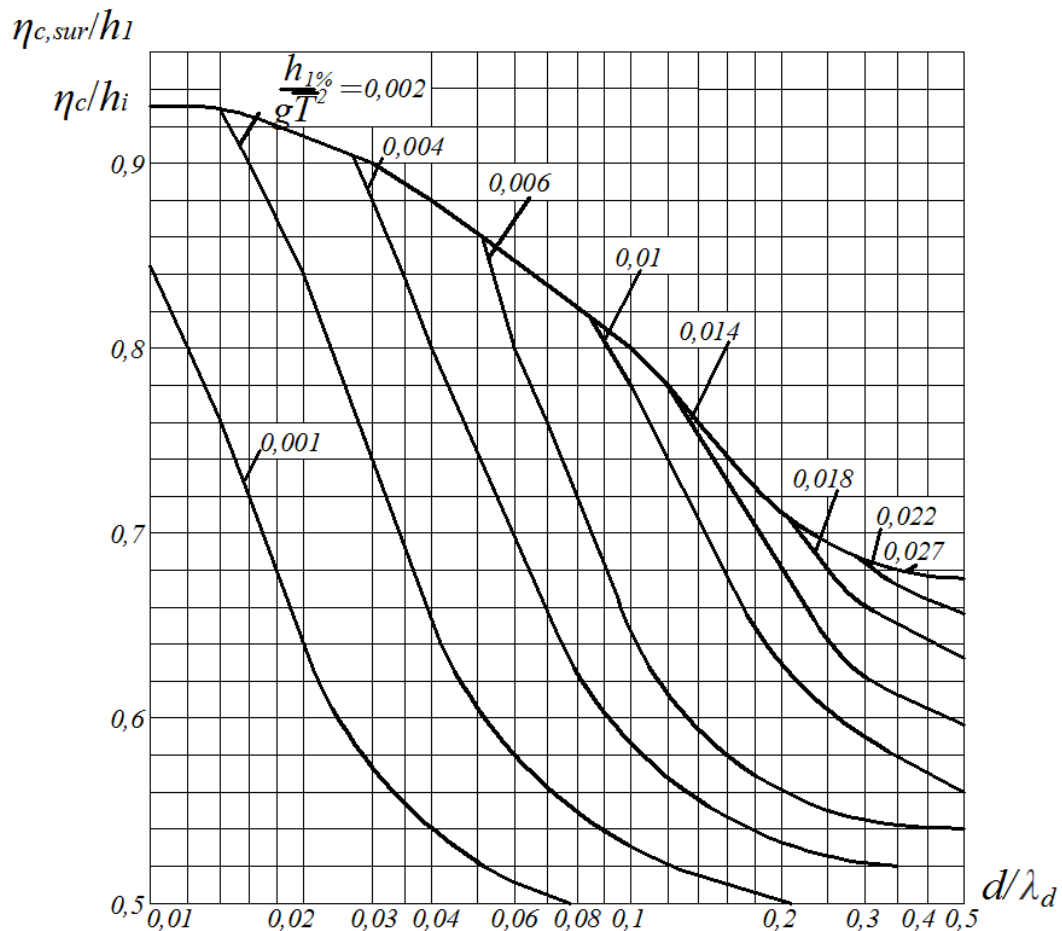


Рисунок А.3 – Графики для определения значений η_x / h_i - в мелководной и $\eta_{c,sur} / h_i$ в прибойной зонах

где k_t - коэффициент трансформации;

k_r - коэффициент рефракции;

k_l - обобщенный коэффициент потерь;

k_i - коэффициент обеспеченности волн в системе.

Коэффициенты k_t , k_r и k_l следует определять по А.19.

Длину волн, перемещающихся из глубоководной в мелководную зону, необходимо определять по рисунку А.4 при заданных безразмерных величинах $d/\bar{\lambda}_d$ и $h_{1\%}/g\bar{T}^2$. При этом период волн принимается равным периоду волн в глубоководной зоне.

Превышение вершины волны над расчётным уровнем η_c м, следует определять по Рисунку А.4 для данных безразмерных величин $d/\bar{\lambda}_d$ и $h_i/g\bar{T}^2$.

А.19 Коэффициент трансформации необходимо принимать по графику 1 рисунка А.5.

Коэффициент рефракции должен определяться по формуле:

$$k_r = \sqrt{\frac{a_d}{a}}, \quad (\text{A.10})$$

где a_d - расстояние между смежными волновыми лучами в глубоководной зоне, м;

a - расстояние между теми же лучами по линии, проходящей через заданную точку мелководной зоны, м.

