

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

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

**ДИНАМИКАЛЫҚ ЖҮКТЕМЕЛЕРІ БАР МАШИНАЛАРДЫҢ
ІРГЕТАСТАРЫ**

**ФУНДАМЕНТЫ МАШИН С
ДИНАМИЧЕСКИМИ НАГРУЗКАМИ**

ҚР ЕЖ 5.01–106–2013*
СП РК 5.01–106–2013*

Ресми басылым
Издание официальное

Қазақстан Республикасы Индустрия және инфрақұрылымдық даму
министрлігі Құрылыс және тұрғын үй-коммуналдық шаруашылық істері
комитеті

Комитет по делам строительства и жилищно-коммунального хозяйства
Министерства индустрии и инфраструктурного развития Республики
Казахстан

Нұр-Сұлтан 2019

АЛҒЫ СӨЗ

- 1 **ӘЗІРЛЕГЕН:** «ҚазҚСҒЗИ» АҚ, «ЗЦ АТСЭ» ЖШС
- 2 **ҰСЫНҒАН:** Қазақстан Республикасы Ұлттық экономика министрлігінің Құрылыс, тұрғын үй-коммуналдық шаруашылық істері және жер ресурстарын басқару комитетінің Техникалық реттеу және нормалау басқармасы
- 3 **БЕКІТІЛГЕН ЖӘНЕ ҚОЛДАНЫСҚА ЕНГІЗІЛГЕН:** 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 «ЗЦ АТСЭ»
- 2 **ПРЕДСТАВЛЕН:** Управлением технического регулирования и нормирования Комитета по делам строительства, жилищно-коммунального хозяйства и управления земельными ресурсами Министерства национальной экономики Республики Казахстан
- 3 **УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ** Приказом Комитета по делам строительства, жилищно-коммунального хозяйства и управления земельными ресурсами Министерства национальной экономики Республики Казахстан от «29» декабря 2014 года № 156-НҚ с 1 июля 2015 года

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

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

Қазақстан Республикасы Индустрия және инфрақұрылымдық даму министрлігі Құрылыс және тұрғын үй-коммуналдық шаруашылық істері комитетінің 2019 жылғы 06 қарашадағы №178-НҚ бұйрығына сәйкес өзгертулер мен толықтырулар енгізілді.

Внесены изменения и дополнения в соответствии с приказом Комитета по делам строительства и жилищно-коммунального хозяйства Министерства индустрии и инфраструктурного развития Республики Казахстан от 06 ноября 2019 года №178-НҚ.

