

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 ҚР 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 РК.

МАЗМҰНЫ

Кіріспе

| | |
|---|----|
| 1 Қолдану аймағы | 1 |
| 2 Нормативтік сілтемелер | 1 |
| 3 Терминдер мен анықтамалар | 2 |
| 4 Жалпы ережелер | 5 |
| 5 Гидротехникалық имараттарға, тік және еңіс профильдерге түсетін жүк пен толқынның әсерлері | 5 |
| 5.1 Тік толқындардың тік профиль имаратына жүктемелер | 5 |
| 5.2 Тік профильдегі имаратқа толқын әсерінің жүктемелер және олардың элементтері (ерекше жағдайларда) | 7 |
| 5.3 Тік профильдегі имаратқа сынғыш және соқпа толқындардың жүктемелері | 13 |
| 5.4 Еңіс профильдегі имараттарға толқыннаң жүктемелер | 16 |
| 6 Ағылатын бөгетке және тесіп өтетін ғимараттарға толқындардан жүктемесі | 23 |
| 6.1 Ағылатын бөгетке толқындардан жүктемелері | 23 |
| 6.2 Көлденең ағылатын бөгеттерге толқындардан жүктемесі | 31 |
| 6.3 Қира толқын күштерінің тік бағыттағы сүйір бөгетке әсері | 34 |
| 6.4 Сүйір элементтерден тесіп өтетін ғимараттарға толқыннаң күштерінің әсері | 37 |
| 6.5 Толқын күшінің үлкен диаметрлі тік цилиндрлерге әсері (ерекше жағдайлар) | 38 |
| 7 Желдің толқын күштерінің жаға беріктендіргіш имараттарға және кеме толқындарының жаға каналдарына әсері | 40 |
| 7.1 Желдің толқын күштерінің жаға беріктендіргіш имараттарға әсері | 40 |
| 7.2 Кеме толқындарының жаға каналдарының қатаймаларына әсері | 46 |
| 8 Кеме (жүзбелі нысандар) күштерінің гидротехникалық имараттарға әсері | 49 |
| 8.1 Желдің, ағыстың және толқын күшінің жүзу нысандарына әсері | 51 |
| 8.2 Бекітілген кемеңіз басқы күшінің имаратқа әсері | 52 |
| 8.3 Ғимаратқа барғандағы кемеңіз жүктен басқысы | 54 |
| 8.4 Байлау арқандарының созылуынан болатын ғимаратқа түсетін күштер | 54 |
| 9 Гидротехникалық ғимараттарға күштің және мұздың әсер етуі | 57 |
| 9.1 Мұз айдындарының ғимаратқа түсіретін күші | 58 |
| 9.2 Ғимаратқа әсер ететін күші мен ықпалының мұздық тұтас жабынының температурасына байланысты ұлғаюы | 61 |
| 9.3 Сеңді мұз массаларының ғимаратқа әсер ететін күші | 63 |
| 9.4 Су деңгейінің өзгеруінде қатып қалған мұз жабынының ғимаратқа түсіретін күші | 65 |
| 9.5 Мұз кептелу массасының ғимаратқа әсер ететін күші | 68 |
| 9.6 Қозғалыстағы торостың жүктемелері | 68 |
| А Қосымша (ақпараттық) Толқынның элементтері ашық және шарбақты айлақтарда | 73 |
| Б Қосымша (ақпараттық) МКГКС осы шаманың өлшенетін формулалар және кестелері | 90 |
| В Қосымша (ақпараттық) Жел мінездемесінің синоптикалық карталардың деректер бойынша ұйғарымы | 94 |

Г Қосымша (*ақпараттық*) Торостың қырқалары

95

БИБЛИОГРАФИЯ

97

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 Нақты ережелер жинағы гидротехникалық имараттарды қайтақұруды, кеңейтуді және реконструкциялауды жобалауға арналған.

2 НОРМАТИВТІК СІЛТЕМЕЛЕР

Жинақты қолдану үшін келесі сілтемелі нормативтік құжаттарды қажет етеді:

Техникалық регламент «Ғимараттар мен құрылыстардың, құрылыс материалдары мен бұйымдарының қауіпсіздігіне қойылатын талаптар», № 1202, 2010 жылдың 17 қарашасынан Қазақстан Республикасы Үкіметінің қаулысымен бекітілген;

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

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.

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

МСТ 27751-88 Құрылыс құрылымдары мен іргетасының сенімділігі.

МСТ 25100-95 Топырақтар. Топтастыру. 3-5 Бөлімі; А қосымшасы.

Ескерту - 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 қызметтерін мақсатты түрде тексеру керек. Егер де сілтеме құжат ауыстырылса (өзгертілсе), осы нормативтік құжатты қолдану барысында ауыстырылған (өзгертілген) құжатты басшылыққа алу қажет. Егер де сілтеме құжат ауыстырусыз (өзгертусіз) қызмет ету күші жойылса, сілтеме көрсетілген қағида осы сілтемеге өзгеріс әкелмейтін бөлігінде қолданылады.

Ресми басылым

3 ТЕРМИНДЕР МЕН АНЫҚТАМАЛАР

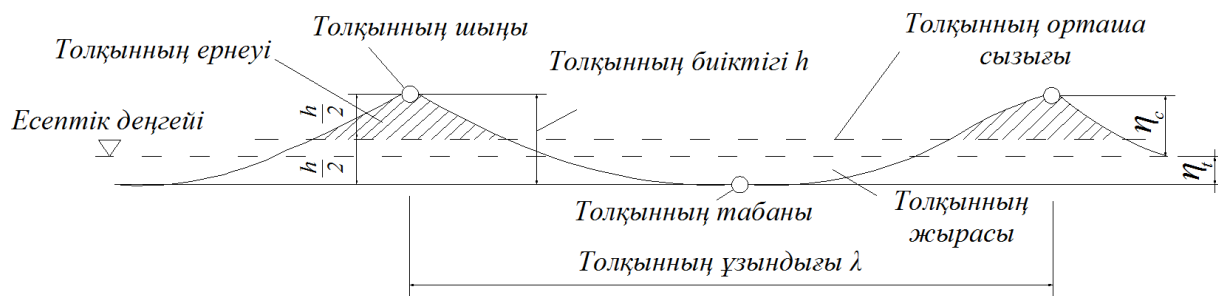
Осы ережелердің жинағында қолдану кездесетін терминдер мен тиісті анықтамалар:

3.1 Жүгіртпе толқындар: Айқын қалыпта, кеңістікте ауысатын толқындар.

3.2 Желдік толқындар: Еркін жазықтықтағы судың жел әсерінен пайда болған тербелмелі қозғалысы.

3.3 Толқынның қысымы: Су бетіндегі желдің әсерінен толқынданған гидродинамикалық қысымның шартты үлесі.

3.4 Толқынның биіктігі: Қапталдағы толқын табанымен есептегендегі толқын шыңының көтерілуі (1-сурет).



1-сурет – Толқын элементтер мен профилі

3.5 Толқынның шыңы: Толқынның ернеуінің ең биіктік нүкте (1-сурет).

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

3.7 Толқынның дифракциясы: Фронттардың майысуы және жүгіртпе толқынның бөгетті асып өтудегі биіктігінің өзгеруі (имарат, арал, мүйістер және т.б.).

3.8 Толқынның ұзындығы: Толқындық профильдегі екі шектес толқын жалдары биіктігінің арасындағы көлденең арақашықтық (1-сурет).

3.9 Толқынның екпінінің ұзындығы: Айдын желінің өлшенген жел бағытының есептік нүктеге дейінгі камтыған ұзақтығы.

3.10 Торос белағашы: Шоғырландырылған қабатынан төмен орналасқан суасты торос бөлігі.

3.11 Шоғырландырылған торос қабаты: Монолитке мұз блоктарының қатуы әсерінен пайда болған - торос бөлігі.

3.12 Шегіне жеткен тереңдік: Толқын бұзылуы болатын тереңдік.

3.13 Мұзды алаң: Барлық жағы сумен қоршалған, кез-келген 20 метрден асатын көлденең мұз жамылғысының жазық бөлігі.

3.14 Мұздық жамылғы: Жылдың суық мезгілінде су бетінде пайда болған немесе жел, ағыстардың әсерімен келген мұз қабаттарының кез келген түрі, тегіс мұз, қаттаулы мұз, торос тізбегімен шоғырланған мұз айдындар, жеке торостар т.б. түрлерге бөлінеді.

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

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

3.17 **Мұздақ:** Су бетінде мұздың біртіндеп өсуінен құрылған немесе мұзды алаңдардың қирауы әсерінен пайда болған, көлемі жағынан алғанда үлкен емес мұз жамылғысының тұтас бөлігі.

3.18 **Қабаттану мұзы:** Бір мұздың екіншісіне қабаттануы нәтижесінде құрылған және қалыңдығы 30 см ден асатын деформацияланған мұз түрі.

3.19 **Тұрақсыз толқындар:** Толқындар, кездейсоқ түрде өзгертін элементтер.

3.20 **Торос желкені:** Су үсті торос бөлігі.

3.21 **Толқынның кезеңі:** Белгіленген биіктікте екі толқын шыңдарының өту арасының уақыт арақашықтығы.

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

3.23 **Толқынның табаны:** Толқын сайының ең төменгі нүктесі.

3.24 **Шарпулық толқындар:** Желдік толқындардың жағалаудағы құлама жамылғысы (табиғи немесе жасанды), су бөліктерінің үйкелістері мен алдыңғы ірі баурайда құрылған толқын профилінің трансформациясы нәтижесінде жүзеге асып; толқын жоталарының жағалау жаққа қарай қирай жетуі (толқын қирауы).

3.25 **Толқынның профилі (негізгі):** Қиылысу сызығы бүлінген беткейден тік жазықтықпен толқындар сәулесінің бағытында (1-сурет).

3.26 **Қира толқындар:** Желдік толқындар, құлама жағамен өзара әрекеттесу кезінде гидротехникалық имараттармен, суасты бөгеттерімен немесе тіке қисайған түппен толқын профилінің трансформациясы жотаның жаға жағына (бөгеттер) құлауынан болады.

3.27 **Толқындық есептік элементтер:** Дауылдық есептік жүйеде берілген имарат түрлері мен класына қарай қабылданған 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 кезеңге сипатты максималды толқын элементі; әртүрлі толқын бағытына әртүрлі есептік дауылдар сәйкес келе алады.

3.30 **Тұрақты толқындар:** Биіктігі мен өту мерзімі өзгермейтін толқындар.

3.31 **Толқынның рефракциясы:** Жүгіртпе толқындардың ағыс әсерінен немесе таяз сулардың тереңдігінің өзгеруінен болатын фронттары мен биіктігінің өзгеруі.

3.32 **Тегіс мұз:** Жоғарғы және төменгі беттері тегіс мұз түрі.

3.33 **Толқынның жылдамдығы:** Толқын жалдарының белгілі нүктеде қозғалу жылдамдығы.

3.34 **Теңіз мұзының ащылығы:** Мұз ерітіндісі мен осы ерітінді массасына араласу кезінде пайда болған иондардың жиынтық массасы.

3.35 **Толқынның орташа сызығы:** 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:** Суасты және суүсті мұз жамылғысы бөлігі қалыңдығының жиыны.

3.38 **Торос:** Мұз бөлшектері мен сынықтарының бір-бірімен түйісуінен қысымдалған (тапталған) кесек үйінділер.

3.39 **Торосты мұзды алаң:** Мұздардың тапталуынан пайда болған тізбектелген торосты алқап.

3.40 **Толқынның трансформациясы:** Жүгіртпе толқынның биіктігі мен ұзындығының өзгеруі, түп бедері, кедергілер, ағыс әсерінен фронттардың майысуы.

3.41 **Толқынның фронты:** Толқын жалдарының шыңынан өтетін сызық.

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

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

Негізгі әріптің белгілері

V_w - желдің жылдамдығы, м/с;

η_c - есептік деңгейдің үстінде толқынның төбесінің асыра сілтеу, м;

η_t - есептік деңгейдің толқынның табанын төмендеу, м;

h - толқынның биіктігі, м;

λ - толқынның ұзындығы, м;

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

T - толқынның периоды, с;

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

c - толқын жылдамдығы, м/с;

h / λ - толқын шұғылы;

λ / h - толқын қиясы;

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

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

d - есептік деңгейдің судың тереңдік, м;

d_{cr} - шегіне жеткен судың тереңдік, жанында толқындарының бірінші құлату болғанда, м;

$d_{cr,u}$ - судың тереңдігі, жанында толқындарының соңғы құлату болғанда, м;

Q - ғимараттарға, бөгетке толқындардың әсер ететін күші, кН;

P - ғимараттың, бөгеттің ұзындығының бірлігіне таратылған жүк, кН/м;

p - толқындық қысымы, кПа;

ρ - судың тығыздығы, кг/м³;

g - еркін құлау жылдамдығы, м/с²;

φ , β - горизонтқа құлама еңісінің (немесе түбінің) бұрышың еңкіші, бұршақ;

i - түбінің еңісі.

4 ЖАЛПЫ ЕРЕЖЕЛЕР

4.1 Ереже жинағында нормативтік жүктер мағынасы мен желдік толқынның, мұз және гидротехникалық имаратқа судың әсері. Есептік жүк өндірістік нормативтік жүктер секілді сенімділік коэффициенті γ_f жүктерінен анықталуы, нормативтік мағынасы оның жайсыз жағына жүктің бас тарту мүмкіндігін ескеру қажет. Толқындық жүкке γ_f коэффициент мағынасы, мұздық және судан ҚР ЕЖ 3.04-01 талабы бойынша қабылдануы қажет.

4.2 Жүктемелер және I класстағы имаратқа толқын мен мұздың әсері, сонымен қатар басқа да кластағы имарат, толқын есептік биіктігі 5 м көп есептік әдістермен алынған, және де табиғи және лабораториялық ізденістер негізінде нақтылау қажет.

4.3 Есептік толқындардың элементтері және мұздық шарттарды ашық және шектелген айдындарда инженерлік-гидрометеорологиялық ізденістер, көпжылдық табиғи бақылау және лабораториялық ізденістер нәтижесі негізінде қабылдау. Көрсетілген ізденістерді орындау ережесі [6,7] келтірілді.

5 ГИДРОТЕХНИКАЛЫҚ ИМАРАТТАРҒА, ТІК ЖӘНЕ ЕҢІС ПРОФИЛЬДЕРГЕ ТҮСЕТІН ЖҮК ПЕН ТОЛҚЫННЫҢ ӘСЕРЛЕРІ

5.1 Тік толқындардың тік профиль имаратына жүктемелер

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

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

мұндағы d_f - имарат етегінің тереңдігі, м;

k_{br} - коэффициент, сызба бойынша қабылданады (3-сурет);

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

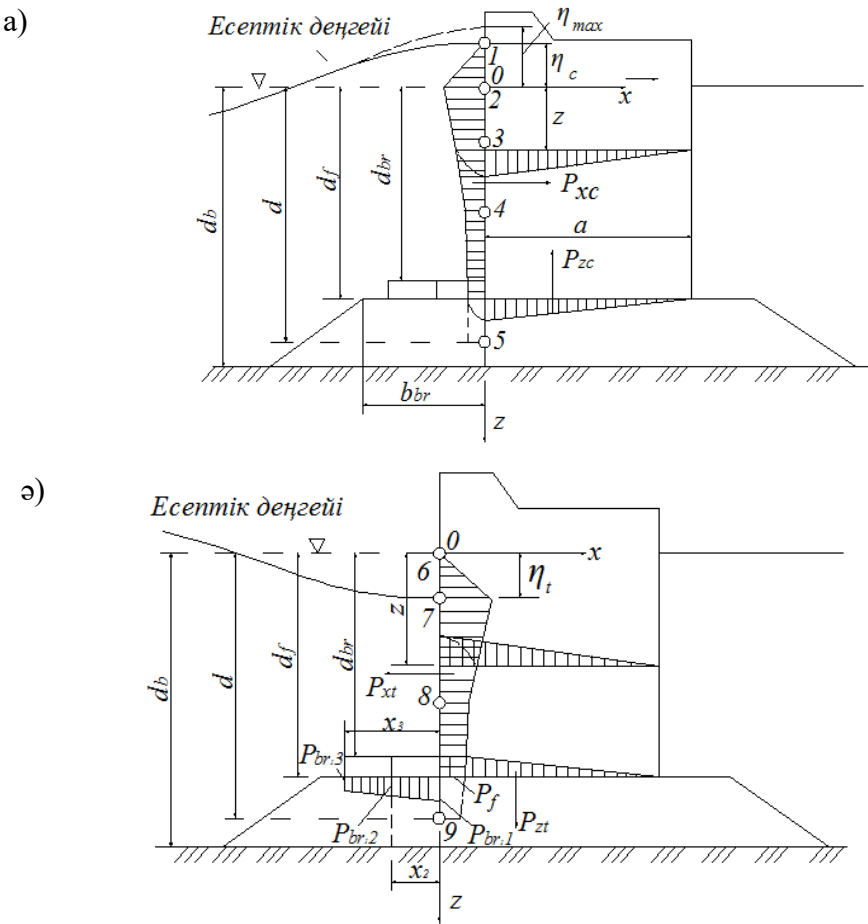
$$\eta = -h \cos \alpha - \frac{kh^2}{2} \operatorname{cth} kd \cos^2 \alpha, \quad (2)$$

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

\bar{T} - толқынның орташа периоды, с;

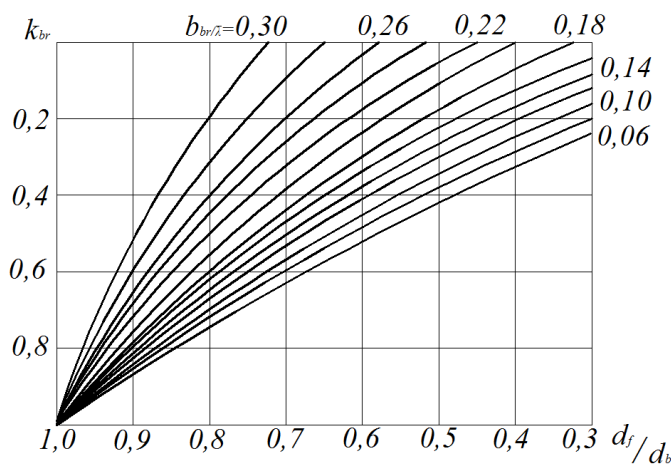
t - уақыт, с;

$k = 2\pi / \bar{\lambda}$ - толқынның сан;
 $\bar{\lambda}$ - толқынның орташа ұзындығы, м.



а) толқын жотасында; ә) толқын жырасында
(бермендік массивке толқындық қысымды өлшейтін эпюрлермен)

2-сурет - Тік қабырғаға ашық айдын жағынан тік толқындардың қысым эпюрасы



3-сурет - k_{br} коэффициенттердің мағынасы сызбасы

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

а) $\cos \omega t = 1$ - толқын биіктігі қабырғасына келгенде, есептік деңгейдің көтерілуінен η_{\max} м;

б) $1 > \cos \omega t > 0$ - максимальды мағынада көлденең сызықтық толқындық жүктер P_{xc} , кН/м, толқын жотасына, есептік деңгейден η_c жоғарлаған, бұл жағдайда $\cos \omega t$ 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 толқындық жүктер P_{xt} , кН/м, толқын етегіне, η_t есептік деңгейден төмен орналасқан.

Ескерту- $d/\bar{\lambda} \leq 0,2$ 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 Терең сулық аймақта көлденең сызықты жүкті тік қабырғаға P_x , кН/м, тік толқын сайы немесе жотасын (1-сурет) тік толқын эпюрасы бойынша қабылдау қажет, осыған байланысты үлкендігі p , кПа, тереңдігі z , м, келесі формула бойынша анықталуы қажет:

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

Мұндағы ρ - су тығыздығы, т/м³;

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

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

Жота үшін $z_1 = \eta_c$, ал сай үшін $z_6 = 0$, болған кезде $p = 0$ қолдану қажет.

5.1.4 Ұсақсулы аймақтарда көлденең сызықты жүкті тік қабырғаға P_x , кН/м, тік толқын сайы немесе жотасын (1-сурет) тік толқын эпюрасы бойынша қабылдау қажет, осыған байланысты үлкендігі p , кПа, тереңдігі z , м, 1-кесте бойынша анықталуы қажет.

5.2 Тік профильдегі имаратқа толқын әсерінің жүктемелер және олардың элементтері (ерекше жағдайларда)

5.2.1 Толқындық қысым p , кПа, имарат жоғарынан есептік деңгейден тік қабырғаның көтерілуі z_{sup} , м, η_{max} , м қарағанда төмен, пп. 5.1.3 және 5.1.4 ке сәйкес формула бойынша алынған мәнді қысым коэффициентіне k_c көбейту қажет:

1-кесте – Толқындық қысымы p , кПа

| № нүкте | Нүктелердің тереңдеуі z , м | Толқындық 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 | $p_5 = k_5 \rho g h$ |
| сайларда | | |
| 6 | 0 | $p_6 = 0$ |
| 7 | η | $p_7 = -\rho g \eta_1$ |
| 8 | $0,5d$ | $p_8 = -k_8 \rho g h$ |
| 9 | d | $p_9 = -k_9 \rho g h$ |
| Ескерту- Коэффициенттер мағынасы k_2, k_3, k_4, k_5, k_8 и k_9 4-суреттің сызба бойынша қабылданады. | | |

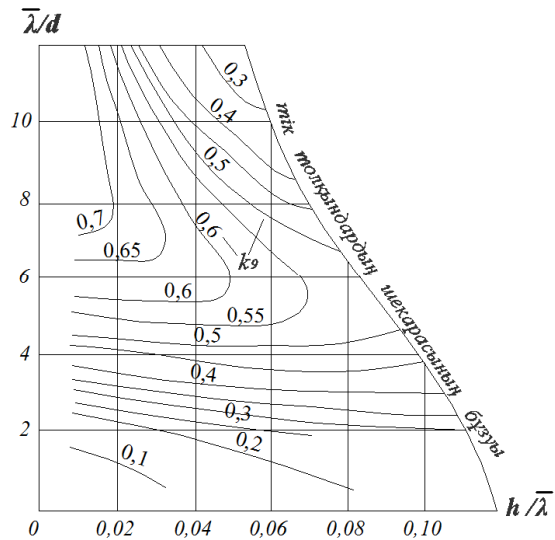
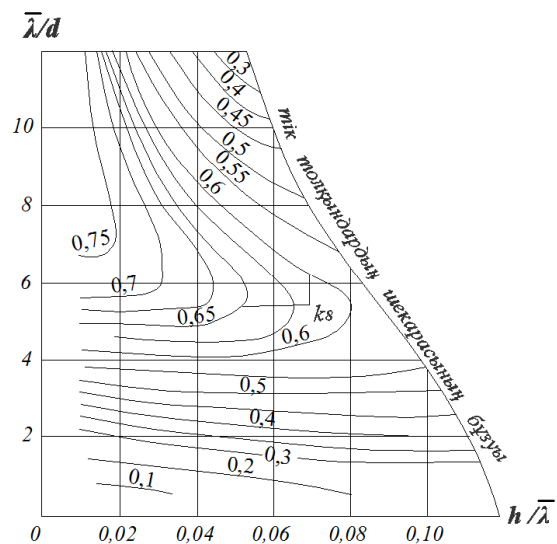
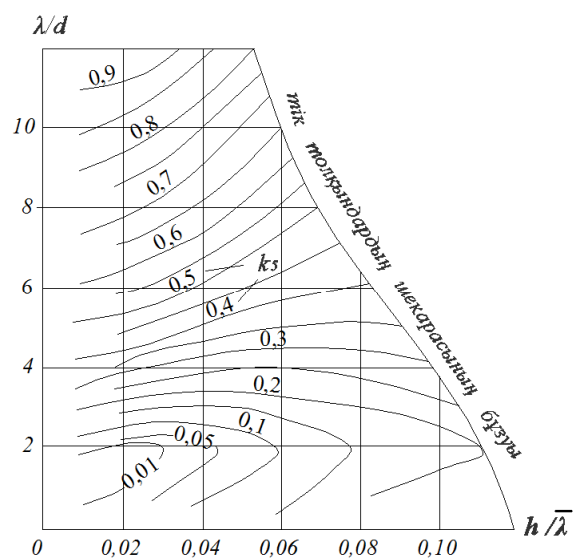
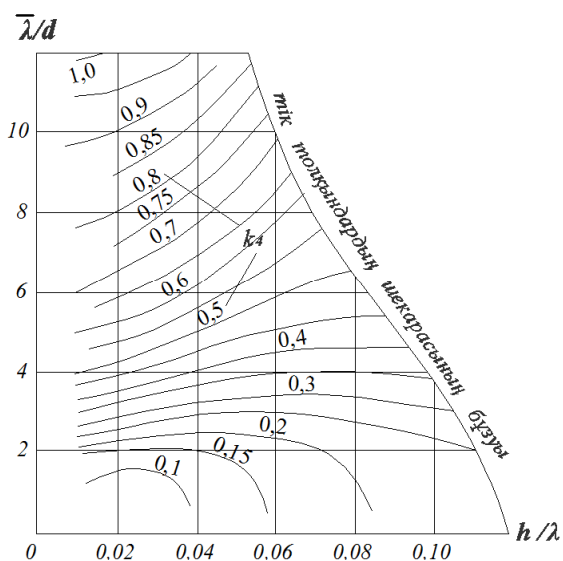
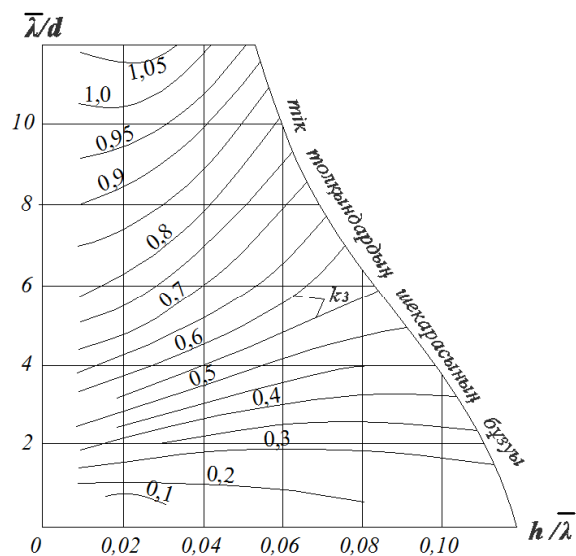
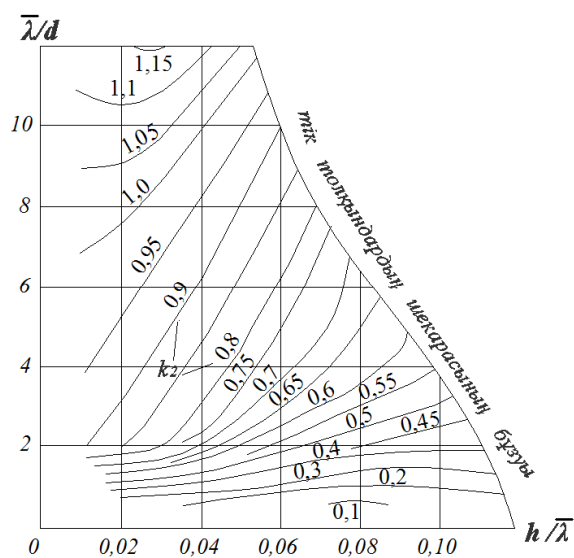
$$k_c = 0,76 \pm 0,19 \frac{z_{\text{sup}}}{h}. \quad (5)$$

Еркін толқындық бет кейдің η көтерілуі немесе төмендеу, 5.1.2 анықталғандай коэффициентке k_c көбейту қажет.

Көлденең сызықтық толқындық күш P_{xc} , кН/м берілген жағдайда, толқын қысымының алаңының эпюрасы тік қабырғаның биіктік шегінде анықталуы қажет.

5.2.2 Толқын фронтының келуінде бұрыштағы имарат α , бұршақ, ашық айдын жағынан (имараттың тұрақтылық есебінен, топырақ негізінің мықтылық есебінен) сызықтық толқынды жүкті тік қабырғаға 5.1.3 және 5.1.4 - ке анықталғандай сәйкесінше, оны 2-кесте бойынша, k_{cs} жүкті азайтудың коэффициентке көбейту арқылы азайту қажет.

5.2.3 Көлденең жүкті диффракциялық толқыннан шектелген айдын жағынан имарат бөлімінің ұзындығына қатысты $l/\bar{\lambda} \leq 0,8$ анықтау қажет, есептік толқындық қысымның эпюрасы p , кПа мағынасынмен, келесі жағдайды қарастыра, үш нүктеде орындауға жіберіледі:



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

2-кесте - k_{cs} коэффициенті

| α , бұрыш | k_{cs} |
|------------------|----------|
| 45 | 1 |
| 60 | 0,9 |
| 75 | 0,7 |

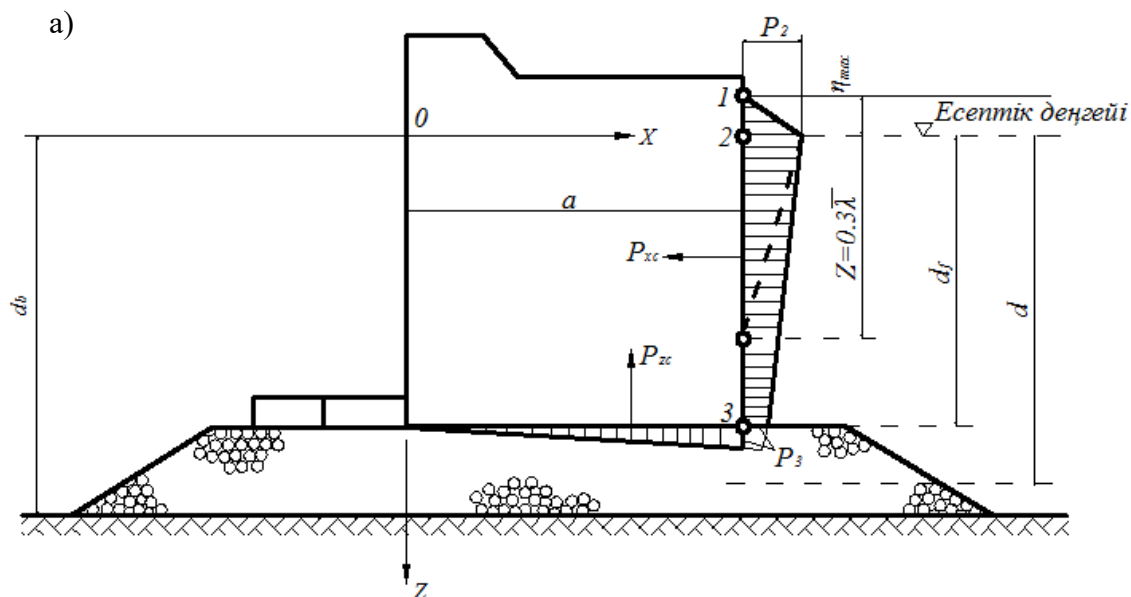
Ескерту- Толқын фронтын қабырғаға ауыстырғанда, яғни α үшін және 90° - қа жақын немесе тең, толқындық жүкті имарат бөліміне сәйкес 5.2.3- мен анықтау қажет.

а) толқынның шыңы имарат бөлімінің ортасында орналасқан (5а - сурет):

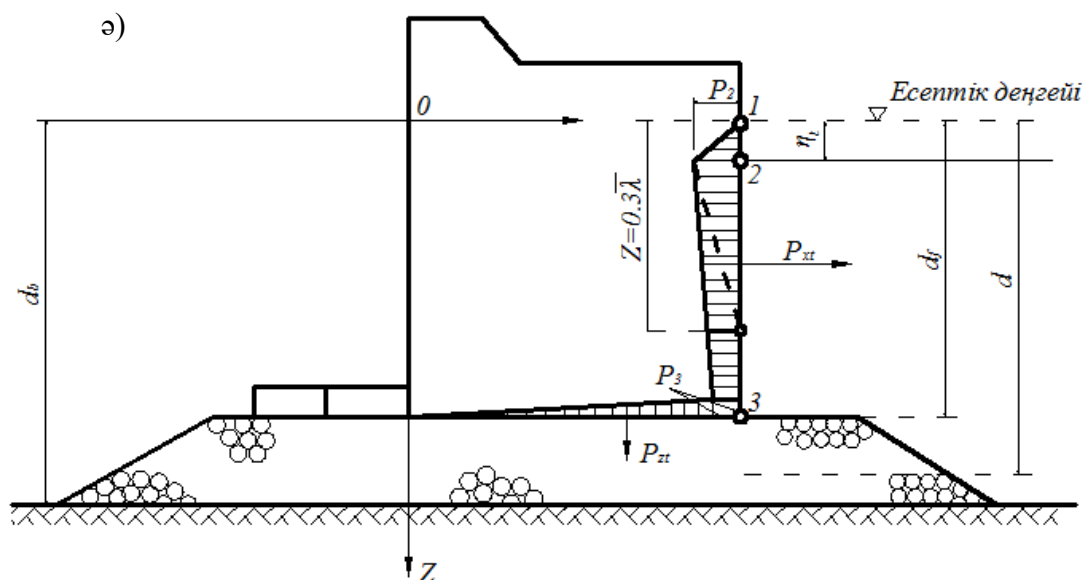
$$z_1 = \eta_{\max} = -\frac{h_{dif}}{2} - \frac{kh_{dif}^2}{8} \operatorname{cth} kd, \quad p_1 = 0, \quad (6)$$

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

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



5-сурет - Диффракциялық толқынның тік қабырғаға және оның шектелген айдындар бөктері жағынан қысым толқын жотасында эпюрасы



5-сурет - Дифрагациялық толқынның тік қабырғаға және оның шектелген айдындар бөктері жағынан қысым толқын сайында эпюрасы (жалғасы)

б) толқын етегі имарат бөлімінің ортасында орналасқан (5ә - сурет):

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

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

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

мұндағы h_{dif} - дифрагациялық толқын биіктігі, м, А қосымшасына сәйкес анықталғандай;

k_l - 3- кестеде қолданылатын коэффициенті.

3-кесте - k_l коэффициенті

| | | | | | | | | |
|---|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Бөлімге қатысты ұзындық $l / \bar{\lambda}$ | 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 |

Ескерту - Шектелген айдын жағынан тереңдікте $d \geq 0,3\bar{\lambda}$, үш бұрышты толқын қысымы эпюрасын тұрғызу қажет, толқындық қысымды нөлге теңестіріп, тереңдікті $z_3 = 0,3\bar{\lambda}$ қабылдаймыз (5ә-сурет).

5.2.4 Өлшейтін толқын имараттың қысым массивті қалаудың көлденен тігісінде және сәйкес көлденентолқын қысымының шеткі нүктелерінің (2 және 5- суреттерді қара) үлендігін имарат ені шегінің сызықтық өзгерістерін имарат бөктерінде тең етіп қабылдау қажет

5.2.5 Максимальды су түбіндегі $v_{b,max}$ м/с, тік қабырға алдында (тік толқын әсеріне байланысты) $0,25 \bar{\lambda}$ арақашықтығында алдыңғы қабырғаға дейін мына формулаға сәйкес анықталу қажет:

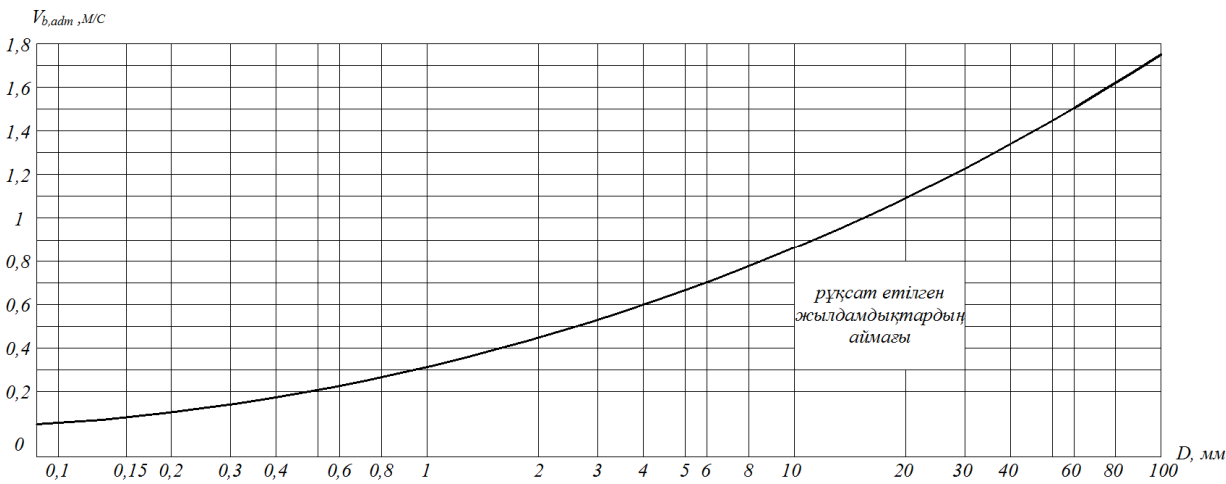
$$v_{b,max} = \frac{2k_{sl}\pi h}{\sqrt{\frac{\pi}{\lambda sh} 2kd_b}} , \tag{12}$$

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 |

Шайылып кетпейтін түпкі жылдамдықтардың $v_{b,adm}$ м/с, жіберілу мағынасы, ірі фракциялы топыраққа D , мм, $v_{b,max} > v_{b,adm}$ шайылып кетпеу негізін қорғауды 6-сурет бойынша қарастыру қажет.



6-сурет - Су түбіндегі рұқсат етілетін жылдамдық сызба

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

$$P_{br,i} = k_{br} p g h \frac{\operatorname{ch} k(d-d_f)}{\operatorname{ch} k d} \cos k x_i \leq p_f, \quad (13)$$

мұндағы x_i - қабырғадан сәйкес келетін массивке дейінгі арақашықтық, м;

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

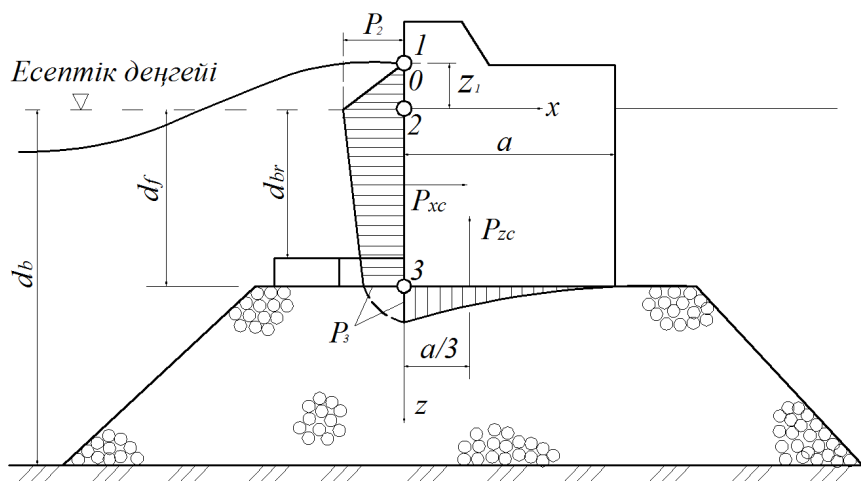
p_f - имарат табаны деңгейіндегі толқындық қысым.

5-кесте - k_{br} коэффициенті

| Салыстырмалы тереңдік d/λ | k_{br} коэффициент $\bar{\lambda}/h$ көлбеу толқында | |
|-----------------------------------|--|----------------|
| | 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 |

5.3 Тік профильдегі имаратқа сынғыш және соқпа толқындардың жүктемелері

5.3.1 Имараттың есебі сынғыш толқындарға әсері ашық айдын жағынан берманың тереңдігіне $d_{br} < 1,25h$ және түбіне дейін тереңдікте $d_b \leq 1,5h$ шығарылуы қажет (7-сурет).



7-сурет - Тік қабырғаға бөлінетін толқынның қысым эпюрасы

5.3.2 Көлденең жүктер P_{xc} , кН/м, сынғыш толқындардан толқындық қысымның бүйір эпюрасы бойынша анықтау қажет, p , кПа, мағынасының құрылуында, z , м, ординатасына мына формула бойынша қабылдау қажет:

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

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

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

Тік жүктемелер P_{zc} , кН/м, сынғыш толқындардан тең алаңдар толқындық қысымда өлшейтін эпюраларын қабылдау қажет және мына формула бойынша анықтау:

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

мұндағы μ -6-кесте бойынша қабылданған коэффициенті.

6-кесте – μ коэффициенті

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

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

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

5.3.3 Имарат есебі соқпа толқынға әсері ашық алаң жағынан $d_b \leq d_{cr}$ құрылуы қажет қабырға бөліміне жалғасатын бойлық түбінің $0,5\bar{\lambda}$ м тереңдіктен төмен емес (8-сурет).

Көлденең сызықтық жүктемені P_{xc} , кН/м, соқпа толқыннан бүйір толқындық қысымының эпюра алаңы бойынша қабылдау қажет, p , кПа осы мағынада ордината үшін z , м, мына формула бойынша анықтауға жіберіледі:

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

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

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

мұндағы $\bar{\lambda}_{sur}$ - соқпа толқынның орташа ұзындығы, м.

5.4 Еңіс профильдегі имараттарға толқынның жүктемелер

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

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

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

7-кесте – Бұдыр және құлама өткізгіштік коэффициенті

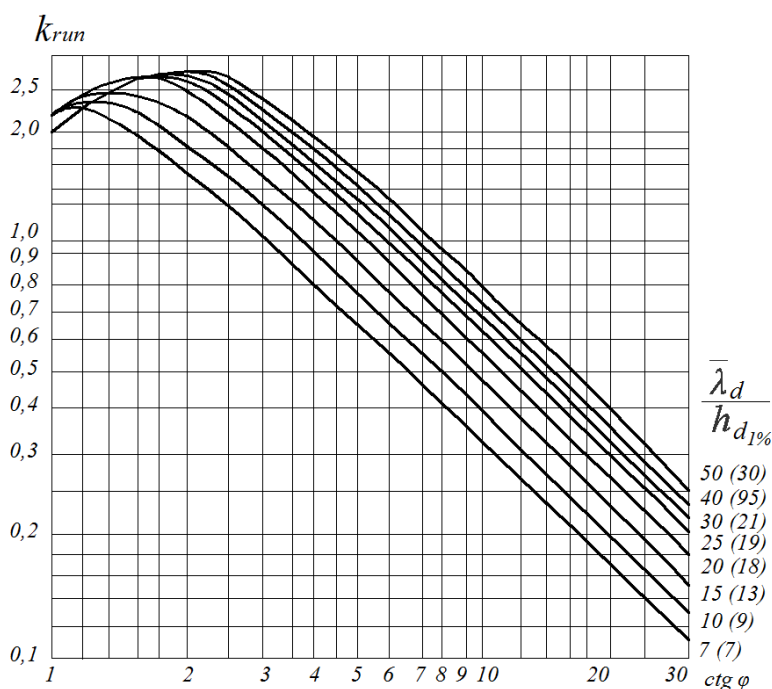
| Құламаның бекіту конструкциясы | Қатысты өткізгіштік $r/h_{1\%}$ | k_r коэффициенті | k_p коэффициенті |
|--|---------------------------------|--------------------|--------------------|
| Бетондық (темірбетондық) жабындар | - | 1 | 0,9 |
| Құмтасты-галечник тасты немесе бекітулі бетондық (темірбетондық) 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 |
| Ескерту-Бұдырдың өзіндік өлшемі r , м орташа өлшемге тең материалды құлама бекітудегі немесе орташа бетондық (темірбетондық) блоктарды қабылдау қажет. | | | |

k_{sp} - 8- кесте.бойынша қабылданған 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 көкжиекке иілу бұрышы, бұршақ. | | | |

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



9- сурет - k_{run} коэффициенттер мәндерінің графигі

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

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

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 |

Толқын фронтына келу кезінде бұрыштағы имаратқа α , бұршақ ашық айдын жағынан, толқын төсеуінің үлкендігін құламаға көбейту арқылы 10-кесте бойынша қабылданған, k_α коэффициентіне төмендету қажет.