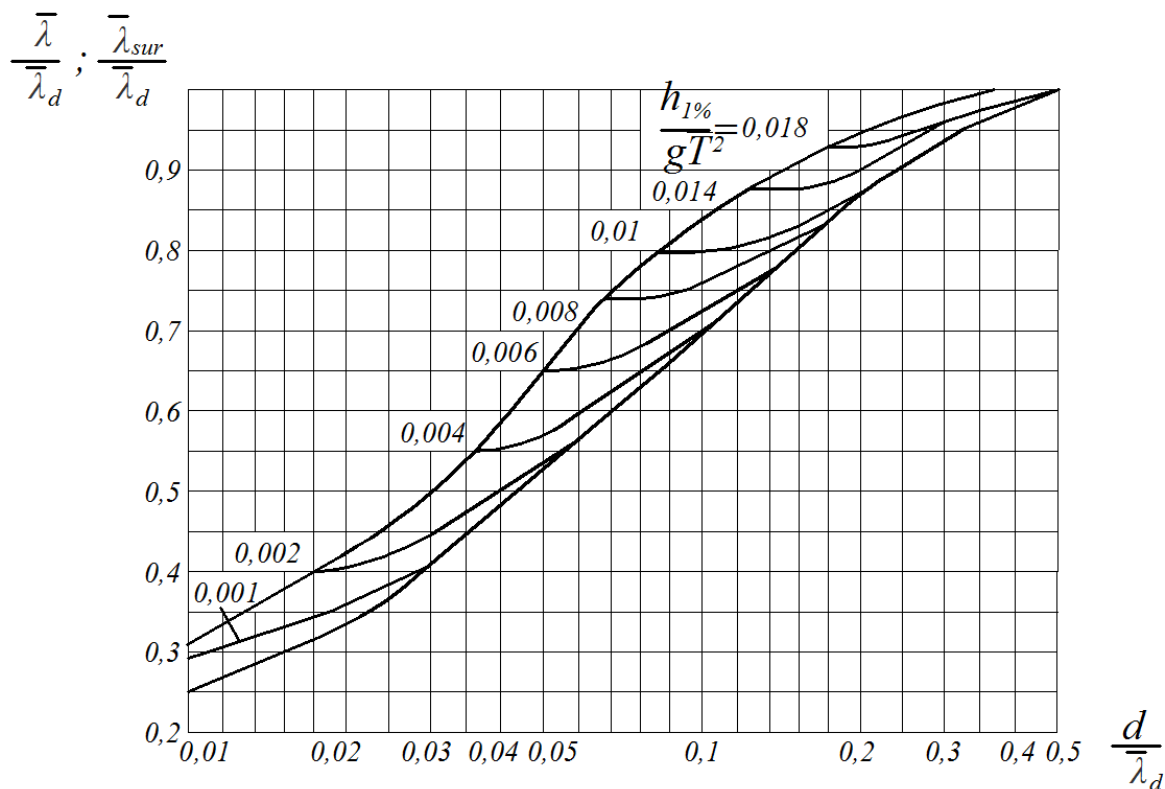


**Рисунок А.4 – Графики для определения значений
в мелководной $\lambda / \bar{\lambda}_d$ и прибойной $\lambda_{sur} / \bar{\lambda}_d$ зонах**

Лучи волн на плане рефракции в глубоководной зоне необходимо принимать по заданному направлению распространения волн, а в мелководной зоне их следует продолжать в соответствии со схемой и графиками рисунка А.6.

Обобщённый коэффициент потерь k_l должен определяться по заданным значениям величины $d / \bar{\lambda}_d$ и уклону дна i (таблица А.5); при уклонах дна 0,03 и более следует принимать значение обобщённого коэффициента потерь равным единице.

Примечание - Значение коэффициента k_r допускается принимать по результатам определения коэффициентов рефракции для волновых лучей, проводимых из расчётной точки в направлениях через 22,5 град. от главного луча.

$$\frac{h_i}{gT^2}, \frac{h_{sur1\%}}{gT^2}$$

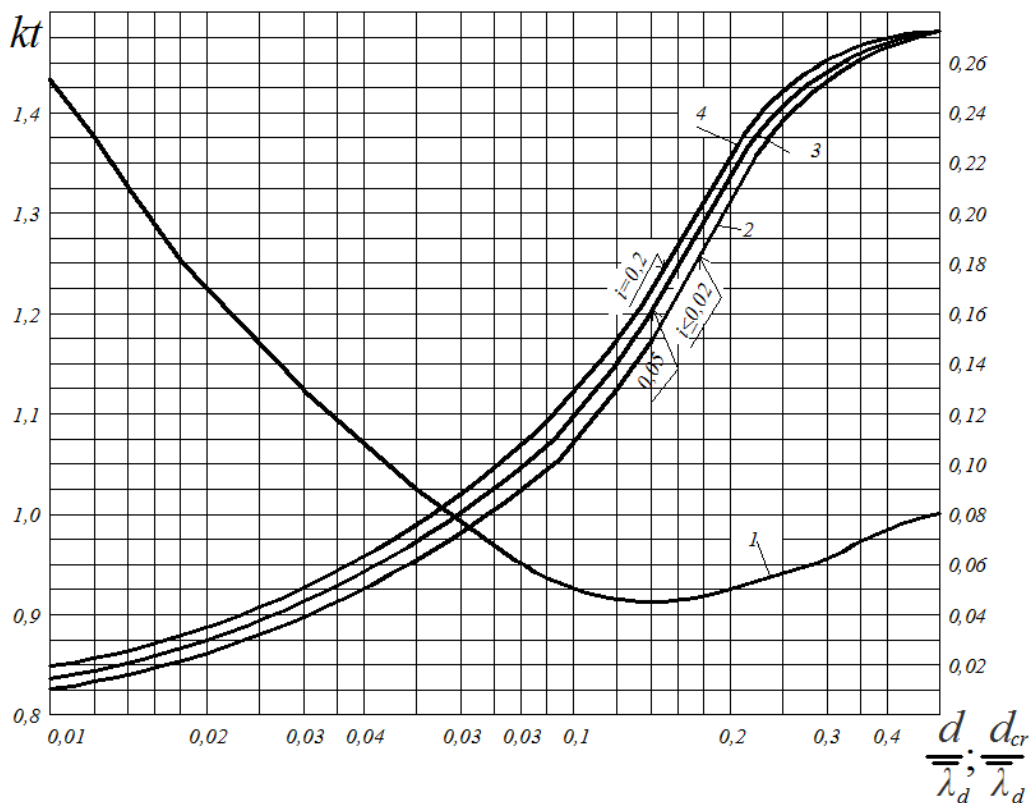


**Рисунок А.5 – Графики для определения: коэффициента k_t (1)
и параметра $d_{cr} / \bar{\lambda}_d$ (2, 3 и 4)**

Таблица А.5 – Обобщенный коэффициент потерь k_l

Относительная глубина $d/\bar{\lambda}_d$	Значения коэффициента k_l при уклонах дна i	
	0,025	0,02... 0,002
0,01	0,82	0,66
0,02	0,85	0,72
0,03	0,87	0,76
0,04	0,89	0,78
0,06	0,9	0,81
0,08	0,92	0,84
0,1	0,93	0,86
0,2	0,96	0,92
0,3	0,98	0,95
0,4	0,99	0,98
0,5 и более	1	1