МАЗМҰНЫ

КІРІСПЕ	IV
1 ҚОЛДАНУ САЛАСЫ	1
2 НОРМАТИВТІК СІЛТЕМЕЛЕР	1
3 ТЕРМИНДЕР МЕН АНЫҚТАМАЛАР	2
4 ДИНАМИКАЛЫҚ ЖҮКТЕМЕЛЕРІ БАР МАШИНАЛАРДЫҢ НЕГІЗДЕМЕЛЕРІНІҢ ЖӘНЕ ІРГЕТАСТАРЫНЫҢ ҚАУІПСІЗДІГІН ҚАМТАМАСЫЗ ЕТУ БОЙЫНША ТИІМДІ ҚҰРЫЛЫС ШЕШІМДЕРІ	4
5 МАШИНАЛАРДЫҢ ІРГЕТАСТАРЫН ЖОБАЛАУ	6
5.1 Іргетастарды жобалауға арналған шығыс деректері	6
5.2 Іргетастарды жобалауға қойылатын жалпы талаптар	7
6 НЕГІЗДЕМЕЛЕР МЕН ІРГЕТАСТАРДЫ ЕСЕПТЕУ ЖӘНЕ ЖОБАЛАУ	12
7 ҚАДАЛЫҚ ІРГЕТАСТАРДЫ ЖОБАЛАУДЫҢ ЕРЕКШЕЛІКТЕРІ	16
8 МАШИНА ІРГЕТАСТАРЫНЫҢ ТЕРБЕЛІСТЕРІН ЕСЕПТЕУ	23
8.1 Машина іргетастарының тербелістерін есептеуге қатысты жалпы нұсқаулар	23
8.2 Кезеңдік жүктемелері бар машиналардың іргетастарының тербелістерін есептеу. Рамалық іргетастар	28
8.3 Импульстық жүктемелері бар машиналардың іргетастарының тербелістерін есептеу	34
8.4 Машина іргетастарының тербелістерін кездейсоқ динамикалық жүктемелерге есептеу	36
8.5 Кинематикалық қозу кезінде машиналардың массивтік және қабырғалық іргетастарының тербелістерін есептеу	37
8.6 Қадалық іргетастарды есептеудің ерекшеліктері	39
9 МАШИНАЛАРДЫҢ ӘРТҮРЛІ ТҮРЛЕРІНІҢ ІРГЕТАСТАРЫН ЕСЕПТЕУ МЕН ЖОБАЛАУДЫҢ ЕРЕКШЕЛІКТЕРІ	45
9.1 Айналатын бөлшектері бар машиналардың, қисық тиекті-шатундық механизмі бар машиналардың және темір балғалардың іргетастары	45
9.2 Құю өндірісінің қалыптық машиналарының іргетастары мен жиналмалы темірбетон өндірісіне арналған қалыптық машиналардың іргетастары	53
9.3 Коперлік соққылық алаң жабдығының және ұнтақтағыштардың іргетастары	58
9.4 Диірмен қондырғыларының іргетастары мен тығыздаушылардың іргетастары	64
9.5 Илейтін жабдықтың іргетасы мен металл кесетін станоктардың іргетастары	70
9.6 Айналатын пештердің іргетастары	76
А қосымшасы (міндетті) Кезеңдік жүктемелері бар машиналардың іргетастарының тербелістерін есептеу	80
Б қосымшасы (міндетті) Импульстік жүктемелері бар машиналардың іргетастарының тербелістерін есептеу	87
В қосымшасы (міндетті) Машина іргетастарының тербелістерін кездейсоқ динамикалық жүктемелерге есептеу	89
Г қосымшасы (міндетті) Машиналардың көлемдік және қабырғалық іргетастарының тербелістерін кинематикалық қозу кезінде есептеу	91

КІРІСПЕ

Осы ережелер жинағы Қазақстан Республикасының нормативтік құжаты ретінде ерікті негізде қолдану үшін әрекетке енгізіледі. Осы ережелер жинағы орындалу нәтижесінде Қазақстан Республикасы Үкіметінің қаулысымен бекітілген «Ғимараттар мен құрылыстардың, құрылыс материалдары мен бұйымдарының қауіпсіздігіне қойылатын талаптар» техникалық регламентінің базалық талаптарының орындалуын жүзеге асырады.

Осы ережелер жинағы құрылыс нормаларының ҚР ҚН 5.01-06-2013 «Динамикалық жүктемелері бар машиналардың іргетастары» талаптарын белгіленген талаптарға қолайлы шешімдер мен параметрлерге кепілдеме береді.

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫНЫҢ ЕРЕЖЕЛЕР ЖИНАҒЫ
СВОД ПРАВИЛ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

ДИНАМИКАЛЫҚ ЖҮКТЕМЕЛЕРІ БАР МАШИНАЛАРДЫҢ ІРГЕТАСТАРЫ

ФУНДАМЕНТЫ МАШИН С ДИНАМИЧЕСКИМИ НАГРУЗКАМИ

Енгізілген күні - 2015-07-01

1 ҚОЛДАНУ САЛАСЫ

1.1 Осы ережелер жинағы динамикалық жүктемесі бар машиналардың іргетастарын, оның ішінде: айналатын бөліктері бар машиналардың (қуаттылығы 100 МВт дейінгі турбомашиналарды қоса), қисық тиекті-шатундық механизмдері бар машиналардың, темір балғалардың, құю өндірісіне арналған қалыптық машиналардың, жиналмалы темірбетон өндірісіне арналған қалыптық машиналардың, соққылық алаңның коперлік жабдықтардың, ұнтақтау, илеу, нығыздау жабдықтарының, үгіту құрылғысының, металл кескіш станоктар мен айналатын пештердің іргетастарын жобалауға таралады.