10-кесте – k_α коэффициенті

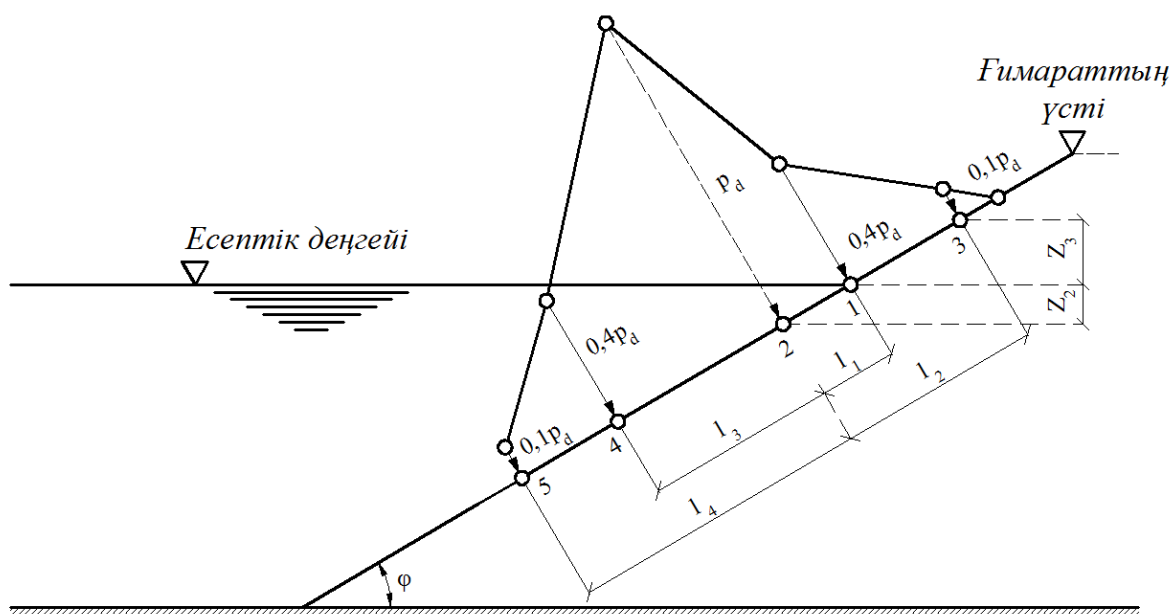
| Бұрыштың мәні α , бұршақ | 0 | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 |
|---------------------------------|---|------|------|------|------|------|------|
| k_α коэффициенті | 1 | 0,98 | 0,96 | 0,92 | 0,87 | 0,82 | 0,76 |

10 кесте жалғасы

Ескерту - 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 $d=d_{cr}$, м, немесе бұзылмайтын топырақ үшін $d=d_{cr,u}$, м, тереңдікте (толқынның биіктігі мен судың тереңдігі сәйкесінше h , d_{cr} және $d_{cr,u}$).

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

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



10-сурет - Еңіске, жабындармен күшетілген, максималды есептік толқын қысымы эпюрасы

мұндағы 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 - коэффициент, 11-кесте бойынша қабылданады.

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} - 2 нүктедегі (11-сурет) еңіске түскен максималды салыстырмалы толқындық қысым 12-кесте бойынша қабылдау.

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, ординатасы максималды есептік толқын қысымын p_d мына формуламен есептейді:

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

мұндағы A и B параметрлер мағынасы тәуелділік бойынша анықталады, м:

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

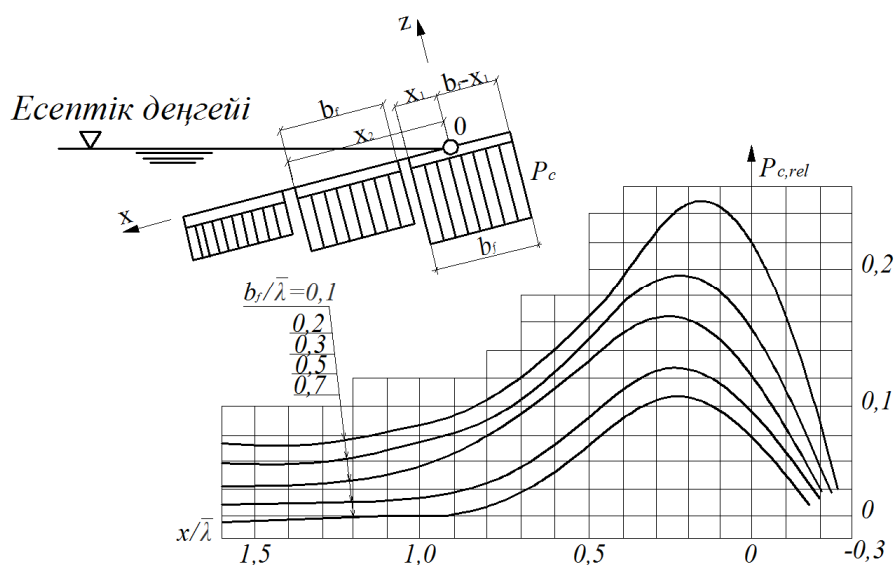
$$B = h \left[0,95 - (0,84ctg \varphi - 0,25) \frac{h}{\bar{\lambda}} \right]. \quad (29)$$

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

2 нүктеден төменең жоғары еңіс бойынша бекітілген аумақта, толқын қысымының p (11-сурет) эпюра ординатасының мағынасын қабылдауы мүмкін, кПа, арақашықтық, м:

$$l_1 = 0,012 \mathcal{L}_\varphi \text{ болғанда} \quad \text{және} \quad l_3 = 0,026 \mathcal{L}_\varphi \quad p = 0,4 p_d,$$

$$l_2 = 0,032 \mathcal{L}_\varphi \text{ болғанда} \quad \text{және} \quad l_4 = 0,067 \mathcal{L}_\varphi \quad p = 0,1 p_d,$$



11-сурет - Салыстырмалы толқындық қысымға қарсы анықтауға сызықтар

мұндағы

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

Толқындық қысымға p_c , кПа, қарсы эпюра ординатасы, кПа, еңіске бекітілген тақтаны, 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 қарсы 11-суреттегі график бойынша қабылданады.

5.4.3 Салмақ еңістен толқынға нықталған плитаның көмегімен I және II класс ғимараттары үшін 1,5 м-ден кем емес толқынның биіктігі мен 1 %-пен қамтамасыз ететін желдік толқынның үздіксіз есептелетін әдістерімен анықталады.

Тікелей берм және айнымалы еңістің жеке учаскелері арқылы тайқы профиль толқынға салмақ түсіреді және оны еңіске қалай салмақ түсіретінін лабораториялық зерттеу көмегімен анықтау қажет.

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

- орналасқан тас немесе шығыр еңістің телімінде орналасқан ғимараттың үстінен $z = 0,7h$ тереңдікке дейін 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 $z > 0,7h$ формула бойынша:

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

мұндағы k_{fr} - коэффициент, 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 шығырлары | 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 |

Тастың салмағына анықталған (32) және (33) формулар бойынша γ_n коэффициенттері жазылу керек. Сенімділік коэффициенті γ_n ғимаратының жауапкершілігімен, СН РК 3.04-01 ғимарат сыныбы бойынша анықталады.

5.4.5 Жобалау барысында ғимарат еңісін бекітуге сұрапталмаған тас қалдықтары қажет. Астық құрамындағы k_{gr} коэффициенті шекараның сызықтап тасталған бөлігінде орналасу керек, 12-суретте графигі көрсетілген.

k_{gr} коэффициент мағынасы мына формуламен анықталуы тиіс:

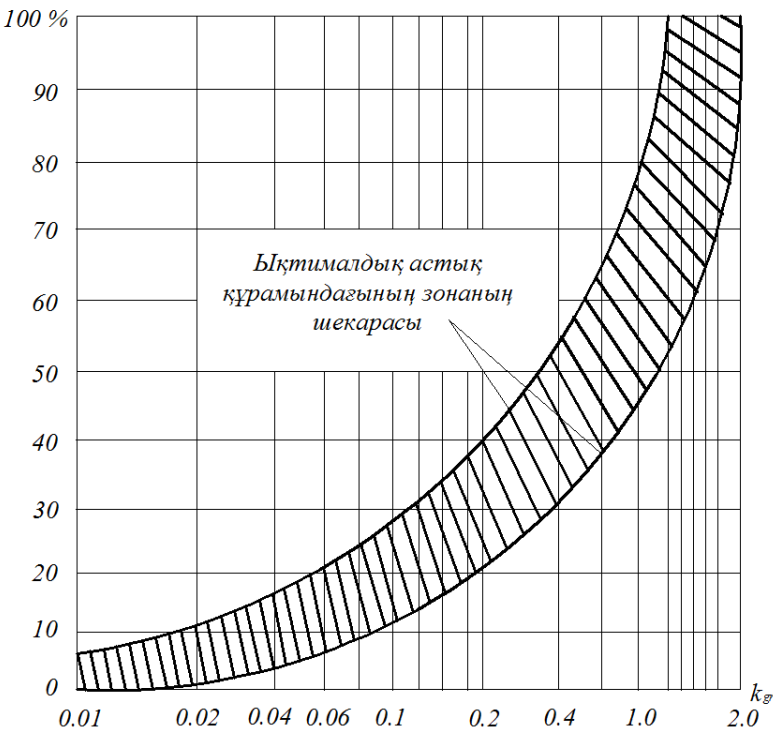
$$k_{gr} = \sqrt[3]{\frac{m_i}{m}} = \frac{D_{ba,i}}{D_{ba}}, \quad (34)$$

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 салмақ m_i және m .

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



12-сурет - Кесте астық құрамындағы ықтимал сұрыпталмаған тастардың қалдықтары еңісті қаншалықты бекітетінін анықтайды

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

14-кесте – k_ϕ коэффициенті

| $\text{ctg } \phi$ | 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 мазмұны 15-кестеге сәйкес келетіндей қабылдануы керек.

15-кесте - Минимальды фракция диаметрінің D_{ba} мазмұны

| | | | | |
|---|----|----|----|--------|
| Қыыршылықтың әр түрлерін D_{60}/D_{10} коэффициенті | 5 | 10 | 20 | 40-100 |
| Минимальды фракцияның диаметрі D_{ba} , % (салмағы бойынша) | 50 | 30 | 25 | 20 |

6 АҒЫЛАТЫН БӨГЕТКЕ ЖӘНЕ ТЕСІП ӨТЕТІН ҒИМАРАТТАРҒА ТОЛҚЫНДАРДАН ЖҮКТЕМЕСІ

6.1 Ағылатын бөгетке толқындардан жүктемелері

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 $ж = x/\lambda$, 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 жылдам компонентті күш толқынның қозғалысына байланысты болады, кН, формуласы бойынша:

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

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

мұндағы δ_i және δ_v - коэффициенттері инерционды және жылдам компонентті максималды күштер қозғалысы толқынды көрсетеді. Бұл 1 және 2 графиктар, 14 сурет;

h және λ - биіктігі және ұзындығы толқын есебін А.4 жағдайда көрсетеді;

a - толқын сәуле жағдайы, м;

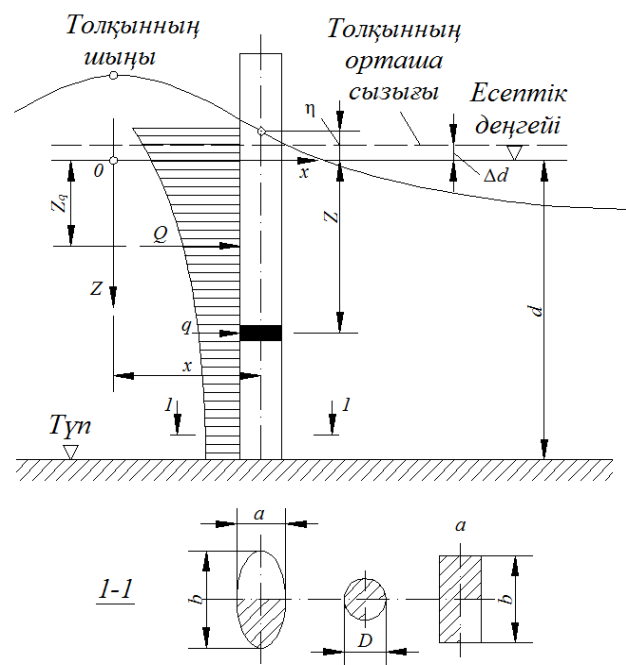
b - толқын сәуле көлемін, м;

k_v - коэффициент, 16-кесте бойынша;

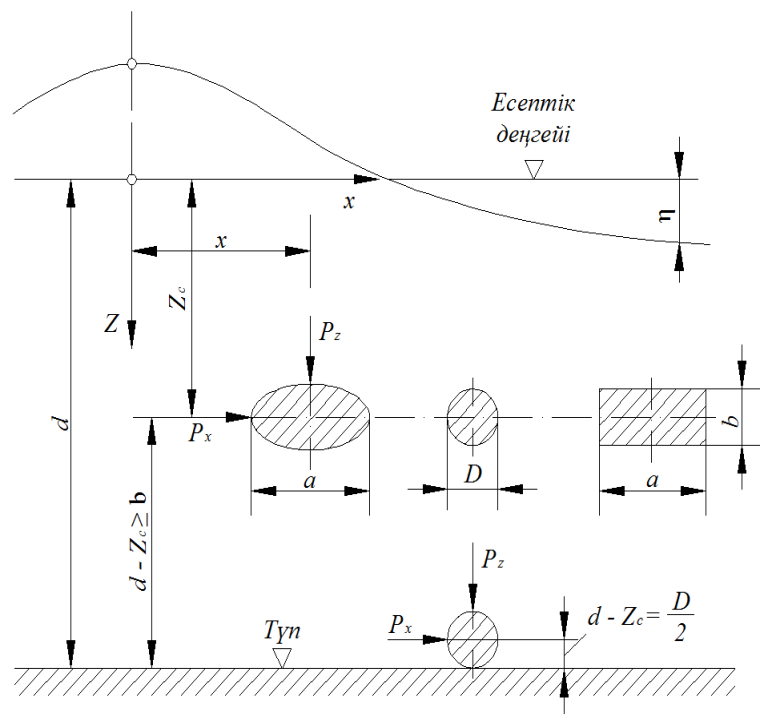
α_i және α_v - инерционды және жылдам коэффициенттерінің ең терең қабаты (15-сурет, а және ә графиктер);

β_i және β_v - көлденен қимасымен кедергісінің қалыптарының шеңбер, эллипс, тікбұрыш тәрізді инерционды және жылдам коэффициенттер (16-сурет).

а)



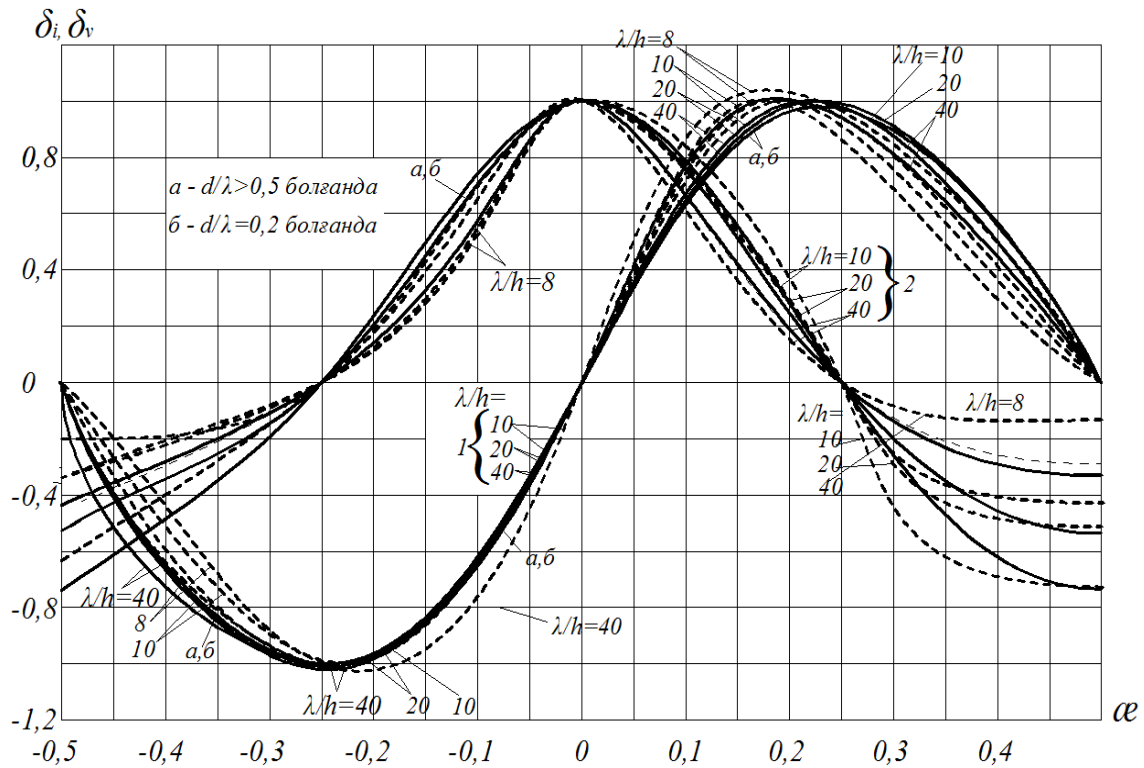
ә)



13-сурет - Толқындық жүктемелерді анықтайтын сұлба

16-кесте - k_v коэффициентің

| | | | | | | | |
|---|------|------|------|------|------|-----|------|
| $a/\lambda, b/\gamma\lambda, D/\lambda$ 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-графикі) мен жылдамдықтық δ_v (2-графикі) күш компоненттері коэффициенттерінің үйлесімдік мәнінің графигі

Ескертілер

1 Толқын қозғалысына қарсы ережеге сай оның биіктігіне байланысты болады. Тәжірибеге бағынсақ коррозияға ұшыраған жағдайда төмендеуі және көлдердің коэффициентті формасын міндетті түрде орындау керек:

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

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

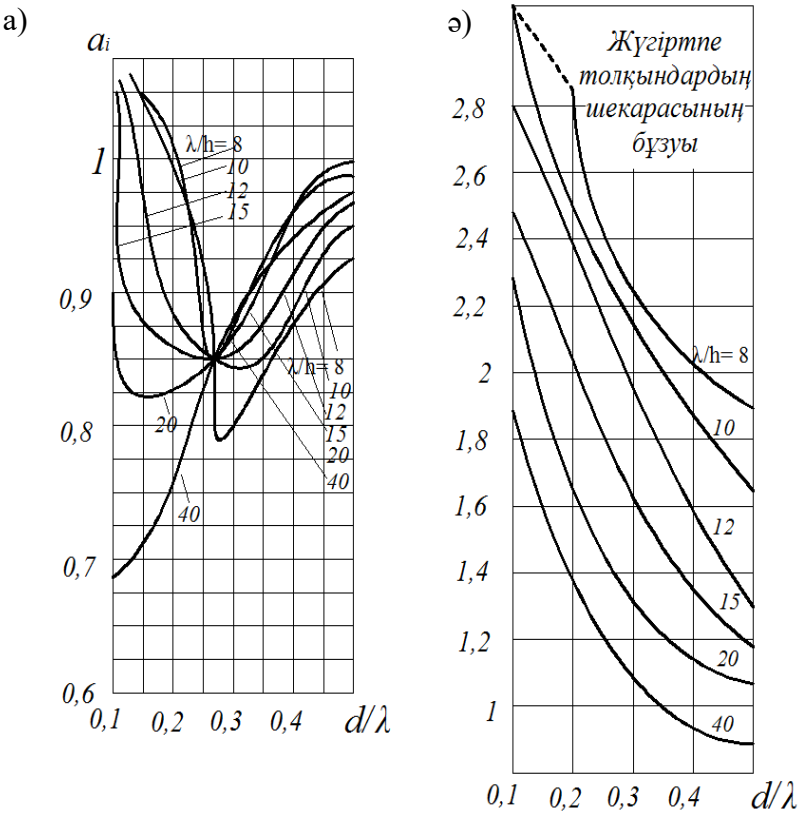
мұндағы C_i және C_v - жөнделген тәжірибелік мағыналардың инерциондық және жылдам қарсыласуының коэффициенттері.

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

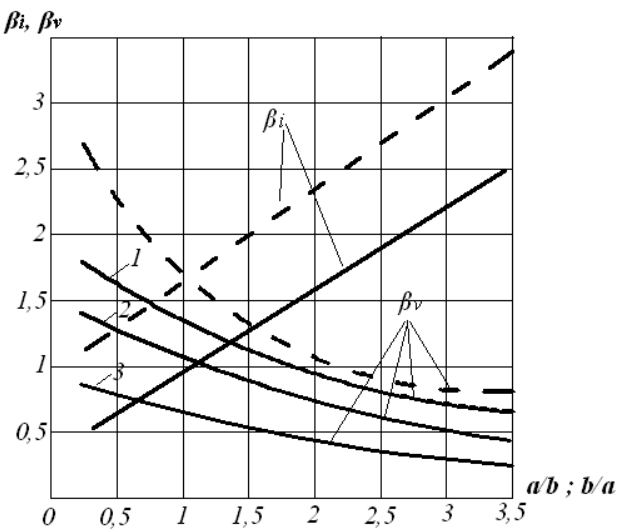
3 Толқынның ең үлкен әсері Q_{\max} , кН, тік дөнес бөгетке мына мәнде $\frac{Q_{i,\max}}{Q_{v,\max}} \geq 2$ қолдануға болады

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

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



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 графиктері

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

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

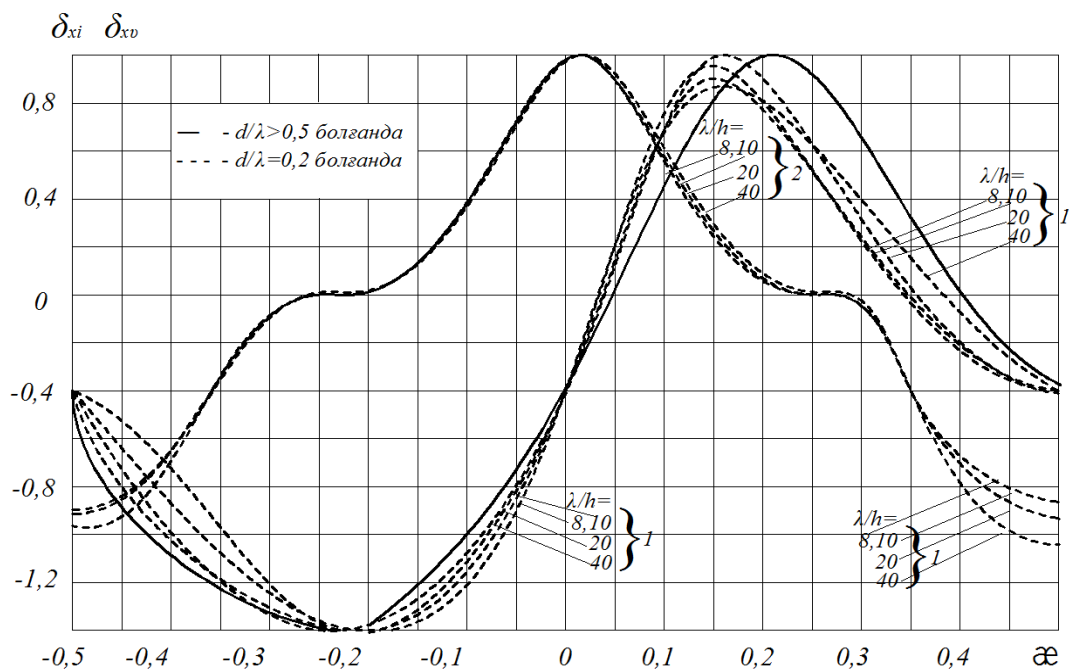
мұндағы $q_{i,max}$ и $q_{v,max}$ - толқыннан түскен максимальды күштің инерциялық және жылдамдықтық компоненттері, кН/м:

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

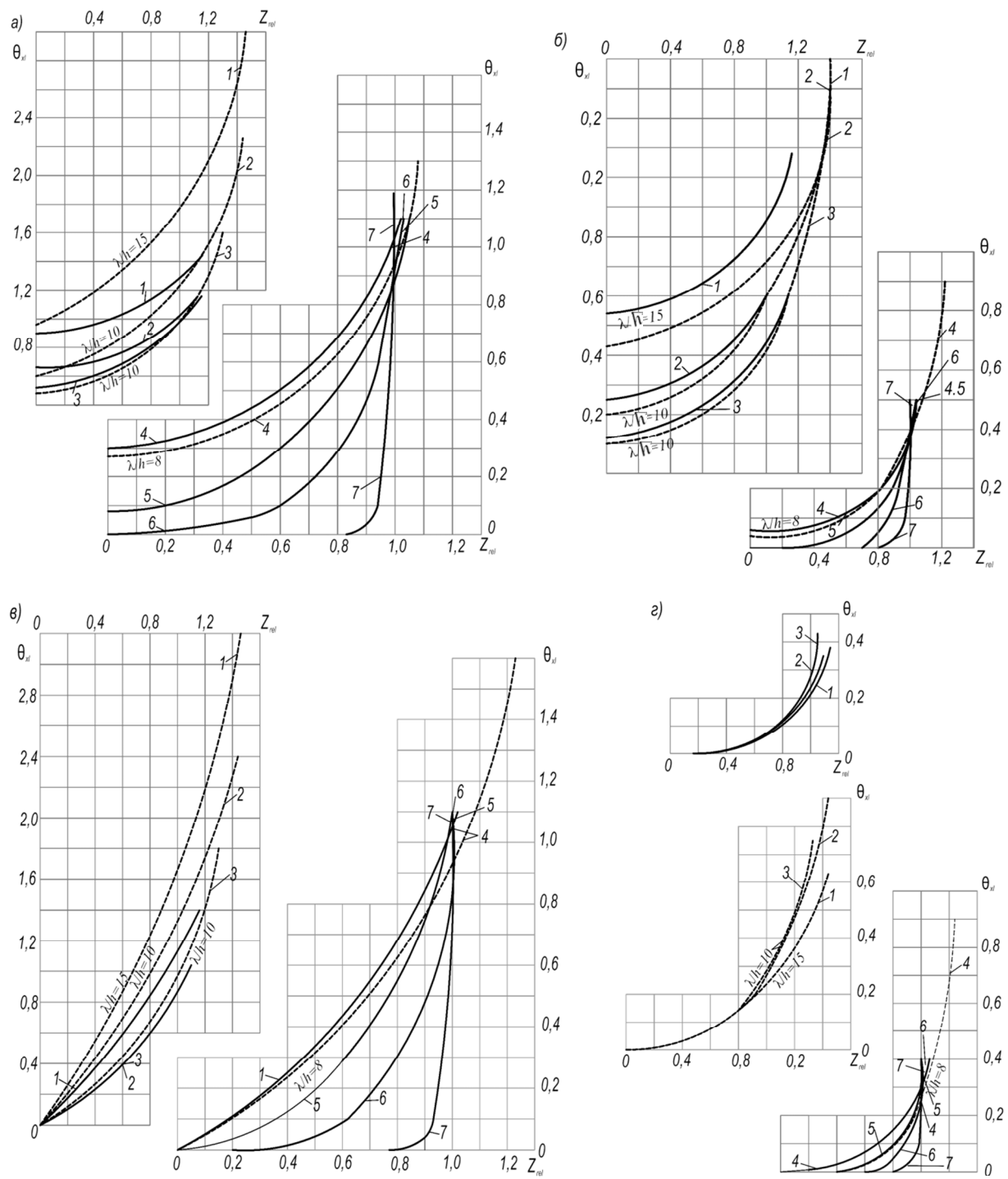
$$q_{v,max} = \frac{2}{3} \rho g \pi b \frac{h^2}{\lambda} k_v^2 \theta_{xv} \beta_v, \quad (42)$$

мұндағы δ_{xi} және δ_{xv} - 6.1.1 –ге сәйкес 17-суретінің 1 және 2- графиктеріндегі сәйкес әмндерін қабылдайтын инерциялық және жылдамдықтық толқыннан түскен күш компоненттерінің үйлесімдік коэффициенттері;

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



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



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

18-сурет – 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

6.1.3 Есептік деңгейден толқытқан бетті асып кету η , м, мына формуламен анықталады:

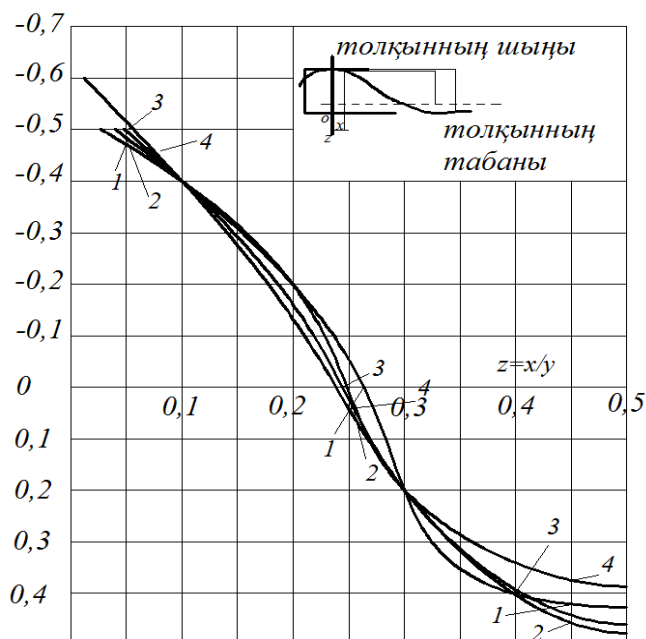
$$\eta = \eta_{rel} h, \quad (43)$$

мұндағы η_{rel} - 19-сурет арқылы анықталатын, салыстырмалы толқытқан бетті асып кету.

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

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

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



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

19-сурет – Салыстырмалы ординаталардың мағыналарын графиктері

6.1.4 Кез-келген орындағы x , м тік ағылатын бөгетке Q және q толқындардан жүктеме жөніндегі толқын биіктігін (35) және (40) формула арқылы анықтауға болады.

Егер δ_i и δ_v коэффициенттері бірдей болса, онда мәндер 1-ші және 2-ші келесі графиктері бойынша анықталады (14-сурет); ал δ_{xi} және δ_{xv} - мына мәнде $Ж=x/\lambda$ 1-ші және 2-ші графиктері (17-сурет).

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:

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

мұндағы δ_i және δ_v - ж болғанда Q_{\max} қатысты 1-ші және 2-ші графиктері бойынша (14-сурет) қабылданатын коэффициенттер;

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

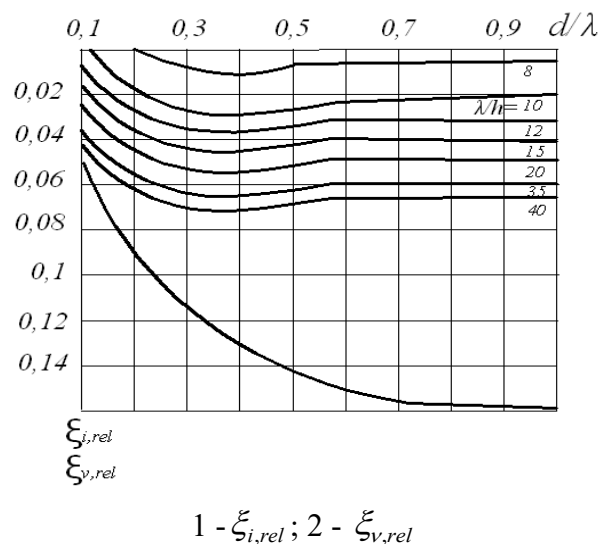
$$z_{Q,i} = \mu_i \xi_{i,rel} \lambda, \quad (46)$$

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

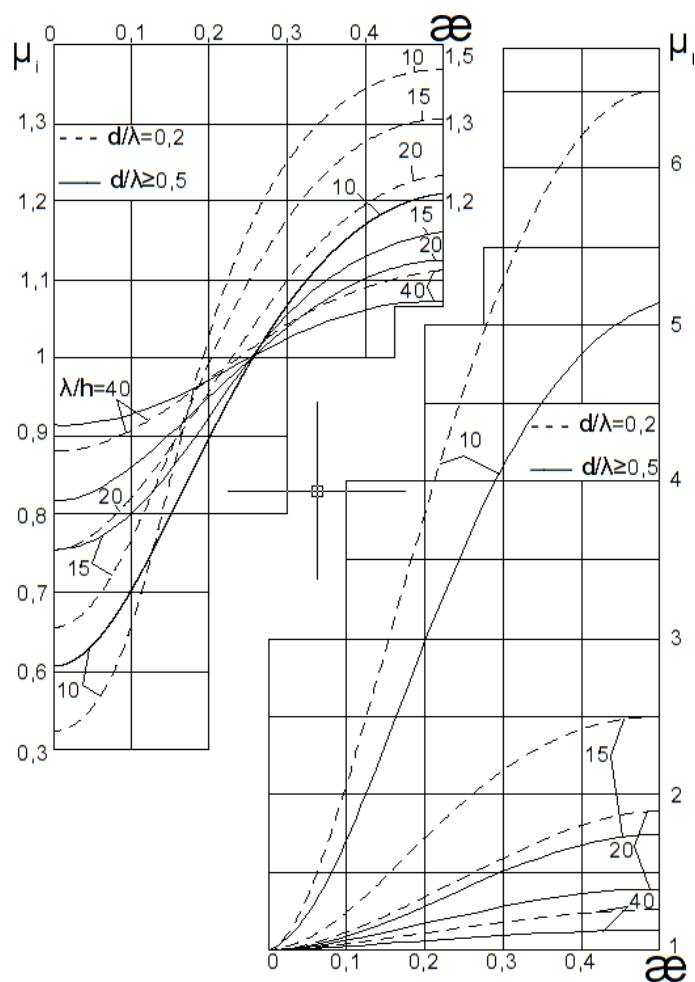
мұндағы $\xi_{i,rel}$ және $\xi_{v,rel}$ - 20-суреттегі графикте қолданылатын, инерциалдық және жылдамдық күш компоненттерінің қосу нүктесінің салыстырмалы ординатасы;

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

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 и δ_v коэффициенттері $Ж=x/\gamma$ мәні үшін 1-ші және 2-ші графикке байланысты қабылданады (14-сурет).



20-сурет – η_{rel} коэффициентінің мәндер графиктері



21-сурет – Фазаның инерциялық μ_i және жылдамдық коэффициентінің мәндер графиктері

6.2 Көлденең ағылатын бөгеттерге толқындардан жүктемесі

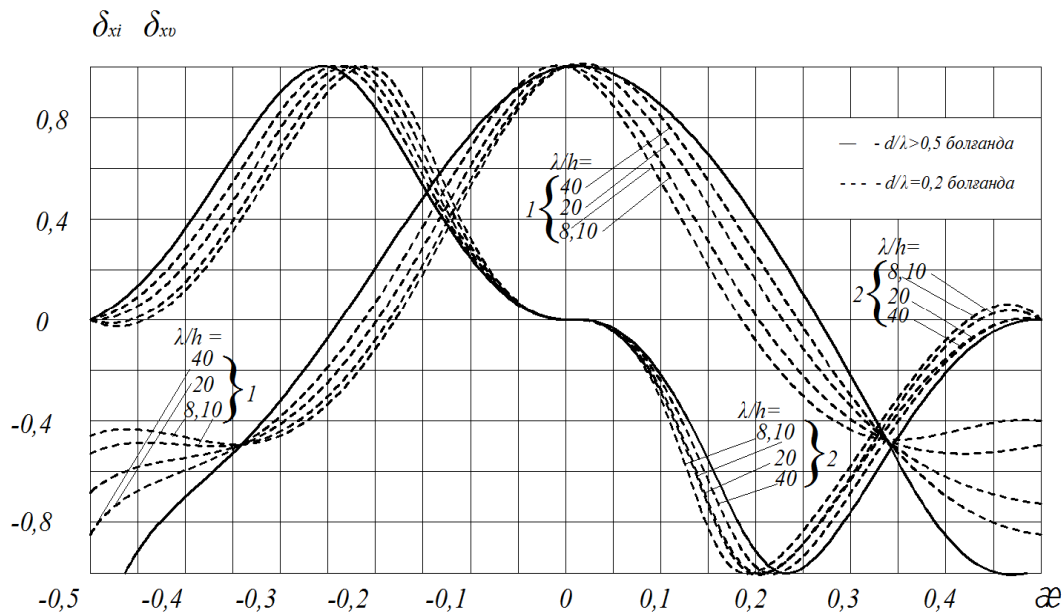
6.2.1 Толқындардан тең әрекеттенетін сызықты жүктемелердің максимал мәні P_{\max} , кН/м, көлденең ағылатын бөгетке (14ә -сурет) көлденең мөлшерлермен $a \leq 0,1\lambda$, м, және $b \leq 0,1\lambda$, м, $z \geq b$, бірақ $(z_c - b/2) > h/2$, және $(d - z_c) \geq b$ бойынша келесі формула бойынша анықталуға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

$$P_{\max} = \sqrt{P_x^2 + P_z^2}, \tag{48}$$

–максимал көлденең құраушы жүктеменің $P_{x,\max}$, кН/м, тік құрайтын жүктемедегі лайықты мәні P_z , кН/м;

–максимал көлденең құраушы жүктеменің $P_{z,\max}$, кН/м, тік құрайтын жүктемедегі лайықты мәні P_x , кН/м.

Қашықтық x , м, максимал сызықты жүктемелерде әсерде бөгетке орталыққа дейін толқындардан төбеден $P_{x,\max}$ және $P_{z,\max}$ $ж = x/\lambda$ салыстырмалы шама бойынша анықталуға тиісті, қолданылған 17 және 22-суреттерге байланысты.



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

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

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

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

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

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

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

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

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

6.2.3 Толқыннан тігінен құралатын сызықтық күштің ең үлкен мөлшерін $P_{z,\max}$, кН/м, төмендегі формула арқылы көлденең сүйір тосқауылды әр түрлі мәндерден алынатын ж 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} - мәні 6.1.1 нұсқауға сәйкес 22-суреттегі 1 және 2 графиктерге арқылы қабылданатын инерциялық және жылдамдық үйлесу коэффициенті;

θ_{zi} және θ_{zv} - мәні ординатаға қатысты 18-суреттегі в және z кестелерінде

қабылданатын толқыннан сызықтық күштің шамасы: $z_{c,rel} = \frac{d - z_c}{d}$;

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 мәне болатын сызықтық салмақ жасаушы толқыннан көлденең сүйір кедергіге кез-келген орнында орналасқан x шамасы толық ұшын, (50) немесе (53) формуламен анықтау қажет. Осыған сәйкес δ_{xi} және δ_{xv} немесе δ_{zi} , және δ_{zv} 17 және 22-суреттердегі $ж=x/\lambda$ мәнін қабылдау қажет.

6.2.5 P_{max} , кН/м, тең әсерлі максималді сызықтық салмақ толқыннан цилиндрлік кедергінің түбінде жатыр (13ә- сурет), сонын диаметрі $D \leq 0,1\lambda$, м, және $D \leq 0,1d$, (48) формула бойынша 2 жағдайда анықталуы қажет:

- $P_{x,max}$, кН/м, максимальді көлденең сызықтық кедергі P_z , кН/м, тік сызықтық мәнімен сәйкес келгенде;

- $P_{z,max}$ кН/м, максимальді тік сызықтық кедергі P_x , кН/м, көлденең сызықтық мәнімен сәйкес келгенде.

6.2.6 $P_{x,max}$ кН/м, максималді көлденең және сәйкесінше $P_{z,max}$ кН/м, вертикалді кескін сызықтық кедергі толқыннан цилиндр түбіндегі кедергі 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 формула арқылы анықталатын толқыннан көлденең құралатын сызықтық күштің инерциондық және жылдамдық компоненттері:

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

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

мұндағы δ_{xi} және δ_{xv} , θ_{xi} және θ_{xv} - белгіленуі 6.2.2 нұсқауға 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, тең болады:

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

$$P_x = P_{xv}.$$

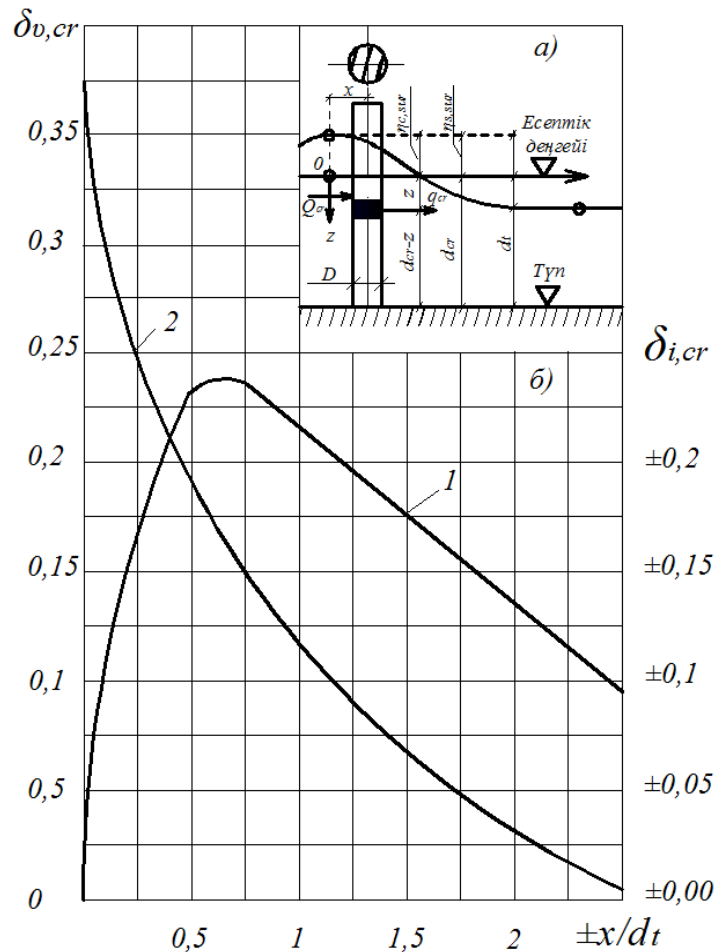
6.3 Қира толқын күштерінің тік бағыттағы сүйір бөгетке әсері

6.3.1 Қира толқын күштерінің максимал мәнін $Q_{cr,max}$, кН, диаметрі $D \leq 0,4d_{cr}$, м, болатын цилиндр 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, қира толқынның ең биік нүктесінен, тік цилиндр тәріздес бөгеттің осіне дейін).

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

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

мұндағы $Q_{i,cr}$ және $Q_{v,cr}$ қира күштерден әсер еткен инерциялық және жылдамдықтық құрамы, бұл келесі формулалармен анықталады:



23-сурет – Қира бөгеттерден жүктемелер анықтауға схемалар және $\delta_{i,cr}$ - 1 қисық және $\delta_{v,cr}$ - 2 қисық коэффициенттердің мағынасының сызбалар

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

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

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 соқтығуы $h_{sur} \leq 0.8 \cdot d_t$;

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

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

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

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

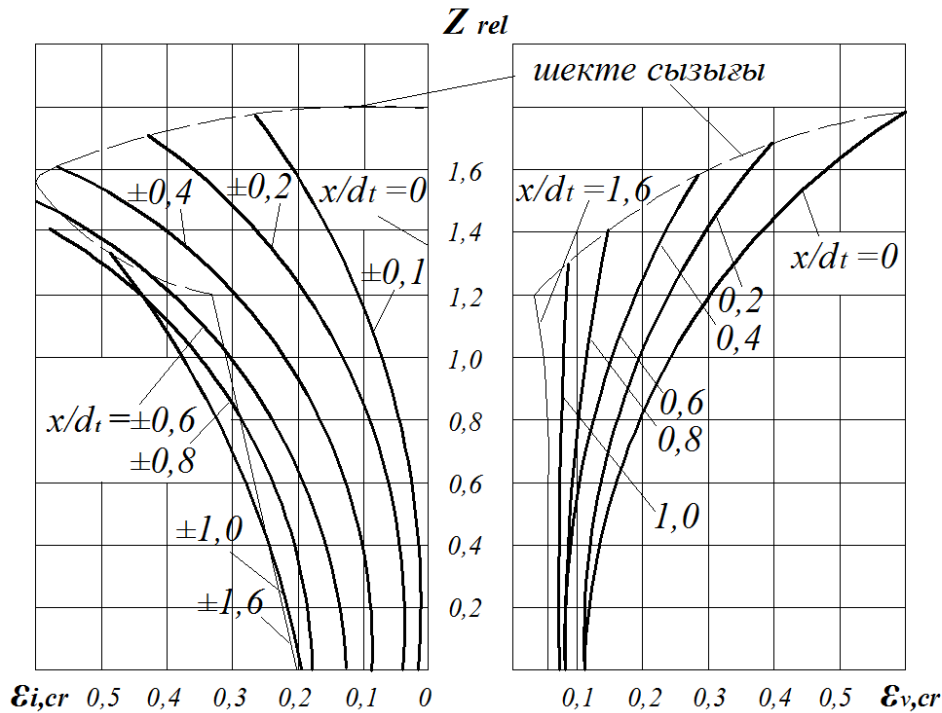
мұндағы $q_{i,cr}$ және $q_{v,cr}$ - кН/м, қира күштерден әсер еткен инерциялық және жылдамдық құрамы, бұл келесі формулалармен анықталады:

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

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

мұндағы $\varepsilon_{i,cr}$ және $\varepsilon_{v,cr}$ - ә және а 24-суреттің берілген графиктерінің бойынша қабылданатын инерция және жылдамдық коэффициенттері, қатысты толқын тереңдігі

бойынша $z_{rel} = \frac{d_{cr} - z}{d_t}$.