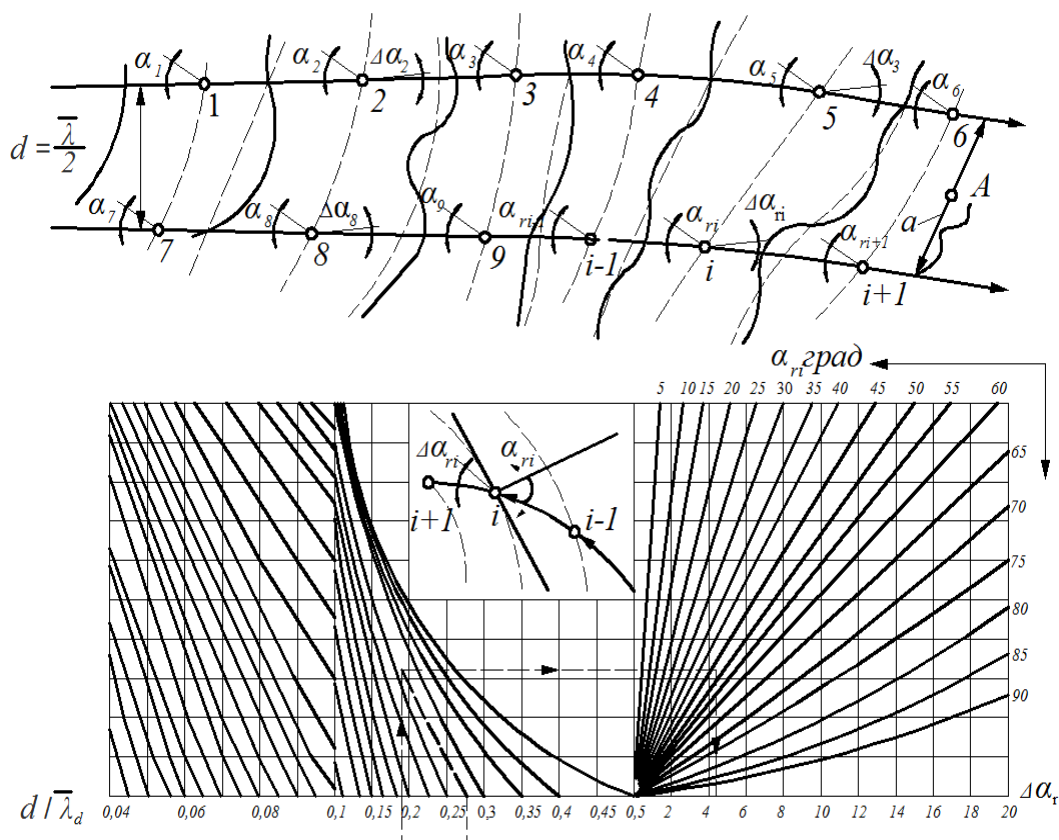


Рисунок А.6 – Схема (а) и графики (б) для построения плана рефракции

А.20 Среднюю высоту и средний период волн в мелководной зоне с уклонами дна 0,001 и менее необходимо определять по графикам рисунка А.1. По безразмерным

величинам gL/V_w^2 и gd/V_w^2 принимаются значения $g\bar{h}/V_w^2$ и $g\bar{T}/V_w$ и по ним определяются $\bar{h}$ и $\bar{T}$.

А.21 Средняя высота волн в мелководных водоёмах (зонах) может быть рассчитана по формуле:

$$\frac{gh}{V_w^2} = 0,1 \left(\frac{gd}{V_w^2} \right)^{0,8}, \quad (\text{A.11})$$

где d - глубина водоёма (зоны), м.

Средний период волн $\bar{T}$ в мелководных водоёмах (зонах) принимается также как и на глубокой воде по формуле (1.8).

Средняя трансформированная высота волн в мелководных водоёмах (зонах) может быть рассчитана по формуле:

$$\bar{h} = k_n k_r k_d, \quad (\text{A.12})$$

где k_t - коэффициент трансформации, определяется по формуле:

$$k_t = \left\{ C_N \left[1 + \frac{4\pi}{C_N} \frac{d}{\lambda_d} \left(\operatorname{sh} \left[\frac{4\pi}{C_N} \frac{d}{\lambda_d} \right] \right)^{-1} \right] \right\}^{-0,5}, \quad (\text{A.13})$$

$$C_N = \frac{\bar{\lambda}}{\lambda_d}, \quad (\text{A.14})$$

где k_r - коэффициент рефракции при прямолинейных изобатах, определяется по формуле:

$$k_r = \left[\frac{1 - C_N \sin \alpha_d}{cjs^2 \alpha_d} \right]^{-0,25}, \quad (\text{A.15})$$

где α_d - угол между лучом волны и нормалью к изобате.

Высоту волны i -ной обеспеченности в системе следует определять умножением средней высоты волн на коэффициент k_i , принимаемый по графикам рисунка А.2. По безразмерным величинам gd/V_w^2 и gL/V_w^2 определяются значения коэффициента k_i , из которых принимается наименьший.

Среднюю длину волн при известном значении среднего периода следует определять в соответствии с А.13.

Превышение вершины волны над расчётным уровнем должно определяться по рисунку 3.

Примечание - Элементы волн, перемещающихся из мелководной зоны с уклонами дна 0,001 и менее в зону с уклонами дна 0,002 и более, необходимо определять согласно А.18 и А.19, при этом принимается значение исходной средней высоты $\bar{h} = \bar{h}_d$.

Элементы волн в прибойной зоне

А.22 Высоту волн в прибойной зоне $h_{sur1\%}$, м, необходимо определять для заданных уклонов дна i по графикам 2, 3 и 4 рисунка А.5; при этом по безразмерной величине $d_{cr} / \bar{\lambda}_d$ принимается значение $h_{sur1\%} / g\bar{T}^2$ и соответственно определяется $h_{sur1\%}$.

Длину волны в прибойной зоне $\bar{\lambda}_{sur}$, м, следует определять по верхней огибающей кривой рисунка А.4, превышение вершины волны над расчётным уровнем $\eta_{c,sur}$, м, - по верхней огибающей кривой рисунка А.3.

А.23 Критическая глубина d_{cr} , м, при первом обрушении волн должна определяться для заданных уклонов дна i по графикам 2, 3 и 4 рисунка А.5 методом последовательных приближений. По ряду задаваемых значений глубин d в соответствии с А.18 и А.19 определяются величины $h_i / g\bar{T}^2$ и по графикам 2, 3 и 4 рисунка А.5 - соответствующие им значения $d_{cr} / \bar{\lambda}_d$, из которых принимается d_{cr} , численно совпадающее с одной из задаваемых глубин d .

А.24 Критическую глубину, соответствующую последнему обрушению волн $d_{cr,u}$ при постоянном уклоне дна, следует определять по формуле:

$$d_{cr,u} = k_u^{n-1} d_{cr}, \quad (\text{А.16})$$

где k_u - коэффициент, принимаемый по таблице А.6;

Таблица А.6 – Коэффициент k_u

Уклон дна i	0,01	0,015	0,02	0,025	0,03	0,035	0,04	0,045	0,05
Коэффициент k_u	0,75	0,63	0,56	0,5	0,45	0,42	0,4	0,37	0,35

n - число обрушений (включая первое), принимаемое из ряда $n = 2, 3$ и 4 при выполнении неравенств: $k_u^{n-2} \geq 0,43$ и $k_u^{n-1} < 0,43$.

При определении глубины последнего обрушения $d_{cr,u}$ коэффициент k_u или произведение коэффициентов не должны приниматься менее 0,35.

При уклонах дна более 0,05 следует принимать значение критической глубины $d_{cr} = d_{cr,u}$.

Примечание - При переменных уклонах дна допускается принимать $d_{cr,u}$ по результатам последовательного определения критических глубин для участков дна с постоянными уклонами.

Элементы волн на огражденной акватории

А.25 Высоту дифрагированной волны h_{dif} , м, на огражденной акватории необходимо определять по формуле:

$$h_{dif} = k_{dif} h_i, \quad (A.17)$$

где k_{dif} - коэффициент дифракции волн, определяемый согласно А.26, А.27 и А.28;

h_i - высота исходной волны i %-ной обеспеченности.

В качестве расчётной длины принимается исходная длина $\bar{\lambda}$ на входе в акваторию.