1.2 Осы ережелер жинағы күрделі инженерлік-геологиялық жағдайлары бар аудандардағы, сейсмикалық аудандардағы, өңделетін аумақтардағы, ұлғайған (50⁰С аса) технологиялық температуралардың жүйелік әсер етуі бар кәсіпорындардағы, басқыншылықты орталардағы және басқа ерекше жағдайлардағы машиналардың іргетастарын жобалауға таралмайды.

Ескертпе - Ары қарай «динамикалық жүктемелері бар машиналардың іргетастары» терминімен бірге «машиналардың іргетастары» және «іргетастар» терминдері де қолданылады.

***2 НОРМАТИВТІК СІЛТЕМЕЛЕР**

Осы Ережелер жинағын қолдану үшін мынадай сілтемелік нормативтік құжаттар қажет:

ҚР ҚН 5.01-02-2013 Ғимараттар мен имараттардың іргелері.

ҚНЖЕ 2.03.01-84* Бетон және темірбетон конструкциялары.

ҚР ЕЖ 5.01-102-2013 Ғимараттар мен имараттардың іргелері.

ҚР ЕЖ 5.01-105-2013 Тығыздалған қазандықтардағы іргетастар.

Ескертпе - Пайдалану кезінде ағымдағы жылғы жағдай бойынша жыл сайын жасалатын «Қазақстан Республикасының аумағында әрекет ететін сәулет, қала құрылысы және құрылыс саласындағы нормативтік құқықтық актілер мен нормативтік техникалық құжаттардың тізбесі», «Қазақстан Республикасының стандарттау жөніндегі нормативтік құжаттардың көрсеткіштері» және «Қазақстан Республикасының стандарттау жөніндегі мемлекетаралық нормативтік құжаттардың көрсеткіштері» ақпараттық каталогтары бойынша және ай сайын шығарылатын ақпараттық бюллетеньдерге – ағымдағы жылы жарияланған журналдарға және стандарттардың ақпараттық сілтемелеріне сәйкес сілтемелік құжаттардың қолданылуын тексеру орынды. Егер сілтеме құжаты ауыстырылса (өзгертілсе), онда осы норматив қолданылған кезде ауыстырылған (өзгертілген) құжатты басшылыққа алу керек. Егер сілтеме құжаты ауыстырылмаған болса,

онда оған сілтеме берілген ереже осы сілтемені қозғамайтын бөлігінде қолданылады. (Өзгерт.ред. – ҚТҮКШК 06.11.2019 ж. №178-НҚ бұйрық).

3 ТЕРМИНДЕР МЕН АНЫҚТАМАЛАР

Осы ережелер жинағында ҚР ҚН 5.01-06 берілген терминдер мен анықтамаларға сай келетін терминдер мен анықтамалар және келесідей мәндер қолданылған.

3.1 Сенімділік пен динамикалықтың коэффициенттері

γ_f – жүктеме бойынша;

γ_{c0} – машина жауапкершілігі мен динамикалық жүктемелер сипатын есепке алушы жұмыс жағдайлары;

γ_{c1} – негіз топырағының жұмыс жағдайлары;

Ресми басылым

γ_{cp} – тіреулі іргетастардың жұмыс жағдайлары;

γ_{cs} – көпжылдық қатып қалған топырақ жұмыс жағдайлары;

η – динамикалылық;

μ – пропорционалдылық (динамикалық жүктемелерді анықтайтын кезде).