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

Ескерту- 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.

6.4 Сүйір элементтерден тесіп өтетін ғимараттарға толқыннаң күштерінің әсері

6.4.1 Стержен жүйелі имаратқа әсер толқын күштерін 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 алу қажет. 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_l және сәуле ψ_l 17-кестедегі толқынға көбейтілу қажет.

17-кесте - ψ_l және ψ_l жақындасу коэффициенттері

| Бөгет осьтерінің катысты арақашықтығы l/D | Жақындасу коэффициенттері ψ_l және ψ_l қатысты диаметрдің мәндері D/λ | | | |
|---|--|------|----------|------|
| | ψ_l | | 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 |

6.4.2 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.

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

6.4.3 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-кесте бойынша.

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 Толқын күшінің үлкен диаметрлі тік цилиндрлерге әсері (ерекше жағдайлар)

6.5.1 Максималды лақтырушы момент $M_{z,por}$ кН·м, толқындық қысым әсерінен тік дөңгелек цилиндрлі бөгеттің гравийлі немесе тасты жазық түбіне әсер етеді, қатысты түб центрі мына формуламен анықталады:

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

мұндағы β_{por} - 19-кестеде берілген негіздің енуімен қоса алынған лақтарушы моменттің коэффициенті.

19-кесте - D/λ болғанда, β_{por} коэффициент мөлшері

| d/λ | D/λ болғанда, коэффициент мөлшері β_{por} | | | |
|-------------|---|------|------|------|
| | 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 |

Бөгетке әсер ететін толық максималды лақтырғыш момент, екі моменттің суммасы ретінде анықталады: 6.1 және 6.5 бойынша анықталатын максимал момент күшінің Q_{\max} , және (66) формуласымен анықталатын максимал күш Q_{\max} фазасы.

6.5.2 $z \geq 0$ тереңдіктегі дөңгелек цилиндр тәріздес бөгеттің көлбеу күштің максимум моментінде Q_{\max} толқын қысымы p , кПа, келесі формула мен анықталады:

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

мұндағы χ – қысымның таралу коэффициенті, 20-кестесі бойынша;

θ – толқынның түсу бұрышы мен дененің қарастырылған бөлігіне бағыты (беті оң бағытталған цилиндр 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 $\chi < 0$ тереңдіктегі 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.

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

| θ , бұршақ | D/λ болғанда, χ коэффициент мөлшері | | |
|-------------------|--|-------|-------|
| | 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 |

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 болғанда φ_v коэффициент мөлшері

| Есептеу нүктелерінің орналасуы | D/λ болғанда φ_v коэффициент мөлшері | | |
|--------------------------------|--|------|------|
| | 0,2 | 0,3 | 0,4 |
| Бөгеттің контурында | 0,98 | 0,87 | 0,77 |
| Бөгеттің алдында | 0,67 | 0,75 | 0,75 |

7 ЖЕЛДІҢ ТОЛҚЫН КҮШТЕРІНІҢ ЖАҒА БЕРІКТЕНДІРГІШ ИМАРАТТАРҒА ЖӘНЕ КЕМЕ ТОЛҚЫНДАРЫНЫҢ ЖАҒА КАНАЛДАРЫНА ӘСЕРІ

7.1 Желдің толқын күштерінің жаға беріктендіргіш имараттарға әсері

7.1.1 Көлбеулердің максимал мәнін P_x , кН/м, және тік мәнін P_z және P_c , кН/м, суасты толқын тосқыларына 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 $i < 0,04$:

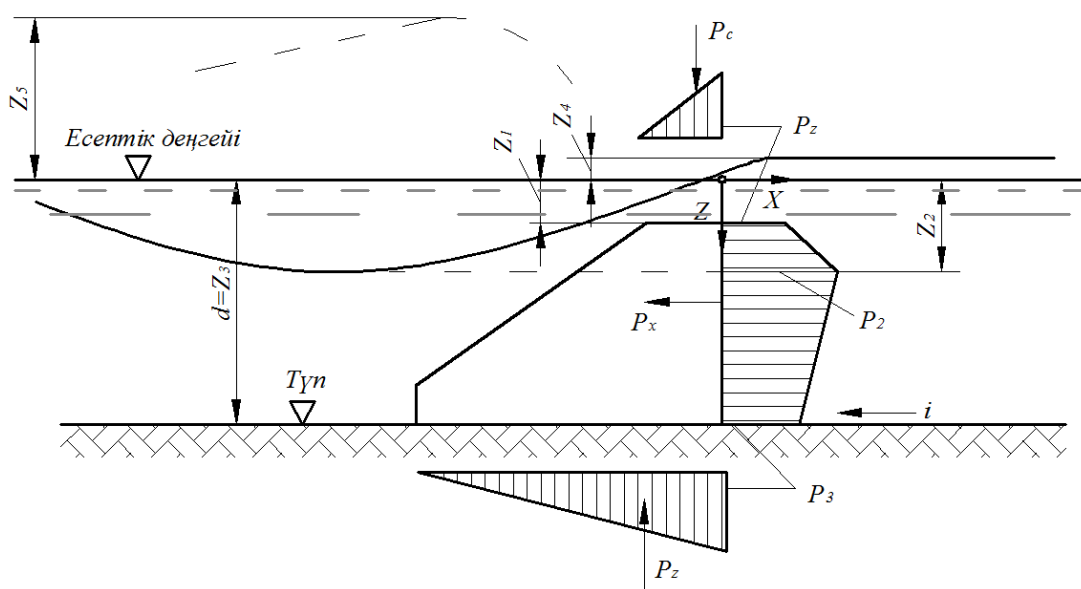
$$z = z_1$$

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

$$z_1 \geq z_2 \text{ болғанда} \quad p_1 = p_2, \quad (69)$$

$$z = z_2 \quad p_2 = \rho g h \left(0,015 \frac{\bar{\lambda}}{d} + 0,23 \frac{d - z_1}{d} \right) - \rho g z_4, \quad (70)$$

$$z = z_3 = d \quad p_3 = k_w p_2. \quad (71)$$



25- сурет – Су асты толқын тосқыларына қысым түсу эпюрасы

б) түп деңгейінің мөлшері $i > 0,04$:

$z = z_1$ p_1 (68) және (69) формуласымен анықталады,

$$z = z_2 \quad p_2 = \rho g (z_2 - z_4), \quad (72)$$

$$z = z_3 = d \quad p_3 = p_2. \quad (73)$$

Мұндағы z_1 - имарат төбесінің ординатасы, м;

z_2 - толқын негізінің ординатасы, м, 22-кесте бойынша;

z_4 - суасты толқындарының ординатасы, м, мына формуламен анықталады:

$$z_4 = -k_{rd} (z_1 - z_5) + z_1, \quad (74)$$

мұндағы k_{rd} - коэффициент, 22-кесте бойынша қабылданады;

z_5 - толқын ұзындағының суасты толқын тосқыларынан дейінгі ординатасы, м, 22-кесте бойынша қабылданады;

22-кесте - Толқын түбінің ординатасы z_2

| | | | | | | | | |
|----------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Толқынның қатысты биіктігі h/d | 0,4 | 0,5 | 0,6 | 0,7 | 0,8 | 0,9 | 1,0 | 0,4 |
|----------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|

| | | | | | | | | |
|---|-------|-------|------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Толқын ұзындығының қатысты төмендеуі z_2/d | 0,14 | 0,17 | 0,2 | 0,22 | 0,24 | 0,26 | 0,28 | 0,14 |
| Толқын ұзындығының қатысты жоғарылауы z_5/d | -0,13 | -0,16 | -0,2 | -0,24 | -0,28 | -0,32 | -0,37 | -0,13 |
| k_{rd} коэффициенті | 0,76 | 0,73 | 0,69 | 0,66 | 0,63 | 0,6 | 0,57 | 0,76 |

k_w - коэффициент, 23-кесте бойынша қабылданады;

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 Жаға беріктендіргіш имараттың алдына түсетін максималды түп жылдамдығын $v_{b,max}$ м/с, (12) формула бойынша анықтайды, мұндағы k_{sl} коэффициентінің қолданылуы:

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

Жаға беріктендіргіш имараттың алдына түсетін соғылатын толқындардың максималды түп су жылдамдығын $v_{b,max}$ м/с, (18) и (23) формула бойынша анықтайды.

24-кесте – k_{sl} коэффициенті

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

Түптік жылдамдықтың қабылданатын мәндері 5.2.5 бойынша қабылданады.

7.1.3 Сызықтық күштен толқынға бөгет болатын қабырғаға соғылған көлбеу P_x , кН/м, және тік P_z , кН/м, проекциялардың максимал мәндерін (жағаның негізсіз болуын ескере) 26-суреттегі эпюраларға байланысты қабылдау қажет, сонымен қатар p , кПа, және η_c , м, имараттың орналасқан орнына тікелей қатысты болуы тиіс:

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

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

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

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

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

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

б) имараттың жағада яғни толқынның соңғы қиылысында орналасуы (26б - 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 (қирайтын) толқынның биіктігі, м;

α_n - соңғы толқын алды мен қиықтың ара қашықтығы, м;

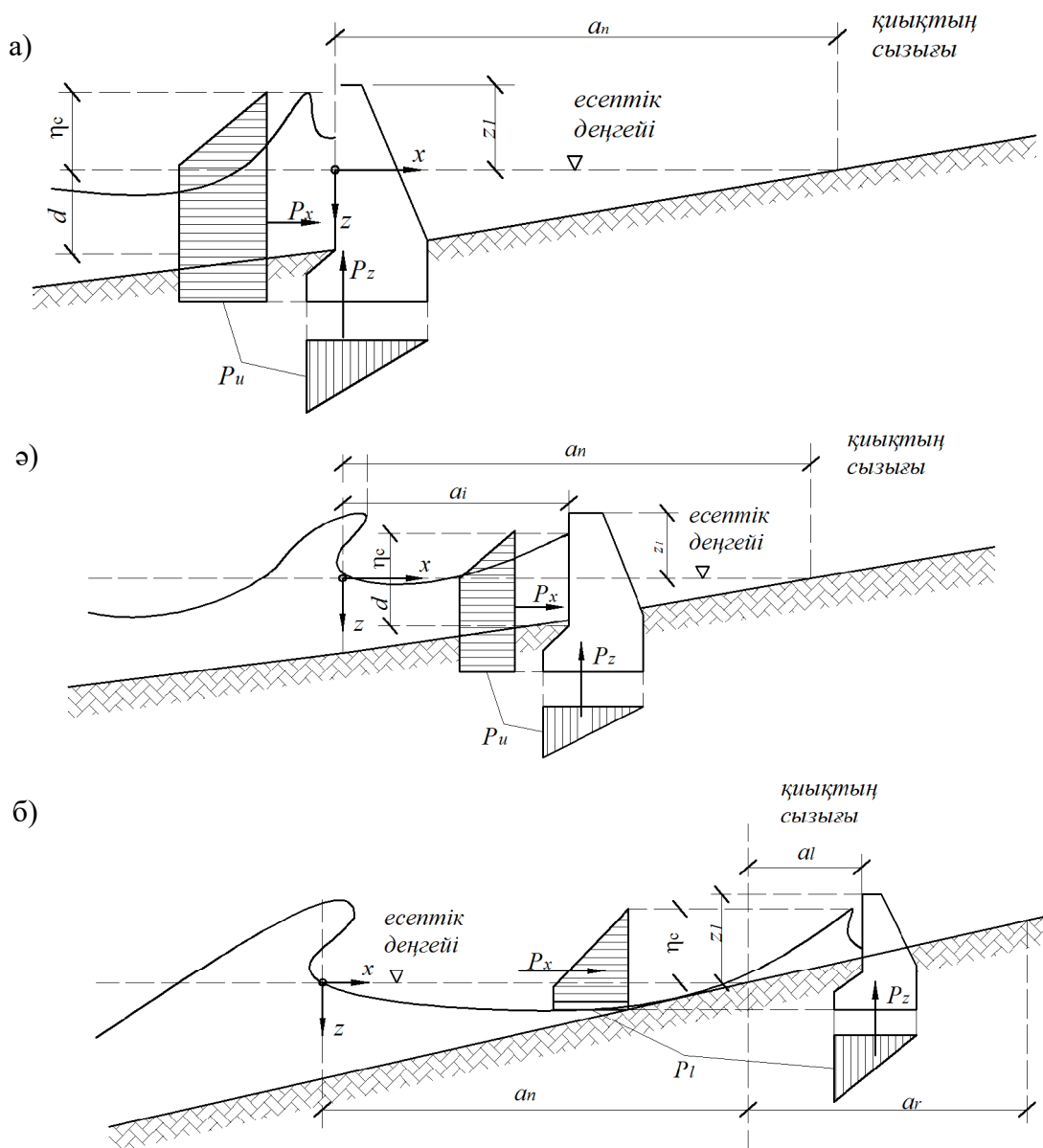
α_i - соңғы толқын алды мен имараттың ара қашықтығы, м;

α_l - судың қиысы мен имараттың ара қашықтығы, м;

α_r - толқынның соңғы қиысынан жағаға дейінгі ара қашықтық (ғимарат болмаған жағдайда) м, келесі формуламен анықталады:

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

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



26-сурет - Имараттың алдындығы толқыннан қорғағыш тік қабырғаға түсетін толқынның қысым эпюрасы:

а)толқынның ағым аймағы ә) қиық аймағы б) қиықтың асқан аймақ

Ескерту

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.

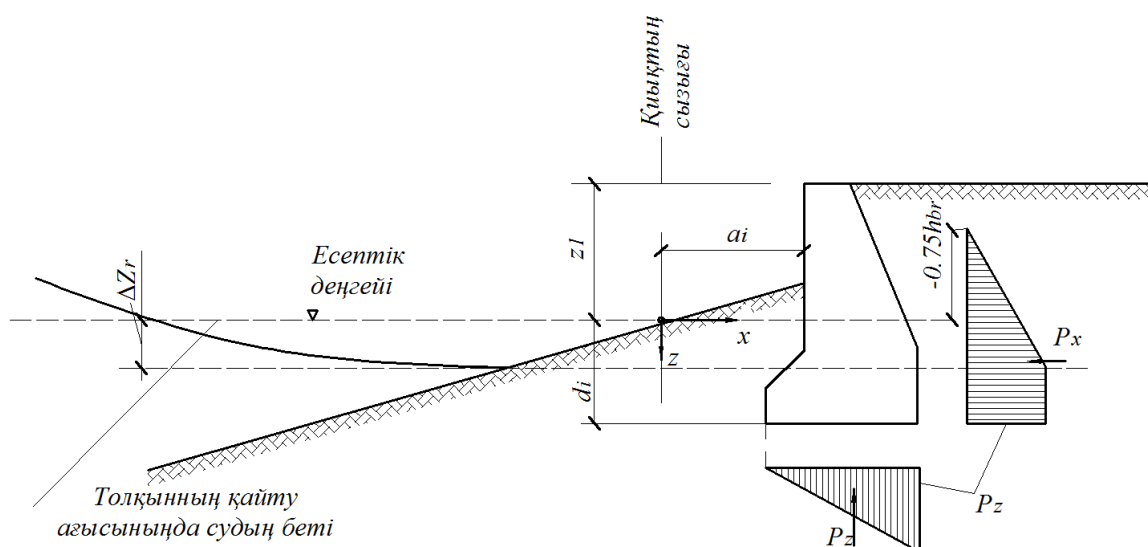
25-кесте – k_{zd} коэффициенті

| | | | | |
|-------------------------------------|-------|------|-------|-------|
| 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 |

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

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:

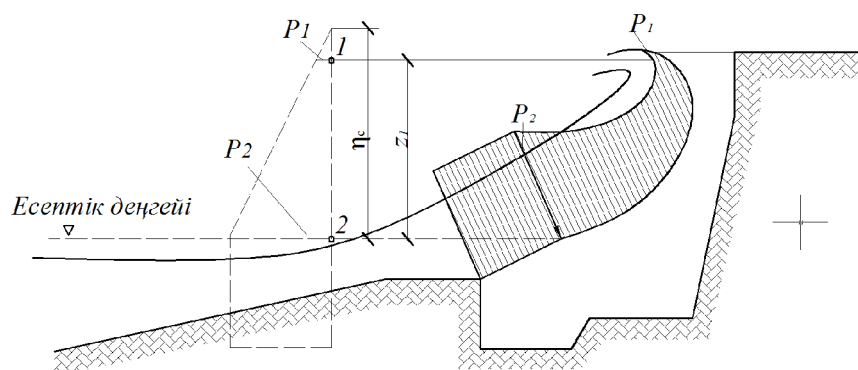
$$p_r = \rho g (\Delta z_r - 0,75 h_{br}), \quad (82)$$



27-сурет – Толқынның қайту кезіндегі тік толқыннан қорғағыш қабырғаға түсірілген толқын қысымының эпюрасы

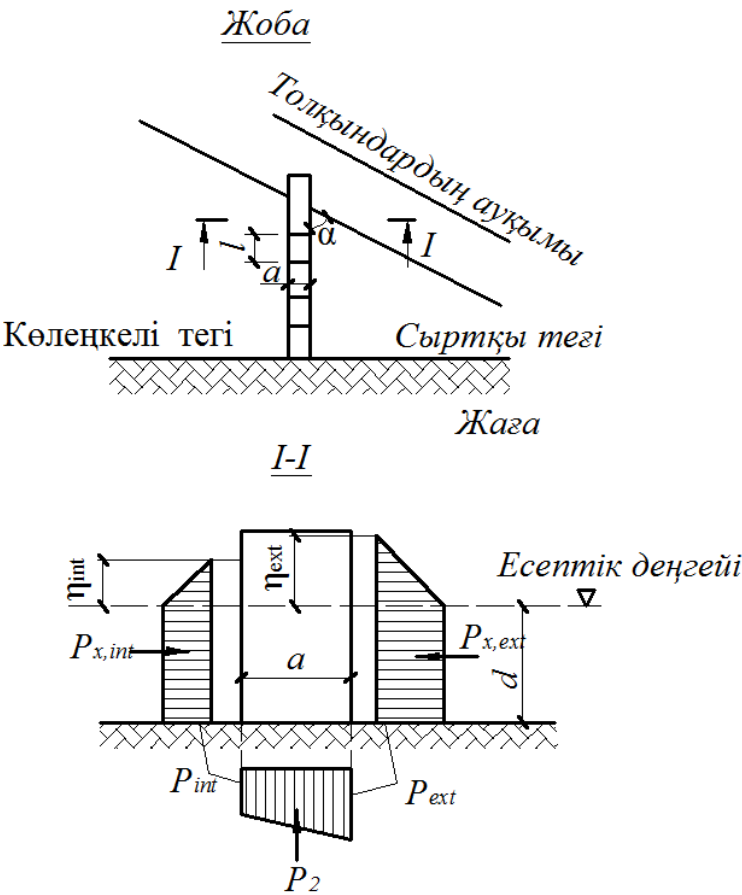
мұндағы $\Delta z_r - a_l \geq 3h_{br}$ $\Delta z_r = 0$ және $a_l < 3h_{br}$, $\Delta z_r = 0,25h_{br}$ жағдайдағы имарат пен судың қиылу арасындағы ара қашықтыққа байланысты қабылданатын толқынның сырғу кезіндегі су деңгейінің төмендеуі.

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



28-сурет - Қисық толқыннан қорғағыш қабырғаға түсірілген толқын қысымының эпюрасы

7.1.6 Буна элементіне әсер ететін тік сызықты толқын күшінің әсері проекциясының максимал тік $P_{x,ext}$, $P_{x,int}$ кН, және маскимал көлбеу P_z , кН, мәндерін өлшегіш толқын қысымы эпюрасымен қабылдаған 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:



29-сурет – Бунаға түсірілген толқын қысымының эпюрасы

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

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

мұндағы k_{α} - 26-кестеге сай қабылданатын бунаның α байланысты коэффициент.

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 |
|-----------|-----|------------|------|------|------------|
| 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 Кеме толқындарының жаға каналдарының қатаймаларына әсері

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

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

мұндағы 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:

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

мұндағы k_α -кеменің суасты сиысу ауданының каналдың сиысу ауданына қатынасы A , м²;

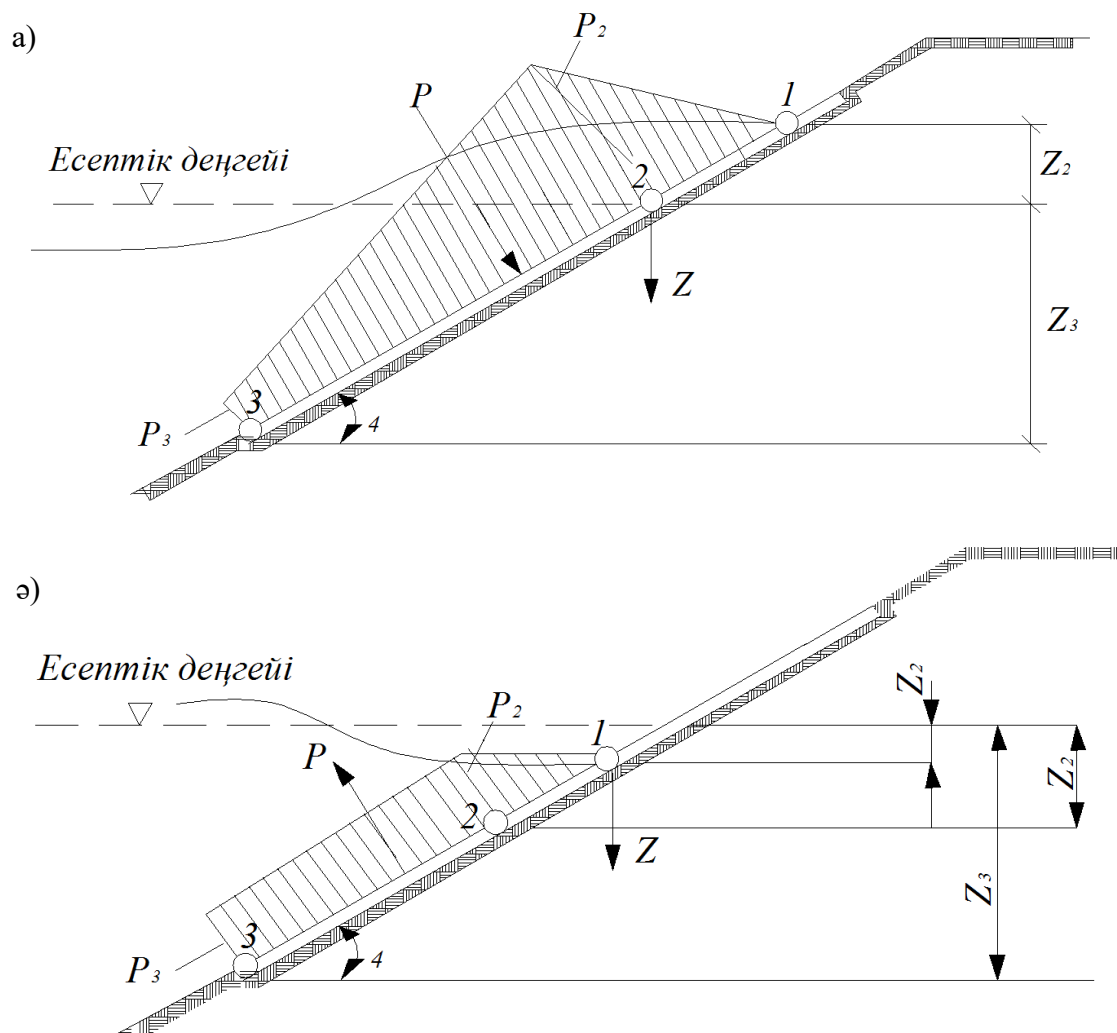
b - каналдың ені, м.

7.2.2 Кеменің толқынының құлау биіктігін 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, бірінғай жабу үшін 1.4; тас үшін - 1.0 және тас қалдықтары үшін- 0.8.

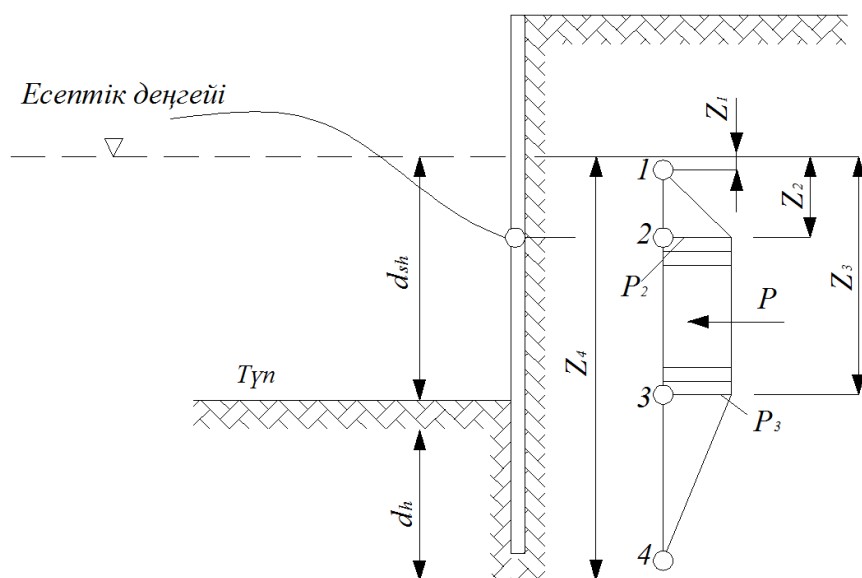
7.2.3 Канал тірмелеріне түсетін кеме толқынының тік күшінің максимал мәні P , кН/м, 30-сурет бойынша толқын қысымының эпюрасы арқылы қабылдануы қажет, сонымен қатар қысым мәнін p , кПа, z - ке байланысты келесі формулалармен анықтау қажет.



а) толқынның еңіске аууы ә) толқынның еңістен аууы

30-сурет - Кеме толқынының канал тіректеріне әсер ету эпюрасы

б)



б) толқынның тік қабырғаға жақындауы

30 - сурет - Кеме толқынының канал тіректеріне әсер ету эпюрасы (жалғасы)

а) толқынның еңіске аууы кезінде, тақталармен бекітілген (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 еңіске аууы кезінде, тақталармен бекітілген (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) толқынның тік қабырғаға жақындауы (30б- сурет):

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

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

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

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

мұндағы d_{inf} - еңіс түбінің тереңдігі, м;

d_{sh} - шпунттың қағылу тереңдігі, м;

Δz_f -сүзгілеу әсерінен су деңгейінің томендеуі байланысты:

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

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

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

8 КЕМЕ (ЖҮЗБЕЛІ НЫСАНДАР) КҮШЕРІНІҢ ГИДРОТЕХНИКАЛЫҚ ИМАРАТТАРҒА ӘСЕРІ

Гидротехникалық имараттарға әсер еткен кеме (жүзу нысандарының) күштерін есептеу кезінде 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 еткен басқы күші;
- 8.3.1 - 8.3.3 кеменің басқы күшінің бірінші 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:

$$W_q = 736 \cdot 10^5 A_q v_q^2 \xi, \quad (98)$$

$$W_n = 490 \cdot 10^5 A_n v_n^2 \xi, \quad (99)$$

- жүзбелі док үшін:

$$W_q = 795 \cdot 10^5 A_q v_q^2, \quad (100)$$

$$W_n = 795 \cdot 10^5 A_n v_n^2, \quad (101)$$

мұндағы A_q және A_n - жүзбелі нысандардың жандық және алдыңғы желкенінің ауданы, м²;

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 - суүсті 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:

$$Q_w = 0,59 A_i v_i^2, \quad (102)$$

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

A_i және A_l - жүзбелі нысандардың суасты жандық және беткі желкенділік ауданы, м²;

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

27-кесте – ξ коэффициентінің a_h ең үлкен көлбеу өлшеміне қатыстылығы

| Жүзбелі нысан сұлбасының ең үлкен мәні a_h , м | до 25 | 50 | 100 | 200 жоғары |
|--|-------|-----|------|------------|
| ξ коэффициенті | 1 | 0,8 | 0,65 | 0,5 |

Ескерту-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:

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

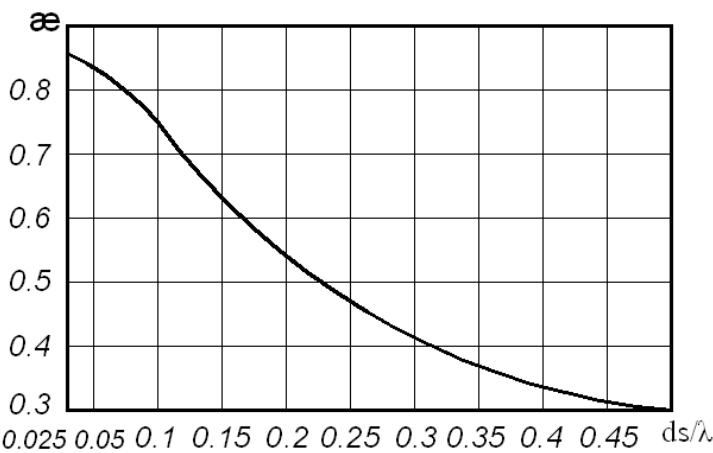
$$N = \gamma \rho g h A_l, \quad (105)$$

мұндағы γ - 31-суретпен қабылданатын коэффициент, мұндағы d_s - нысанның алған шөгугі, м;

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

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

A_i және A_l - 8.1.2 бойынша.



31- сурет – α коэффициентінің мән графикі

28-кесте - γ_1 коэффициентінің a_l/λ коэффициентіне қатыстылығы

| a_l/λ | 0,5 төмен | 1 | 2 | 3 | 4 жоғары |
|---|-----------|------|-----|------|----------|
| γ_1 коэффициенті | 1 | 0,73 | 0,5 | 0,42 | 0,4 |
| Ескерту-Толқын күшінің өзгеру периоды толқынның орташа периодымен тең қабылдау керек. | | | | | |

8.1.4 Гидротехникалық имараттардың күшке қарсылығын есептеу кезінде жүзбелі нысандардан анкерлер мен негіздік бөліктерге берілетін күшті анықтау керек:

- көлденең және тік күштердің имарат пен анкерлі тірегі;
- байланыс арасындағы үлкен белсенділік;
- жүзбелі нысандардың жылжуы.

Ескерту-Жоғарылау және төмендеуі бар теңіздерде бекіту элементтері үшін су деңгейінің ең жоғары және ең төмен мәнін есепке ескеру қажет.

8.1.5 Анкерлі тіректерге түскен күшті және нысанда жылжу кезіндегі байланыстың артуын анықтау үшін толқынның әсер динамика мәнін еспке алу керек, мұнымен қатар нысанның бос және еріксіз тербеліс 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:

$$q = 1,1 \frac{Q_{tot}}{l_d},$$

(106)

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

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

$$\begin{aligned} L &\geq l && \text{жағдайда} && l_d = l, \\ L &< l && \text{жағдайда} && l_d = L. \end{aligned}$$

Ескерту- Бірнеше тіректермен бітіскен айлақтың аумақ үшін бекітілген кемеге түсірілетін күштің таралуын, бордты кеменің тік сызықты аумағында ғана қабылдаған жөн.

29-кесте - Кеменің арқандап байлау кезіндегі толқын биіктігінің рұқсат етілуі, мың.т.

| Кеменің диаметрлік жазықтығына толқын аймағының бұрыштық жақындауы α , бұршақ | $h_{5\%}$, 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 Ғимаратқа барғандағы кеменің жүктен басқысы

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

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

мұндағы D - кеменің су сыйымдылығы, т;

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

30-кесте – Кеме келуінің орташа жылдамдық жасаушысы

| Кемелер | Кеме келуінің орташа жылдамдық жасаушысы v , м/с, есептелінген D су сыйымдылығымен, мың.т | | | | | | |
|----------|---|------|------|------|------|------|------------|
| | 2 – ге 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 | - | - | - | - |

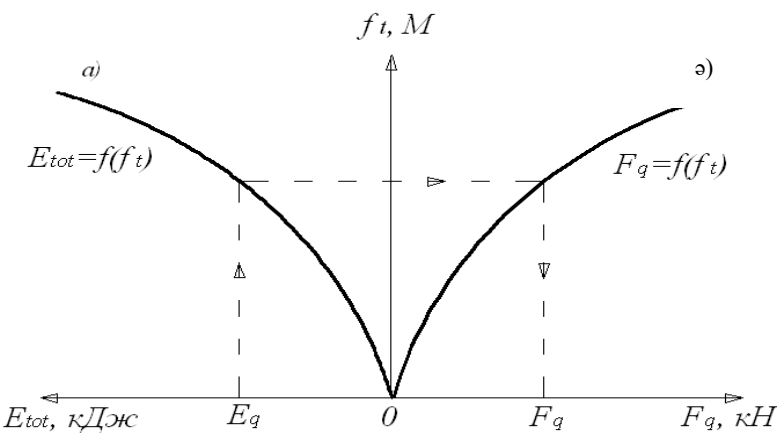
ψ - 31-кесте арқылы есептелінетін коэффициент, сондай-ақ балласта немесе бос арқандап байланатын кемелерге де алынады, ψ - кестелік мәндерін 15 %-ке кеміту қажет

8.3.2 Кеме басқысының ғимаратқа жақындауындағы F_q , кН көлденең көлденен күшін, берілген мәннің кеме басқысының энергиясын E_q , кДж, 32-суретінің сызбасының графиктері штрихталған сызық тілі бағыты арқылы анықтау қажет

31-кесте – ψ коэффициенті

| Арқандап байлау ғимараттарының құрылымы | 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, артқытығыны 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 | - |

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



32-сурет - Кең құрылғының деформацияға тәуелді графиктерінің құрылу сызбасы (және айлақ ғимараты) f_t :

а) E_{tot} энергиясынан;ә) F_q күшінен.

8.3.3 Кеме басқысының ғимаратқа жақындауындағы E_{tot} , кН көлденең көлденен күшін, берілген мәннің кеме басқысының энергиясын E_e , кДж.

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

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

мұндағы k_i - көлденең горизонталь бағыттағы ғимарат айлағының қаттылық коэффициенті коэффициент, кН/м.

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

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

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

8.3.4 Жібер мағынасы ғимаратының бетіне жасаушы v_{adm} , м/с, жылдамдығының кемеңнің келуіне, осы формулаға анықтауға қажет:

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

мұндағы E_q - үйіп-тоғуының қуаты, кДж, 32-суреттің графиктер бойынша, F_q ең кішкентай жіберілген күштің жағдайға, айлағы ғимаратына (немесе кемеңнің бортына); ψ және D - 8.3.1 бойынша.

8.4 Байлау арқандарының созылуынан болатын ғимаратқа түсетін күштер

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

S , кН бір тығын 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:

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

$$S_q = \frac{Q_{tot}}{n}, \tag{112}$$

$$S_n = S \cos \alpha \cos \beta, \tag{113}$$

$$S_v = S \sin \beta, \tag{114}$$

мұндағы n - жұмыс істейтін тумбалардың саны, 32-кесте бойынша;

32-кесте - Істеп тұрған тумбалар санына тәуелді l_{max} және l_s

| | | | | |
|---|----------|-----|-----|------------|
| l_{max} , м, кемнің ең үлкен ұзындығы | 50 төмен | 150 | 250 | 300 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-кестесі арқылы қабылданатын арқанға байлану бұрышының еңістігі бұршақ:

33-кесте - Кеме түріне байланысты арқан байлауының бұрыштық еңістігі бұршақ

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

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-наң 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.

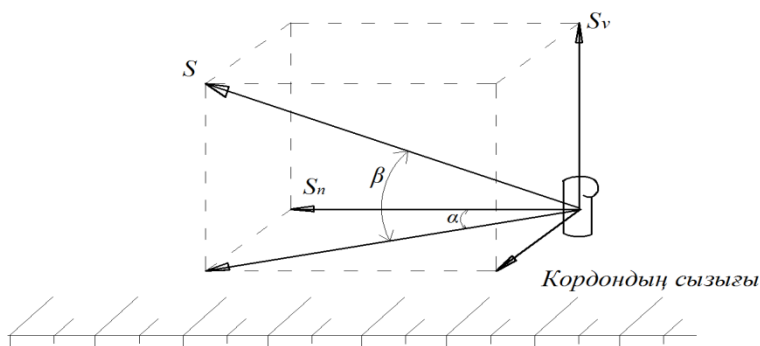
8.4.2 Теңіз порттарының арнаулы айлақтары, технологиялық аудандар мен жеке тұрған палдардан құралған, 8.1.1 және 8.1.2- ге сәйкес айқын жел және ағыс әсерінен болған жалпы мән күштері байланатын арқандар арасы келесі түрде үлестірілуі қажет:

а) тұмсықты, азық-түлікті бойлық және қысу қанаттары $0,8Q_{tot}$, кН бойынша; ә) $0,6Q_{tot}$ кН шпрингілер бойынша.

34-кесте – Арқан байлау созылуының күштік мәні S , өзендік флот кемелеріне арналған, кН

| Жүктің кемедегі есептелінген су сыйымдылығы D , тмың. т | Арқан байлау созылуының күштік мәні S , кН, кемелерге | |
|---|--|--|
| | жолаушылық, жүкті жолаушылық, техникалық флотының жазықтық қондырғыларымен | жолаушылық, жүкті жолаушылық, техникалық флотының жазықтық қондырғыларымен |
| 0,1 және одан аз | 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 |
| 10 - наң көп | - | 295 |

Егерде әрбір арқан байлау топтары бәрнеше палдар нәтижесінде іске қосылса, онда күш беру бөлуінің арасында тең етіп қабылдау жіберіледі α және β бұрыштық мәндері және істеп тұрған тығындар сандарын арқан байлау палының орналасуы бойынша орнату қажет (33-сурет).



33-сурет – Арқан байлаулар созылуының тығынға күштің бөлу кестесі

**9 ГИДРОТЕХНИКАЛЫҚ ҒИМАРАТТАРҒА КҮШТІҢ
ЖӘНЕ МҰЗДЫҢ ӘСЕР ЕТУІ**

- Мұздың гидротехникалық ғимараттарға әсер етуі, қабылданатын мұздың шектік бүлдіру күші ғимарат аймағындағы мұздың жағдайының уақыт мерзіміндегі ең үлкен мұздардың әсерімен бастапқы мәліметтер негізінде қабылдануы қажет.

Нормативті мұздың қарсы тұру сығылуы R_c , МПа, R_f иілісі, МПа, R_b жапыру, МПа, тәжірибелі мәліметтер арқылы, ал олар болмаса жіберіледі:

а) 35-кестесі R_c қабылдайды;

t_a , °C - үшкүндік мерзім ішіндегі орташа ауа температурасы, алдыңғы мұз әрекеті 0.5м-ден аз мұз қалыңдығындағы ғимаратқа мұздың алдыңғы әрекеті;

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

35-кесте – R_c мұз сығылуының нормативті қарсы тұруы

| 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 |

ә) R_f келесі формулармен анықтауға:

тұщы судағы мұзға:

$$R_f = 0,75R_c, \tag{115}$$

теңіздік мұзға:

$$R_f = 0,5R_c \tag{116}$$

б) R_b формуласы арқылы анықтау:

$$R_b = k_b R_c, \tag{117}$$

мұндағы k_b - 36-кестесі арқылы қабылданатын коэффициент.

b - мұз әсерінің деңгейіндегі фронтынан ғимарат (тіректің немесе ғимараттың бөлімі), м;

h_d - есептік мұз қалыңдығы, м, теңетіп қабылданатын: өзендік 0,8 - ден максималды қыс мерзімінің қалыңдығының 1 %-тік қамдығымен, теңіздікке максималды мұз қалыңдығы 1 %-тік қамдықпен.

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 |

Ескертулер

1 Су қоймалары мен көлдерге, сондай-ақ Қостанай - Қарағанды – Өскемен өзендерінің оңтүстікке қарай аймақтары нормативті қарсы келу мұздарының сығылы суының мерзіміндегі мұз жүруі $R_c = 0,3$ МПа, ал бастапқы кезеңіндегі осы өзен аймақтарында $R_c = 0,45$ МПа, нормативті қарсы келуінің жапырылуы (117) формуласы арқылы, бірақ мұз жүрум ерзімінде $R_b = 0,45$ МПа- дан биігірек емес $R_b = 0,75$ МПа және бастапқы мұз жүру кезеңінде қабылдауға жіберіледі.

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

3 34 және 35-кестелерінің мәліметтері 0,5 м/с және одан да көп жылдамдық пен ғана қозғалатын мұздыққа былдауға болады.

- Нүкте үстемесіне тең әсерететін мұздың күшін есептелінетін су деңгейінен $0,3h_d$ м, төмен қабылдауы қажет

Сеңді мұз шоғырланған айдындары қозғалысынан болатын ғимаратқа әсерет етін күші 9.1.1 - 9.1.4-ке сәйкес белгіленген, 1,3-ке тең Каспий теңізі қабылдайтын олардың коэффициенттеріне көбейту қажет.

9.1 Мұз айдындарының ғимаратқа түсіретін күші

9.1.1. Қозғалатын мұз айдындарының ғимаратқа түсіретін күшін вертикалды алдыңғы шегі арқылы анықтау қажет:

- Мұз айдынының жеке тұрған сүйенішіне алдыңғы шекті үш бұрышты бейнеуі $F_{b,p}$ МН, мұз кесілуі кезінде әсері, немесе $F_{c,p}$, МН сүйеніші арқылы мұз айдынының тоқтатылуы, аз мәндері бойынша белгіленген формулалармен:

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

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

- мұз айдындарының қозғалысының әсері жеке тұрған сүйенішінің қандай да басқа олардың мұз бейнеуінің кесілуі $F_{b,p}$, МН (118) формуласы арқылы анықталады;

- мұз айдындарының қозғалысының әсері созылықы ғимараттарға ($b/h_d \geq 50$) сокқысында жеке мұздарға $F_{c,w}$, МН немесе мұздың бүлінуінде $F_{b,w}$, МН ең аз мәнінде белгіленген формулалар:

$$F_{c,w} = 0,07\gamma h_d \sqrt{AR_c} , \tag{120}$$

$$F_{b,w} = 0,5R_c b h_d , \tag{121}$$

мұндағы m - 37-кестесі арқылы анықталатын сүйеніш жоспары бойынша пішін коэффициенті;

37-кесте – m планындағы тірек пішінінің коэффициенті

| Жобанындағы тірек пішінінің коэффициенті | Алдыңғы шегі ғана бар тіректер түрінде: | | | | | | |
|--|--|------|------|------|------|------------|----------------------------|
| | 2 γ , планындағы бұрыш сүйірлену үшбұрышы, бұршақ | | | | | Тікбұрышқа | Көпбұрыш пен доғалы кескін |
| | 45 | 60 | 75 | 90 | 120 | | |
| m | 0,54 | 0,59 | 0,64 | 0,69 | 0,77 | 1 | 0,9 |

v - мұз айдыныны 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 теңіздерге- 3 % жел жылдамдығының мәні бойынша 1 %-тік мұз қозғалысының қамсыздық мерзімінде;

A - мұз өрісінің ауданы, м², табиғи бақылау мәліметтері немесе көршілес орындары арқылы анықталыды;

γ - алдыңғы шек құрылысының сүйеніш бойынша жарты, бұршақ;

Ескерту- Теңіз жағдайларындағы мұз алаңдарының жеке тұрған тіректер мен созылған ғимараттарымен 0,5 м/с жылдамдықпен қозғалысын тәжірибелі мәліметтер арқылы дәйектеленеді.