А.26 Коэффициент дифракции волн $k_{dif,s}$ для акватории, огражденной одиночным молом (при заданном значении угла β , град, относительно расстоянии от головы мола до точки в расчётном створе $r/\bar{\lambda}$ и значении угла φ , град.), следует принимать в соответствии со схемой и графиками рисунка А.7 согласно штриховой линии со стрелками.

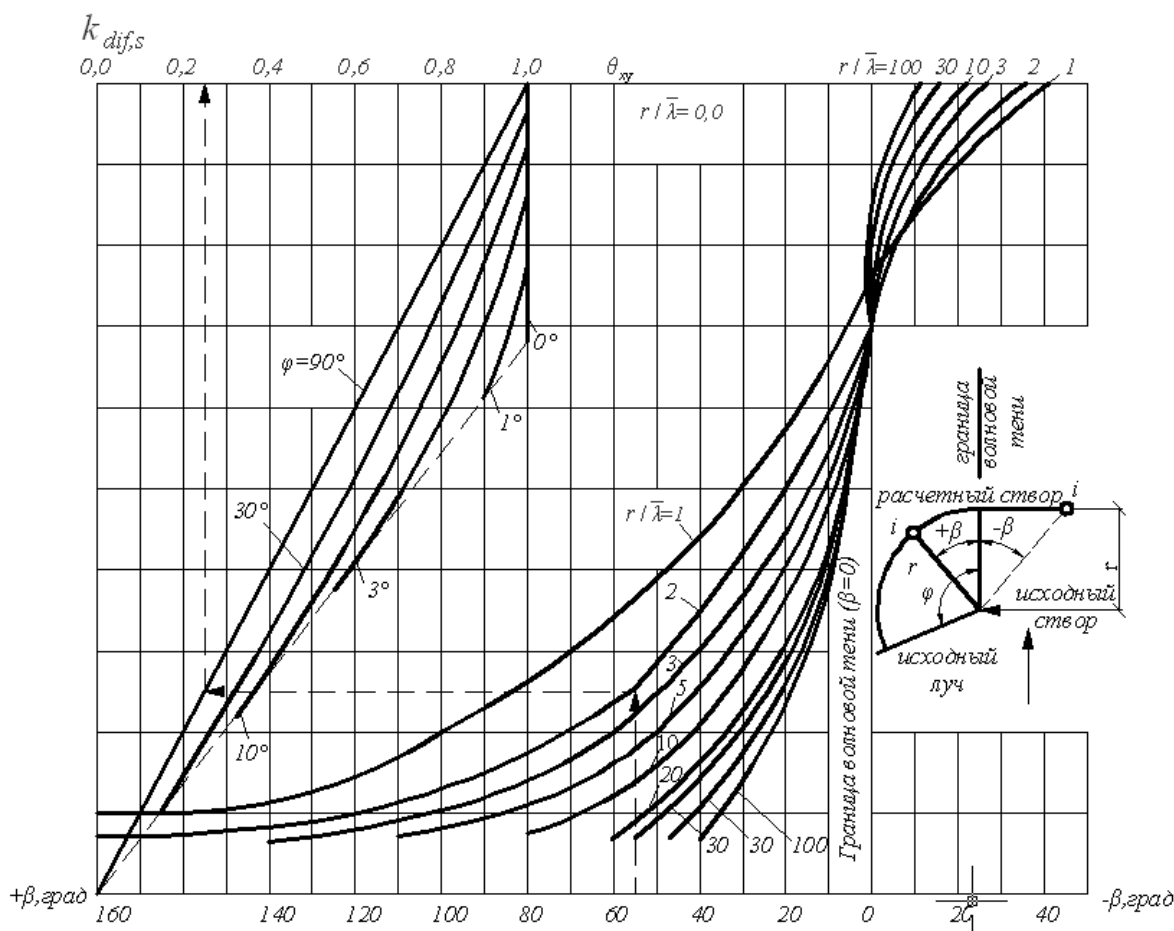


Рисунок А.7 – Графики для определения значений коэффициента $k_{dif,s}$

А.27 Коэффициент дифракции волн $k_{dif,c}$ на акватории, ограждённой сходящимися молами, необходимо определять по формуле:

$$k_{dif,c} = k_{dif,s} \psi_c, \quad (A.18)$$

где ψ_c - коэффициент, принимаемый по рисунку А.8 для данных значений d_c и $k_{dif,cp}$.

Величина d_c определяется по формуле:

$$d_c = \frac{l_1 + l_2 + b}{2b}, \quad (A.19)$$

где l_1 и l_2 - расстояния от границ волновой тени (ГВТ) до границ дифракции волн (ГДВ), принимаемые в соответствии со схемой и графиками рисунка А.9 согласно штриховой линии со стрелками;

b - ширина входа в порт, м, принимаемая равной проекции расстояния между головами молв на фронт исходной волны.

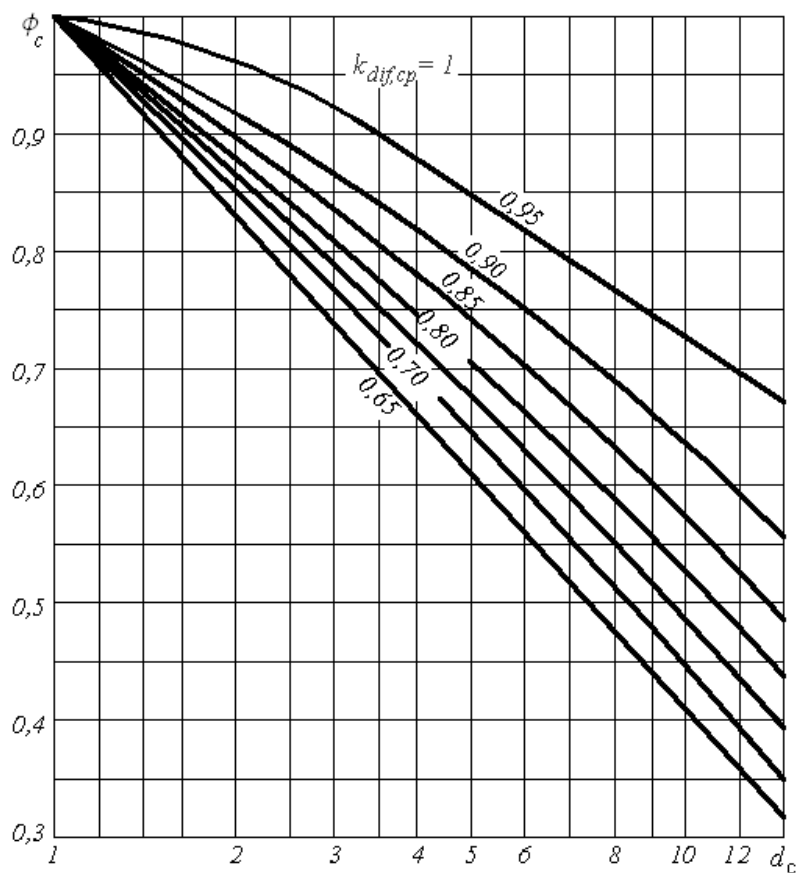


Рисунок А.8 – Графики значений коэффициента ψ_c

Значение коэффициента $k_{dif,cp}$ определяется так же, как и $k_{dif,s}$ согласно А.26 для точки пересечения главного луча с фронтом волн в расчётном створе.

Положение главного луча на схеме рисунка А.9а необходимо принимать по точкам, расположенным от границы волновой тени (ГВТ) мола с меньшим углом φ_i , град., на расстоянии x , м, определяемых по формуле:

$$x = \frac{l_1 l_{a2} - l_{a1}(l_2 - b)}{l_{a1} + l_{a2}}, \quad (A.20)$$

где l_{a1} и l_{a2} - величины, принимаемые в соответствии со схемой и графиками рисунка А.9.

А.28 Коэффициент дифракции волн $k_{dif,b}$ для акватории, ограждённой волноломом, должен определяться по формуле:

$$k_{dif,b} = \sqrt{k_{dif,s1}^2 + k_{dif,s2}^2}, \quad (A.21)$$

где $k_{dif,s1}$ и $k_{dif,s2}$ - коэффициенты дифракции волн, определяемые для головных участков волнолома согласно А.26.

А.29 Высоту дифрагированной волны с учётом отражения её от сооружений и преград $h_{dif,r}$, м, в данной точке ограждённой акватории необходимо определять по формуле:

$$h_{dif,r} = (k_{dif} + k_{ref})h_i, \quad (A.22)$$

где

$$k_{ref} = k_{dif,s} k_r k_p k_{ref,i} e^{-0.08r/\bar{\lambda}} \sqrt{\cos \theta_r}, \quad (A.23)$$

$k_{dif,s}$ - коэффициент дифракции в створе отражающей поверхности, определяемый согласно А.26, А.27 и А.28;

k_r и k_p - коэффициенты, определяемые согласно А.19;

θ_r - угол между фронтом волны и отражающей поверхностью, град.;

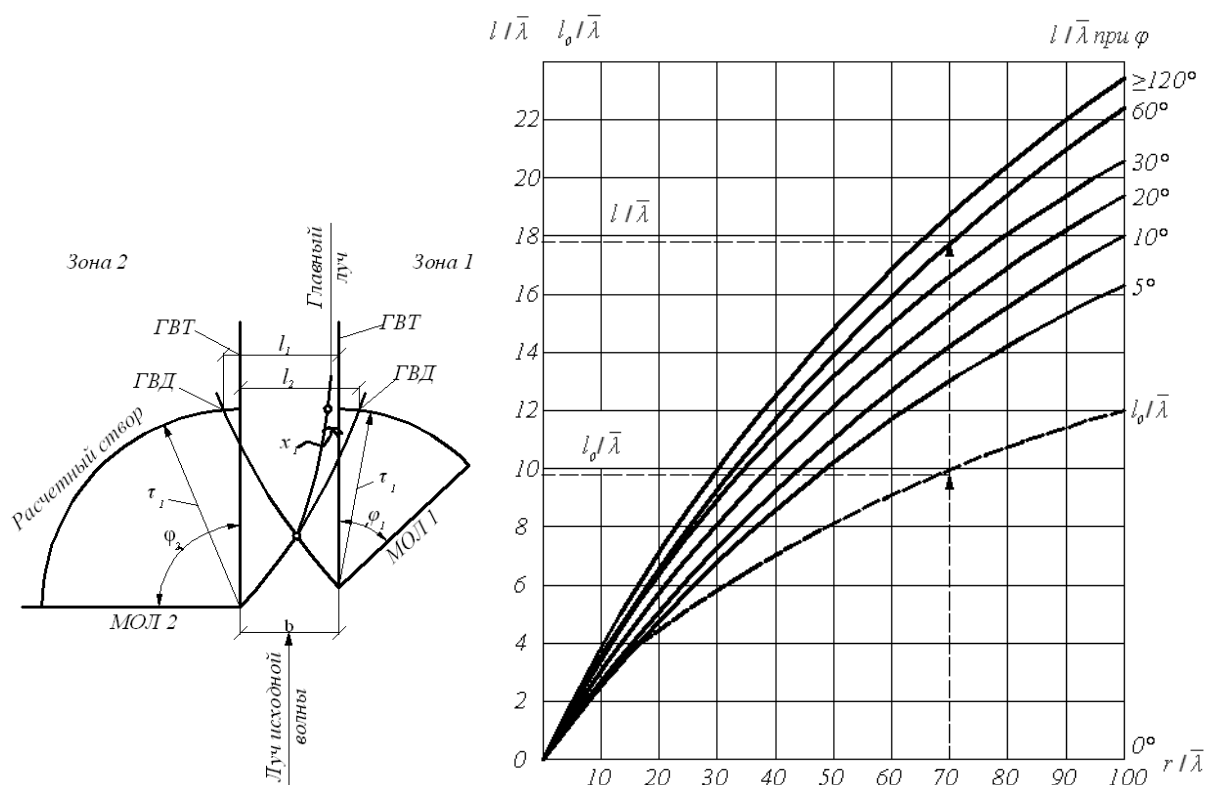
$r/\bar{\lambda}$ - относительное расстояние от отражающей поверхности до расчётной точки по лучу отражённой волны, при этом направление луча отражённой волны должно приниматься из условия равенства углов подхода и отражения волн;

Таблица А.7 – Коэффициент отражения $k_{ref,i}$

Пологость волны $\bar{\lambda}/h_{dif}$	Значения $k_{ref,i}$ при уклонах отражающей поверхности i		
	1	0,5	0,25
10	0,5	0,02	0,0
15	0,8	0,15	0,0
20	1	0,5	0,0
30	1	0,7	0,05
40	1	0,9	0,18

$k_{ref,i}$ - коэффициент отражения, принимаемый по таблице А.7; при угле наклона отражающей поверхности к горизонту более 45 град. следует принимать коэффициент отражения $k_{ref,i} = 1$.

Примечание – Высоту волны на ограждённой акватории сменяющимися глубинами допускается уточнять согласно А.18 и А.19 при надлежащем обосновании.