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

ғимаратың еңіс пішініне:

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

$$F_h = k_{\rho} m_t R_f h_d^2 , \tag{122}$$

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

$$F_v = \frac{F_h}{m_t} , \tag{123}$$

Алдыңғы еңіс шегіменжеке тұрған тірегі:

а) көлденен 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, мұндағы k_β - 38-кестесі арқылы қабылданатын коэффициент;

38-кесте – k_β коэффициенті

| Бөгет немесе ғимарат түрі | b/h_d мәніндегі тікбұрыш қиуының тірегі | | Конус тәрізді тірек | Еңіс қырының ғимараты |
|---------------------------|---|--------------------|-------------------------|-----------------------|
| | 5 және одан кем | 5 және одан | | |
| k_β коэффициенті | 1 | $\frac{0,2b}{h_d}$ | $1 + \frac{0,05b}{h_d}$ | 0,1b |

m_l - 39-кестесі арқылы қабылданатын коэффициент;

9.1.3 Қозғалатын мұз алаңдары әсерінің күші F_p , МН, тік тіректер қатарынан ғимарат 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:

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

39-кесте – m_l коэффициенті

| Шекті кесетін еңіс бұрышының ғимаратқа β көкжиегі, бұршақ | 15 | 30 | 45 | 60 | 75 | 80 | 85 |
|--|------|------|----|------|------|------|-------|
| m_l коэффициенті | 0,27 | 0,58 | 1 | 1,73 | 3,73 | 5,67 | 11,43 |
| Ескерту-Шектік есетін еңіс бұрышының ғимаратқа есептелінетін мәні оның мұзадалуы нәтижесінде пайдалану тәжірибесі есебімен солаймақта болатын ғимаратқа болатын есебімен алынады, 20 бұршақтан кем емес. | | | | | | | |

Қозғалатын мұз алаңдары әсерінің күші F_b , МН, иілгіштірекке алдыңғы шекті үш бұрышты бейнесімен ең кіші мәні ретінде (119) формуласымен және айқын формулалары арқылы қабылдау қажет:

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

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

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

9.1.4 Тоқталған мұз алағының күш әсерінің ғимаратқа бастырылуы F_s , МН су және жел ағыны әсері нәтижесінде мына формула арқылы анықтау қажет:

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

$P_\mu, P_v, P_i, P_{\mu,a}$ маңыздары, МПа, келесі формулары арқылы анықталады:

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

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

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

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

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

$v_{w,\max}$ - мұз кемесінің ең үлкен жел жылдамдығының 1 %-тік қамсыздықпен, 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.

Ескерту-Мұз алаңының есептік жалпақтығы табиғи бақылау мәліметтері бойынша алынады, ал бекітпелер немесе ұқсас ғимараттарға ғимараттың ұшып өту жалпақтығынан артық емес болуы тиіс.

9.2 Ғимаратқа әсер ететін күші мен ықпалының мұздық тұтас жабынының температурасына байланысты ұлғаюы

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

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

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

k_l - 40-кесте арқылы қабылданатын коэффициент.

40-кесте - k_l коэффициенті

| | | | | | |
|----------------------------------|------------------|-----|-----|-----|-------------------|
| L , м, мұз жабынынның ұзақтығы | 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:

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

мұндағы $v_{t,a}$ - ауа температурасы өсуінің максималды жылдамдығы, °C/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.

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

$t < -20^\circ \text{C}$ болғанда

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

мұндағы t_i - мұз температурасы, °C, келесі формула арқылы анықталады:

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

мұндағы t_b - ауаның бастапқы температурасы, °C, оның өсуімен басталатын;

h_{rel} - мұз жабынының салыстырмалы қалыңдығы қар ықпалының есебімен алынуымен 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:

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

мұндағы $h_{s,\min}$ - есептік кезеңінен алынған мұз жабынының ең кіші қалыңдығы есептік кезеңінен, 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 алатын немесе $\sqrt[6]{v_{w,m} + 0,3}$ қар болмаған жағдайда;

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

φ, ψ - көлемсіз коэффициент 34, 35 - суреттеріндегі графиктер 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;

мұндағы t - уақыт аралығы, сағ., ауа температурасын екі өлшеу арасындағы.

9.2.2 Сызықтық күшті анықтауда q , МН/м, тұтас мұз жабынының ғимаратқа 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, бар қатар бақылауы болғанда ауа температурасының есептелінген кезеңінен немесе минималды температурамен және сәйкес оның градиентімен немесе максималды градиентімен және сәйкес оған ауа температурасына қабылданған. Сызықтық күші q , МН/м, $S_i \geq 2\%$ мұз тұздылығында келесі формула арқылы анықтау қажет:

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

мұндағы $p_t = 0,1$ МПа;

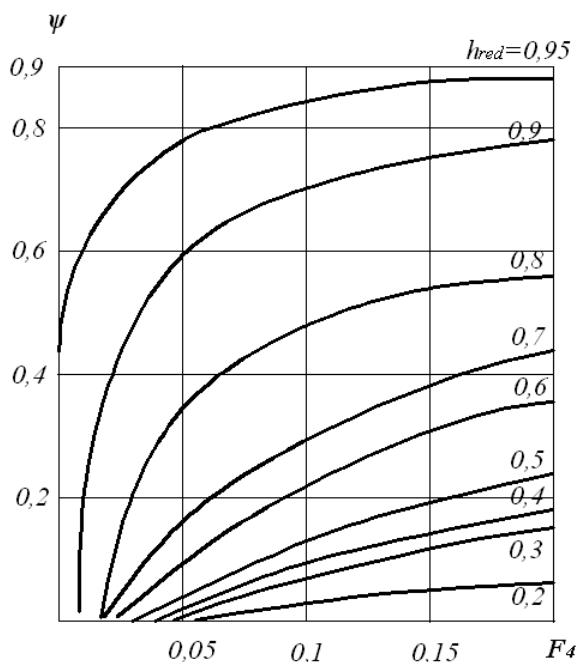
h_{\max} және k_l - белгілеулері 9.2.1-дегі сияқты.

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

9.3 Сеңді мұз массаларының ғимаратқа әсер ететін күші

9.3.1 Сеңді мұз массасын тіреппен кескен күшін келесі формула арқылы анықтау қажет $F_{b,j}$, МН:

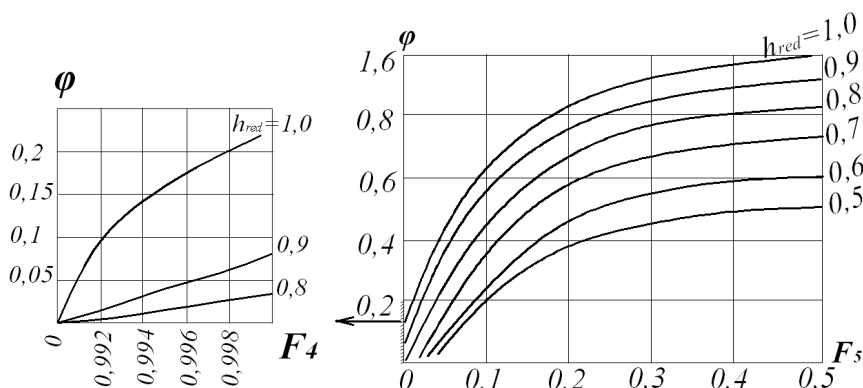
$$F_{b,j} = mR_{b,j}bh_j, \quad (139)$$

34-сурет – График мәндерінің ψ коэффициенті

мұндағы $R_{b,j}$ - сеңді мұз массасының жапырылуының нормативті 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. Қабыршақ өзен аймақтарына іргелес мұз қабатық алындығыны мәліметтері бойынша алуға болады, бірақ 80 %- тен артық еме сағынның орташа тереңдігіні судың сеңдік кезеңдегі шығынында ғана;

m, b - белгілеулері 9.1.1 сияқты.

35-сурет - График мәндерінің φ коэффициенті

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

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

мұндағы l - ғимарат 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, сондай ақ 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 аудандары арқылы анықталады.

9.3.3 Сеңді мұз массаларының ғимаратқа құлаған уақыттағы сызықтық күші, ағынға параллельді 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 вертикалды қабырғаларға - 0,9;

$F_{s,j}$ және l - 9.3.2-дегі сияқты.

9.4 Су деңгейінің өзгеруінде қатып қалған мұз жабынының ғимаратқа түсіретін күші

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

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

мұндағы l - мұз әсерінің деңгейіндегі аймақтың ұзындығы, м;

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

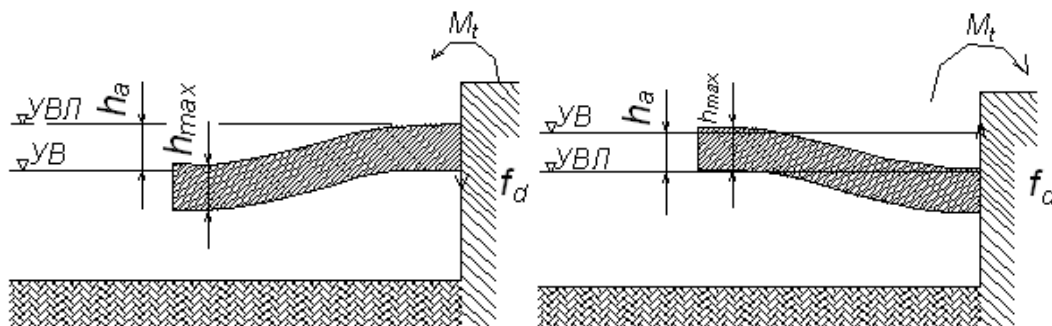
t_d - су деңгейінің жоғарылауы мен төмендеуіндегі мұз жабынының деформацияланған кезіндегі уақыты;

Φ - көлемсіз функция уақыты, 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-дегі сияқты.

Ескерту - 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 – мұзбен жабындының судын деңгейі

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

9.4.2 Су деңгейінің жоғарылауымен төмендеуіндегі ғимаратқа әсер ететін күш моментін келесі формула арқылы анықтау қажет (36-сурет), M , МН·м:

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

мұндағы l , v_d , t_d , h_{\max} , Φ - белгілеулері 9.4.1 - деғы сияқты.

Күш моментін анықтағандағы мәні келесі формуладан артық болмауы тиіс M_{\lim} , МН·м:

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

мұндағы R_t және R_c - мұз жабынының деформацияланғандағы нормалық сығылуы мен созылуының қарсылығы 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 сығылумен созылуы бойынша тәжірибелі мәлеметтер арқылы анықталады, олар болмаған жағдайда 41-кесте арқылы қыбылдануға тиіс;

41-кесте – Мұз шектері аққыштығының сәйкесінше созылуы мен сығылуындағы орташа мәні $R_{c,y}$, $R_{t,y}$ тәжірибелі мәлметтер 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 - мөлшерге байланысты абылданатын коэффициент: $e^{-\frac{4t_{cal}}{\eta_i}}$ (42-кесте):

42-кесте – 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.-дегі сияқты.

9.4.3 Жеке тұрған түрекке әсер ететін вертикалды күшін мұз жабынының ғимаратқа қатып қалғанынан су деңгейінің өзгеруі кезінде келесі формула арқылы анықтау қажет $F_{d,p}$, МН:

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

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

k_f - 43-кестесі арқылы қабылданатын көлемсіз коэффициент.

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

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

t_i - 9.2.1 - дағы 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 - тәректің диаметрі (немесе бір түптің каданың), м; Ескерту – Тіректің тік бұрышты пішінінде a және b жақтарындағы планында, м, оның диаметрі $D=\sqrt{ab}$, м, тең етіп алынады. | | | | | | | | | |

9.5 Мұз кептелу массасының ғимаратқа әсер ететін күші

9.5.1 $F_{b,i}$ күші, МН, мұз кептелуінің массасы кесілгену ақытта келесі формула арқылы анықталады:

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

мұндағы $R_{b,i}$ - мұз сығылуының отраша қарсылығы, мұз кептелу массасы тәжірибелі мәлеметтер арқылы қабылданады, ал олар болмаған жағдайда - 0.45 МПа, ал Қостанай-Қарағанды - Өскемен аймақтарының оңтүстік сызықтарына қарай- 0.25 МПа;

$h_{b,i}$ - мұз кептелу есептік массалары, м, табиғи бақылау мәліметтері бойынша қабылданады, ал олар болмаған жағдайда $h_{b,i} = aH_{b,i}$ етіп қабылдауға жіберіледі, a - 44-кестесі 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 |

$H_{b,i}$ - кептелу мерзіміндегі судың максималды шығыны өзеннің орташа тереңдігі кептелуден жоғары;

m, b - белгілеулері 9.2.1 және 9.1.1-дегі сияқты.

9.6 Қозғалыстағы торостың жүктемелері

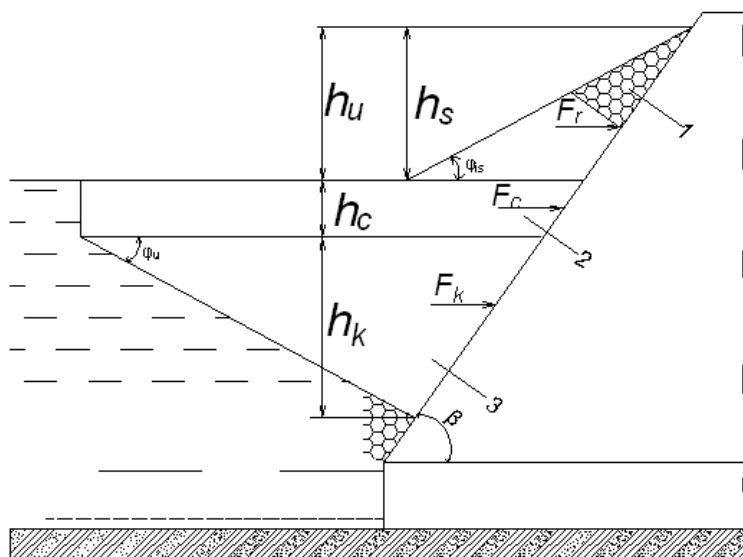
9.6.1 Қозғалыстағы торостың ғимаратағы тік елей немесе қиғаш бейімділігінің сәрекеттегі жүктемесін F_r , МН, осы формула арқылы анықтау қажет [8,9]:

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

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

F_c - торостың нысан бөлігінің жүктемесі, МН;

F_k - торостың килдік жүктемесі, МН.



1 – торостың суасты бөлігі (желкен); 2 – торостың консолидарлық бөлігі; 3 – торостың килі

37-сурет - Ғимаратқа әсер ету кезеңіндегі торостың есептеуіш моделі

9.6.2 Торостың су астындағы мұздың пайда болуының формуласы:

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,

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

мұндағы ρ_i - мұздың жиілігі, кг/м³;

ψ_u - уақ тесікті мұздың пайда болуы (ішкі бостылығы), арнайы зерттеулер жоқ болған жағдайда, 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 тіреуіш, МПа, тәжірибелі мәліметтер бойынша анықталады; олар жоқ болған жағдайда қабылдауға рұқсат етіледі $c_u = 0,003...0,05$ МПа;

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

h - килдің батыруының тереңдігі;

h_u - мұздың пайда болудағы биіктігінің есебі, сандық мәліметтер бойынша анықталады;

арнайы зерттеулер жоқ болған жағдайда h_u формула бойынша есептелінеді:

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

мұндағы h_i - торостың пайда болу кезіндегі мұздың қалыңдығы h_d , м, 0,6 болмауы тиіс;

$k_{u,\varphi}$ және $k_{u,c}$ - мұздың пайда болудағы пассивті қысымын көлденең коэффициент кұрайды, мына формула бойынша есептелінеді:

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

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

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

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

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

мұндағы α_f - мұзбен ғимаратар асындағы үйкеліс, бұршақ;

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

f - мұз бен ғимарат арасындағы коэффициенттік, арнайы зерттеулер жоқ болған жағдайда қабылдауға рұқсат етіледі $f = 0,1 - 0,2$;

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

β - 7.9 белгілер.

Консолидарлық бөлік су деңгейінің жүктемесінен төмен қабылданады $0,33 h_u$, $F_{u,v} < 0$ ғимараттың жүктемесі жоғарыға.

9.6.3 Консолидарлық мұздың жүктемесі мына формула бойынша есептелінеді:

а) көлденең құрайтын жүктеме $F_{c,h}$, МН мына формула бойынша $F_{b,p} = m k_b k_v R b h_d$ - оқшау тұрған ғимарат үшін және $F_{b,w} = k k_v R_c b_s h_d$ - ғимараттың ауыстырушылық пен аумақтары үшін h_d және h_c - консолидарлық бөліктің есептік қалыңдығын, м, және мағынаны көбейту R_c консолидарлық бөліктің есептік қалыңдығын, м, және мағынаны көбейту r_c - мұздың қысымы консолидарлық бекемділігінің қатынасына тең, тәжірибелі деректерде анықталады; жоқ болған жағдайда белгіленеді $r_c = 0,8$, мұнда h_d , R_c - 9.17 белгілер; мұздың консолидарлық бөлігінің қалыңдығының жақындығы тең $h_c = (1,8 - 2,0) h_d$ (Г Қосымша).

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

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

Консолидарлық бөлік су деңгейінің жүктемесінен төмен қабылданады $0,5 h_c$.

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,

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

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

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

b_k - мұздың пайда болу аймағындағы шектеу енінің ортасы, м;

C_k - мұздың пайда болуындағы ілінгіш (іліп алі есебінен), МПа, арнайы зерттеулер жоқ болған жағдайда $C_k = 0,02 - 0,03$, МПа, рұқсат етіледі;

φ_k - мұздық бұрыштың ішкі қажылыстары, бұршақ, арнайы зерттеулер жоқ болған жағдайда $\varphi_k = 15 - 20^\circ$ рұқсат етіледі;

k_k - коэффициенттік қысымның көлденең еселігі мұз сынығының қабаттасуы мына формула бойынша есептелінеді:

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

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

мұндағы ρ - 7.9 белгілер.

Жүктеме $F_{k,h}$, (166) формула бойынша, мына жүктемеден артық бола алмайдын $F_{b,j}$, (139) формула бойынша онда аумақтарды b және h_j - b_k және $(h_k - h_c)$ маңыздарға.

Консолидарлық бөлік су деңгейінің жүктемесінен төмен қабылданады $Q3 \psi_k - h_c$.

Ескерту- Жүктік ғимараттың тік профилдің $\beta = 90^\circ$ бойынша анықталады.

А Қосымша (міндетті)

Толқынның элементтері ашық және шарбақты айлақтарда

А.1 Толқының 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 нәтижесі (25 жылкем дегенде) қатарының статистикалық өңдеуінің анықтауға қажетке 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 қажетке есебімен су келесі зоналық тереңдікте:

- су- тереңдігі $d > 0,5 \cdot \overline{\lambda_d}$, түбі толқынның негізгі сипаттарына әсер етпейді;
- ұсақ су – тереңдігі $0,5 \overline{\lambda_d} \geq d > d_{cr}$, олардың сипаттамасына толқынның түбі әсер етпейді;
- шарпу – тереңдігінен d_{cr} осыған дейін $d_{cr,u}$ толқынның басталатын және аяқталатын шектеулері;
- үзіктері–тереңдігі шамамен $d_{cr,u}$, тасқын толқындар жағаға дейін барады.

А.4 Гидротехникалық ғимараттың және оның элемент толқынның биіктігін есептік қамтамасыз жүйесі А.1-кестесімен қабылдауға қажет.

Судың есептелу деңгейі

А.5 Судың максималды есептелу деңгейі ҚНЖЕ ережесіне байланысты ғимаратқа қабылдау тиіс. Жүктемені анықтау және гидротехникалық ғимараттарға қатысы, қамтамасыздырылған есептік деңгей осы көрсеткіштен аз болмауы тиіс:

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

Ескерту - Жаға қатайту ғимараттарының толқынсыз өзендерде қамтамасыздандыру есептелген деңгейлерде қабылдау қажет:

- жылдық жоғары деңгейде - гравитациялық қабырғаға (толқын қорғанысы) II класқа- 1 %; III класқа - 25 %; қолдан құрылған жаға ғимараты үшін (IV класс) - 1 %;
- жарты жылдық деңгей - қатты (толқын қорғанысы) қабырға IV класқа, буналар және сүңгуір толқындар IV класқа - 50 %; қолдан құрылған жаға ғимараты үшін (IV класс) - 50 %.

А.1-кесте -Толқынның биіктігінің есептік қамтамасыз ету, тиянақты және гидротехникалық ғимараттың, оның элементінің баянының ұйғарымы

| Гидротехникалық ғимарат | Толқын жүйесіндегі биіктіктің есептелуін қамтамасыз ету, %, артық болмау тиіс |
|--|---|
| Тік ғимараттың әдістемесі, қоршалған ғимараттың қиғаш әдістемесі | 1 |
| Ғимарат және кластың біріккен бөгеттері: | |
| I | 1 |
| II | 5 |
| III, IV | 13 |
| Жағалаудағы класс ғимараттарын қатайту: | |
| I, II | 1 |
| III, IV | 3 |
| Гидротехникалық ғимарат | Толқын жүйесіндегі биіктіктің есептелуін қамтамасыз ету, %, артық болмау тиіс |
| Тайқы профилдің кедергілеу ғимараттары бетонды плиталармен | 1 |
| Тастың қоқымдылары мен, нышанасыз немесе модалы алаптармен | 2 |
| <p>Ескертулер</p> <p>1 Жүк ұйғарымын ғимараттарға қабылдау қажет, биіктік тапсырынды қамтамасыздық жүйеде h_i және толқынның орта ұзындығы $\bar{\lambda}$.</p> <p>Өтпелі конструкцияға толқынның қатынасын анықтау қажет, толқынның ұзындығын өзгерту осы арақашықтықта $(0,8-1,4)\bar{\lambda}$;</p> <p>Биік ғимараттарды тағайындаған кезде, соғылған ашық акваторияларда, толқын биіктігін есептік қамтамасыздандырылған жүйеде рұқсат етілген 0,1 % құрылған негізінде.</p> <p>2 Қамтамасыздырылған есеп толқын ұзындығын жүйеде қабылдау тиіс:</p> <ul style="list-style-type: none"> - порттық акваториялық қорғаныс анықталған- 5%; - толқынның анықталған-1%. <p>3 Биік ғимараттарды белгілеу кезінде, ашық акваторияларда салынады, рұқсат етілген есептік биіктік қамтамасыздырылған толқынды жүйеде қабылдау 0,1 %.</p> | |

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

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

мұндағы α_w - бойлық кіндігімен және желдің бағытының бұрышы, бұршақ;

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 қабылдануға ғимараттар үшін қамтамасыздығы I, II класқа - 2 % (50 жылда 1 рет) и III, IV класқа - 4 % (25 жылда 1 рет).

I және II класстың ғимараттары үшін есептік дауылдың қамтамасыздығы 1 %(100 жылда 1рет) тиісті.

А.8 Тіркес желдің жылдамдығының қамтамасыздығы судың деңгейінің қамтамасыздығымен I және II ғимараттары үшін қабылдау тиіс және класстардың, соның ішінде бөгеннің шарттары үшін бір қалыпты подборлы деңгейде (НПУ), А.5 және А.7 деректер табиғаттың қадағалауымен анықталады.

А.9 Желдің есептік жылдамдығы биіктікте 10 м бетпен V_w суайдынының, м/с, формулаға байланысты анықтау тиіс:

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

мұндағы V_l - желдің жылдамдығы биіктікте 10 жер (суайдынның) бетінің, лайықты орташалау және А.7 қабылдайтын қамтамасыздық 10-минут ара қашықтық;

k_{fl} - желдің коэффициентін қайта есептегенде, желбағар бойынша, мына формула

бойынша $k_{fl} = 0,675 + \frac{4,5}{V_l}$, 1 кем емес;

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 аудан;

- А.3-кесте - желдің жылдамдығы ауданда өлшенгенде А, ал В мен С, СН РК 3.04-01 талаптарымен тағайындылады.

А.10 Толқын элементінің ұйғарымында екпіннің, мортаның мағынасымен, м/с желінің, жылдамдығы үшін, , м/с осы формула арқылы белгіленеді:

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

мұндағы k_{vis} - 5×10^{11} тең қабылдайтын еселік;

V – ауаның кинематикалық тұтқырлығының еселігі, 10^{-5} тең еселік, $\text{м}^2/\text{с}$.

Межелі екпіннің мағыналары L_u м кесте бойынша қабылдауға жіберіледі А.4 тапсырынды есептік үшін желдерді V_w , $\text{м}/\text{с}$.

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

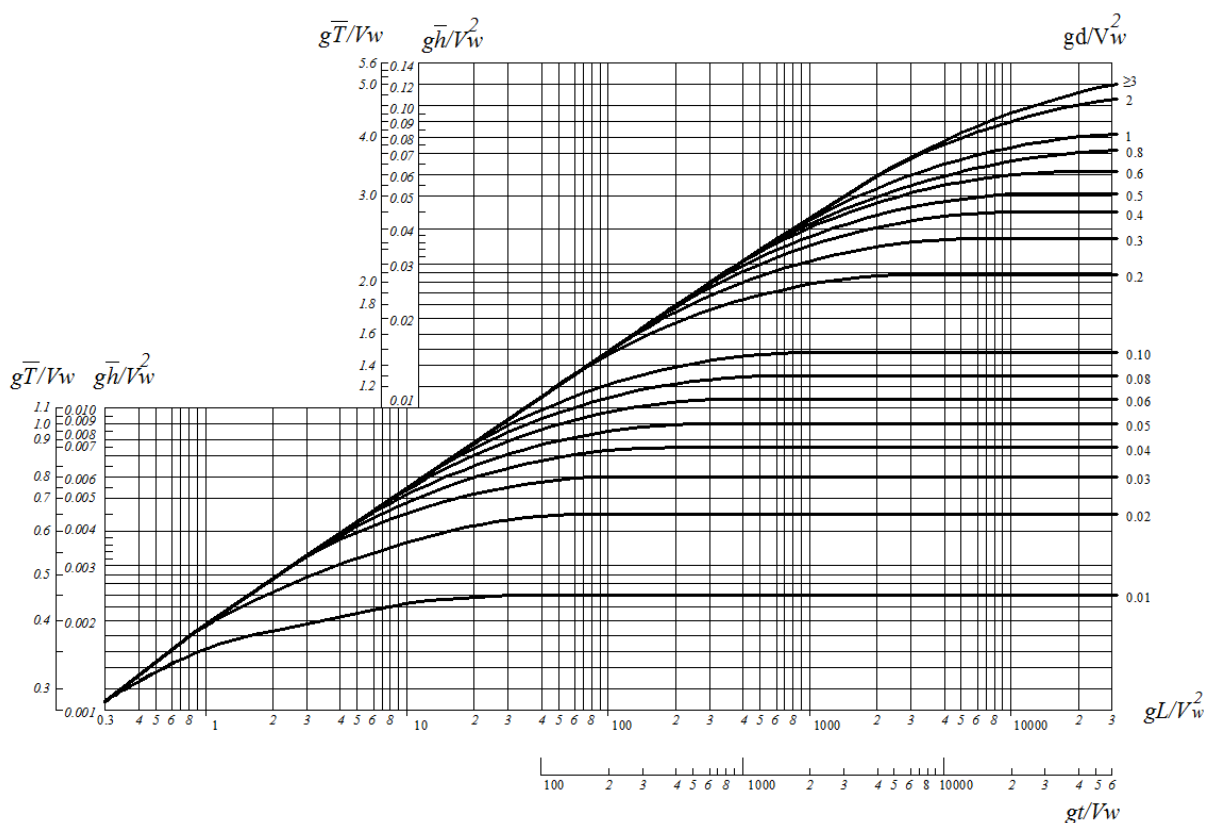
| Желдің жылдамдығы V_w , м/с | 20 | 25 | 30 | 40 | 50 |
|---|------|------|-----|-----|-----|
| Межелі екпіннің мағыналары, $L_u \cdot 10^{-3}$, м | 1600 | 1200 | 600 | 200 | 100 |

А.11 Желдің есептік жылдамдықтары екпіндерде кем дегенде 100 километр табиғаттың қадағалауы арқылы жіберіледі, желдің жылдамдығы ең көп жыл сайынғы ұзақтығы.

А.12 Желдің есептік жылдамдығы екпіндерде кем дегенде 100 км есебімен оның таратушылығымен (В Қосымшаны қара) анықтау тиіс.

Толқын элементтері тереңдік зонада

А.13 Орта биіктігі \bar{h}_d , м, толқынның орта кезі \bar{T} , с, в тереңдігі зонаға А.1 суреттің сырттың қисқына анықтауға қажет. Ауқымсыз аумақтың мағыналарына gt/V_w және gL/V_w^2 , және сырттың қисқына анықтау қажет мағыналар, және $g\bar{h}_d/V_w^2$ және $g\bar{T}/V_w$ және кіші аумақтарының қабылданып, биіктігінің және толқынның орта кезеңі.



**А.1-сурет - Кестелер элементтің ұйғары үшін
желдік толқындардың тереңдігінде және ұсақ сулы зоналарда**

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

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

Ескерту- Желдің айнымалы жылдамдықтарында толқын екпін нәтижелері дәйекті ұйғарымның қабылдауымен жіберіледі \bar{h}_d толқын биіктіктерінің телімдері үшін желдің жылдамдығы түпкілікті.

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

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

мұндағы \bar{h}_n м, ($n = 1; \pm 2; \pm 3; \pm 4$ болғанда) - толқынның орта биіктігі, А.1 сурет бойынша қабылдану керек, L_n , желдің есептік жылдамдығы және сәулелің бағытымен түйісетін басты сәуле. Сәулелер қоспаның жағаның сызығымен ± 22.5 бұршақ ара қашықтықпен нүктеден басты сәулеге дейін.

Бөгеттің үлкен саны есептік тұстамасы түрінде аралдардың бұрыштама өлшемдері кем дегенде 22,5 бұршақ қарамастан және бұрыштама өлшемнің сомасымен кем дегенде

22,5 бұршақ, толқынның орташа биіктігі, \bar{h}_n , м, секторында мына формуламен анықталады:

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

мұндағы $\mathbf{ж}_{ni}$, \mathbf{v}_{nj} - сәйкесінше бұрыштама өлшемдер i - ға кедергілер және j - ға араның көршілес бөгеттердің арасында, бұрышқа қатысты 22,5 бұршақ. ($i=1,2,3.k_n$; $j=1,2,3.l_n$) шектерде n секторына, ара қашықтықта тағайындалады ± 11.25 бұршақ сәуленнің бағытынан.

Толқынның орташа биіктігі \bar{h}_{ni} , \bar{h}_{nj} , м, А.1 сурет қабылдану керекжелдің есептік жылдамдығына және екпінге L , тең сәуленің проекцияларының L_{ni} және L_{nj} , м, желге қарай бағытталған. Сәулелер L_{ni} және L_{nj} - бойынша араға тең есептік нүктеге дейін қоспаныңс i - м бөгет немесе желді жаға j - м арасында.

Толқынның орта кезі ауқымсыз аумақта анықталады \bar{gT}/V_w , қабылданады А.1 сурет белгілі ауқымсыз аумақта \bar{gh}_d/V_w^2 . Толқынның орташа ұзындығын (А.4) формула бойынша анықтауға болады.

Ескерту- 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 өткізу ± 45 бұршақ. желдің бағытынан қоспаның желді жағамен.

А.15 Желдік толқынның биіктігі терең суда \bar{h}_d мына формула бойынша тағайындайды:

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

мұндағы L - екпін желдің ұзындығы, м;

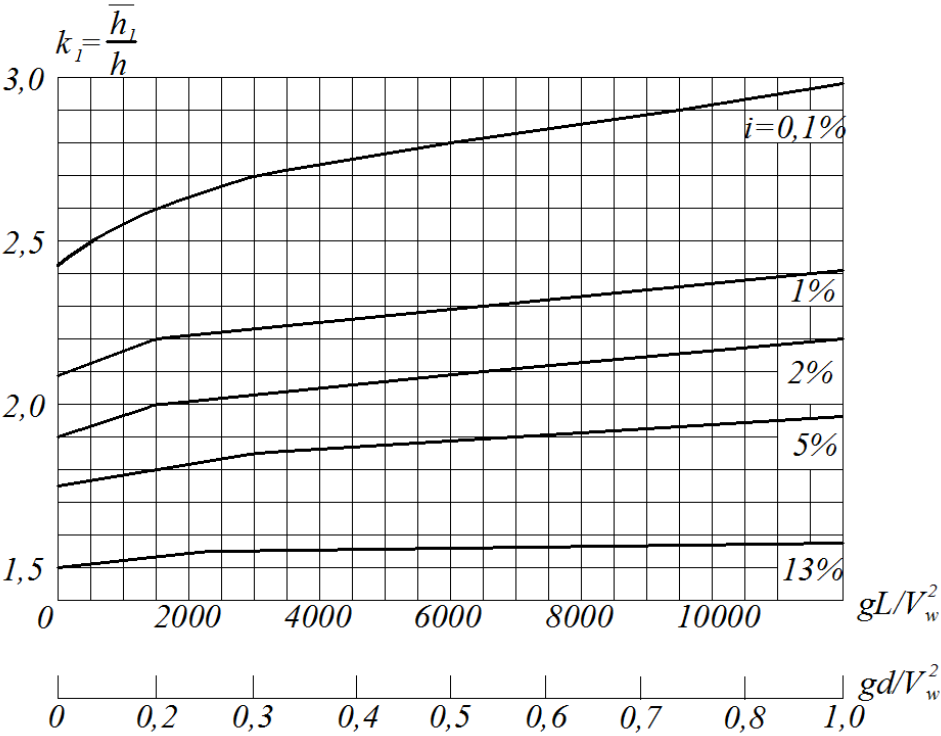
V_w - желдің есептік жылдамдығы, А.9 белгілер.

Толқынның орташа екпіні формула бойынша:

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

мұндағы \bar{h} - желдің орташа биіктігі, м;

А.16 Желдің биіктігін i %-пен жүйеде қамтамасыз етеді $h_{d,i}$, м, толқынның орташа биіктігін коэффициентке көбейту k_i , осы А.2 суреттің графиктар бойынша қабылданады аумақсыз аумақ үшін gL/V_w^2 . Жаға сипатының күрделі конфигурациясы gL/V_w^2 аумаққа қабылдану керек gh_d/V_w^2 және А.2 суретінің жоғарғы қисқыны.



А.2-сурет - k_i еселік мағынасының кестелері

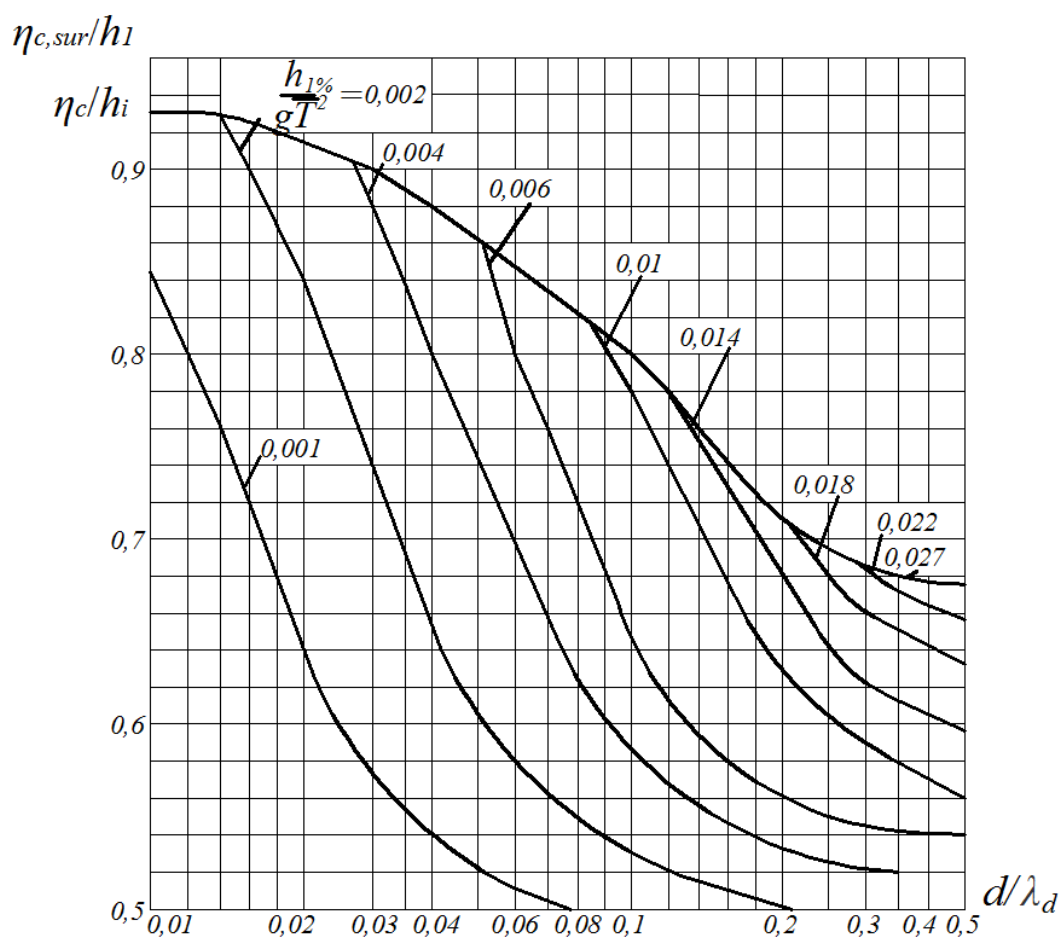
Толқынның элементтері осы режимге қамтамасыз 1; 2; 4 % функция арқылы табиғи жағдайда, олар болмағандықтан немесе жетпегендіктен – өңдеу нәтижесімен, синоптикалық карттармен тексеру өткізу қажет (В қосымшасыны қара).

А.17 Толқыншыңын асыра сілтеуі η есептік деңгеймен, ауқымсыз аумақта анықтау қажет (А.3 сурет) h_i/gT^2 мағынасы үшін, $d/\bar{\lambda}_d = 0,5$ қабылдау.

Толқын элементтері ұсақсулы зонада

А.18 Толқын биіктігі i %-пен қамтамасыздықты h_i м, ұсақсулы зонада 0,002 түптінен істіктерімен және келесі формуламен анықтау тиіс:

$$h_i = k_i k_r k_l k_i \bar{h}_d, \tag{A.9}$$



А.3-сурет - Кестелі мағынаның ұйғарымы үшін η_x / h_l - ұсақсулы және $\eta_{c,sur} / h_l$ шарпу зоналарда

мұндағы k_t - еселік трансформациясы;

k_r - еселік рефракциялар;

k_l - шығынның жиынтық еселігі;

k_i - жүйеде толқынның қамтамасыз еселігі.

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

Толқын ұзындығы, ұсақ сумен терең судың орын ауыстаруы, А.4 сурет бойынша анықтау қажет $d / \bar{\lambda}_d$ және $h_{0\%} / \bar{gT}^2$. Бұл ретте толқын тең толқынның тереңдік зонасында қабылданады.

Толқынның ұзындығын, терең судан ұсақ сулы зонаға алмасуы, А.4 сурет бойынша анықтау қажет, ауқымсыз аумақтарда $d / \bar{\lambda}_d$ және $h_{0\%} / \bar{gT}^2$. Бұл ретте толқын тең толқын деңгейімен терең толқындық зонада қабылданады.

Толқын шыңының асыра сілтеуі есептік деңгеймен η_c , м, А.3 сурет бойынша анықтау қажет, ауқымсыз аймақтар үшін $d / \bar{\lambda}_d$ және h_l / \bar{gT}^2 .

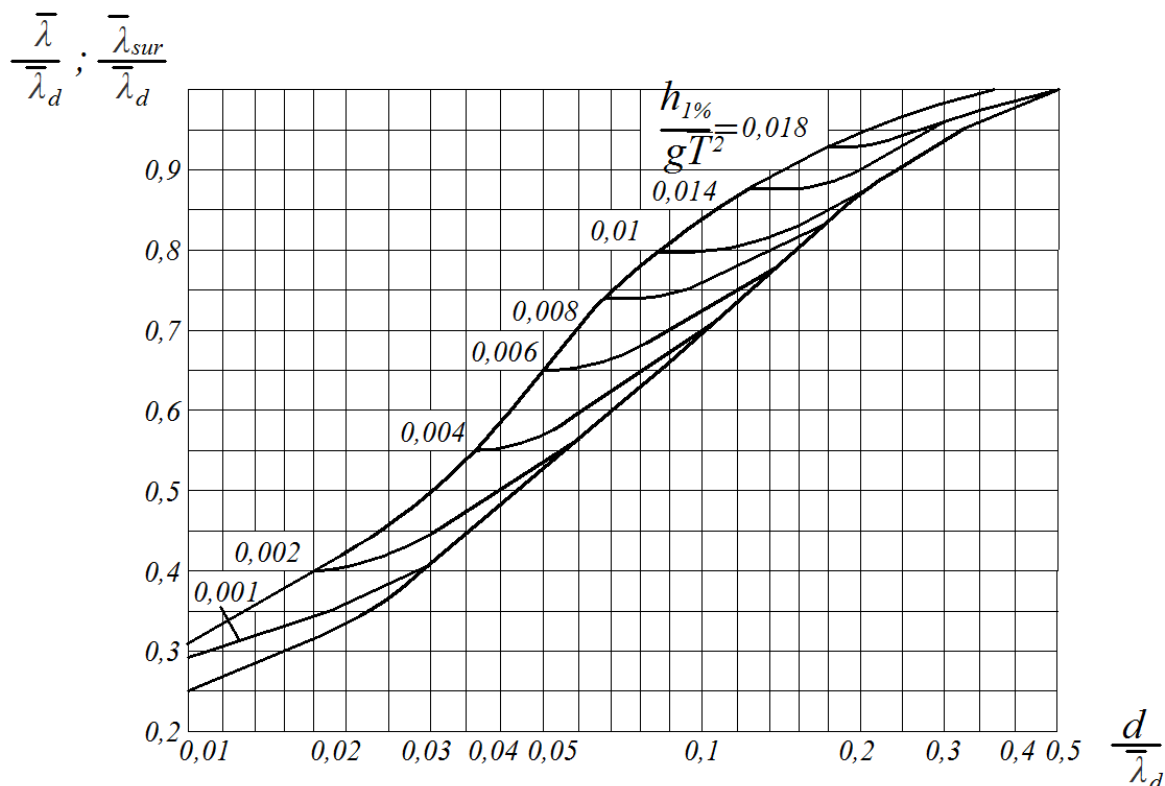
А.19 Трансформация еселігі 1-і графигі А.5 сурет бойынша қажет.

Рефракцияның еселігін осы формула бойынша анықтау қажет:

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

мұндағы a_d - толқындық сәулелер мен тереңсулы зонадағы арақашықтығы, м;

a - сәуленің сызық бойынша арақашықтығы, тереңсулы зонада белгілеген, м.



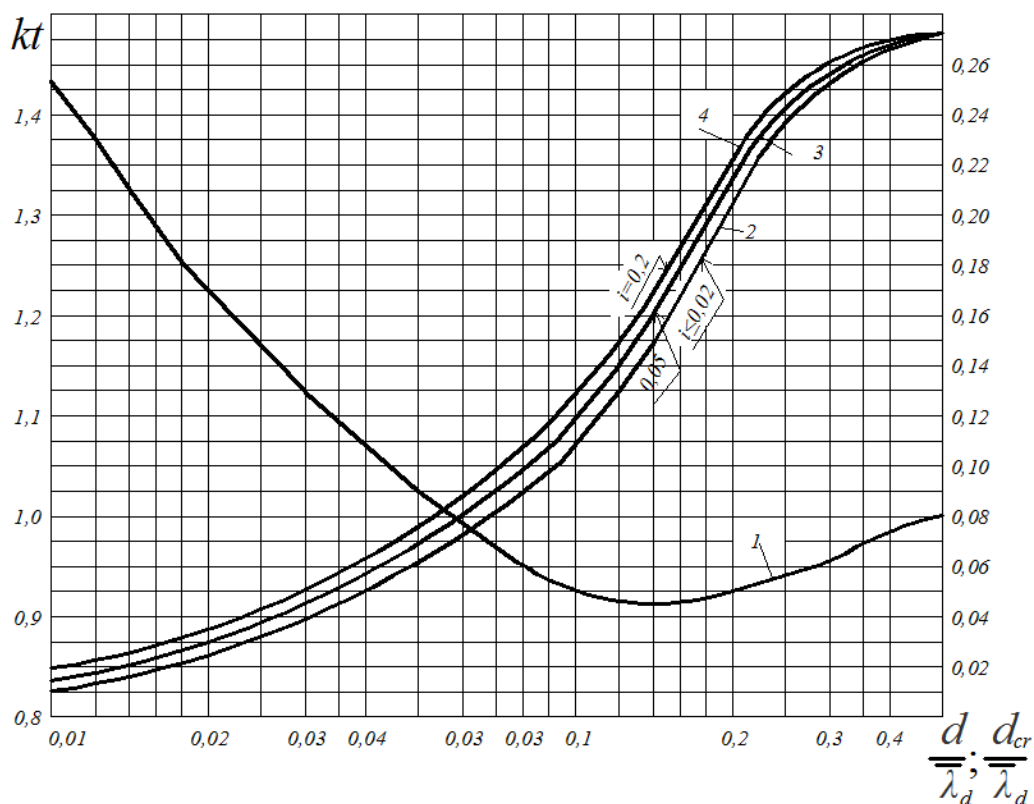
А.4-сурет - Ұсақсулы $\lambda / \bar{\lambda}_d$ және шарпу $\lambda_{sur} / \bar{\lambda}_d$ зоналарда кестелі мағынаның ұйғарымы

Толқын сәулелері рефракцияның жоспарында тереңсулы зонада тапсырылған бағытқа қабылдау қажет, ал тереңсулы зонада олар сәйкес нобаймен және А.6 суретті бойынша кестелермен сәйкес келу қажет.