Рисунок А.9– Схема (а) и графики (б) для определения величин l и l_0

Приложение Б
(информационное)

Формулы и таблицы настоящих норм в системе измерений МКГСС

В настоящем приложении приведены формулы и таблицы, написание которых изменилось в связи с переводом в новую систему физических единиц. Они представлены за теми же номерами (в новых буквенных обозначениях) со ссылкой на соответствующие пункты настоящих норм. Формулы и таблицы, которые содержат только замену объёмного веса воды γ на произведение ρg , не приводятся.

К 8.1.1

$$W_q = 7,5 \cdot 10^{-5} A_q \nu_q^2 \xi, \quad (\text{Б.1})$$

$$W_n = 5,0 \cdot 10^{-5} A_q \nu_n^2 \xi, \quad (\text{Б.2})$$

$$W_q = 8,1 \cdot 10^{-5} A_q \nu_q^2, \quad (\text{Б.3})$$

$$W_n = 8,1 \cdot 10^{-5} A_q \nu_n^2, \quad (\text{Б.4})$$

W_q и W_n , тс..

К 8.1.2

$$Q_w = 0,06 A_l \nu_t^2, \quad (\text{Б.5})$$

$$N_w = 0,06 A_l \nu_l^2, \quad (\text{Б.6})$$

Q_w и N_w , тс..

К 9

Таблица Б.1 - Предел прочности льда на сжатие R_c

Солёность льда S_i , ‰	Предел прочности льда на сжатие R_c , тс/м ² , при среднесуточной температуре воздуха t_a , °C			
	0	-3	-15	-30
Менее 1 (пресный лёд)	45	75	120	150
1÷2	40	65	105	135
3÷6	30	50	85	105

К 9.1.1

$$F_{c,p} = 0,4 \nu h_d \sqrt{m A R_b \operatorname{tg} \gamma}, \text{ тс.}, \quad (\text{Б.7})$$

$$F_{c,w} = 0,7 \nu h_d \sqrt{A R_c}, \text{ тс.}. \quad (\text{Б.8})$$

К 9.1.3

$$F_\delta = 0,3 \nu h_d \sqrt{\frac{A}{k_\delta h_\delta + \frac{0,2}{R_c \operatorname{tg} \gamma}}}, \text{ тс.}, \quad (\text{Б.9})$$

К 9.1.4

$$p_\mu = 5 \cdot 10^{-4} \nu_{\max}^2, \quad (\text{Б.10})$$

$$p_\nu = 0,05 \cdot \frac{h_d \nu_{\max}^2}{L}, \quad (\text{Б.11})$$

$$p_i = 0,92 h_d i, \quad (\text{Б.12})$$

$$p_{\mu\alpha} = 2 \cdot 10^{-6} \nu_{\max}^2, \quad (\text{Б.13})$$

$$p_\mu, p_\nu, p_i, p_{\mu\alpha}, \text{ тс/м}^2.$$

К 9.2.1

$$p_t = 5 + 11 \cdot 10^{-5} \nu_{t,\alpha} \eta_i \varphi, \text{ тс/м}^2, \quad (\text{Б.14})$$

при $t_i \geq -20^\circ\text{C}$

$$\eta_i = (3,3 - 0,28 t_i + 0,083 t_i^2) \cdot 10^4, \quad (\text{Б.15})$$

при $t_i < -20^\circ\text{C}$

$$\eta_i = (3,3 - 1,85 t_i) \cdot 10^4, \quad (\text{Б.16})$$

h_{red} - приведенная толщина ледяного покрова, м, определяемая по формуле:

$$h_{red} = h_{\max} + 1,43h_{\min} + \frac{2,3}{\alpha}, \quad (\text{Б.17})$$

где α - коэффициент теплоотдачи от воздуха и поверхности снежного покрова, ккал/(ч·м²), принимаемый равным $23\sqrt{\nu_{w,m} + 0,3}$ - при наличии снега, или $6\sqrt{\nu_{w,m} + 0,3}$ при отсутствии снега.

К 9.2.2

$$q = p_t h_{\max} k_l, \text{тс/м}, \quad (\text{Б.18})$$

где $p_t = 10 \text{ тс/м}^2$.

К 9.3.1

$$F_{b,j} = m R_{bj} b h_j, \text{тс}, \quad (\text{Б.19})$$

где $R_{bj} = 12 \text{ тс/м}^2$.

К 9.4.1

$$F_d = 20 l \nu_d t_d^4 \sqrt{\frac{h_{\max}^3}{\Phi}}, \text{тс}, \quad (\text{Б.20})$$

$$\Phi = 1 + \frac{3 \cdot 10^4}{\eta_i} [t_d + 50(1 - e^{-0,4 t_d})], \quad (\text{Б.21})$$

К 9.4.2

$$M = 200 l \nu_d t_d \sqrt{\frac{h_{\max}^3}{\Phi}}, \text{тс} \cdot \text{м}, \quad (\text{Б.22})$$

$$R_t = R_{t,y} e^{\frac{-400 t_{cal}}{\eta_i}}, \quad (\text{Б.23})$$

$$R_c = R_{c,y} e^{\frac{-400 t_{cal}}{\eta_i}}, \quad (\text{Б.24})$$

R_t и R_c , тс/м².