Шығынның жиынтық еселігі k_i тапсырылған аумаққа бөлінеді $d / \bar{\lambda}_d$ және i түптің еңісіне (А.5-кесте); түптік еңістерді 0.03 және шығынның жиынтық еселігін анықтау тиіс.

Ескерту- Еселіктің мағынасы k_r рефракция еселігі ұйғарымының нәтижелері мен толқындық сәулелер арқылы қабылдау керек, есептік нүктеден бағыттар басты сәуледен 22,5 бұршақ арқылы.

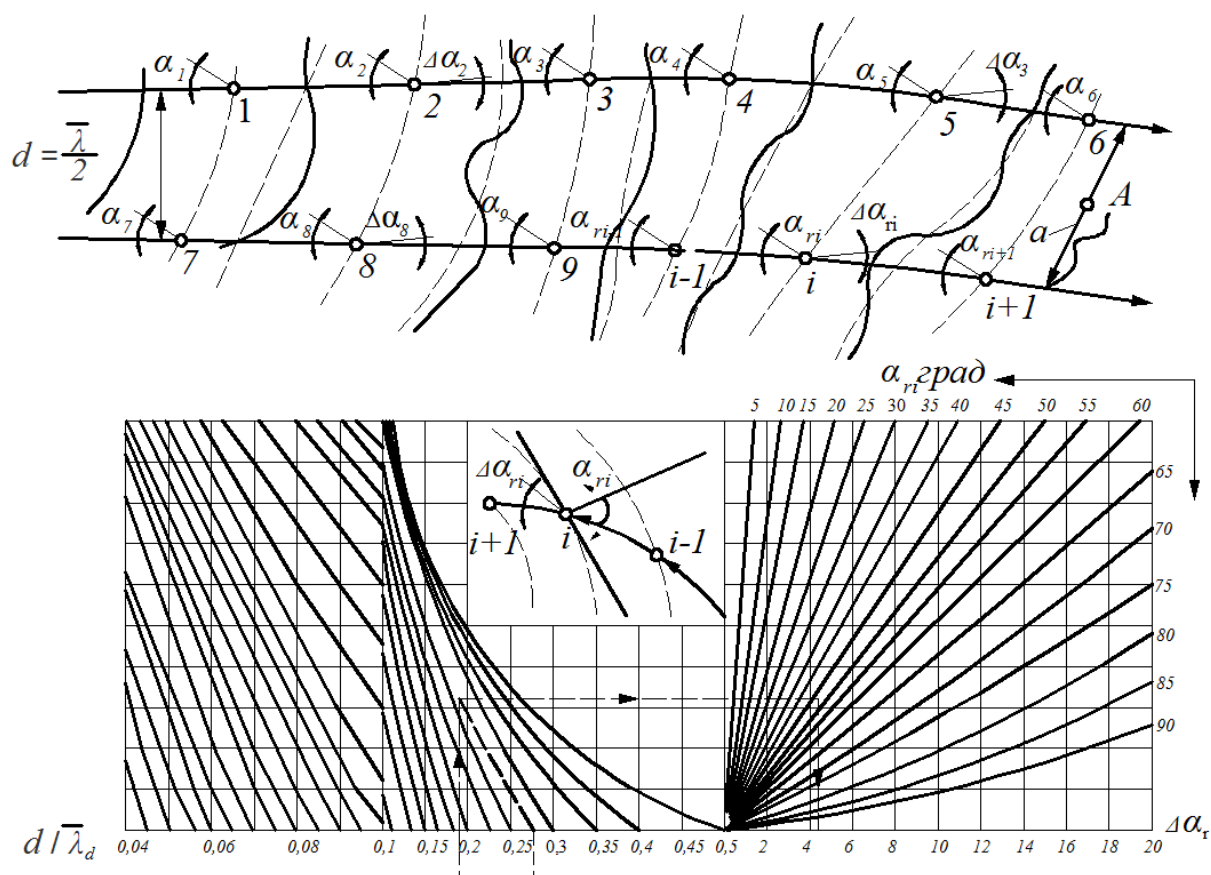
$$\frac{h_i}{gT^2}, \frac{h_{sur1\%}}{gT^2}$$



А.5-сурет–Кестелер ұйғарымы үшін:
еселікке k_t (1) және $d_{cr}/\bar{\lambda}_d$ параметрге (2, 3 және 4)

А.5–кесте – k_t шығынның жиынтық еселігі

| Салыстырмалы тереңдік $d/\bar{\lambda}_d$ | і түптің еңістіктері k_t еселіктің мағыналары | |
|---|---|---------------|
| | 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 және одан да кем | 1 | 1 |



А.6-сурет – Рефракция жоспарының құрылысы үшін нобай (а) және графиктер (б)

А.20 Орта биіктігінің және толқынның орта кезінің тереңсулы зонада 0,001 түптің еңістерімен және одан да төмен А.1 сурет бойынша анықтау қажет. gL/V_w^2 және gd/V_w^2 ауқымсыз аумақтарда $g\bar{h}/V_w^2$ және $g\bar{T}/V_w$ мағыналар қабылданады және \bar{h} және \bar{T} анықталады.

А.21 Толқынның орта биіктігі тереңсулы суайдындарда (зоналарда) формулаға мүмкін өлшеулі:

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

мұндағы d - суайдын тереңдігі (зоналар), м.

Толқынның орта кезі \bar{T} тереңсулы суайдындарда (зоналарда) терең суда да (А.8) формуламен қабылданады.

Толқын ортаның трансформациясының биіктігі ұсақсулы суайдындарда (зоналарда) мүмкін формулаға өлшеулі:

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

мұндағы k_t - трансформация еселігі, формула бойынша анықталады:

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

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

мұндағы k_r -рефракцияның еселігі изобаттарда, формула бойынша анықталады:

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

мұндағы α_d - сәуле толқынымен орташа изобаттың бұрышы.

Толқын биіктігі $i\%$ - тен қамтамасыздықты жүйеде толқынның ортаның биіктігінің k_i еселікке, А.2 сурет бойынша қабылданады. gd/V_w^2 и gL/V_w^2 ауқымсыз аумақтарды k_i еселіктің мағыналары анықталады, кішкене қабылданады.

Толқын ортаның ұзындығы орта кезінің белгілі мағынасында А.13 анықталуы тиіс.

Толқын шыңының асыра сілтеуі есептік деңгеймен А.3 сурет бойынша анықталу керек.

Ескерту- Толқынның элементтері, ұсақсулы зонадан жылжығыштардың еңістерімен 0,001 зонаға түптің еңістері мен 0,002 астам, анықтауға қажет А.18 және А.19, бұл ретте бастапқы $\bar{h} = \bar{h}_d$ ортаның биіктігінің мағынасы қабылданады.

Толқынның элементтері шарпудың зонасында

А.22 Толқын биіктігі $h_{sur 1\%}$, м, шарпу зонасында, түптің еңістері үшін анықтаға қажет 1, 2, 3 және 4-кестелерді А.5 сурет бойынша; $d_{cr}/\bar{\lambda}_d$ ауқымсыз аумаққа $h_{sur 1\%} / g\bar{T}^2$ мағына қабылданады және сәйкесінше $h_{sur 1\%}$ анықталады.

Толқын ұзындығы $\bar{\lambda}_{sur}$ шарпу зонасында, м, А.4 сурет бойынша жоғарғы қисқыны мен анықтау қажет, толқын шыңының есептік деңгейі $\eta_{c,sur}$, м, - А.3 сурет бойынша сыртқы қисқыны.

А.23 Қысылшаң тереңдік d_{cr} , м, толқынның бірінші еңістігі үшін анықталуға керек кестелер 2, 3 және 4 А.5 сурет. Тереңдік маңыздылығы d сәйкес А.18 және А.19

аумақтарда анықталады h_i / \bar{gT}^2 және А.5 сурет бойынша 2, 3 және 4– оларға лайықты мағыналар $d_{cr} / \bar{\lambda}_d$, қабылданады d_{cr} , сандық сәйкес келетін тиетін тереңдікпен d .

Кәдімгі тереңдік d_{cr} , м, түптің еңістері үшін, бірінші толқын бұзылғанда берілген i қисығы анықталады 2, 3 және 4 графиктер бойынша А.5 сурет дәйекті жанасушылықтың әдісімен. Тереңдік тапсырмасы қатарымен d сәйкес А.18 және А.19 h_i / \bar{gT}^2 аумақтармен және осы сызу бойынша анықталады 2, 3 және 4 А.5 сурет – оларға лайықты мағыналар $d_{cr} / \bar{\lambda}_d$, қабылданады d_{cr} , сандық тапсырма мен d тереңдік түйіседі.

А.24 Кәдімгі тереңдікті, лайықты толқынның соңғы қауыздауына $d_{cr,u}$ түптің түпкілікті еңісінде, осы формула бойынша анықтауға болады:

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

мұндағы k_u - еселік, А.6-кесте бойынша орындалады;

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 - қауыздаудың саны (біріншісін қосқанда), қатардан қабылданып $n = 2,3$ және 4 теңіздіктің орындалуымен қабылданады: $k_u^{n-2} \geq 0,43$ және $k_u^{n-1} < 0,43$.

Тереңдікті анықтаудың соңғы кезеңі $d_{cr,u}$ коэффициентті k_u немесе еселіктің туындысы кем дегенде қабылдану керек 0,35.

Соңғы қауыздың тереңдігінің ұйғарамы $d_{cr,u}$ еңістік k_u және еселіктің туындысы кемдегенде 0,35 қабылдану керек.

Түптің еңістері 0,05 кемдегенде $d_{cr} = d_{cr,u}$ кәдімгі тереңдік қабылдану.

Ескерту-Түптің айнымалы еңістерінде $d_{cr,u}$ қабылдауға рұқсат етіледі қысылшаң тереңдіктің дәйекті ұйғарымының нәтижелеріне түптің телімдері еңіс терімен түп кілікті.

Толқынның элементтері шарбақты аймақта

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

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

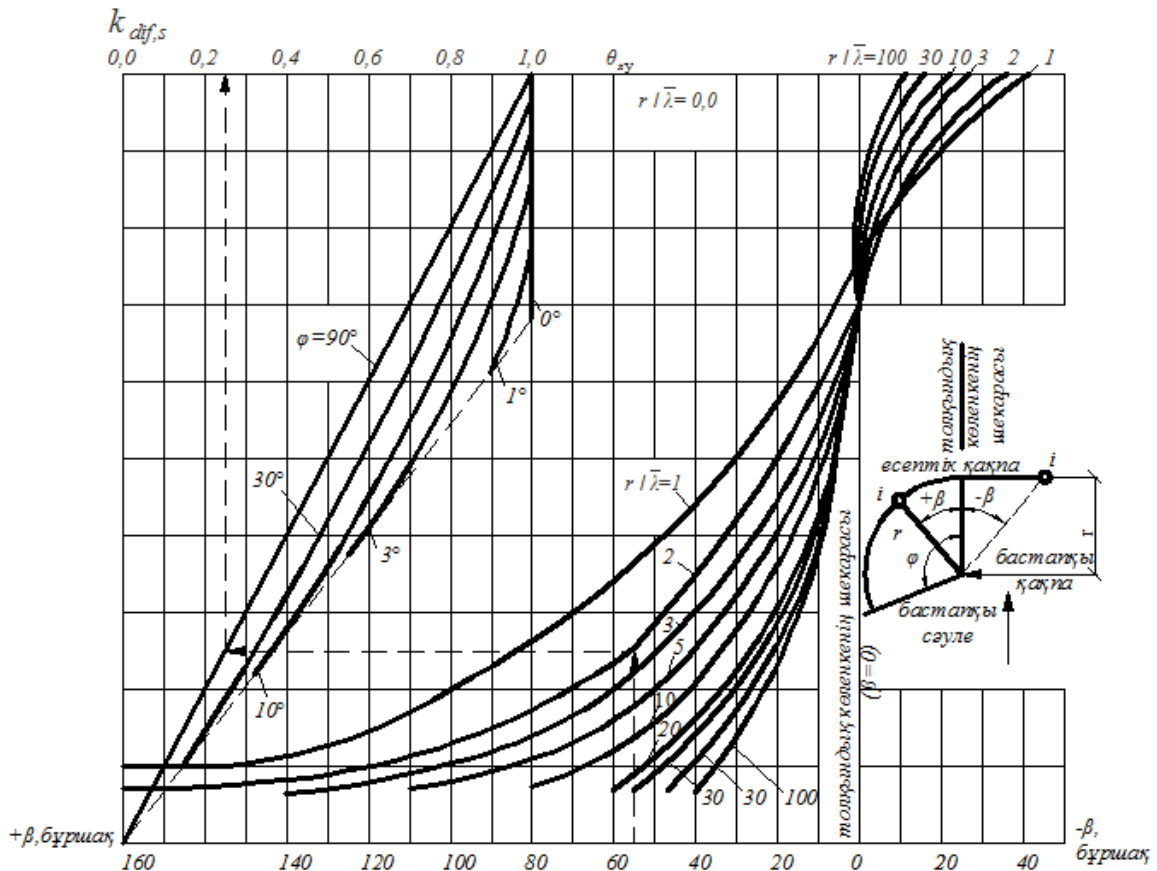
мұндағы k_{dif} - дифрагировалық толқынның еселігі А.26, А.27 және А.28 бойынша анықталады;

h_i - бастапқы толқынның биіктігі i %-пен қамтамасыздандырады.

Сапалы ұзындықта $\bar{\lambda}$ бастапқы ұзынды қай лаққа кіргенде қабылданады.

А.26 Коэффициент дифракциясының толқыны $k_{dif,s}$ айлақ үшін, жеке қашылмен (берілген бұрыш β , бұршақ, салыстырмалы қашылдың басынан нүктесіне дейін $r/\bar{\lambda}$ және бұрыштың тұстамасы φ , бұршақ.), нобай және шарбақты А.7 суреті бойынша анықталады.

$k_{dif,s}$ дифракциялық толқын еселігі айлаққа, шарбақты жеке қашылмен (β бұрыштың тапсырынды мағынасында, бұршақ, салыстырмалы арады қашылдың басынан есептік тұстамасына $r/\bar{\lambda}$ және бұрыштың мағынасына дейін φ , бұршақ), сәйкес нобай мен және осы кесте мен қабылдануы тиіс А.7 сурет сызықтың нұсқағыштарымен келіседі.



А.7-сурет – $k_{dif,s}$ еселік мағынасының ұйғарымы үшін кесте

А.27 $k_{dif,c}$ дифракциялық толқын еселігі айлақты, шарбақты қашылдарды, осы формула бойынша анықтау қажет:

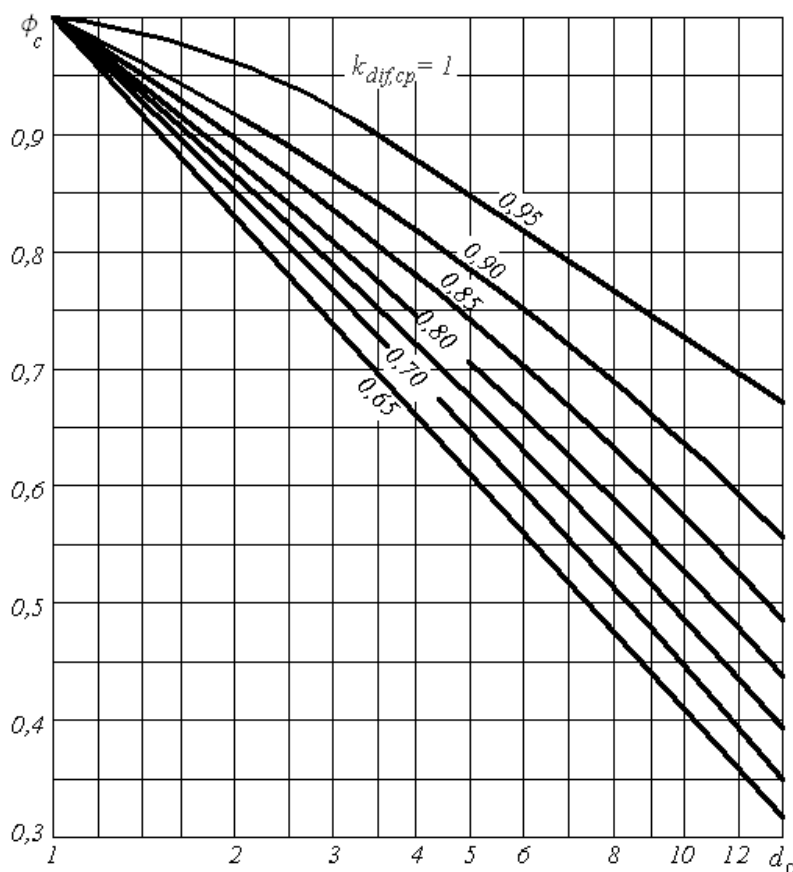
$$k_{dif,c} = k_{dif,s} \psi_c, \quad (A.18)$$

мұндағы ψ_c - А.8 сурет бойынша d_c және $k_{dif,cp}$ мағына үшін қабылданатын коэффициенті.
 d_c аумағы келесі формула бойынша анықталады:

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

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

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



А.8-сурет - ψ_c коэффициентінің мағынасының сызбалары

Еселіктің мағынасы $k_{dif,cp}$ осылай формула арқылы анықталады, сол сияқты $k_{dif,s}$ А.26 басты сәуле қоспасы толқынның есептік тұстамасымен келеді

Басты сәуле жағдайы нобайда А.9а сурет бойынша нүктелерге қабылдау қажет, толқын көлеңкесінің шекарасына дейін жатқан (ТКШ) қашылдың φ_i кіші бұрышымен, бұршақ, арақашықтығы x , м, келесі формула бойынша анықталу қажет:

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

мұндағы l_{a1} және l_{a2} - нобай және А.9 суреттің кестелермен сәйкес аумақтар.

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

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

мұндағы $k_{dif,s1}$ және $k_{dif,s2}$ коэффициенттері дифракциялық толқын. Дифракцияның толқын еселігі, басты телімдер үшін А.26 бойынша.

А.29 Толқынның биіктік есебімен оның шағылысының ғимараттан және $h_{dif,r}$, м, бөгеттерден, шарбақты айлақтың нүктесінде келесі формула бойынша анықтауға болады:

$$h_{dif,r} = (k_{dif} + k_{ref}) h_i, \quad (\text{A.22})$$

мұндағы

$$k_{ref} = k_{dif,s} k_r k_p k_{ref,i} e^{-0.08r/\bar{\lambda}} \sqrt{\cos \theta_r}, \quad (\text{A.23})$$

$k_{dif,s}$ - дифракция еселігі қайтарушы беттің тұстамасы, А.26, А.27 және А.28 бойынша;

k_r және k_p - А.19 бойынша коэффициенттер;

θ_r - толқын және қайтарушы беттің арасындағы бұрышы, бұршақ;

$r/\bar{\lambda}$ - салыстырмалы бетке дейін есептік нүктенің толқын сәулесіне дейін, толқын сәулесінің бағыт табумен толқын шағылыс бұрышының абатшылық шартынан қабылдану тиіс;

$k_{ref,i}$ - шағылыстың еселігі, А.7-кесте бойынша белгіленеді; қайтару бет қисықтығының көкжиекке кем дегенде 45 бұршақ. Шағылыс еселігі қабылданады $k_{ref,i} = 1$.

А.7-кесте - $k_{ref,i}$ коэффициенттік шағылыстар

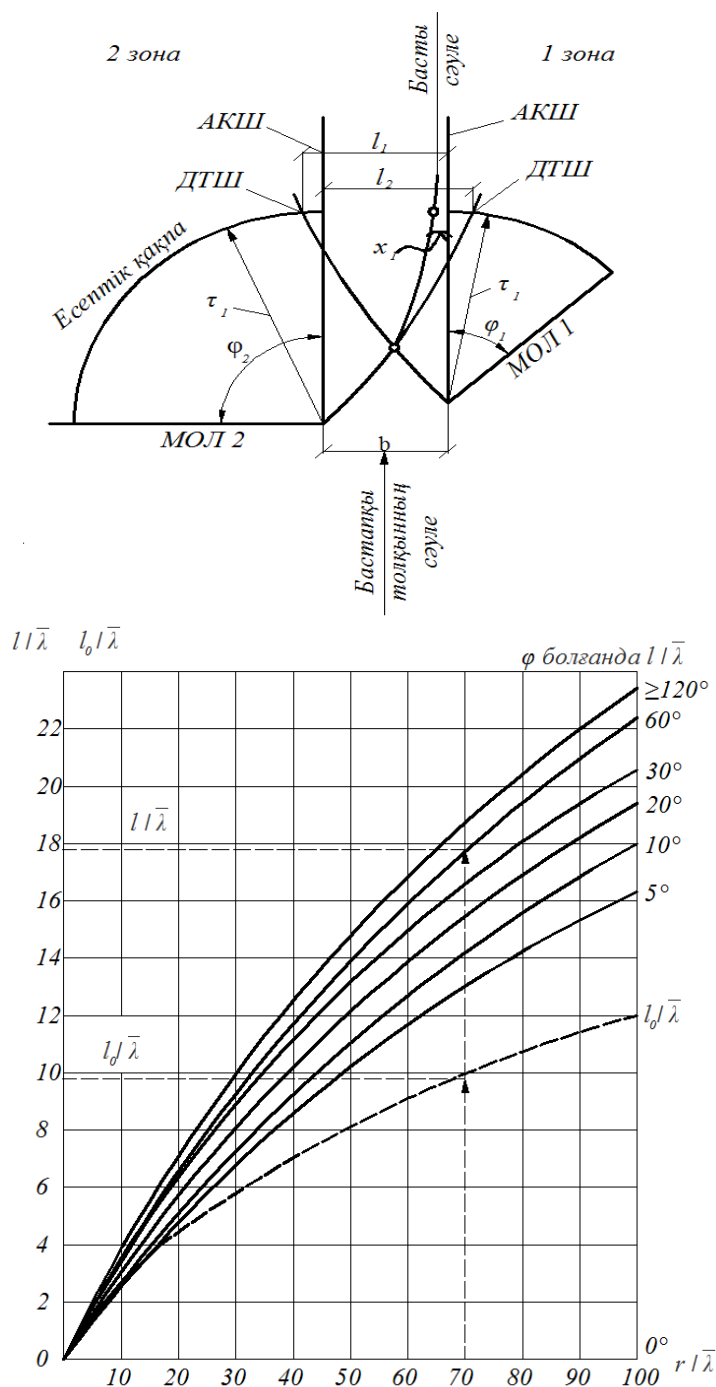
| Толқынның көлбеулігі $\bar{\lambda}/h_{dif}$ | қайтарушы беттің еңістеріндегі $k_{ref,i}$ мағыналар | | |
|---|--|------|------|
| | 1 | 0,5 | 0,25 |
| 10 | 0,5 | 0,02 | 0,0 |

| | | | |
|----|-----|------|-----|
| 15 | 0,8 | 0,15 | 0,0 |
|----|-----|------|-----|

А.7 кесте жалғасы

| | | | |
|----|---|-----|------|
| 20 | 1 | 0,5 | 0,0 |
| 30 | 1 | 0,7 | 0,05 |
| 40 | 1 | 0,9 | 0,18 |

Ескерту-Толқынның биіктігі шарбақты аймақта ауыспалы тереңдіктер мен анықтауға болады, А.18 және А.19 тиісті.



А.9-сурет - l және l_a аумақтың ұйғарымы үшін нобай (а) және кестелер (ә)

Б Қосымша
(ақпараттық)

МКГКС осы шаманың өлшенетін формулалар 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

$$W_q = 7,5 \cdot 10^{-5} A_q v_q^2 \xi, \quad (\text{Б.1})$$

$$W_n = 5,0 \cdot 10^{-5} A_q v_n^2 \xi, \quad (\text{Б.2})$$

$$W_q = 8,1 \cdot 10^{-5} A_q v_q^2, \quad (\text{Б.3})$$

$$W_n = 8,1 \cdot 10^{-5} A_q v_n^2, \quad (\text{Б.4})$$

W_q и W_n

8.1.2 - ге

$$Q_w = 0,064 v_t^2, \quad (\text{Б.5})$$

$$N_w = 0,064 v_l^2, \quad (\text{Б.6})$$

Q_w и N_w , тс..

9 - ға

9.1.1 - не

$$F_{c,p} = 0,4 v_d \sqrt{m A R_b \operatorname{tg} \gamma}, \quad (\text{Б.7})$$

$$F_{c,w} = 0,7 v_d \sqrt{A R_c}, \quad (\text{Б.8})$$

9.1.3 - ке

$$F_{\delta} = 0,3 \nu h_d \sqrt{\frac{A}{k_{\delta} h_{\delta} + \frac{0,2}{R_c m t g \gamma}}}, \quad (\text{Б.9})$$

Б.1 -кесте- Мұздың қусыруға қаттылығы R_c

| Мұздың ащылығы S_i , ‰ | Мұздың қусыруға 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

$$p_{\mu} = 5 \cdot 10^4 \nu_{\max}^2, \quad (\text{Б.10})$$

$$p_{\nu} = 0,05 \cdot \frac{h_d \nu_{\max}^2}{L}, \quad (\text{Б.11})$$

$$p_i = 0,92 h_d i, \quad (\text{Б.12})$$

$$p_{\mu\alpha} = 2 \cdot 10^6 \nu_{\max}^2, \quad (\text{Б.13})$$

$p_{\mu}, p_{\nu}, p_i, p_{\mu\alpha}$, тс/м².

9.2.1– не

$$p_t = 5 + 11 \cdot 10^{-5} \nu_{t,\alpha} \eta_i \varphi, \text{ тс/м}^2, \quad (\text{Б.14})$$

$t_i \geq -20C$ болғанда

$$\eta_i = (3,3 - 0,28 i + 0,083 i^2) \cdot 10^4, \quad (\text{Б.15})$$

$t_i < -20C$ болғанда

$$\eta_i = (3,3 - 1,85 i) \cdot 10^4, \quad (\text{Б.16})$$

h_{red} - мұздың жамылғы қалыңдығы, м, келесі формула бойынша анықталады:

$$h_{red} = h_{\max} + 1,43h_{\min} + \frac{2,3}{\alpha}, \quad (\text{Б.17})$$

мұндағы α - ауа және қар жабынының еселігі, 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

$$q = p_t h_{\max} k_l, \text{тс/м}, \quad (\text{Б.18})$$

мұндағы $p_t = 10 \text{ тс/м}^2$.

9.3.1 - ге

$$F_{b,j} = m R_{bj} b h_j, \quad (\text{Б.19})$$

мұндағы $R_{bj} = 12 \text{ тс/м}^2$.

9.4.1 - ге

$$F_d = 20l \nu_d t_d^4 \sqrt{\frac{h_{\max}^3}{\Phi}}, \quad (\text{Б.20})$$

$$\Phi = 1 + \frac{3 \cdot 10^4}{\eta_i} \left[t_d + 50(1 - e^{-0,4t_d}) \right], \quad (\text{Б.21})$$

9.4.2 - ге

$$M = 200l \nu_d t_d \sqrt{\frac{h_{\max}^3}{\Phi}}, \text{тс} \cdot \text{м}, \quad (\text{Б.22})$$

$$R_t = R_{t,y} e^{\frac{-400r_{cal}}{\eta_i}}, \quad (\text{Б.23})$$

$$R_c = R_{c,y} e^{\frac{-400r_{cal}}{\eta_i}}, \quad (\text{Б.24})$$

R_t және R_c , тс/м².

Б.2 - кесте - k_e коэффициенті

| | | | |
|-------------------------------|-----|------|-------------|
| $\frac{-400_{cal}}{e \eta_i}$ | 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 |

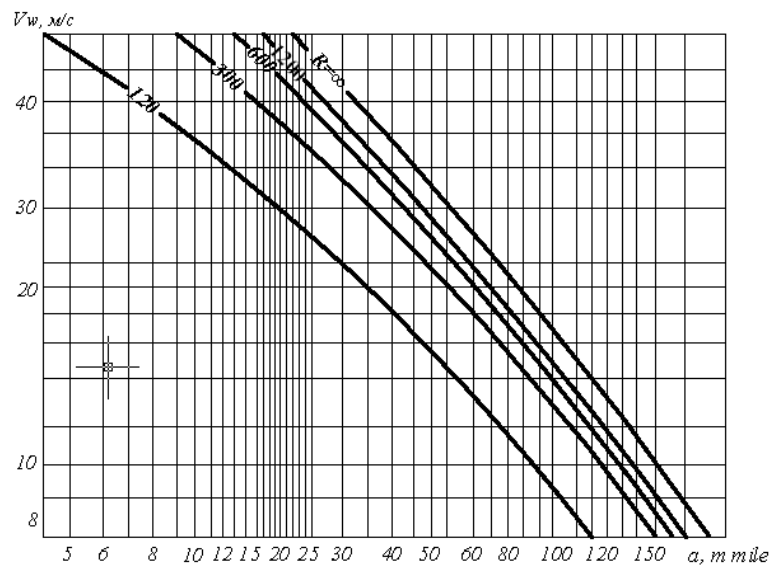
t_i -9.2.1. белгілер

В Қосымша
(ақпараттық)

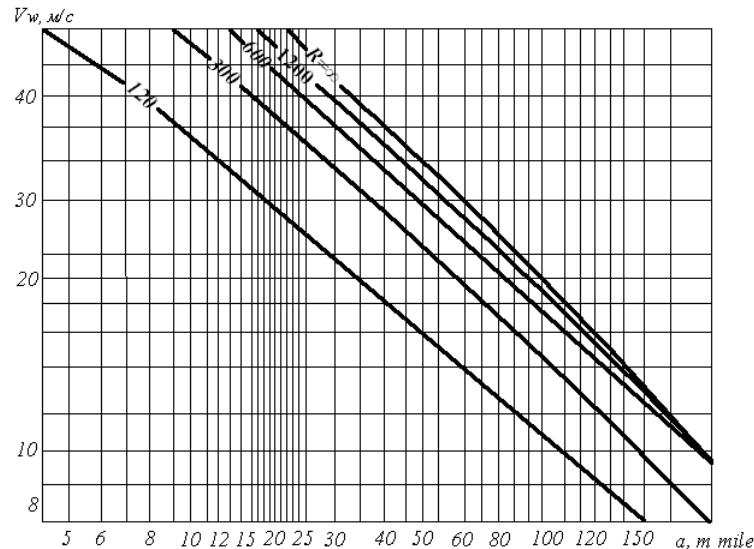
Жел мінездемесінің синоптикалық карталардың деректер бойынша ұйғарымы

Жел жылдамдығының таратушылық жолымен егістік құрылысын ескеру қажет, деректер карттармен анықталады. Желдің есептік жылдамдықтары географиялық кендік үшін ϕ , изобаралардың арасында пайдаланылады a , m.mile, және изобаралардың қисықтық радиусы R , m.mile-тең. Жел бағыты 15 бұрышқа бұршақ изобарадан аласа қысымға дейін.

а)



ә)



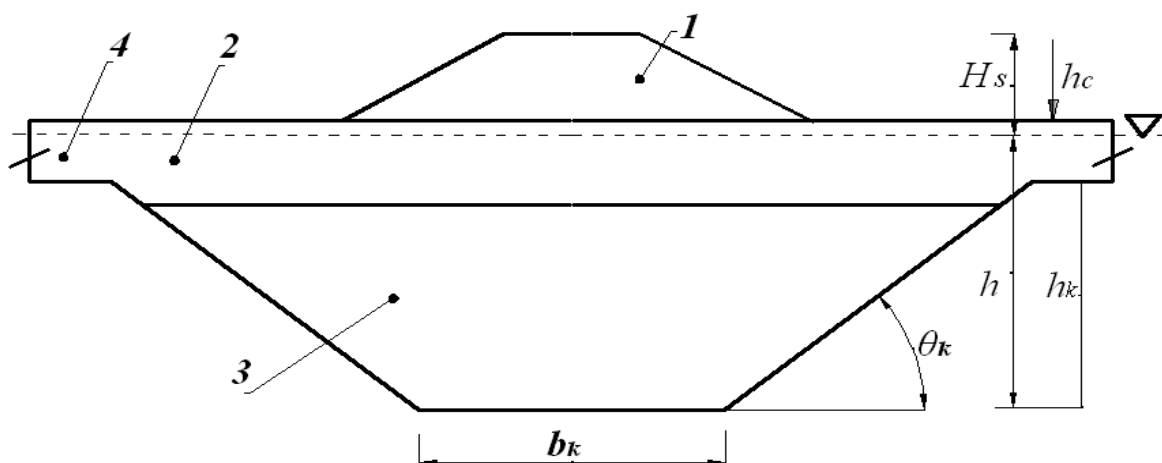
В.1-сурет - Циклондық изобараларда синоптикалық карттық деректерге, 0.5 кПа арқылы өткізу, V_w , м/с желдің ұйғарымы үшін кестелер(жалғасы):

а) $\phi \geq 50^\circ$ ә) $\phi \geq 35 \div 49^\circ$

Г Қосымша
(ақпараттық)

Торостың қырқалары

Біржылдық торостар қылқаннан құралады, консолидарлық қабат және кіші баян қабаты. Киль жарым жарты сіре 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 - Біржылдық мұзқырқаның геометриясы

Торостың профилі үшін, Г.1 суретте көрсетілгендей, арақатынасы сияқты $h_c = 1,6h$, $H_k = 4,5H_s$ және $\theta_k = 26^\circ$. Еннің параметрі осыдан $b_k = 0$ осыған $b_k = 5H_s$ дейін ауыстырылады. Желкеннің килі мұзды торостың жасына тәуелді және әр түрлі мұзды облыстарды ауыстырылады. Консолидарлық қабыттың қалыңдығы үшін уақыт мұзқырқа өзгереді. Килдің кез келгені 0,1- осыдан осыған- 0,4 дейін өзгереді.

Шекараның жоғарғы мұзды көлденең торостың жүктемесі үшін, теңдігінен пайда болады:

$$F_R = F_C + F_k, \quad (\text{Г.1})$$

мұндағы F_C - торостың консолидарлық жүктеме бөлігі;

F_k - килдік торостың жүктемесі.

Тік конструкциялар үшін жүк торосының килі тағайындалады:

$$F_k = \mu h_k b \left(\frac{h_k \mu \gamma_e}{2} + 2c \right) \cdot \left(1 + \frac{h_k}{6b} \right), \quad (\Gamma.2)$$

мұндағы 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:

$$\gamma_e = (1 - n_k)(\rho - \rho_i)g. \quad (\Gamma.4)$$

БИБЛИОГРАФИЯ

- [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 мұнайгазкәсіпкерлік имарттарды құрылысқа арналған континенттік шельфте құрастырулар.
- [9] ЕЖ 38.13330.2012. Гидротехникалық құрылыстарға түсетін жүктеме мен күш (толқынды, мұзды және кемелерден келтірілетін)

ӘОЖ 627.042.8(083.74)

МСЖ 93.160

Түйін сөздер: Жүк және әсерлер, гидротехникалық ғимарат, гравитациялық желдік толқындар, желдің есептік жылдамдығы.

СОДЕРЖАНИЕ

| | |
|---|----|
| Введение | |
| 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) | 10 |
| 5.3 Нагрузки от разбивающихся и прибойных волн на сооружения вертикального профиля | 14 |
| 5.4 Нагрузки от волн на сооружения откосного профиля | 17 |
| 6 Нагрузки от волн на обтекаемые преграды и сквозные сооружения | 24 |
| 6.1 Нагрузки от волн на вертикальную обтекаемую преграду | 24 |
| 6.2 Нагрузки от волн на горизонтальную обтекаемую преграду | 33 |
| 6.3 Нагрузки от разбивающихся волн на вертикальную обтекаемую преграду | 36 |
| 6.4 Нагрузки от волн на сквозное сооружение из обтекаемых элементов | 39 |
| 6.5 Нагрузки от волн на вертикальные цилиндры больших диаметров (особые случаи) | 40 |
| 7 Нагрузки от ветровых волн на берегоукрепительные сооружения и судовых волн на крепления берегов каналов | 42 |
| 7.1 Нагрузки от ветровых волн на берегоукрепительные сооружения | 42 |
| 7.2 Нагрузки от судовых волн на крепления берегов каналов | 49 |
| 8 Нагрузки от судов (плавучих объектов) на гидротехнические сооружения | 52 |
| 8.1 Нагрузки от ветра, течения и волн на плавучие объекты | 52 |
| 8.2 Нагрузки от навала пришвартованного судна на сооружение | 54 |
| 8.3 Нагрузки от навала судна при подходе к сооружению | 55 |
| 8.4 Нагрузки на сооружения от натяжения швартовов | 57 |
| 9 Нагрузки и воздействия льда на гидротехнические сооружения | 60 |
| 9.1 Нагрузки от ледяных полей на сооружения | 61 |
| 9.2 Нагрузки и воздействия на сооружения от сплошного ледяного покрова при его температурном расширении | 65 |
| 9.3 Нагрузки на сооружения от зажорных масс льда | 67 |
| 9.4 Нагрузки от примёрзшего к сооружению ледяного покрова при изменении уровня воды | 68 |
| 9.5 Нагрузка на сооружения от заторных масс льда | 71 |
| 9.6 Нагрузки от движущегося тороса | 72 |
| Приложение А (информационное) Элементы волн на открытых и огражденных акваториях | 76 |

| | |
|--|-----|
| Приложение Б (<i>информационное</i>) Формулы и таблицы настоящих норм в системе измерений МКГСС | 93 |
| Приложение В (<i>информационное</i>) Определение пространственных характеристик ветра по данным синоптических карт | 97 |
| Приложение Г (<i>информационное</i>) Гряды торосов | 99 |
| БИБЛИОГРАФИЯ | 101 |

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.

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 поинформационным «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.

Издание официальное

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).

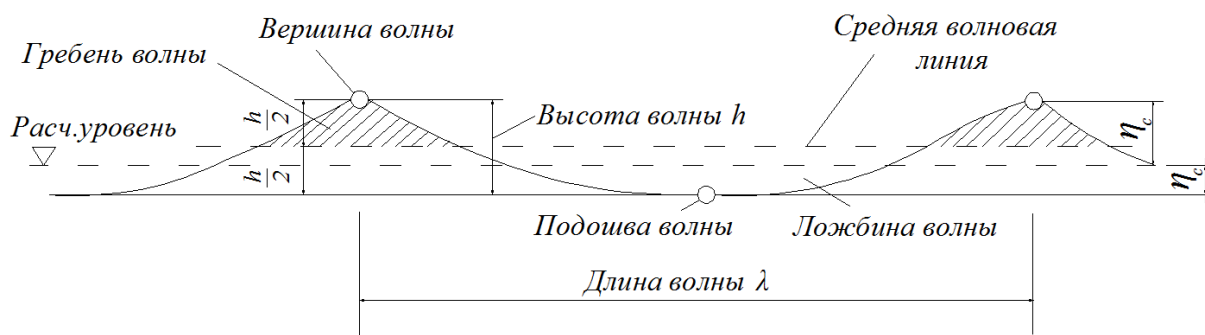


Рисунок 1 - Профиль и элементы волны

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, наслоенный 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 Наслоенный 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].

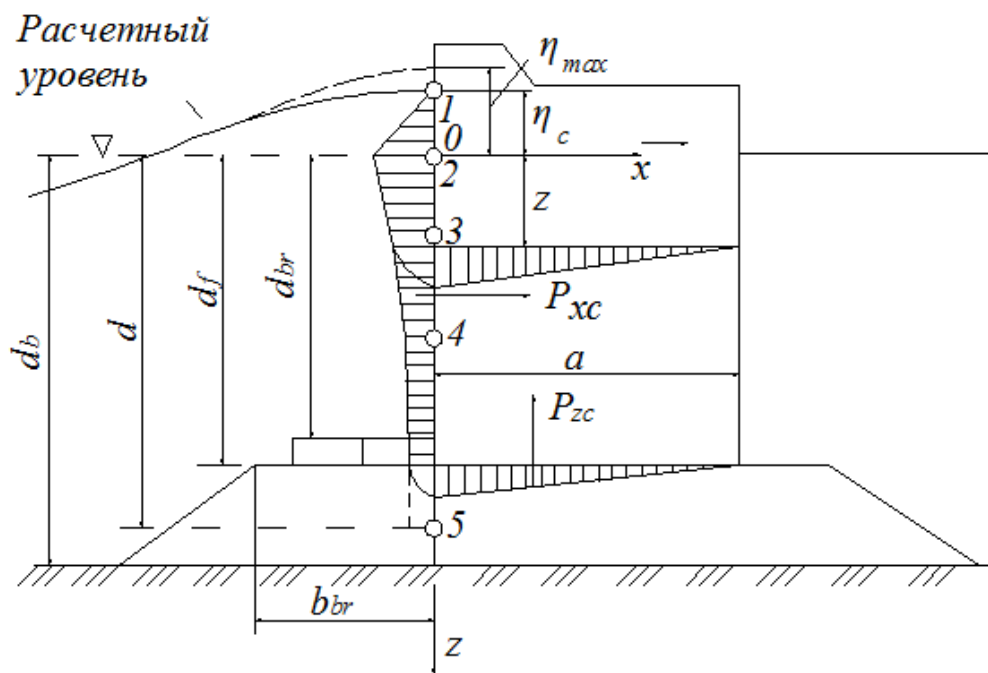
5 НАГРУЗКИ И ВОЗДЕЙСТВИЯ ВОЛН НА ГИДРОТЕХНИЧЕСКИЕ СООРУЖЕНИЯ ВЕРТИКАЛЬНОГО И ОТКОСНОГО ПРОФИЛЕЙ

5.1 Нагрузки от стоячих волн на сооружения вертикального профиля

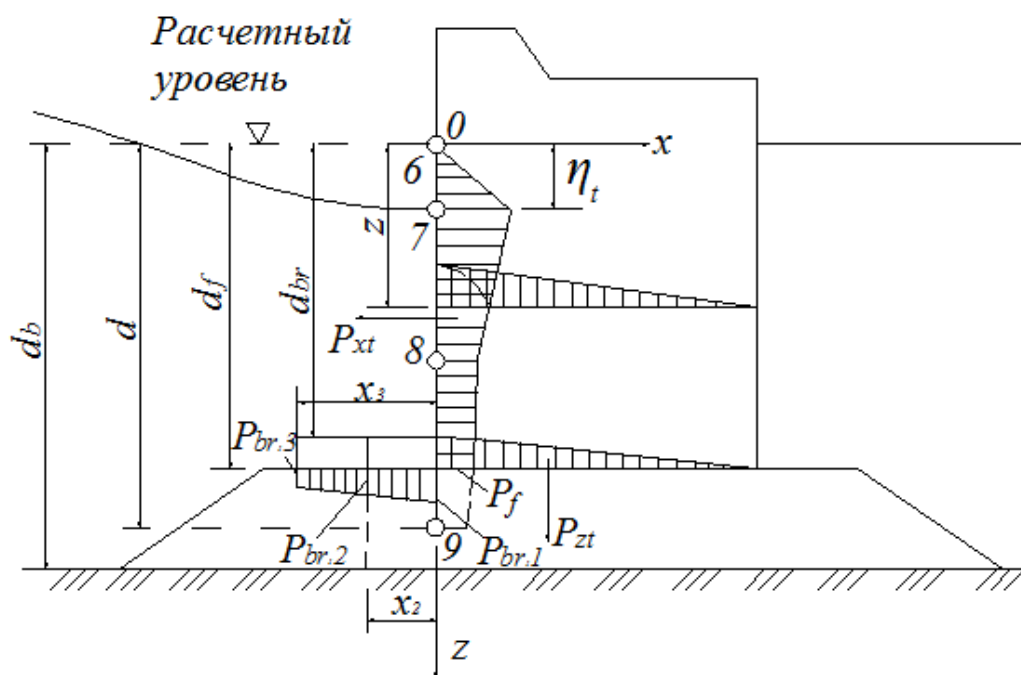
5.1.1 Расчет сооружений на воздействие стоячих волн со стороны открытой акватории (Рисунок 2) должен производиться при глубине до дна $d_b > 1,5h$ и глубине над бермой $d_{br} \geq 1,25h$; при этом в формулах для свободной волновой поверхности и волнового давления вместо глубины до дна d_b , м, необходимо применять условную расчетную глубину d , м, определяемую по формуле (1):

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

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

где d_f - глубина над подошвой сооружения, м;

k_{br} - коэффициент, принимаемый по графикам (Рисунок 3);

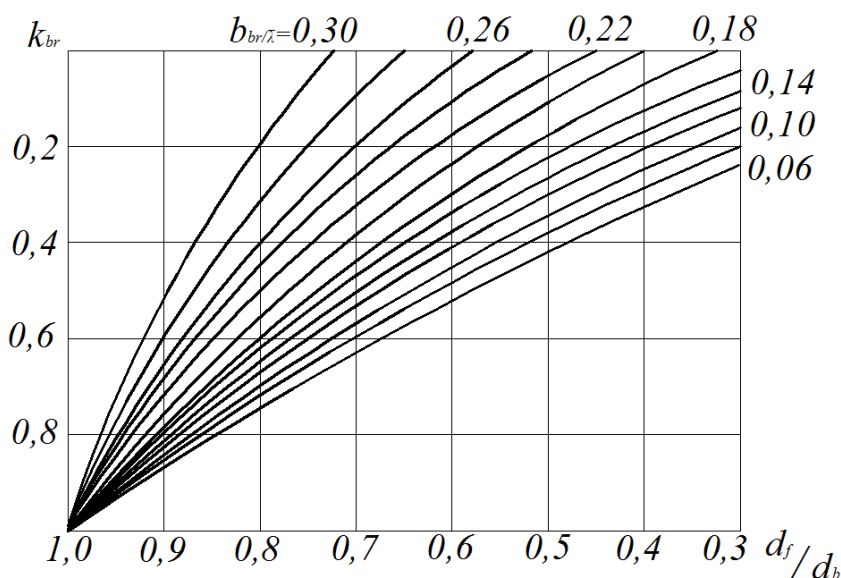


Рисунок 3 - Графики значений коэффициента k_{br}

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;

\bar{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 $t \cos \omega t$:

а) $\cos \omega t = 1$ - при подходе к стене вершины волны, возвышающейся над расчётным уровнем на η_{\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_{xt} , кН/м, для подошвы волны, расположенной ниже расчётного уровня η_t .

Примечание – При $d/\bar{\lambda} \leq 0,2$ и во всех других случаях, когда по формуле (3) значение $\cos \alpha > 1$, необходимо в дальнейших расчётах принимать $\cos \alpha = 1$.

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 | $p_5 = k_5 \rho g h$ |

Окончание таблицы 1

| 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.

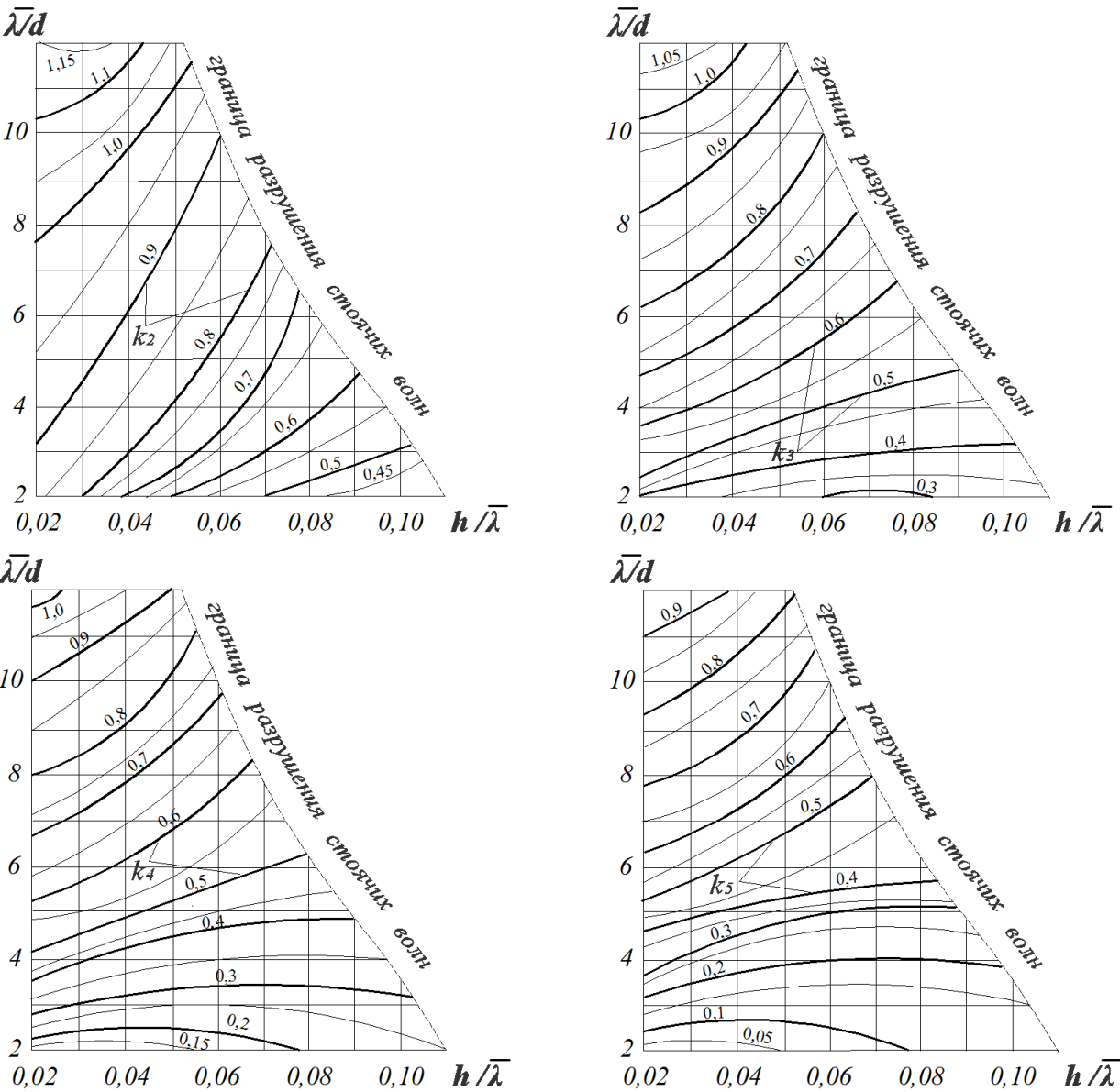


Рисунок 4 - Графики значений коэффициентов

$k_2, k_3, k_4, k_5, k_8, k_9$

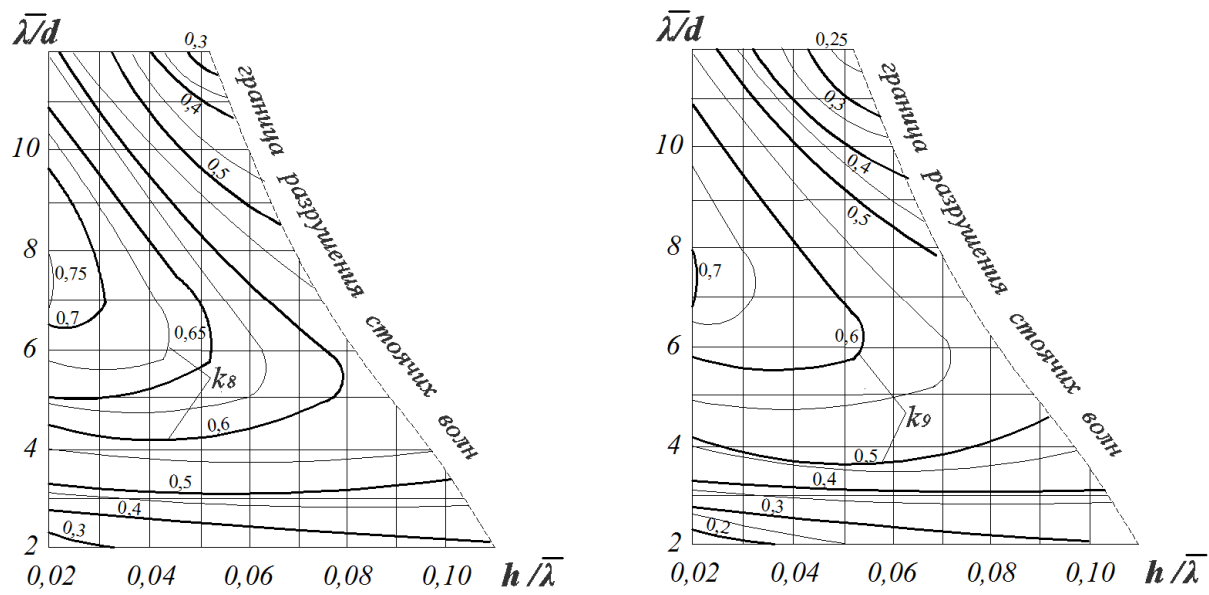


Рисунок 4 - Графики значений коэффициентов

$k_2, k_3, k_4, k_5, k_8, k_9$ (продолжение)

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 5.1.3 и 5.1.4 с последующим умножением полученных значений давления на коэффициент k_c , определяемый по формуле:

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

Возвышение или понижение свободной волновой поверхности η , определённое по 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 5.1.3 и 5.1.4, необходимо уменьшать путём умножения её на коэффициент снижения нагрузки k_{cs} , принимаемый согласно таблицы 2:

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 5.2.3.

5.2.3 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):

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

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

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

а)

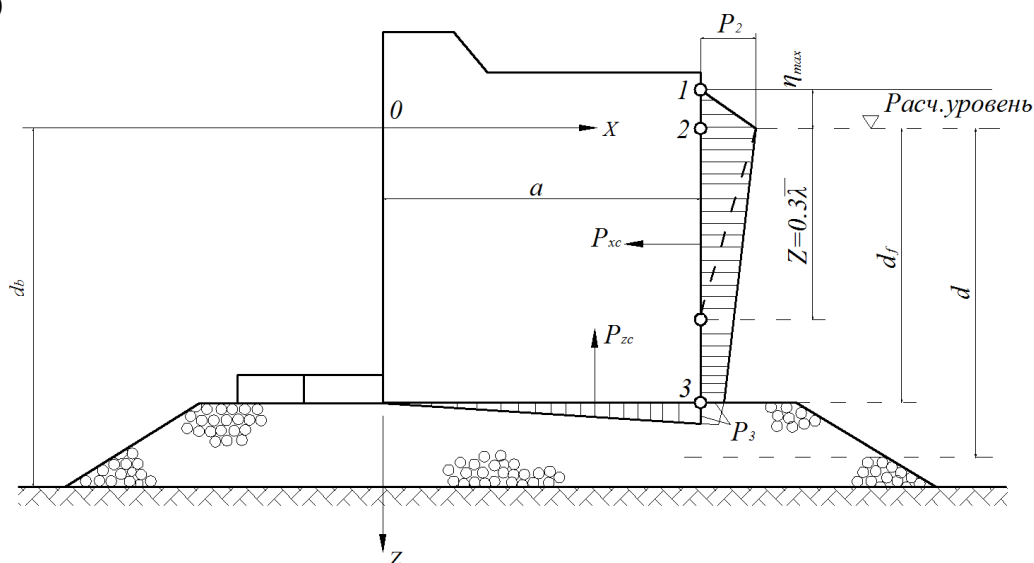


Рисунок 5 - Эпюры давления дифрагированных волн на вертикальную стену и ее подошву со стороны огражденной акватории при гребне волны

б)

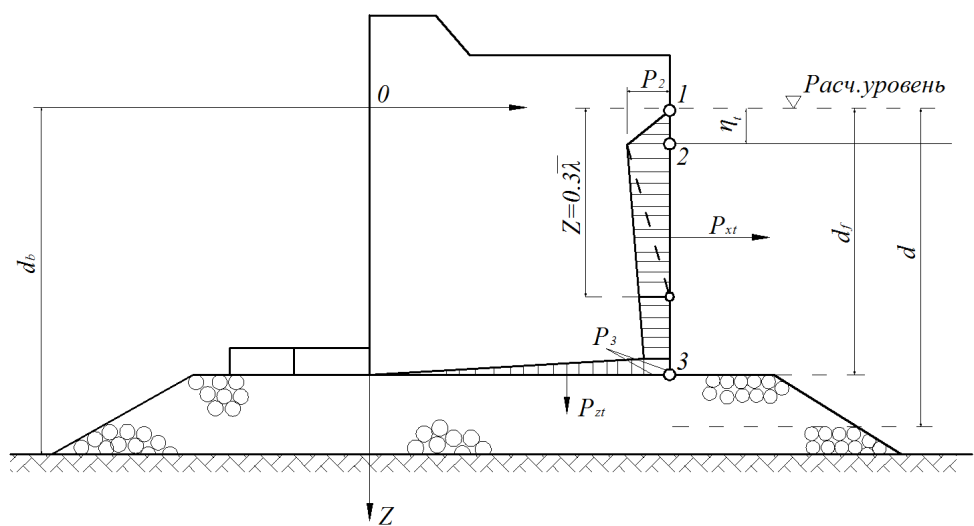


Рисунок 5 - Эпюры давления дифрагированных волн на вертикальную стену и ее подошву со стороны огражденной акватории при ложбине волны (продолжение)

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). | | | | | | | | |

5.2.4 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.

5.2.5 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:

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

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 неразрывающих 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.

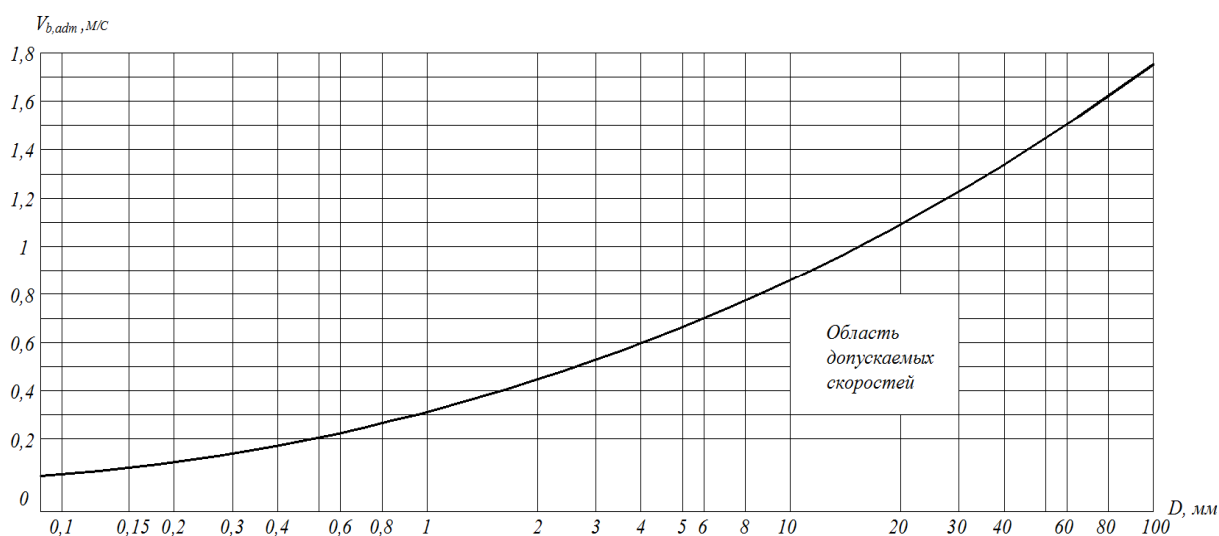


Рисунок 6 - График допустимых значений неразрывающих донных скоростей

5.2.6 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:

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

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 $d_b \leq 1,5h$ (Рисунок7).

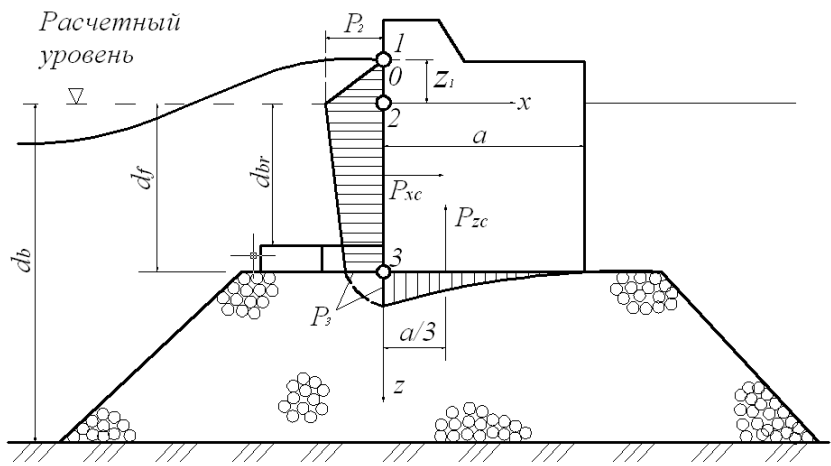


Рисунок 7 - Эпюры давления разбивающихся волн на вертикальную стену

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:

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

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

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

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).

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:

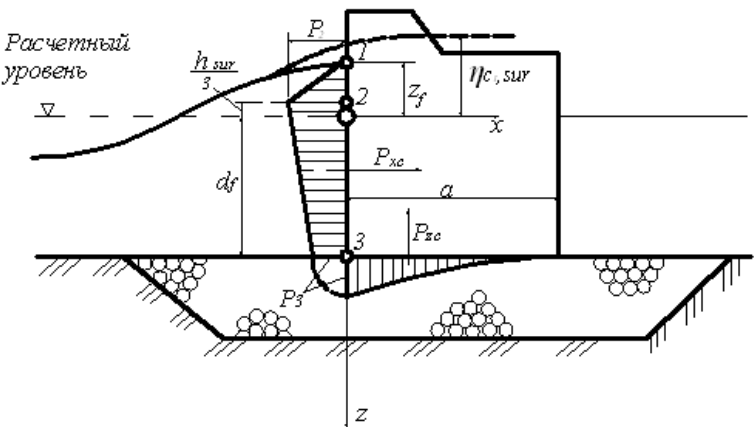
$$z_1 = -h_{sur}, \quad p_1 = 0, \quad (19)$$

$$z_2 = -\frac{1}{3} h_{sur}, \quad p_2 = 1,5 \rho g h_{sur}, \tag{20}$$

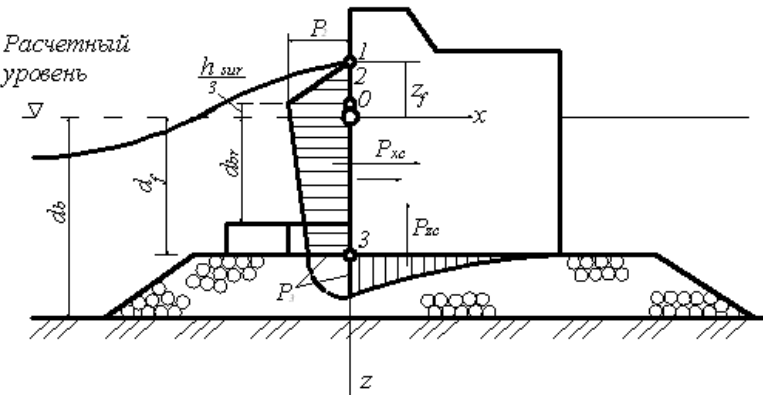
$$z_3 = d_f, \quad p_3 = \frac{\rho g h_{sur}}{ch \frac{2\pi}{\lambda_{sur}} d_f}, \tag{21}$$

где $\overline{\lambda}_{sur}$ - средняя длина прибойной волны, м.

а)



б)



а) с верхом постели на уровне дна; б) с возвышающейся над дном постелью

Рисунок 8- Эпюры давления прибойных волн на вертикальную стену

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:

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

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 ($h_{run\ 1\%}$, м) для фронтально подходящих волн при глубине перед сооружением $d \geq 2 \cdot h_{1\%}$ надлежит определять по формуле:

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

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 |
| | 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 $\operatorname{ctg} \varphi$ | 1-2 | 3-5 | более 5 |
|--|-----|-----|---------|
| Коэффициент k_{sp} при скорости ветра V_w , м/с: | | | |

Окончание таблицы 8

| | | | |
|------------|-----|-----|-----|
| 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.

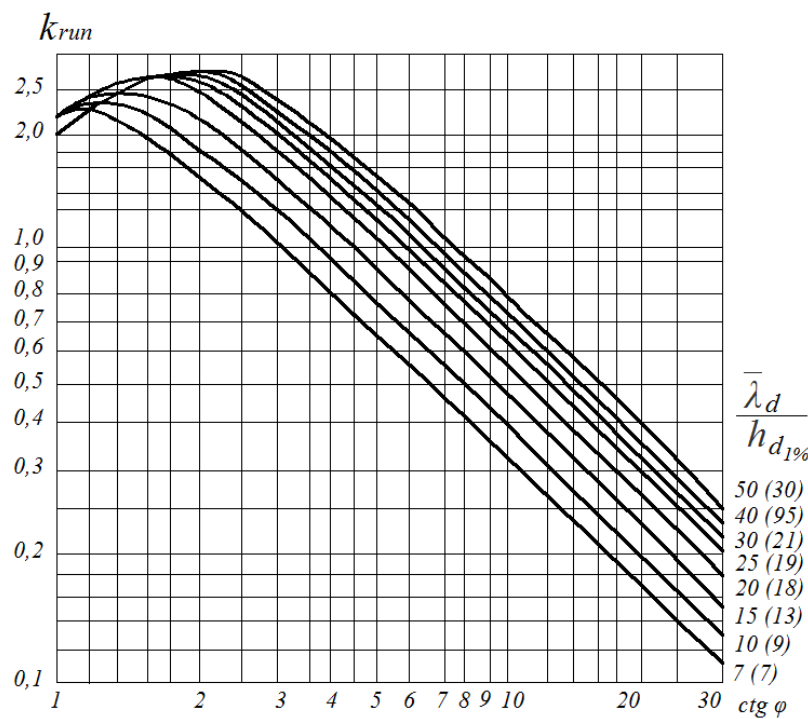


Рисунок 9 - Графики значений коэффициентов k_{run}

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.

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 |

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 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 $1,5 \leq \text{ctg} \varphi \leq 5$, укрепленный монолитными плитами, должна приниматься по рисунку 10, при этом максимальное расчётное волновое давление p_d , кПа, необходимо определять по формуле:

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

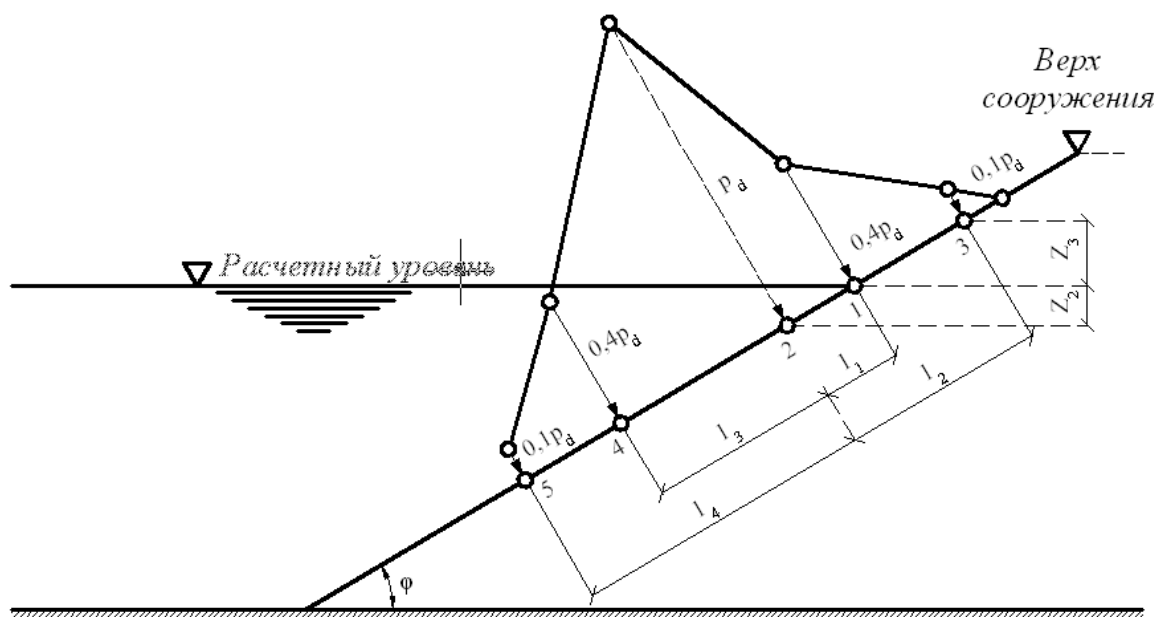


Рисунок 10 - Эпюра максимального расчетного волнового давления на откос, укрепленный плитами

где k_s - коэффициент, определяемый по формуле:

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

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:

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

где A и B - параметры, м, значения которых определяются по зависимостям:

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

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

Ордината z_3 , м, соответствующая высоте наката волн на откос, принимается согласно 5.4.1.

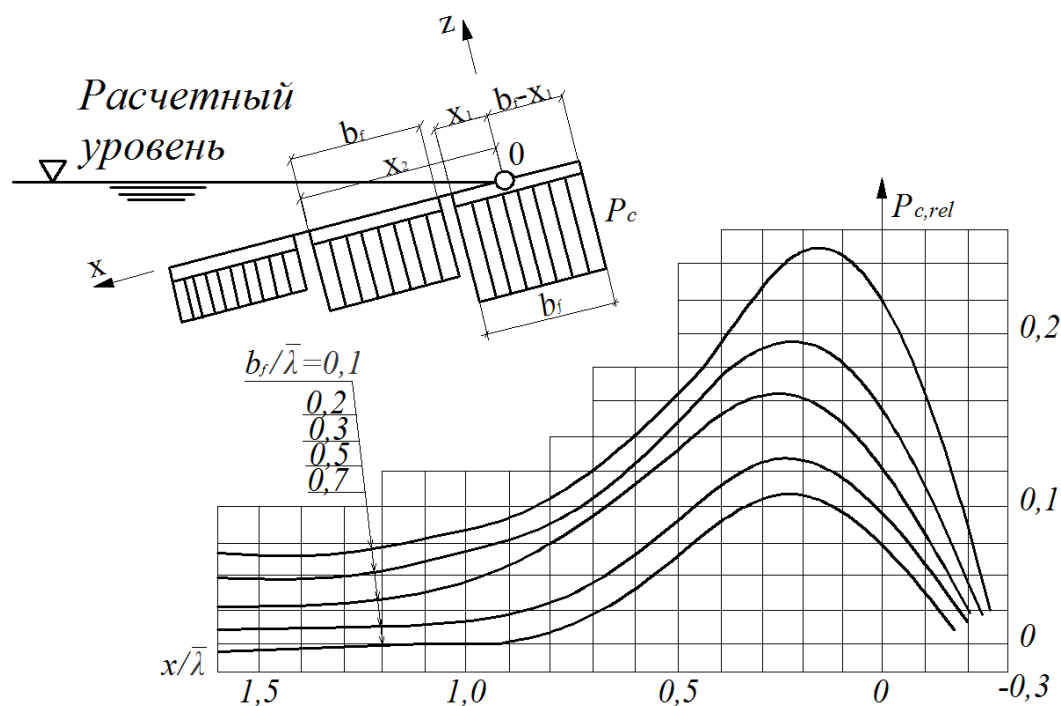


Рисунок 11 - Графики для определения относительного волнового противодействия

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, укреплённый 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:

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

то же, при $z > 0,7h$ по формуле:

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

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 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.

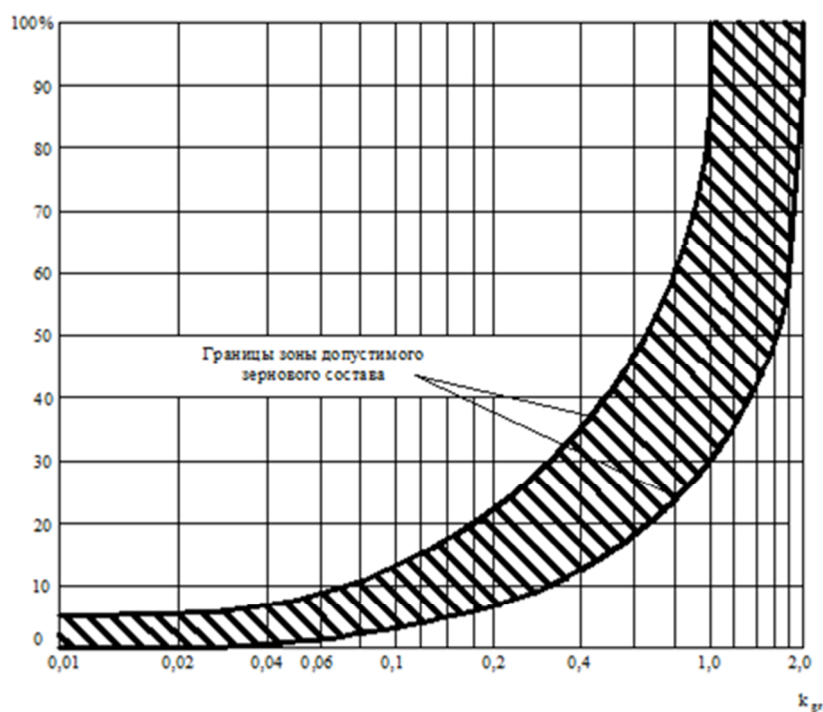


Рисунок 12 - График для определения допустимого зернового состава несортированной каменной наброски для крепления откосов

5.4.6 При пологости откосов $\text{ctg} \phi > 5$, укрепляемых несортированной разнотеристой 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.

Таблица 14 – Коэффициент k_ϕ

| $\text{ctg } \phi$ | 6 | 8 | 10 | 12 | 15 |
|--|------|------|------|------|-----|
| Коэффициент k_ϕ при $\bar{\lambda}/h \geq 10$ | 0,78 | 0,52 | 0,43 | 0,25 | 0,2 |

Минимальное содержание фракций диаметром D_{ba} , соответствующим расчётной массе камня в несортированной разнотернистой наброске, должно приниматься в соответствии с таблицей 15.

Таблица 15 – Минимальное содержание фракций диаметром D_{ba}

| Коэффициент разнотернистости 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 $ж = x/\lambda$, 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:

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

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

а)

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 |

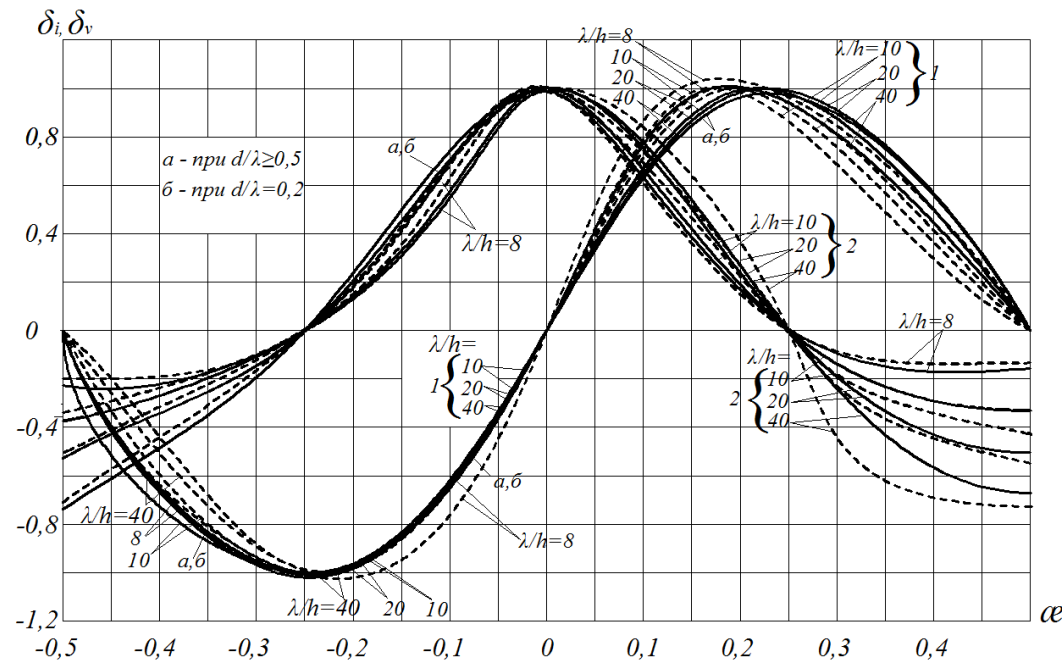


Рисунок 14 – Графики значений коэффициентов сочетания инерционного δ_i (графики 1) и скоростного δ_v (графики 2) компонентов силы от воздействия волн

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:

$$\beta_i = \frac{a}{2b} C_i, \tag{38}$$

$$\beta_v = C_v, \tag{39}$$

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 .

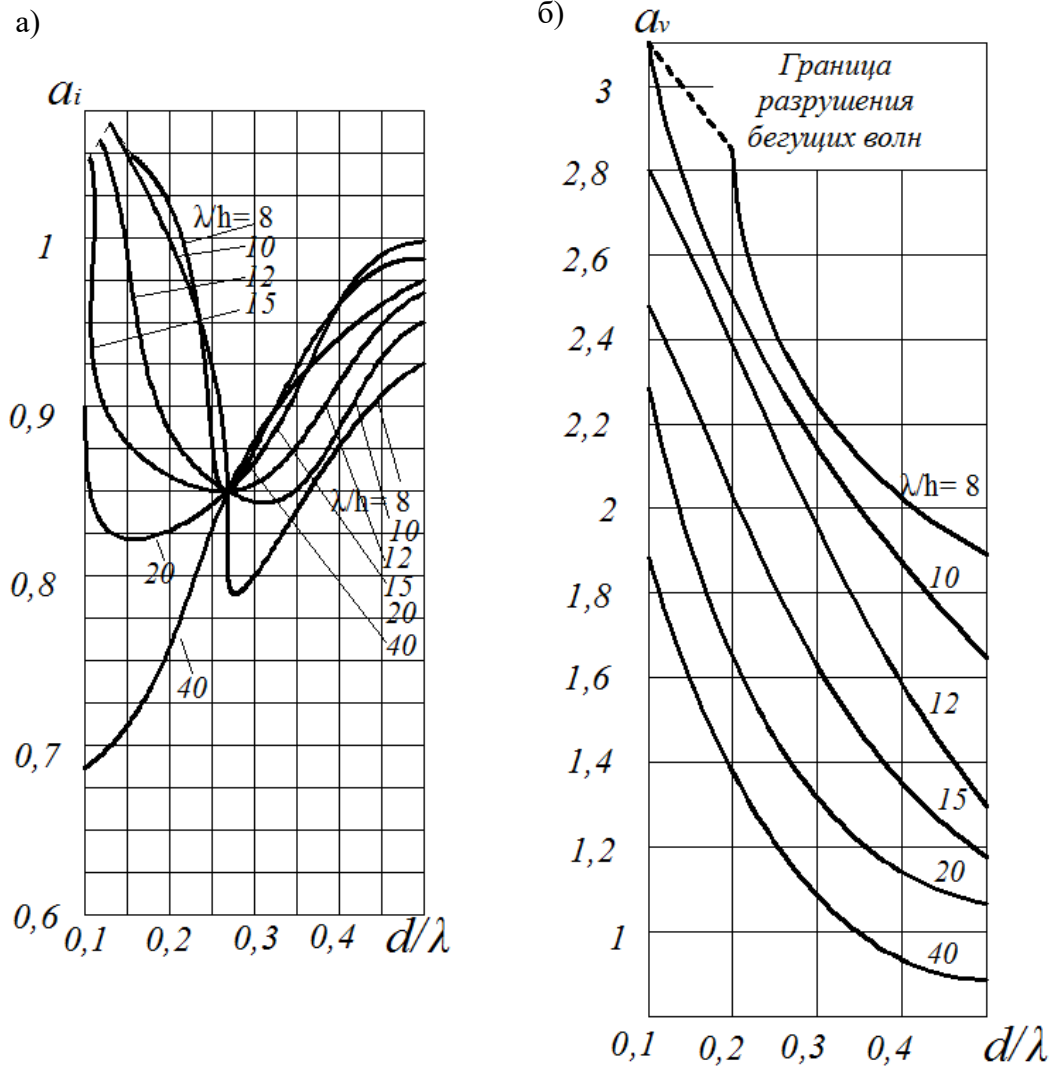
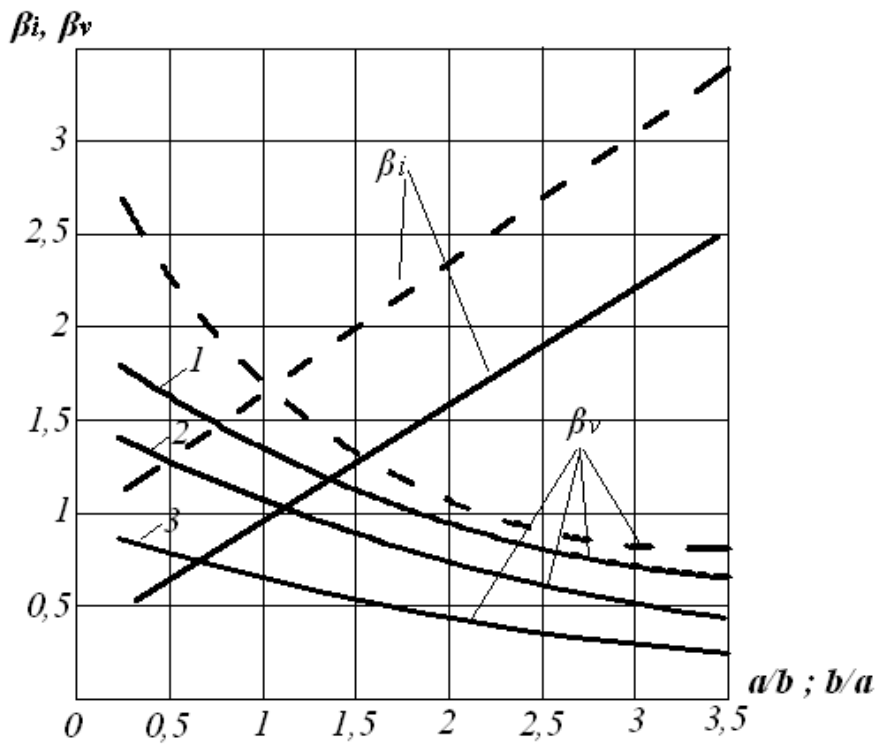


Рисунок 15 – Графики значений инерционного α_i и скоростного α_v коэффициентов глубины



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:

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

где $q_{i,\max}$ и $q_{v,\max}$ - инерционный и скоростной компоненты максимальной нагрузки от волн, кН/м:

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

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

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 $z_{rel} = \frac{d-z}{d}$.

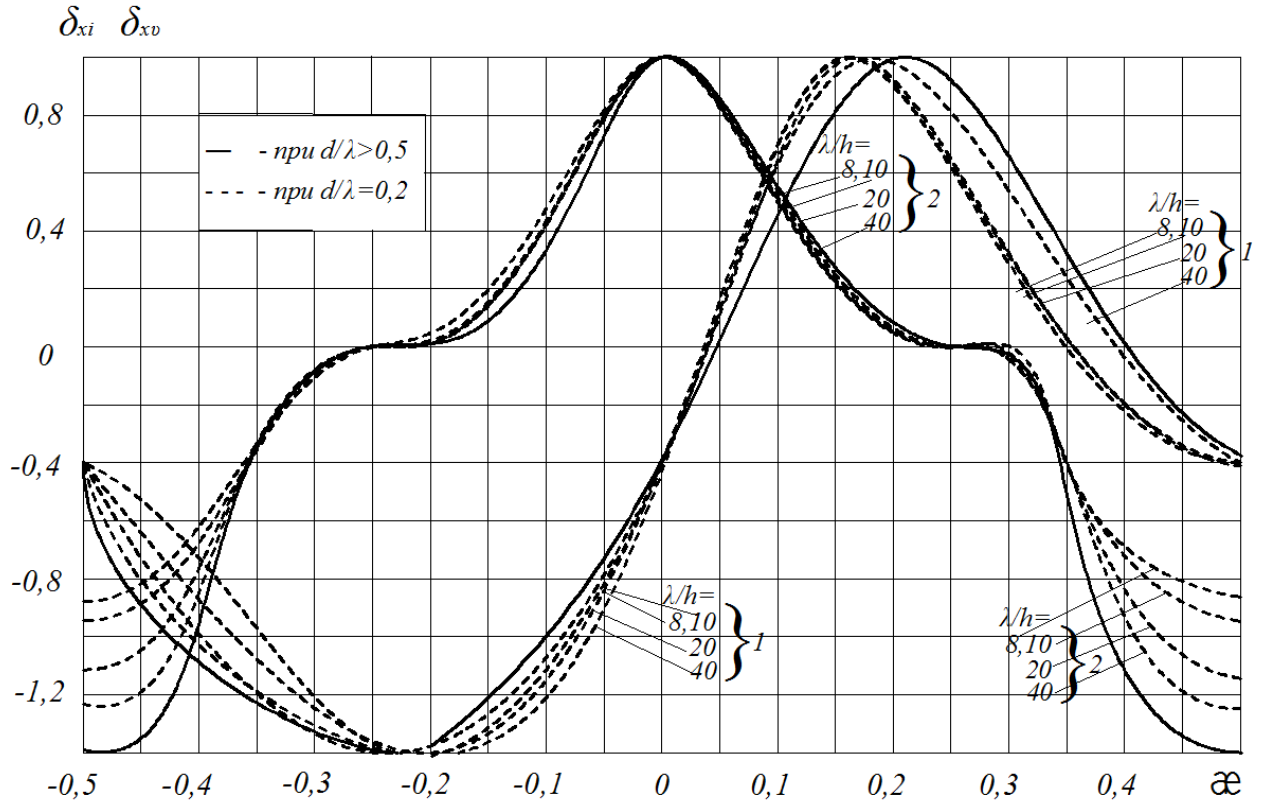
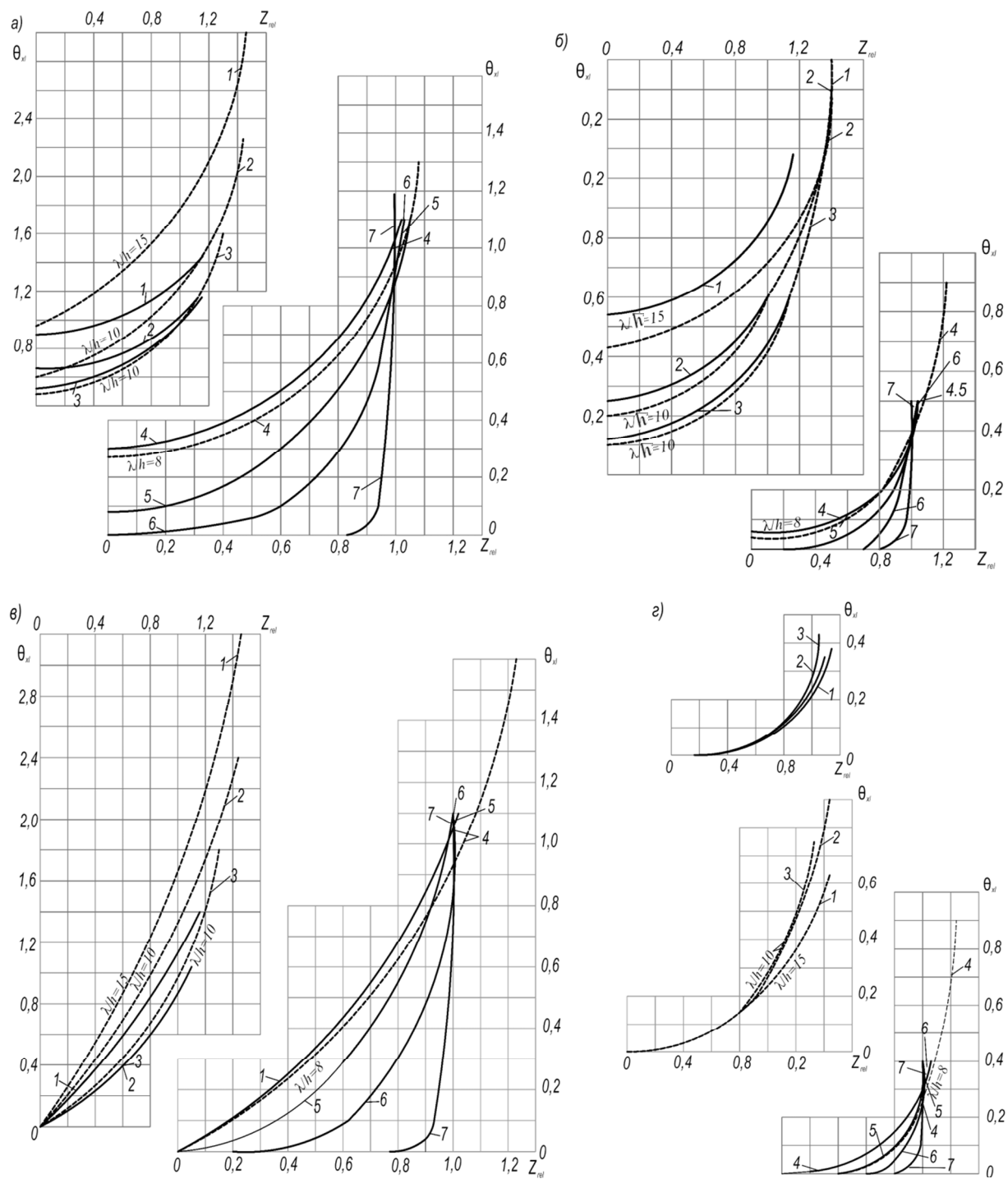


Рисунок 17 – Графики значений коэффициентов сочетания инерционного δ_{xi} (графики 1) и скоростного δ_{xv} (графики 2) компонентов горизонтальной нагрузки от волн

6.1.3 Превышение взволнованной поверхности η , м, над расчётным уровнем должно определяться по формуле:

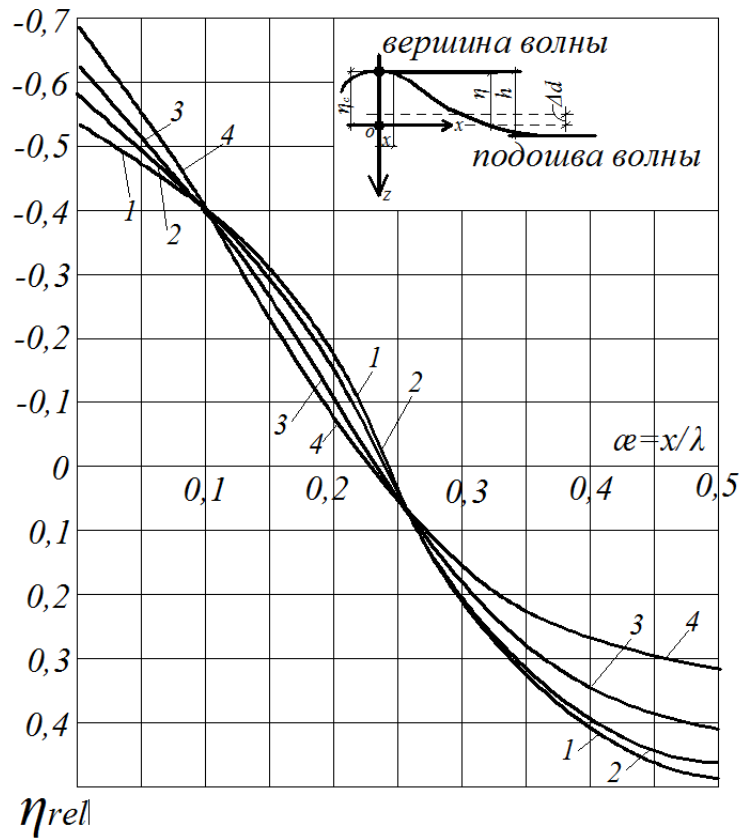
$$\eta = \eta_{rel} h, \quad (43)$$

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:

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

где δ_i и δ_v - коэффициенты, принимаемые по графикам 1 и 2 Рисунка 14 при ж ,
соответствующем Q_{\max} ;

$z_{Q,i}$ и $z_{Q,v}$ - ординаты точек приложения соответственно инерционного и
скоростного компонентов сил, м, определяемые по формулам:

$$z_{Q,i} = \mu_i \xi_{i,rel} \lambda , \tag{46}$$

$$z_{Q,v} = \mu_v \xi_{v,rel} \lambda , \tag{47}$$

где $\xi_{i,rel}$ и $\xi_{v,rel}$ - относительные ординаты точек приложения инерционного и скоростного
компонентов сил, принимаемые по графикам Рисунка 20;

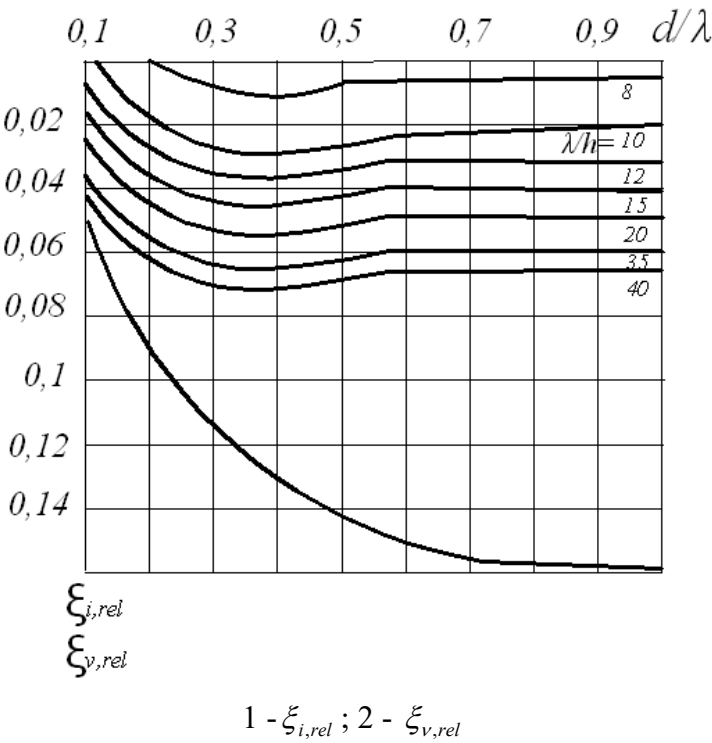


Рисунок 20 – Графики значений коэффициента η_{rel}

μ_i и μ_v - инерционный и скоростной коэффициенты фазы, принимаемые по
графикам Рисунка 21.