Таблица Б.2 – Коэффициент k_e

$e^{\frac{-400t_{cal}}{\eta_i}}$	0,8	0,85	0,9 и более
k_e	1	1,5	2

Таблица Б.3 –Определение пределов текучести льда, тс/м²

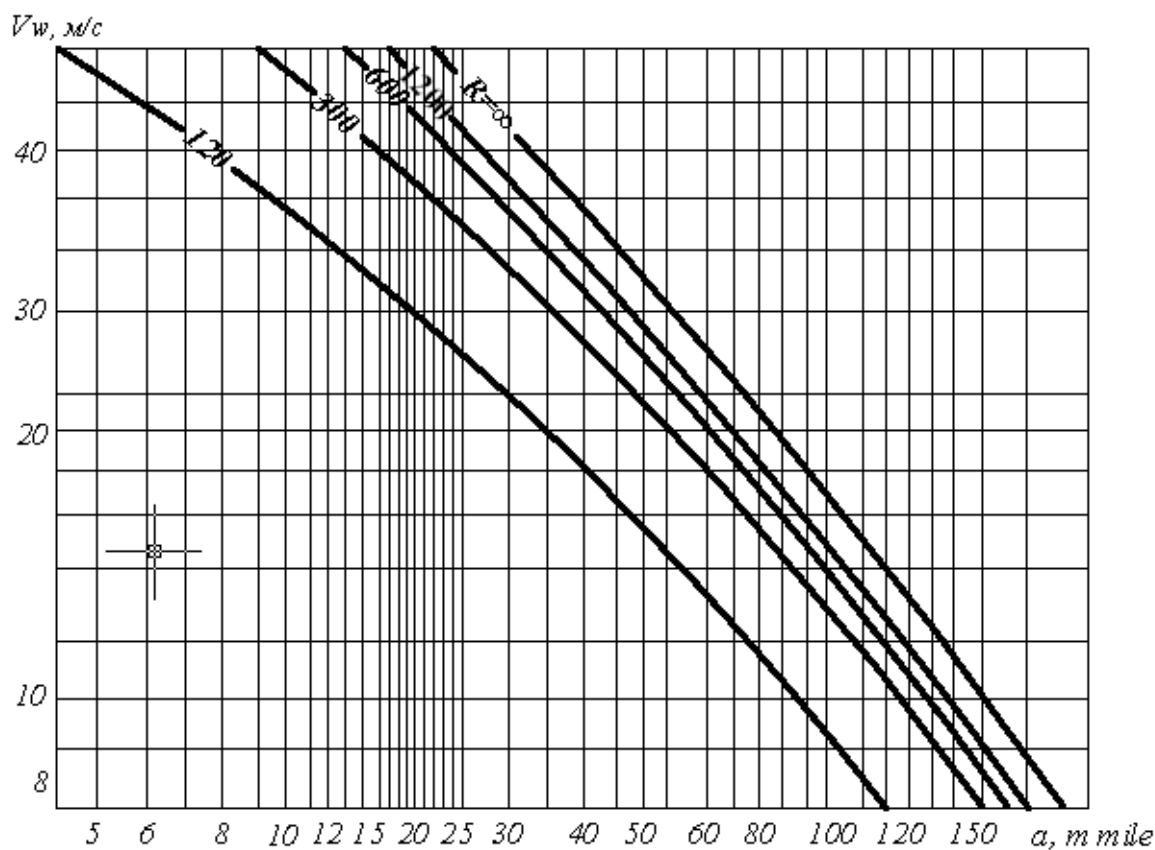
Температура льда $t_i, ^\circ\text{C}$	Пределы текучести льда, тс/м ²	
	на растяжение $R_{t,y}$	на сжатие $R_{с,y}$
Верхняя часть ледяного покрова		
от 0° до -2°	70	180
от -3° до -10°	80	250
от -11° до -20°	100	280
Нижняя часть ледяного покрова		
от 0° до -2°	50	120

t_i то же, что и в п.9.2.1.

Приложение В
(информационное)

**Определение пространственных характеристик ветра по данным
синоптических карт**

Пространственное распределение скорости ветра необходимо учитывать путём построения полей ветра, определяемых по данным синоптических карт. Расчётные скорости ветра допускается определять в соответствии с графиком (рисунок В.1) для заданной географической широты ϕ , используя расстояние между изобарами a , *m.mile*, и радиус кривизны изобар R , *m.mile*. Направление ветра необходимо отклонять на угол 15 градусов от изобары в сторону низкого давления.