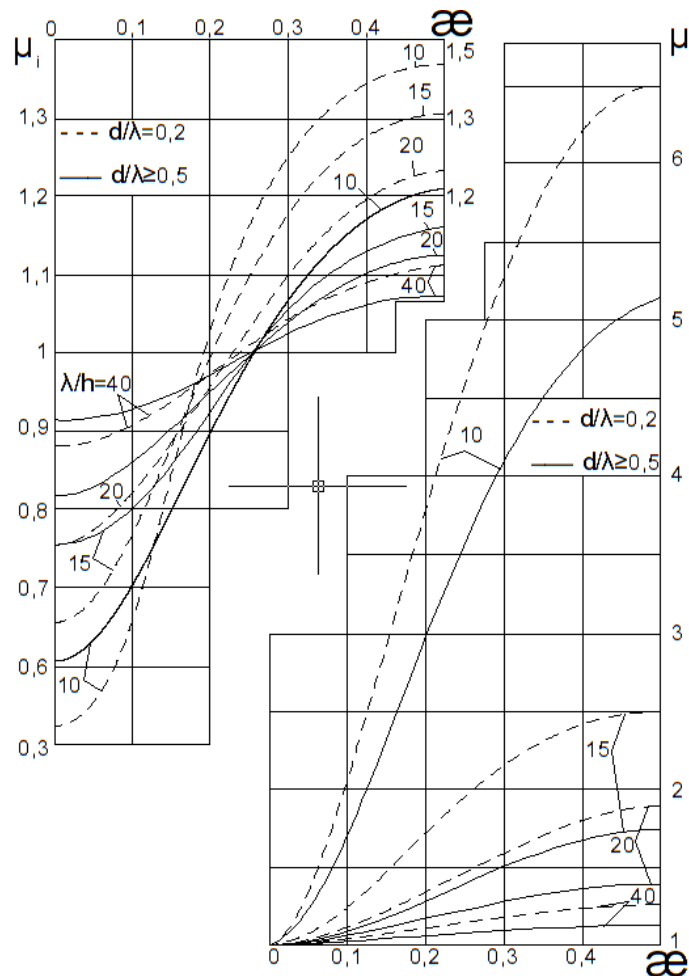


Рисунок 21 – Графики значений инерционного μ_i и скоростного μ_v коэффициента фазы

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 $\eta = x/\gamma$.

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 $ж = x/\lambda$, принимаемой согласно Рисунков 17 и 22.

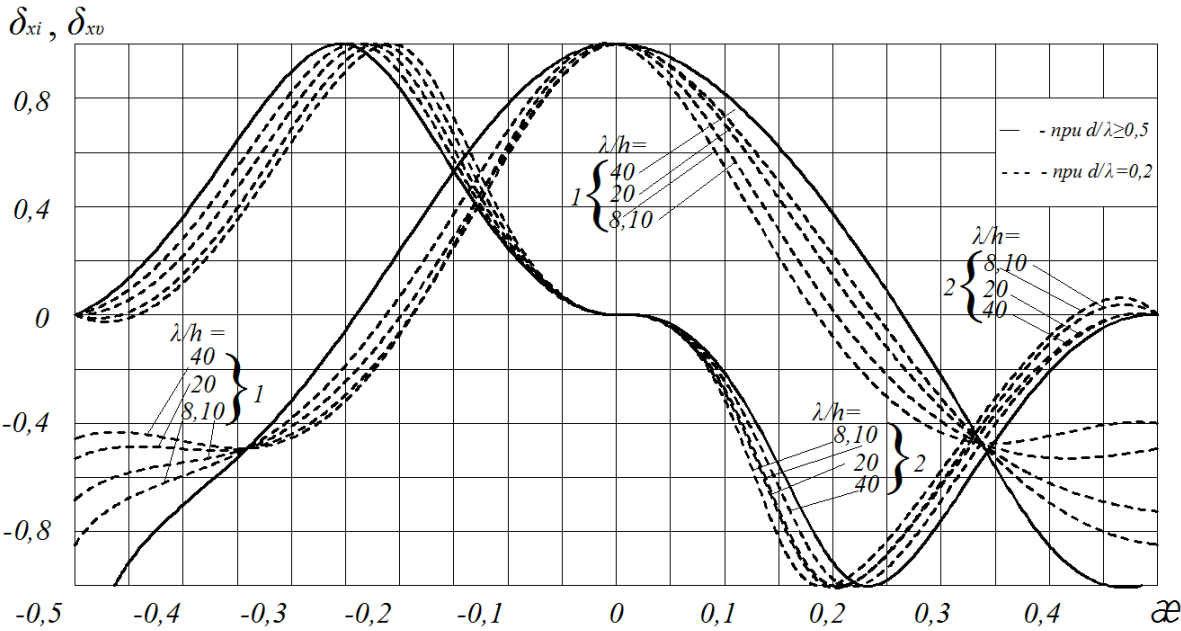


Рисунок 22 – Графики значений коэффициентов сочетания δ_i - инерционного (графики 1) и δ_v - скоростного (графики 2) компонентов вертикальной линейной нагрузки от волн

6.2.2 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 $ж$, по формуле:

$$P_{x,max} = P_{xi} \delta_{xi} + P_{xv} \delta_{xv}, \tag{49}$$

где P_{xi} и P_{xv} - инерционный и скоростной компоненты горизонтальной составляющей линейной нагрузки от волн, кН/м, определяемые по формулам:

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

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

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 6.1.1;

θ_{xi} и θ_{xv} - обозначения те же, что и в 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.

6.2.3 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 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 6.2.2.

6.2.4 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 $\alpha = x/\lambda$.

6.2.5 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.

6.2.6 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 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).

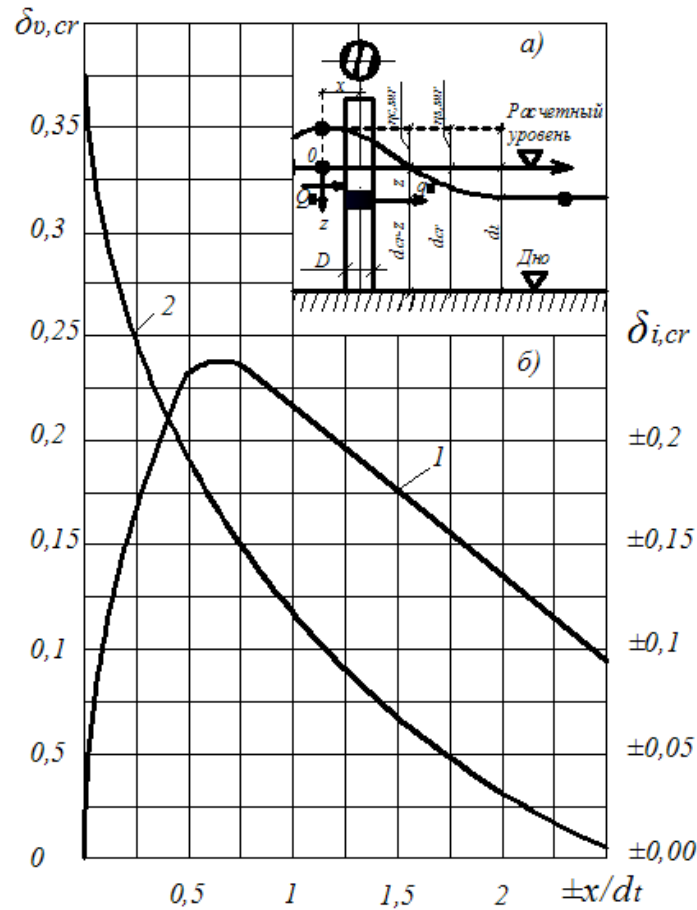


Рисунок 23 – Схема к определению нагрузок от разбивающихся волн и графики значений коэффициентов $\delta_{i,cr}$ - кривая 1 и $\delta_{v,cr}$ - кривая 2

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.

6.3.2 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 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 $x/d_t < 0$.

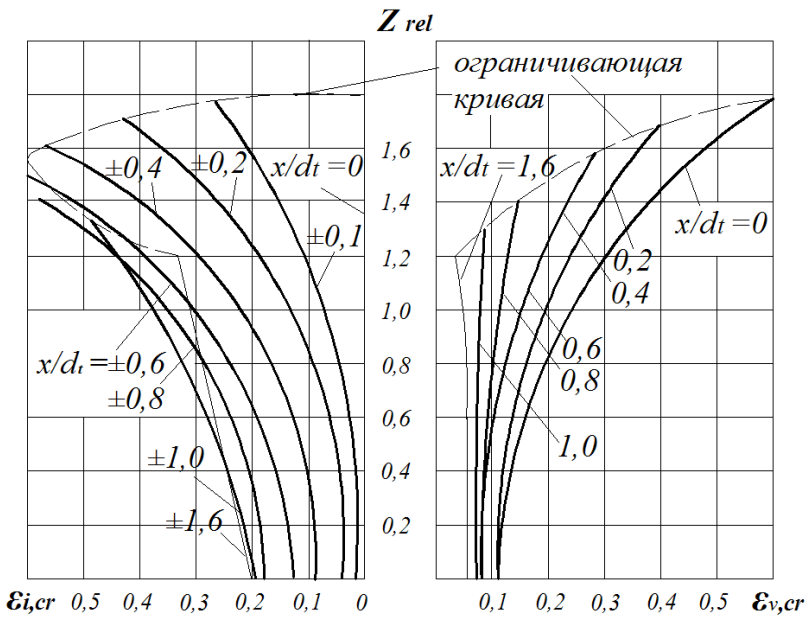


Рисунок 24– Графики значений инерционного $\varepsilon_{l,cr}$ и скоростного $\varepsilon_{v,cr}$ коэффициентов

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 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_f и лучу ψ_l волн, принимаемые по таблице 17.

Таблица 17– Коэффициенты сближения ψ_f и ψ_l

| Относительное расстояние между осями преград l/D | Коэффициенты сближения ψ_f и ψ_l при значениях относительных диаметров D/λ | | | |
|--|--|------|----------|------|
| | ψ_f | | 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 |

6.4.2 Нагрузки от волн на наклонный элемент сквозного сооружения необходимо получать по эпюрам горизонтальной и вертикальной составляющих нагрузки, ординаты которых должны определяться согласно 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 6.1.4 и 6.2.4 как на вертикальную или горизонтальную обтекаемую преграду.

6.4.3 Динамическую нагрузку от воздействия нерегулярных ветровых волн на сквозное сооружение из обтекаемых элементов следует определять умножением значения статической нагрузки, полученной согласно 6.4.1 и 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:

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

(66)

где β_{por} - коэффициент опрокидывающего момента с учётом проницаемости основания, принимаемый по таблице 19.

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 |

Окончание таблицы 19

| 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 |

Полный максимальный опрокидывающий момент, действующий на преграду, определяется как сумма двух моментов: момента от максимальной силы Q_{\max} , равного произведению этой силы, определяемой по 6.1.1, на плечо, определяемое по 6.1.5, и максимального момента, определяемого по формуле (66) и совпадающего по фазе с максимальной силой Q_{\max} .

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:

$$v_{b,max} = 2\varphi_v \frac{\pi h}{T} \cdot \frac{1}{shkd}, \tag{68}$$

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 $i < 0,04$:

$$z = z_1$$

$$\text{при } z_1 < z_2 \qquad p_1 = \rho g(z_1 - z_2), \tag{68}$$

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

$$z = z_2 \quad p_2 = \rho g h \left(0,015 \frac{\bar{\lambda}}{d} + 0,23 \frac{d - z_1}{d} \right) - \rho g z_4, \quad (70)$$

$$z = z_3 = d \quad p_3 = k_w p_2. \quad (71)$$

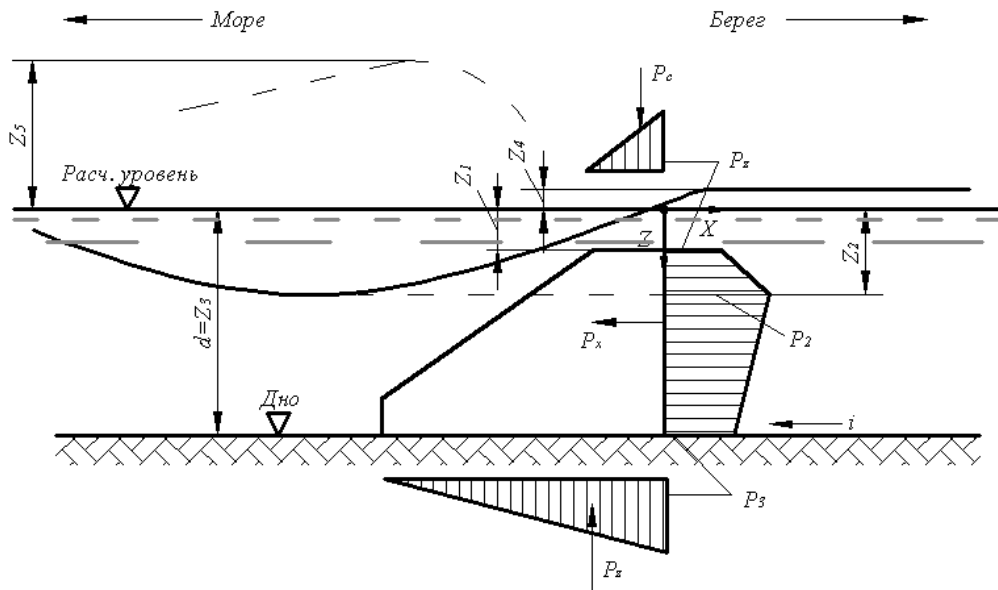


Рисунок 25 – Эпюры волнового давления на подводный волнолом

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 неразрывающихся донных скоростей должны приниматься согласно 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 5.4.1.

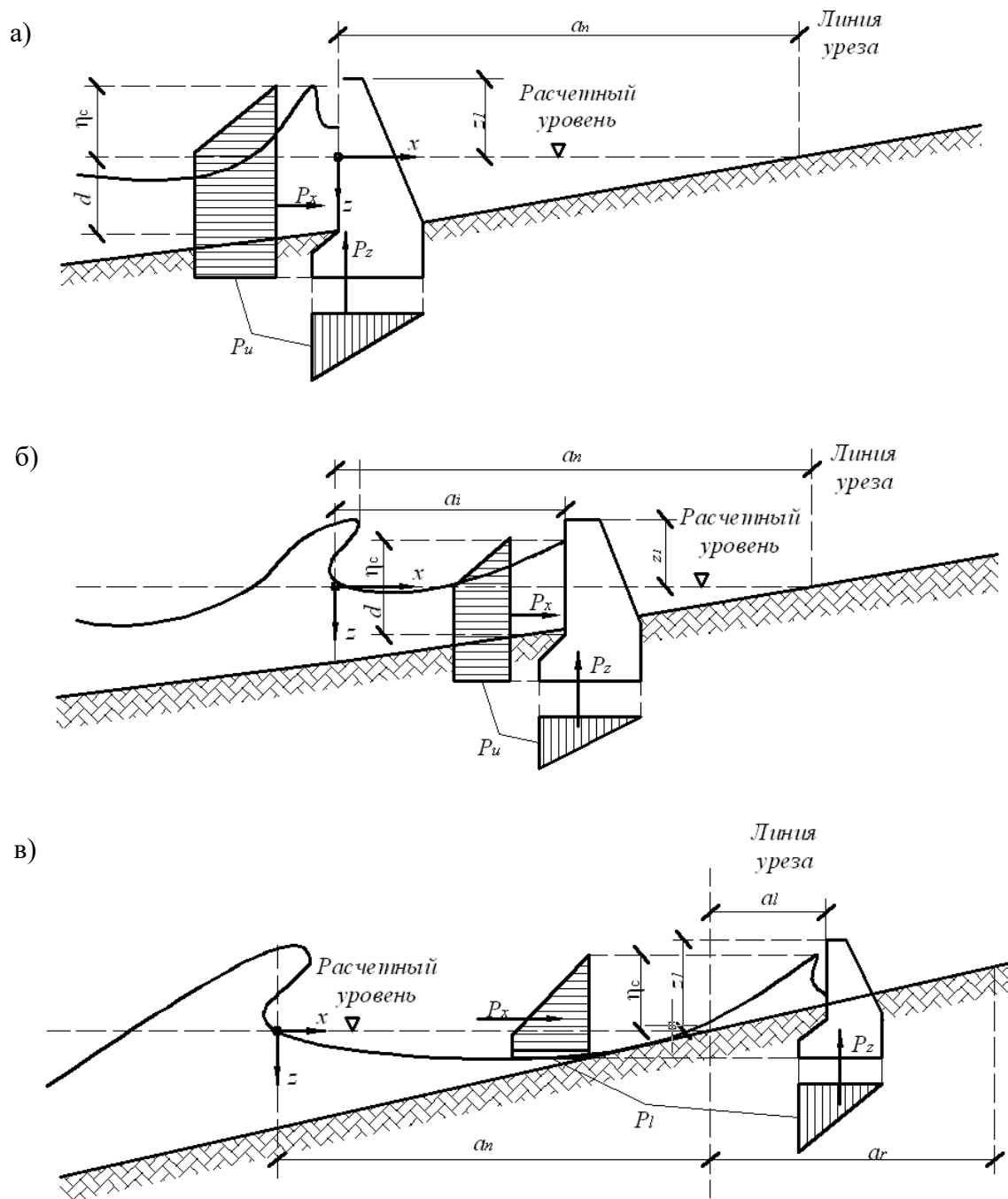


Рисунок 26 – Эпюры волнового давления на вертикальную волнозащитную стену при расположении сооружения:
а) в зоне прибойной волны; б) в приурезовой зоне; в) за линией уреза

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.

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 |

2 Нагрузки от прибойных волн на волнозащитные стены при расположении их в прибойной зоне следует определять согласно 5.3.2.

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 извешивающего волнового давлений (Рисунок 27), при этом значение p_r , кПа, должно определяться по формуле:

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

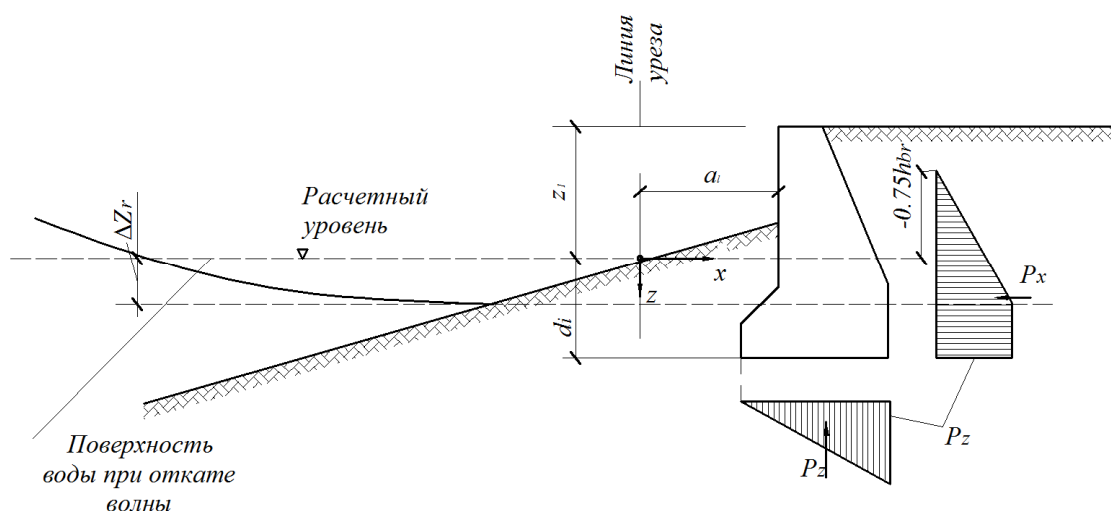


Рисунок 27 – Эпюры волнового давления на вертикальную волнозащитную стену при откате волны

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 7.1.3 с ориентированием этой эпюры по нормали к криволинейной поверхности (Рисунок 28).

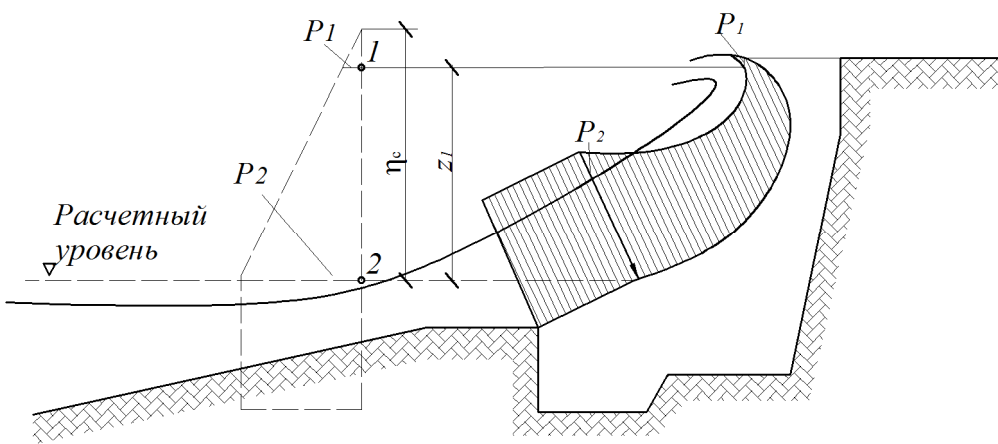


Рисунок 28 – Эпюры давления волн на криволинейный участок волнозащитной стены

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 теневую p_{int} , кПа, грани буны и соответствующие возвышения гребня волны η_{ext} , м, и η_{int} , м, должны определяться по формулам:

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

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

где k_{α} - 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_{α} 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 |
| Теневая | 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 |

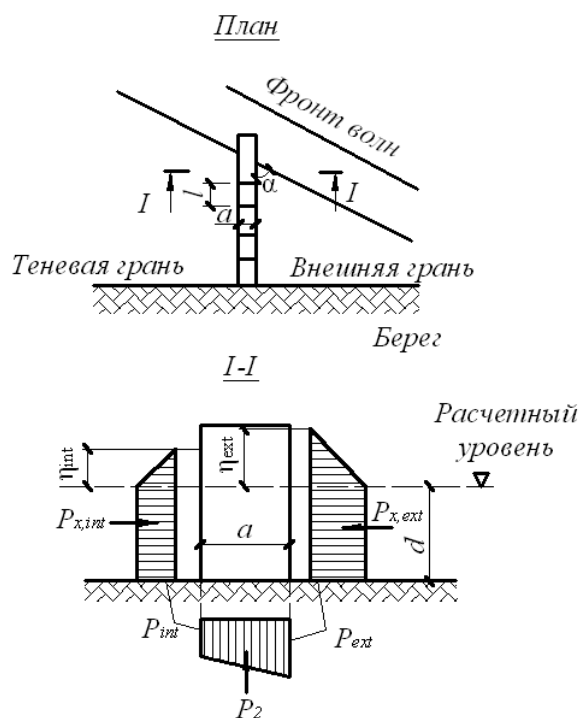


Рисунок 29 – Эпюры волнового давления на буну

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:

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

где k_a - отношение подводной площади поперечного сечения судна к площади живого сечения канала A , м²;

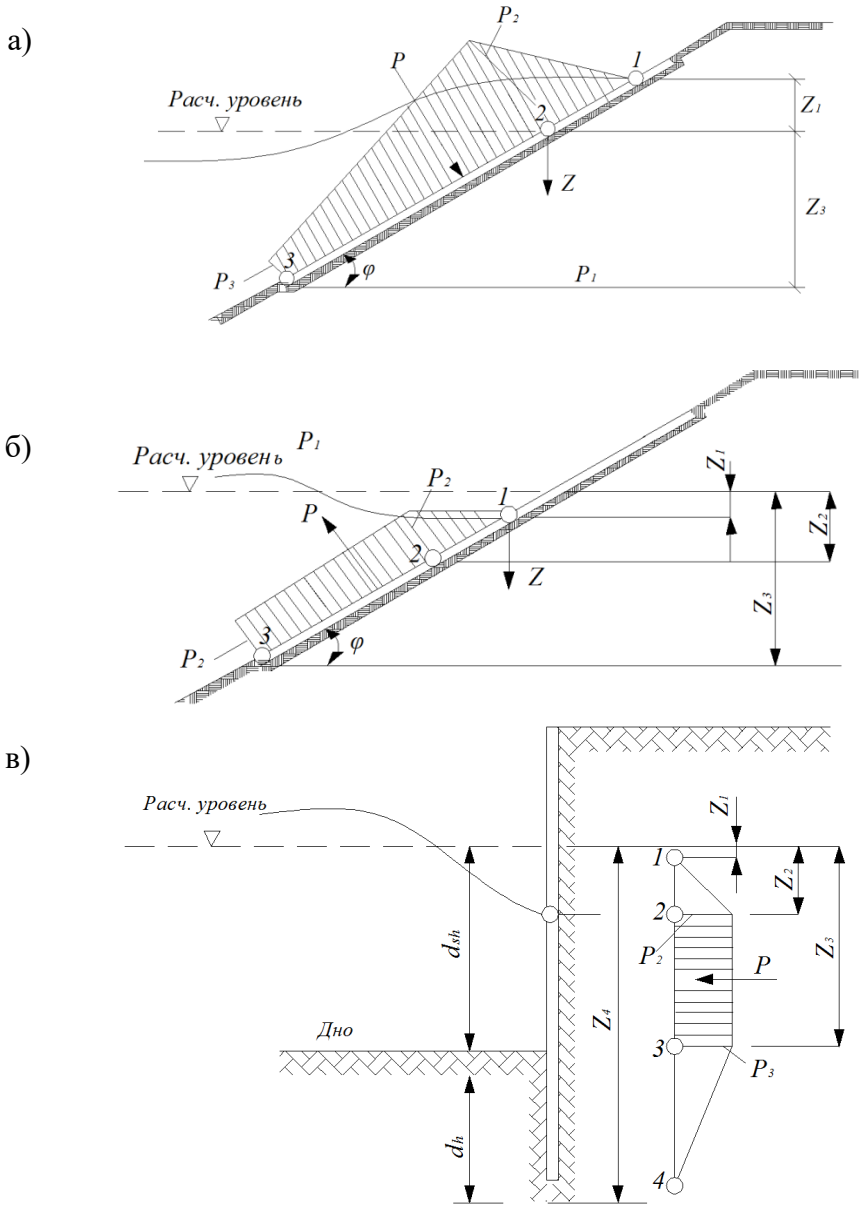
b - ширина канала, м, по урезу воды;

7.2.2 Высоту наката h_{rsh} , м, судовой волны на откос (Рисунок 30) следует определять по формуле:

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

β_{sl} - коэффициент, принимаемый для откосов, облицованных сплошными плитами, равным 1,4; каменным мощением - 1,0 и каменной наброской - 0,8.

7.2.3 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):

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

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

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

б) при откате волны с откоса, укреплённого плитами (см. Рисунок 30 б):

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

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

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

в) при ложбине воды у вертикальной стены (см. Рисунок 30 в):

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

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

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

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

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 8.1.1 - 8.1.4;
- нагрузки от навала на причальное сооружение пришвартованного судна при действии ветра, течения и волн согласно 8.2.1;
- нагрузки от навала судна при его подходе к портовому причальному сооружению согласно 8.3.1 - 8.3.3;
- нагрузки от натяжения швартовов при действии на судно ветра и течения согласно 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:

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

$$N_w = 0,59A_l v_l^2, \tag{103}$$

A_l и A_l - соответственно боковая и лобовая подводные площади парусности плавучих объектов, м²;

v_l 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:

$$Q = ж \gamma_1 \rho gh A_l, \tag{104}$$

$$N = ж \rho gh A_l, \tag{105}$$

где $ж$ - коэффициент, принимаемый по Рисунку 31, на котором d_s - осадка плавучего объекта, м;

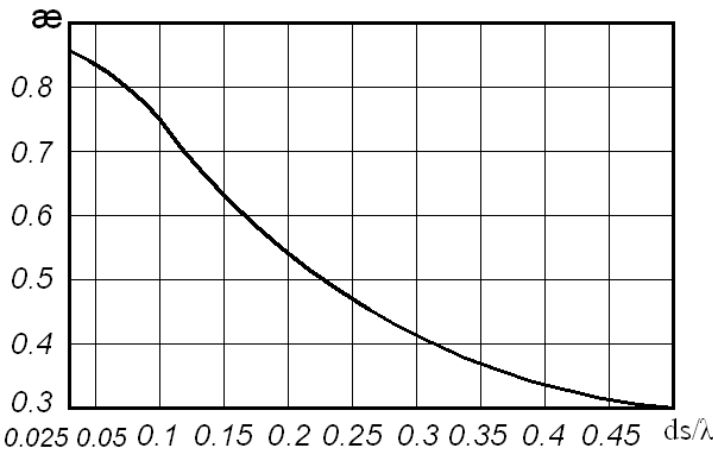


Рисунок 31 – График значений коэффициента α

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_i и A_j - обозначения те же, что и в 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 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:

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

$$\text{при } L < l \quad l_d = L.$$

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.

Таблица31 – Коэффициент ψ

| Конструкции причальных сооружений | Коэффициент ψ для судов | |
|---|---------------------------------|--------|
| | морских | речных |
| Набережные из обыкновенных или фасонных массивов, массивов- гигантов, оболочек большого диаметра и набережные уголкового типа; больверки, 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.

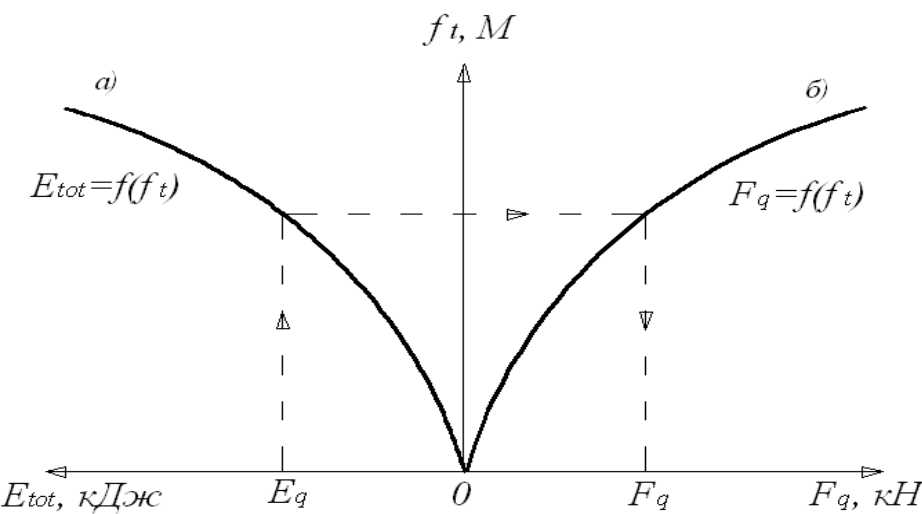


Рисунок 32 – Схема построения графиков зависимости деформаций отбойного устройства (и причального сооружения) f_t :
а) - от энергии E_{tot} ; б) - от нагрузки F_q

8.3.3 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 $\mu = 0,4$.

8.3.4 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 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 8.1.1 и 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:

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

$$S_q = \frac{Q_{tot}}{n}, \tag{112}$$

$$S_n = S \cos \alpha \cos \beta, \tag{113}$$

$$S_v = S \sin \beta, \tag{114}$$

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

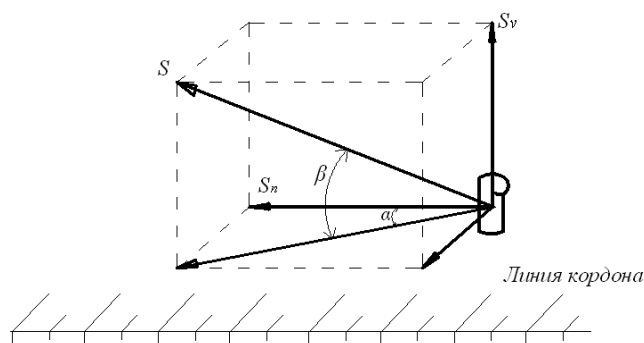
| Расчетное водоизмещение судна в грузу D , тыс. т | Сила от натяжения швартова S , кН, для судов | |
|--|---|---|
| | пассажирских, грузопассажирских, технического флота со сплошной надстройкой | грузовых и технического флота без сплошной надстройки |
| 0,1 и менее | 50 | 30 |
| 0,11-0,5 | 100 | 50 |
| 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 |

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 8.1.1 и 8.1.2.

8.4.2 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 8.1.1 и 8.1.2, должны распределяться между группами швартовных канатов следующим образом:

а) на носовые, кормовые продольные и прижимные канаты - по $0,8Q_{tot}$, кН; б) на шпринги - по $0,6Q_{tot}$, кН.

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 швартовных палов.

**Рисунок 33 – Схема распределения усилия на тумбу от натяжения швартовов**

9 НАГРУЗКИ И ВОЗДЕЙСТВИЯ ЛЬДА НА ГИДРОТЕХНИЧЕСКИЕ СООРУЖЕНИЯ

- Нагрузки от 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 , °С - 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 , °С | | | |
|-----------------------------|---|------|------|------|
| | 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 34 и 35 допускается принимать при скорости движения льда 0,5 м/с и более.

- Точку приложения равнодействующей ледовой нагрузки необходимо принимать ниже расчётного уровня воды на $0,3h_d$ м.

Нагрузки на сооружения от движущегося торосистого ледяного поля, определённые согласно 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:

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

$$F_{c,p} = 0,04 v h_d \sqrt{m A R_b \tan \gamma}, \quad (119)$$

- 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:

$$F_{c,w} = 0,07 \nu h_d \sqrt{AR_c}, \tag{120}$$

$$F_{b,w} = 0,5 R_c b h_d, \tag{121}$$

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 |

ν - 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 опытным 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):

$$F_h = k_p m_t R_f h_d^2, \tag{122}$$

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:

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

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:

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

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 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 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, °С, определяемая по формуле:

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

где t_b - начальная температура воздуха, °С, 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/м², 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 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 $S_i \geq 2\text{‰}$ 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 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:

$$F_{b,j} = m R_{b,j} b h_j, \quad (139)$$

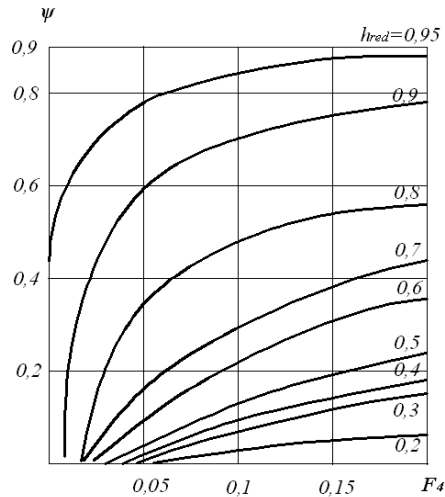


Рисунок 34 – Графики значений коэффициента ψ

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 зажорного периода;

m, b - обозначения те же, что в 9.1.1.

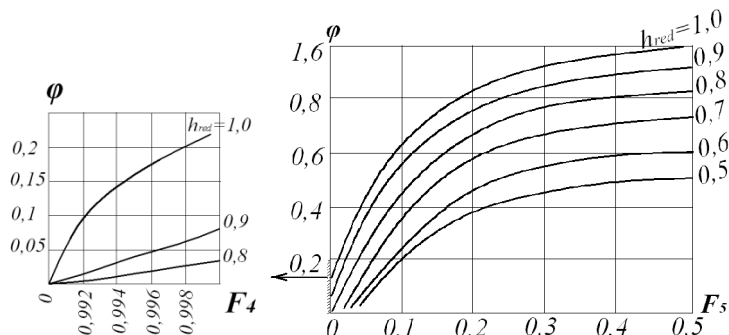


Рисунок 35– Графики значений коэффициента φ

9.3.2 Силу от навала зажорных 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 зажорных масс, м;

L_j - длина участка зажора, 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 зажора необходимо принимать согласно 9.3.1. Скорость течения воды и уклон водной поверхности в месте образования зажора 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 зажорных 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 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:

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

где l - длина участка на уровне действия льда, м;

ν_d - скорость понижения или повышения уровня воды, м/ч;

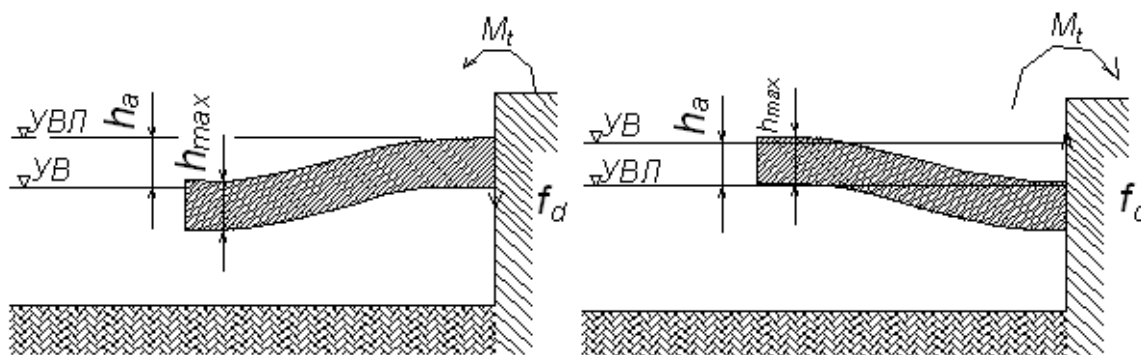
t_d - время, ч, в течении которого происходит деформация ледяного покрова при понижении или повышении уровня воды;

Φ - безразмерная функция времени, определяемая по формуле:

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

h_{\max} и η_i - обозначения те же, что в 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 9.4.2.



а) - при понижении UB ; б) - при повышении UB ; $UBЛ$ - 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 примерзшего ледяного покрова при понижении или повышении уровня воды (Рисунок 36), M , МН·м, необходимо определять по формуле:

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

где l , v_d , t_d , h_{\max} , Φ - обозначения те же, что в 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:

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

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

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 9.2.1 и 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:

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

где R_f, h_{max} - обозначения те же, что в 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 9.4.1 и 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 9.2.1.

Таблица 43 – Безразмерный коэффициент k_f

| Значение D/h_{\max} | 0,1 | 0,2 | 0,5 | 1 | 2 | 3 | 5 | 10 | 20 |
|---|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Коэффициент k_f | 0,16 | 0,18 | 0,22 | 0,26 | 0,31 | 0,36 | 0,43 | 0,63 | 1,11 |
| <p>D - диаметр опоры (или свайного куста), м;</p> <p>Примечание - При прямоугольной форме опоры в плане со сторонами a и b, м, допускается её "диаметр" принимать равным $D=\sqrt{ab}$ м.</p> | | | | | | | | | |

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 9.2.1 и 9.1.1.

9.6 Нагрузки от движущегося тороса

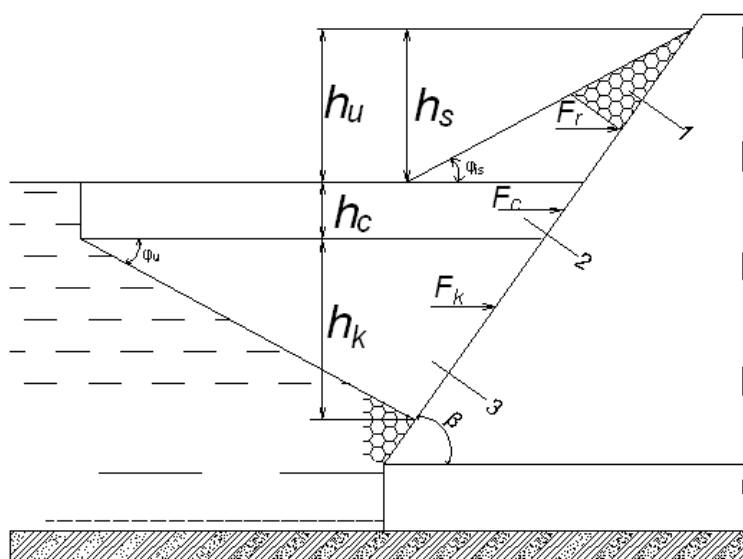
9.6.1 Нагрузки от воздействия движущегося тороса [8,9] на сооружения вертикального и откосного профиля F_r , МН, необходимо определять по формуле:

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

где F_u - нагрузка от надводной части тороса (паруса), МН;

F_c - нагрузка от консолидированной части тороса, МН;

F_k - нагрузка от киль 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,

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

б) вертикальная составляющая нагрузки $F_{u,v}$, МН,

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

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 опытным данным; при их отсутствии допускается принимать $c_u = 0,003...0,005$ МПа;

φ_{ik} - угол внутреннего трения ледяного образования, град, при отсутствии специальных исследований принимать $\varphi_{ik} = 35 - 40^\circ$;

h - глубина погружения кия;

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 $F_{b,p} = mk_b k_v R b h_d$ - для отдельно стоящего сооружения и по формуле $F_{b,w} = k k_v R_c b_s h_d$ - 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 киля 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,

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

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 $\beta = 90^\circ$.

ПриложениеА
(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 безлётные 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 |

Окончание таблицы А.1

| 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 |
| <p>Примечания</p> <p>1 При определении нагрузок на сооружения необходимо принимать высоту заданной обеспеченности в системе h_i и среднюю длину волны $\bar{\lambda}$.</p> <p>Для сквозных конструкций следует определять максимальное воздействие волн при изменении длины расчётной волны в пределах от $(0,8 - 1,4)\bar{\lambda}$.</p> <p>При назначении высотных отметок сквозных сооружений, возводимых на открытых акваториях, расчетную обеспеченность высот волн в системе допускается принимать 0,1 % при надлежащем обосновании.</p> <p>2 Расчётную обеспеченность высот волн в системе необходимо принимать:</p> <ul style="list-style-type: none"> - при определении защищённости портовых акваторий - 5%; - при определении наката волн - 1%. <p>3 При назначении высотных отметок сквозных сооружений, возводимых на открытых акваториях, допускается расчётную обеспеченность высот волн в системе принимать 0,1 % при надлежащем обосновании.</p> | |

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:

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

где α_w - угол между продольной осью водоёма и направлением ветра, град;
 V_w – расчётная скорость ветра, определяемая по А.9;
 L - разгон, м;
 k_w - коэффициент, принимаемый по таблице А.2:

Таблица А.2 – Коэффициент k_w .

| | | | | |
|--------------------|-----|----|-----|-----|
| $V_w, \text{ м/с}$ | 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:

$$V_w = k_{\text{fl}} k_l V_l, \tag{A.2}$$

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_{fl} - коэффициент пересчёта данных по скоростям ветра, измеренным по флюгеру, принимаемый по формуле $k_{\text{fl}} = 0,675 + \frac{4,5}{V_l}$, 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} м²/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 $\overline{h_d}$, м, и средний период волн \overline{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 , и $\overline{gh_d}/V_w^2$ и \overline{gT}/V_w и по меньшим их величинам принять среднюю высоту и средний период волн.

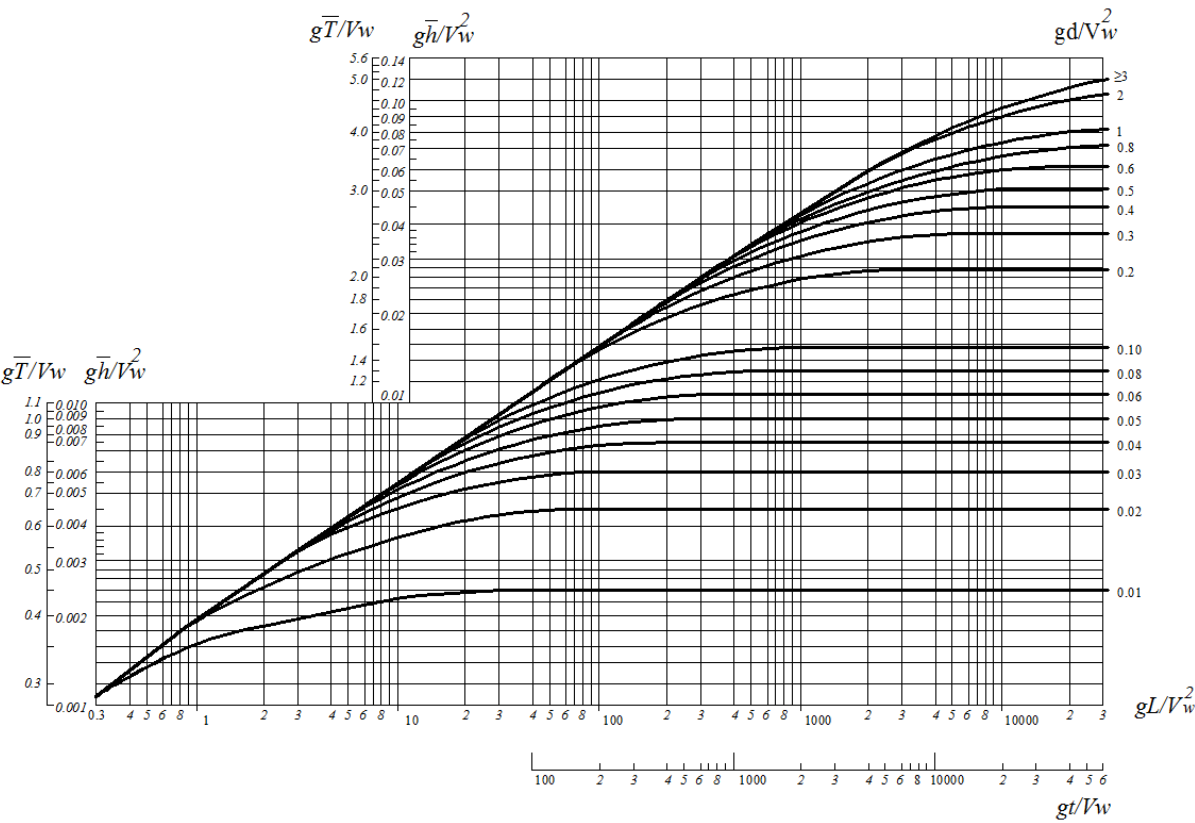


Рисунок А.1 – Графики для определения элементов ветровых волн в глубоководной и мелководной зонах

Среднюю длину волн $\overline{\lambda_d}$, м, при известном значении \overline{T} следует определять по формуле:

$$\lambda_d = \frac{g\overline{T}^2}{2\pi}, \tag{A.4}$$

Примечание - При переменных скоростях ветра вдоль разгона волн допускается принимать $\overline{h_d}$ по результатам последовательного определения высоты волны для участков с постоянными значениями скорости ветра.

А.14 При сложной конфигурации береговой черты среднюю высоту волн $\overline{h_d}$, м, необходимо определять по формуле:

$$\overline{h_d} = 0,1\sqrt{25h_1^{-2} + 21(h_2^{-2} + h_{-2}^{-2}) + 13(h_3^{-2} + h_{-3}^{-2}) + 3,5(h_4^{-2} + h_{-4}^{-2})}, \tag{A.5}$$

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:

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

где \mathcal{K}_{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:

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

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.

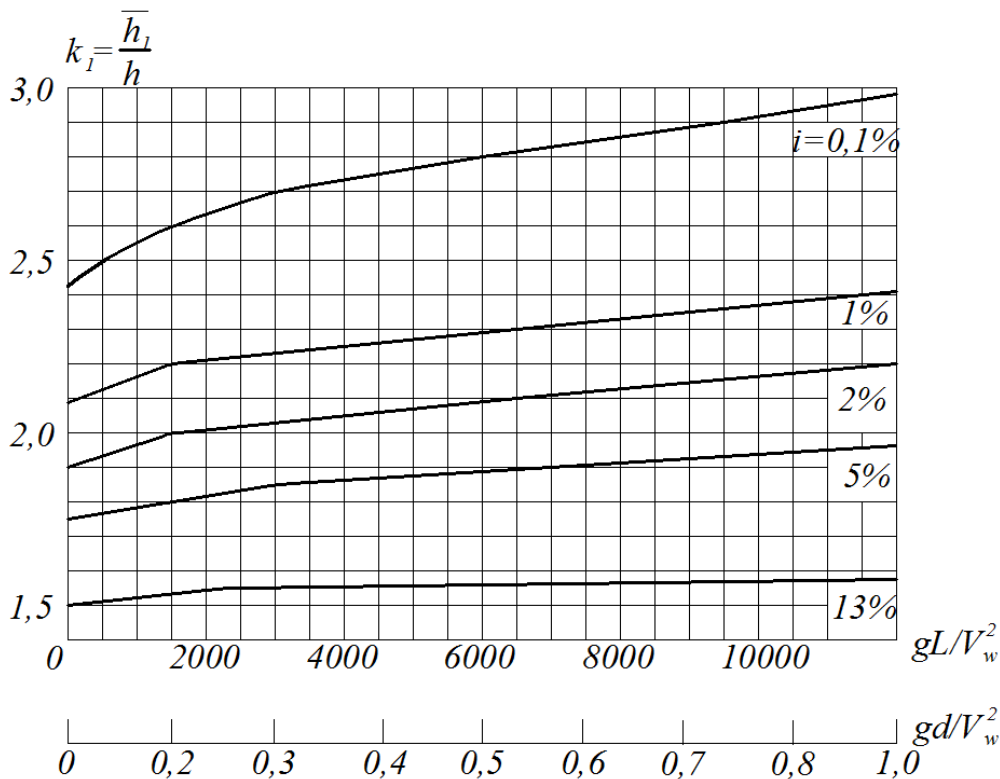


Рисунок А.2 – Графики значений коэффициента k_i

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:

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

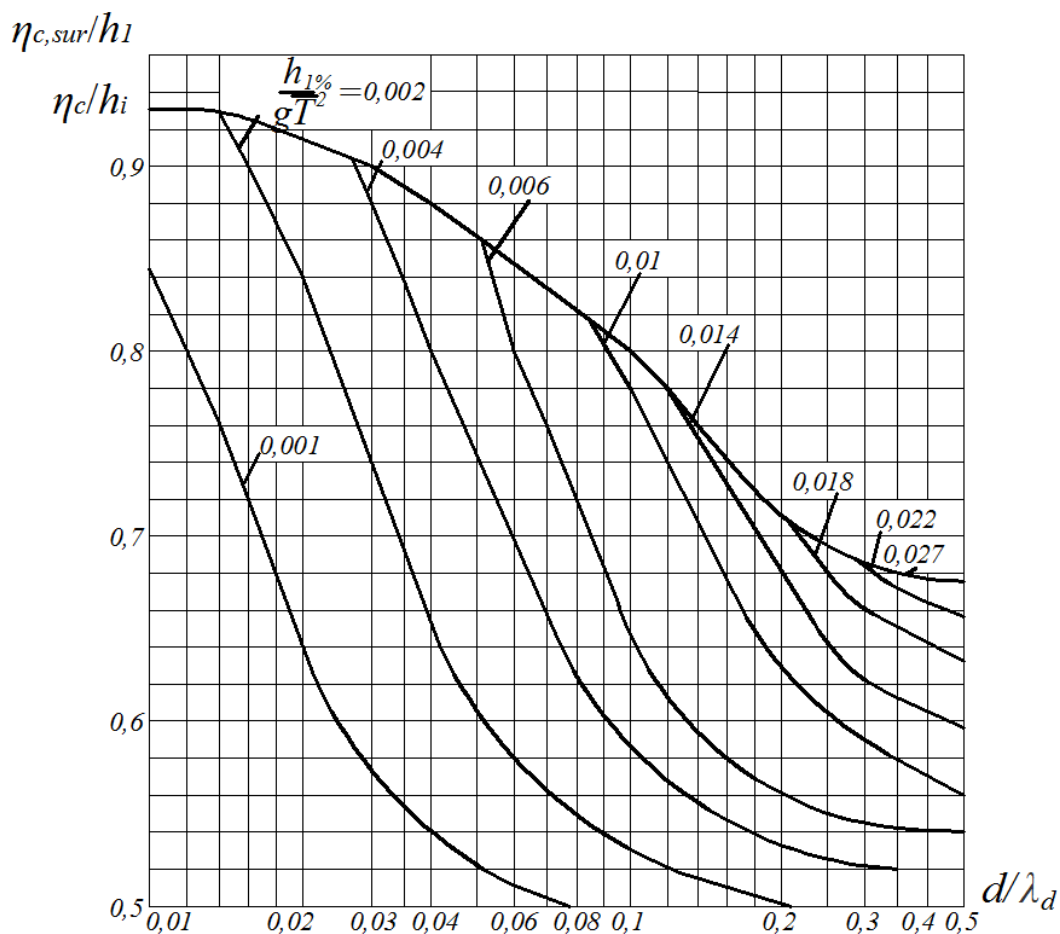


Рисунок А.3 – Графики для определения значений η_x / h_l - в мелководной и $\eta_{c, sur} / h_i$ в прибойной зонах

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 $h_{q\%}/g\bar{T}^2$. При этом период волн принимается равным периоду волн в глубоководной зоне.

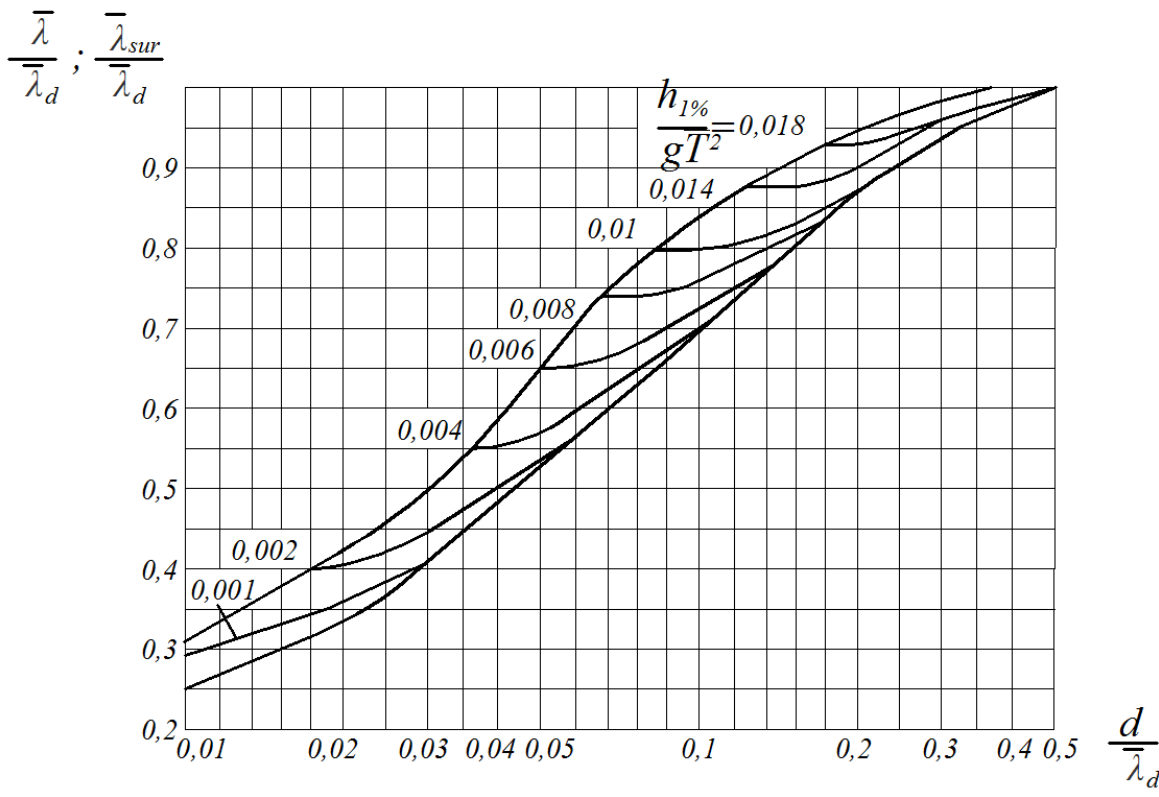
Превышение вершины волны над расчётным уровнем η_c м, следует определять по Рисунку А.3 для данных безразмерных величин $d/\bar{\lambda}_d$ и $h_i/g\bar{T}^2$.

А.19 Коэффициент трансформации необходимо принимать по графику 1 Рисунка А.5.

Коэффициент рефракции должен определяться по формуле:

$$k_r = \sqrt{\frac{a_d}{a}}, \tag{A.10}$$

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.

$$\frac{h_i}{gT^2}, \frac{h_{sur1\%}}{gT^2}$$

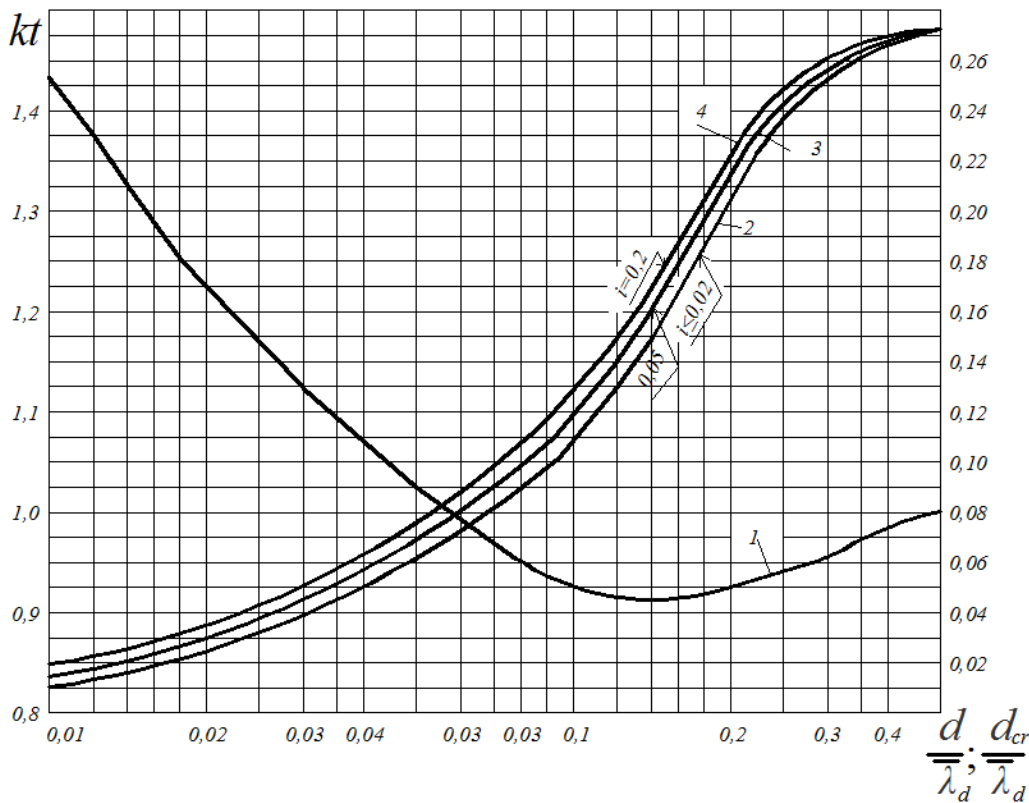


Рисунок А.5 – Графики для определения: коэффициента k_l (1)
и параметра $d_{cr} / \bar{\lambda}_d$ (2, 3 и 4)

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 |

Окончание таблицы А.5

| | | |
|-------------|------|------|
| 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 |

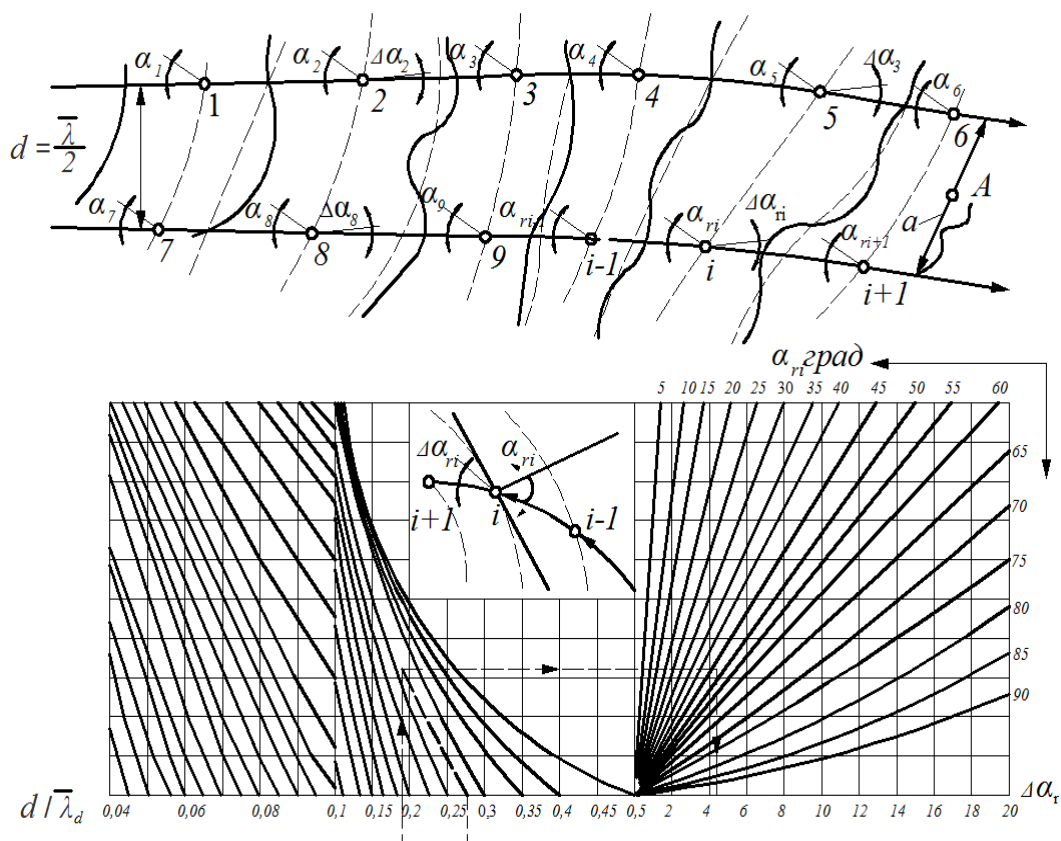


Рисунок А.6 – Схема (а) и графики (б) для построения плана рефракции

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 $g\bar{T}/V_w^2$ и по ним определяются \bar{h} и \bar{T} .

А.21 Средняя высота волн в мелководных водоёмах (зонах) может быть рассчитана по формуле:

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

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:

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

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

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 / \bar{gT}^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:

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

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 ограждённой акватории необходимо определять по формуле:

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

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, ограждённой одиночным молом (при заданном значении угла β , град, относительном 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.

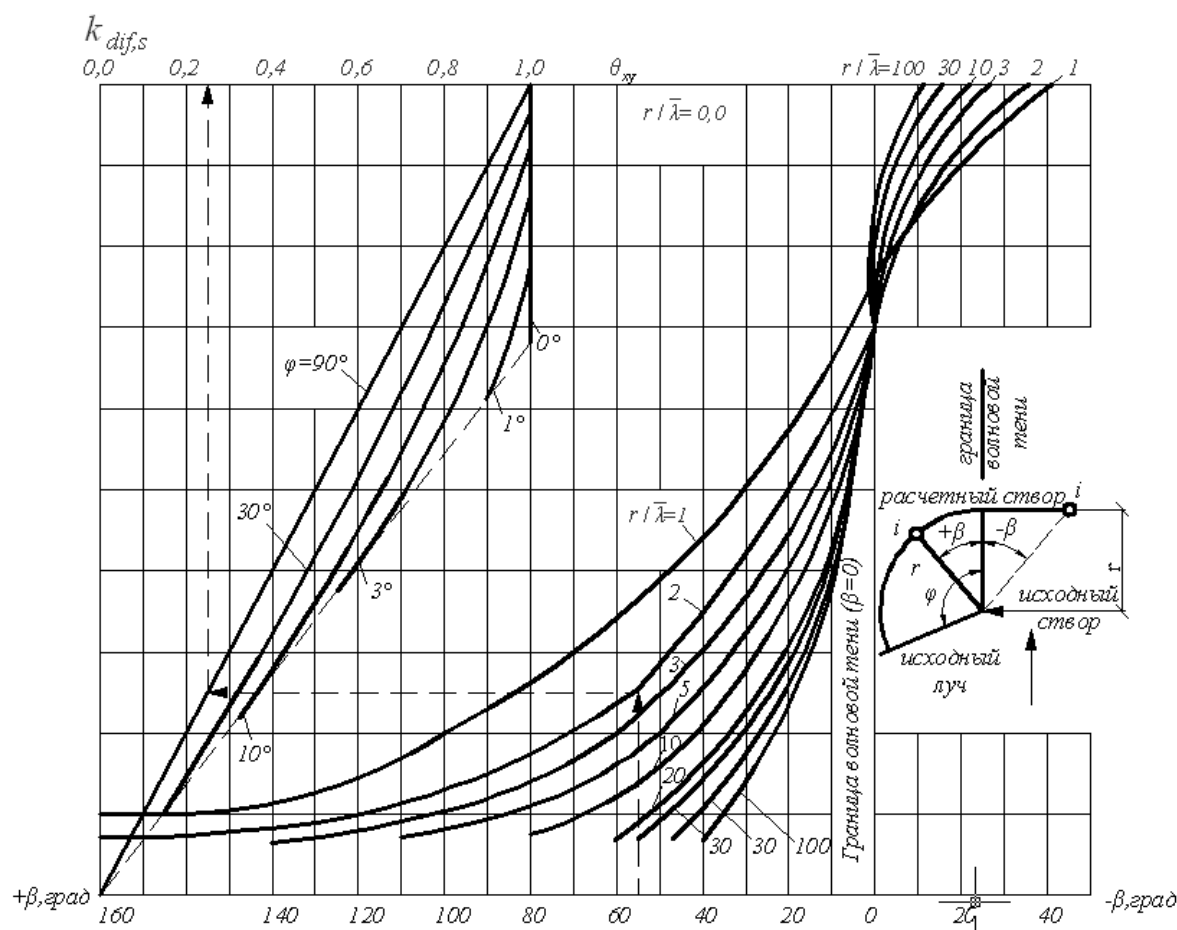


Рисунок А.7 – Графики для определения значений коэффициента $k_{dif,s}$

А.27 Коэффициент дифракции волн $k_{dif,c}$ на акватории, ограждённой сходящимися молами, необходимо определять по формуле:

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

где ψ_c - коэффициент, принимаемый по Рисунку А.8 для данных значений d_c и $k_{dif,cp}$.

Величина d_c определяется по формуле:

$$d_c = \frac{l_1 + l_2 + b}{2b}, \tag{A.19}$$

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 молов на фронт исходной волны.

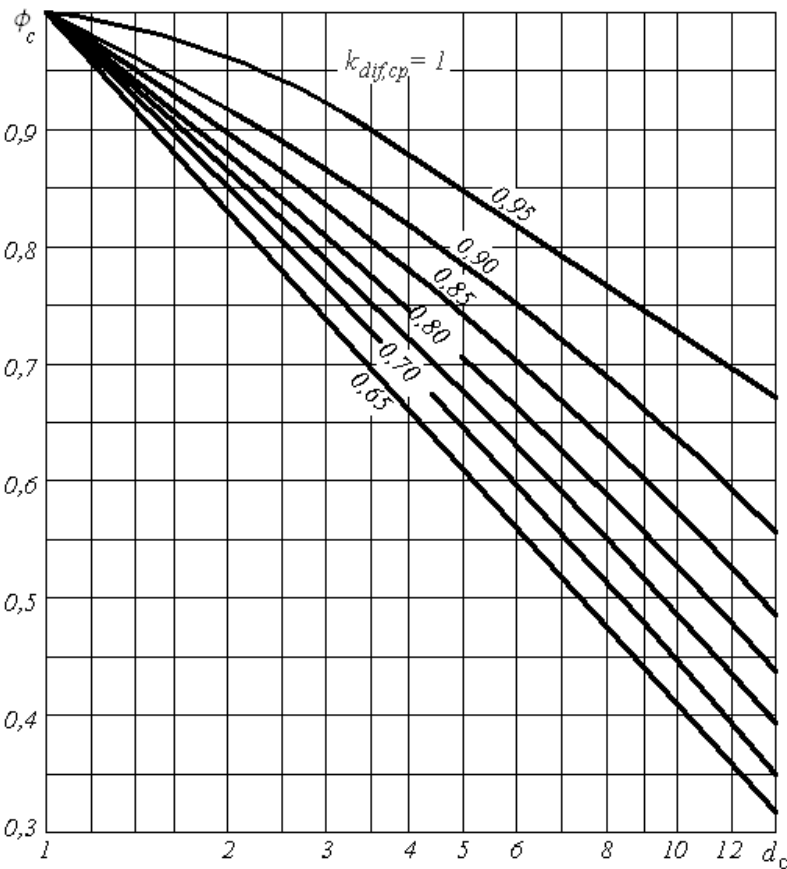


Рисунок А.8 – Графики значений коэффициента ψ_c

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:

$$x = \frac{l_{a2} - l_{a1}(l_2 - b)}{l_{a1} + l_{a2}}, \tag{A.20}$$

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;

$k_{ref,i}$ - коэффициент отражения, принимаемый по таблице А.7; при угле наклона отражающей поверхности к горизонту более 45 град. следует принимать коэффициент отражения $k_{ref,i} = 1$.

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 |

Окончание таблицы А.7

| | | | |
|----|-----|------|------|
| 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 |

Примечание – Высоту волны на ограждённой акватории сменяющимися глубинами допускается уточнять согласно А.18 и А.19 при надлежащем обосновании.

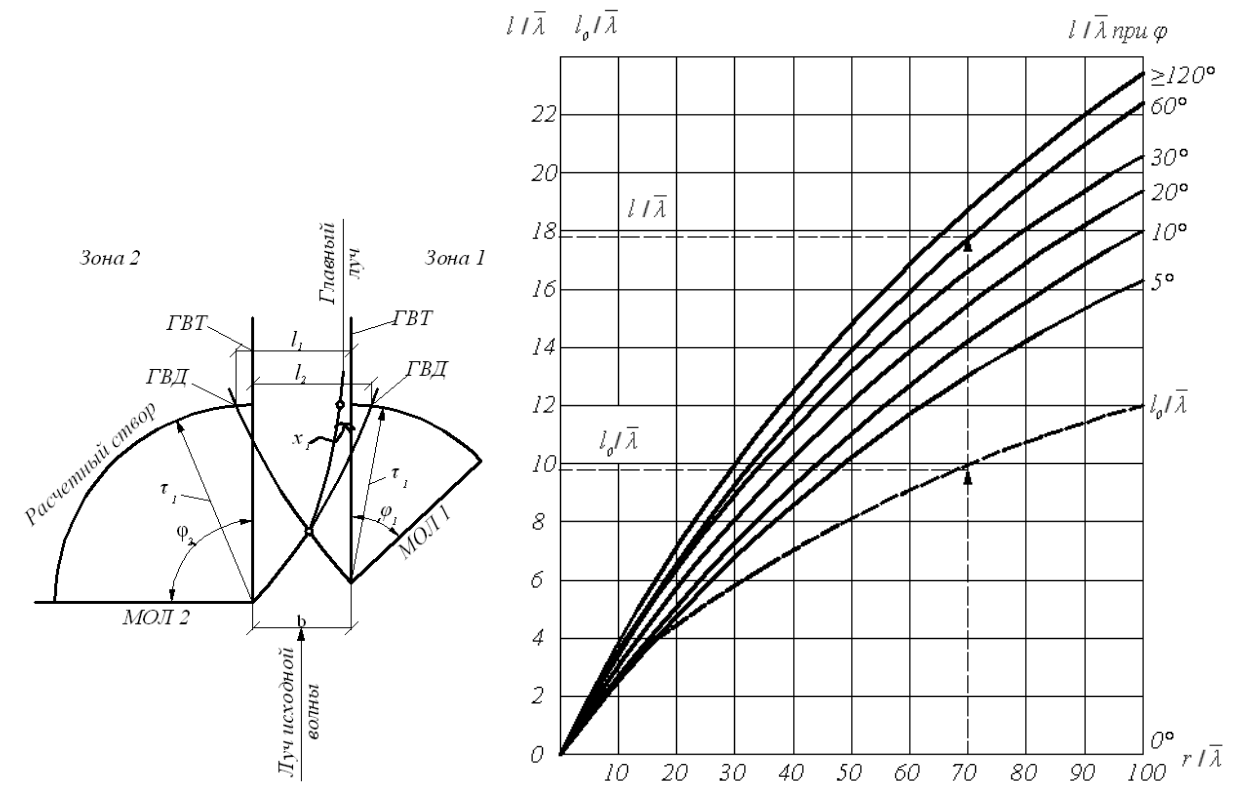


Рисунок А.9– Схема (а) и графики (б) для определения величин l и l_a

ПриложениеБ
(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

$$Q_w = 0,06 A_l \nu_l^2, \quad (\text{Б.5})$$

$$N_w = 0,06 A_l \nu_l^2, \quad (\text{Б.6})$$

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 , °С | | | |
|--------------------------|---|----|-----|-----|
| | 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

$$F_\delta = 0,3 \nu h_d \sqrt{\frac{A}{k_\delta h_\delta + \frac{0,2}{R_c m \operatorname{tg} \gamma}}}, \text{ тс.}, \quad (\text{Б.9})$$

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

$$q = p_l h_{\max} k_l, \text{тс/м}, \quad (\text{Б.18})$$

где $p_l = 10 \text{ тс/м}^2$.

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

$$F_d = 20 \nu_d t_d^4 \sqrt{\frac{h_{\max}^3}{\Phi}}, \text{тс}, \quad (\text{Б.20})$$

$$\Phi = 1 + \frac{3 \cdot 10^4}{\eta_i} [t_d + 50(1 - e^{-0,4 t_d})], \quad (\text{Б.21})$$

К 9.4.2

$$M = 200 \nu_d t_d \sqrt{\frac{h_{\max}^3}{\Phi}}, \text{тс} \cdot \text{м}, \quad (\text{Б.22})$$

$$R_t = R_{t,y} e^{\frac{-400 t_{cal}}{\eta_i}}, \quad (\text{Б.23})$$

$$R_c = R_{c,y} e^{\frac{-400 t_{cal}}{\eta_i}}, \quad (\text{Б.24})$$

R_t и R_c , тс/м².

Таблица Б.2 – Коэффициент k_e

| | | | |
|-------------------------------------|-----|------|-------------|
| $\frac{-400\alpha_{cal}}{e \eta_i}$ | 0,8 | 0,85 | 0,9 и более |
| k_e | 1 | 1,5 | 2 |

Таблица Б.3 –Определение пределов текучести льда, тс/м²

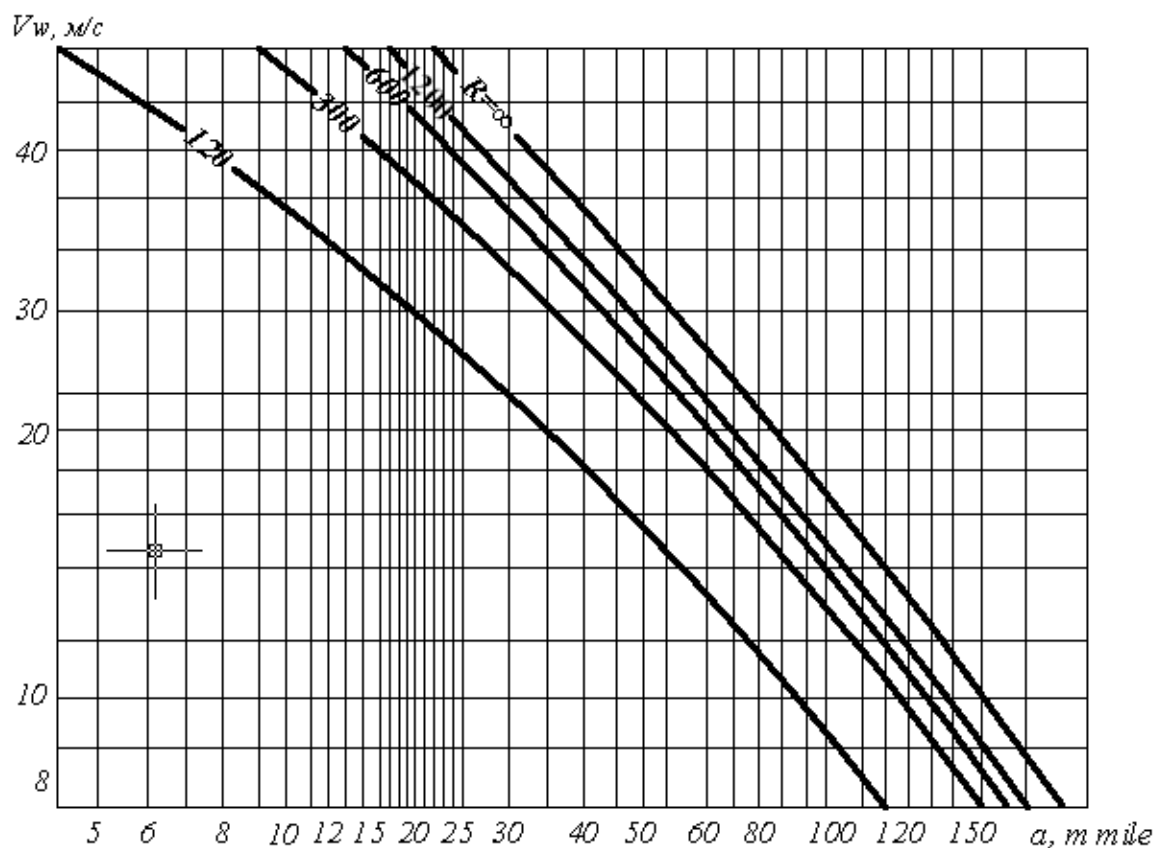
| Температура льда $t_i, ^\circ\text{C}$ | Пределы текучести льда, тс/м ² | |
|--|---|---------------------|
| | на растяжение $R_{t,y}$ | на сжатие $R_{с,y}$ |
| Верхняя часть ледяного покрова | | |
| от 0° до -2° | 70 | 180 |
| от -3° до -10° | 80 | 250 |
| от -11° до -20° | 100 | 280 |
| Нижняя часть ледяного покрова | | |
| от 0° до -2° | 50 | 120 |

t_i то же, что и в 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) $\phi \geq 50^\circ$ с.ш.; б) $\phi \geq 35 \div 49^\circ$ с.ш..**

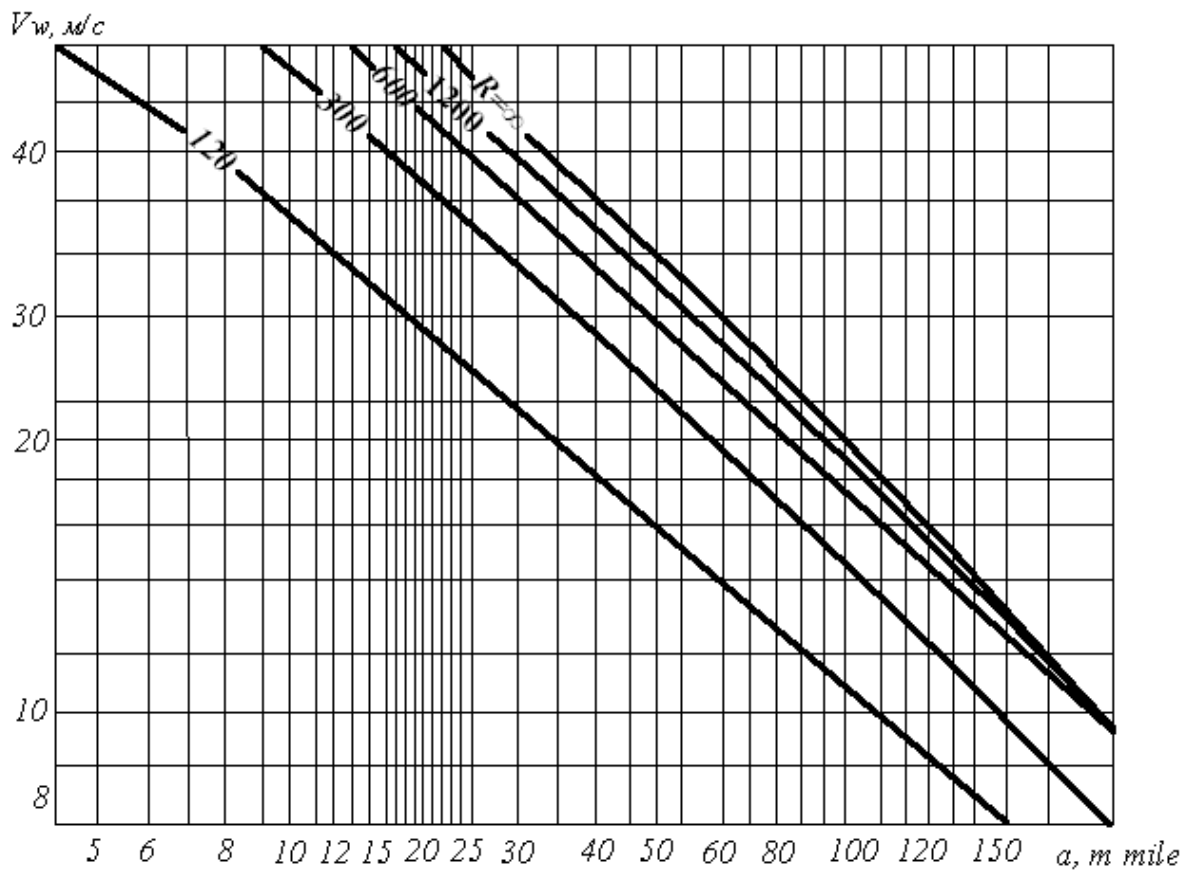
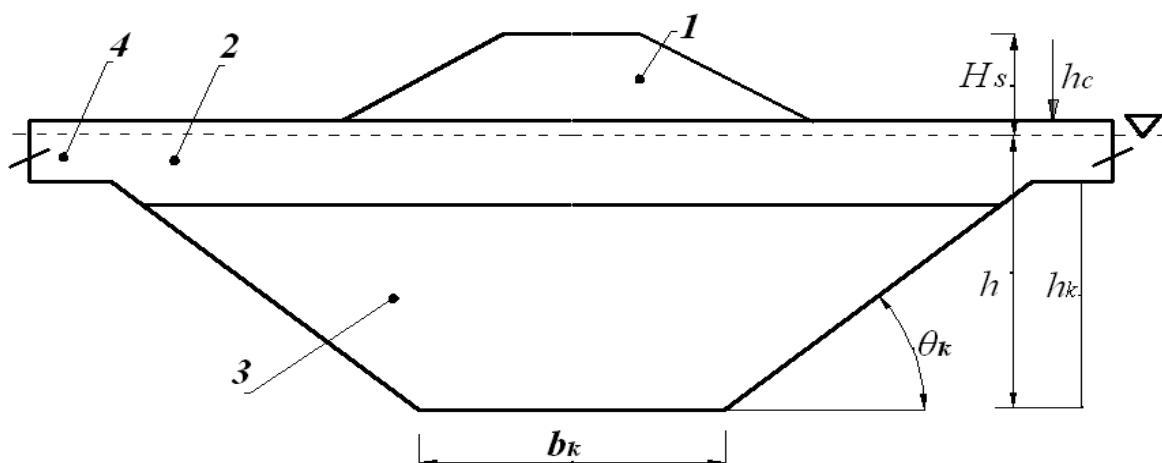


Рисунок В.1 – Графики для определения расчетной скорости ветра V_w , м/с по данным синоптических карт при циклонических изобарах, проведенных через 0,5 кПа:
а) $\varphi \geq 50^\circ$ с.ш.; б) $\varphi \geq 35 \div 49^\circ$ с.ш. (продолжение)

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 $h_c = 1,6h$, $H_s = 4,5H_s$ 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, ТҰРҒЫН 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