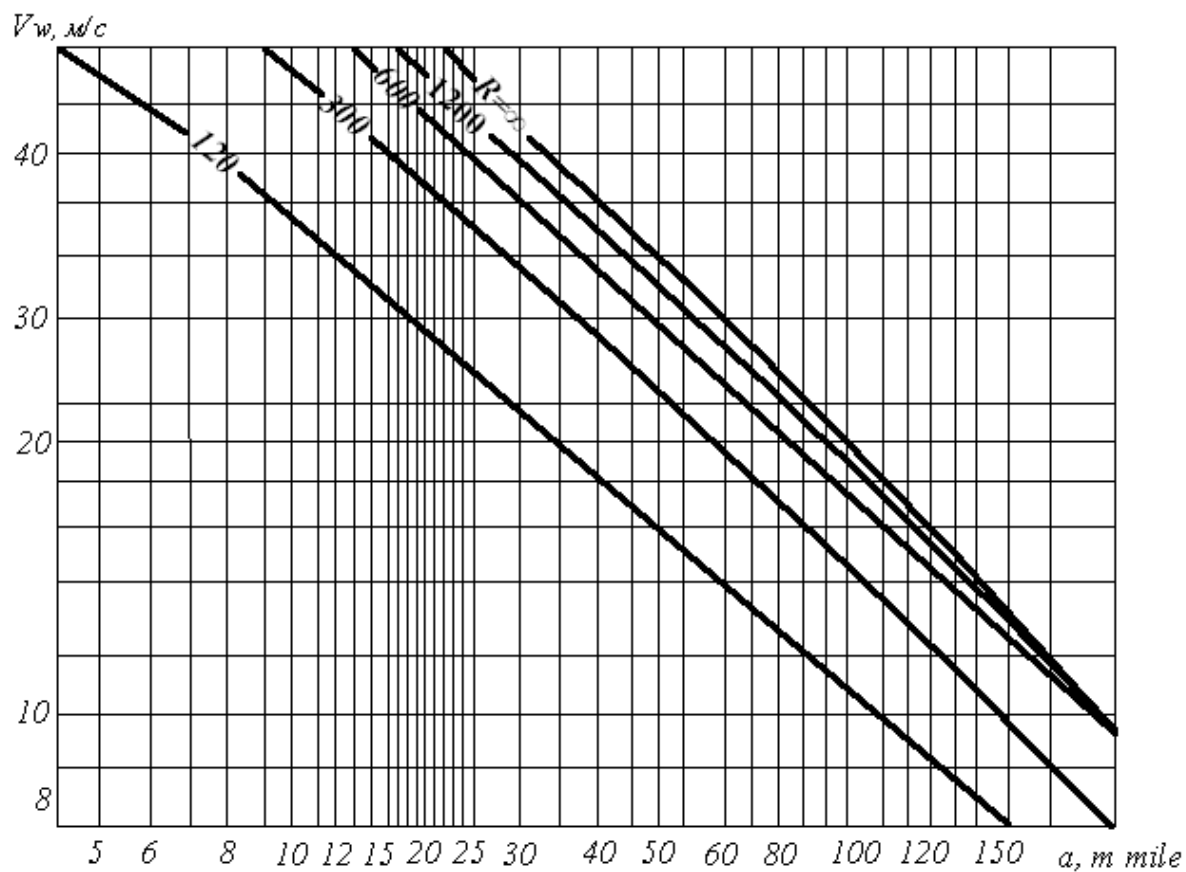


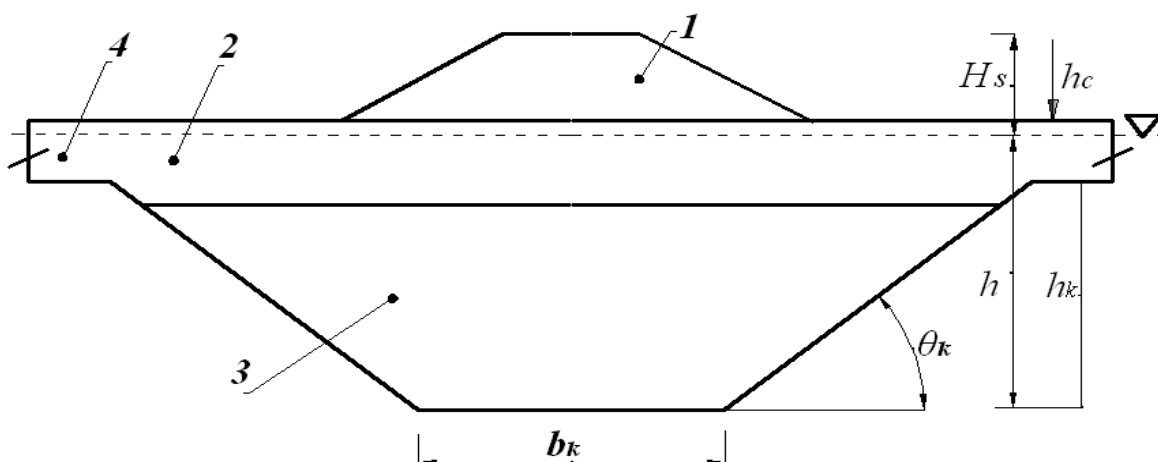
Рисунок В.1 – Графики для определения расчетной скорости ветра V_w , м/с по данным синоптических карт при циклонических изобарах, проведенных через 0,5 кПа:

а) $\varphi \geq 50^\circ$ с.ш.; б) $\varphi \geq 35 \div 49^\circ$ с.ш.

Приложение Г (информационное)

Гряды торосов

Однолетние торосы состоят из паруса, консолидированного слоя и киль меньшей прочности. Киль состоит из частично затвердевших ледяных глыб или оторванных глыб с трением только между глыбами. Большая часть консолидированного слоя - это пластины смерзшегося льда. Геометрические формы торосов варьируются. При расчетах может быть принято симметричное поперечное сечение тороса, как показано на рисунке Г.1.



1 - парус; 2 - консолидированный слой; 3 - киль; 4 - ровный лед;

θ_k - угол киль; H_s - высота паруса; h - заглубление киль;

h_c - толщина консолидированного слоя; h_k - расстояние между нижней частью консолидированного слоя и килем

Рисунок Г.1 – Геометрия однолетнего тороса

Для профиля тороса, показанного на рисунке Г.1, типичные соотношения даны как $h_c = 1,6h$, $H_k = 4,5H_s$ и $\theta_k = 26^\circ$. Параметр ширины может варьироваться от $b_k = 0$ до $b_k = 5H_s$. Пористость киль паруса зависит от возраста ледового тороса и варьируется для различных морских областей. Толщина консолидированного слоя изменяется за время жизни тороса. Пористость киль может изменяться от 0,1 до 0,4.

Верхняя граница оценки для горизонтальной ледовой нагрузки от движущегося тороса, может быть получена из уравнения:

$$F_R = F_C + F_k, \quad (\text{Г.1})$$

где F_C - нагрузка от консолидированной части тороса;

F_k - нагрузки от кия тороса.

Для вертикальных конструкций нагрузка от кия тороса может быть определена как:

$$F_k = \mu h_k b \left(\frac{h_k \mu \gamma_e}{2} + 2c \right) \cdot \left(1 + \frac{h_k}{6b} \right), \quad (\Gamma.2)$$

где μ - коэффициент статического давления;

$$\mu = \operatorname{tg} \left(45^\circ + \frac{\Theta}{2} \right), \quad (\Gamma.3)$$

Θ - угол внутреннего трения;

c - видимое сцепление кия;

b - ширина конструкции;

γ_e - эффективная плавучесть, определяемая как:

$$\gamma_e = (1 - n_k)(\rho - \rho_i)g. \quad (\Gamma.4)$$

БИБЛИОГРАФИЯ

- [1] СН РК EN 1991-1-1:2002/2011 «Воздействия на несущие конструкции. Часть 1-1. Удельный вес, постоянные и временные нагрузки на здания» с национальным приложением;
- [2] СН РК EN 1991-1-3:2003/2011 «Воздействия на несущие конструкции. Часть 1-3. Общие воздействия. Снеговые нагрузки» с национальным приложением;
- [3] СН РК EN 1991-1-4:2005/2011 «Воздействия на несущие конструкции. Часть 1-4. Общие воздействия. Ветровые воздействия» с национальным приложением;
- [4] СН РК EN 1991-1-6:2005/2011 «Воздействия на несущие конструкции. Часть 1-6. Общие воздействия. Воздействия при производстве строительных работ» с национальным приложением;
- [5] СН РК EN 1991-1-7:2006/2011 «Воздействия на несущие конструкции. Часть 1-7. Общие воздействия. Особые воздействия» с национальным приложением
- [6] СП 11-103-97 Инженерно-гидрометеорологические изыскания для строительства.
- [7] СП 32-103-97 Проектирование морских берегозащитных сооружений.
- [8] СП 11-114-2004 Инженерные изыскания на континентальном шельфе для строительства морских нефтегазопромысловых сооружений.
- [9] СП 38.13330.2012. Нагрузки и воздействия на гидротехнические сооружения (волновые, ледовые и от судов).

УДК 627.042.8(083.74)

МКС 93.160

Ключевые слова: Нагрузки и воздействия, гидротехнические сооружения, гравитационные ветровые волны, расчетная скорость ветра.

Ресми басылым

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ҰЛТТЫҚ ЭКОНОМИКА МИНИСТРЛІГІНІҢ
ҚҰРЫЛЫС, ТҮРҒЫН ҮЙ-КОММУНАЛДЫҚ ШАРУАШЫЛЫҚ ІСТЕРІ ЖӘНЕ
ЖЕР РЕСУРСТАРЫН БАСҚАРУ КОМИТЕТІ

**Қазақстан Республикасының
ЕРЕЖЕЛЕР ЖИНАҒЫ**

ҚР ЕЖ 3.04-107-2014

**ГИДРОТЕХНИКАЛЫҚ ИМАРАТТАРҒА ТҮСЕТІН ЖҮКТЕМЕЛЕР МЕН ӘСЕР
ЕТУЛЕР (ТОЛҚЫНДЫҚ, МҰЗДЫ ЖӘНЕ КЕМЕЛІК)**

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

**СВОД ПРАВИЛ
Республики Казахстан**

СП РК 3.04-107-2014

**НАГРУЗКИ И ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ГИДРОТЕХНИЧЕСКИЕ СООРУЖЕНИЯ
(ВОЛНОВЫЕ, ЛЕДОВЫЕ И ОТ СУДОВ)**

Ответственные за выпуск: АО «КазНИИСА»

050046, г. Алматы, ул. Солодовникова, 21

Тел./факс: +7 (727) 392-76-16 – приемная