3.2 Тербелістердің параметрлері

a – іргетастың тербеліс амплитудасы;

a_u – тербелістің шекті рұқсат етілген амплитудасы;

a_s – топырақтың тербелу амплитудасы;

$a_z, a_x, a_\varphi, a_\psi$ – тербеліс амплитудасының құраушылары, сәйкесінше тік, көлденең, көлденең және тік оське қатысты айналушы;

ω – мәжбүрлік тербелістердің бұрыштық жиіліктері;

n_r – айналу жиілігі, айн/мин;

ν – түсетін бөліктердің жылдамдықтары;

ε – соққы жылдамдығын қайта қалпына келтіру жылдамдығы;

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

3.3 Іргетас-топырақ жүйесінің сипаттамалары

$C_z, C_\varphi, C_x, C_\psi$ – сәйкесінше берік біркелкі және біркелкі емес қысылу немесе сығылу коэффициенттері;

$K_z, K_\varphi, K_x, K_\psi$ – сәйкесінше берік біркелкі және біркелкі емес қысылу немесе сығылу кезіндегі табиғи негіздер үшін қаттылық коэффициенттері;

$K_{z,red}, K_{\varphi,red}, K_{x,red}, K_{\psi,red}$ – сәйкесінше берік біркелкі және біркелкі емес қысылу немесе сығылу кезіндегі тіреулі іргетастар үшін келтірілген қаттылық коэффициенттері;

$\lambda_z, \lambda_\varphi, \lambda_x, \lambda_\psi$ – сәйкесінше іргетастың тік, көлденең, тік және көлденең оське қатысты айналушы ось жағдайындағы бұрыштық жиіліктер;

$\lambda_{1,2}$ – іргетастың өзіндік басты жиіліктері;

m – қондырғы массасы (іргетастың дөңесі мен жиегіндегі топырақ пен машиналы іргетас);

m_{red} – тіреулі іргетастың келтірілген массасы;

m_r – машина мен ростверктің массасы;

m_0 – түсетін бөліктердің массасы;

θ_φ , $\theta_{\varphi,red}$ – тербеліс жазықтығына перпендикуляр қондырғының ауыртпалық орталығы арқылы өтетін, сәйкесінше табиғи негіздегі және тіреудегі қондырғы массасының инерция сәті;

$\theta_{\varphi 0}$, $\theta_{\varphi 0,red}$ – тербеліс жазықтығына перпендикуляр іргетас табанының ауырлық орталығы арқылы өтетін, сәйкесінше табиғи және тіреулі негіздердің қондырғы массасының инерция сәті;

θ_ψ – қондырғының ауыртпалық орталығы арқылы өтетін тік оське қатысты қондырғы массасының инерция сәті;

ξ_z , ξ_φ , ξ_x , ξ_ψ – көлденең және тік осьтерге қатысты, сәйкесінше тік, көлденең және айналмалы тербелістердегі қатыстық демпфирлеу.

3.4 Материалдардың сипаттамалары

R – негіздеме топырағының есептік кедергісі;

R_0 – негіздеме топырағының есептік кедергісінің кестелік мәні;

E – топырақ деформациясының модулі;

c_p – тіреулердің бүйірлік беттеріндегі шекті тығыз кедергі;

E_b – іргетас материалының тығыздық модулі;

E_w , E_r – сәйкесінше ағаш және рэзіңке төсеніштерінің тығыздық модулі.

3.5 Жүктемелер

p – іргетас табаны астындағы сипаттық статистикалық қысым;

F_n – динамикалық жүктеменің сипаттық мәні;

F_d – динамикалық жүктеменің репрезентативтік мәні;

M – әрекет ететін сәттің сипаттық мәні;

$M_{n,sc}$ – қысқа тұйықталу сәтінің нормативтік мәні;

G_i – айналу бөліктерінің салмағы;

G – қондырғы салмағы;

J_z , J_φ , J_ψ – тік және көлденең осьтерге қатысты тік күш пен сәтке сәйкес импульс;

E_{sh} – соққының энергиясы;

S_q – кездейсоқ жүктеменің спектрлік жазықтығы.

3.6 Геометриялық сипаттамалары

A – іргетас табанының ауданы;

I_φ , I_ψ – іргетас табанының ауыртпалық орталығы арқылы өтетін, сәйкесінше көлденең оське, тербелістің жазықтығына және тік оське перпендикуляр іргетас табанының инерция сәті;

l – іргетас ұзындығы; тіреудің топыраққа ену тереңдігі;

l_0 – тіреудің еркін ұзындығы;

d – тіреудің көлденең қимасы жағының ең кіші өлшемі немесе диаметрі;

u – тіреудің көлденең қимасының периметрі;

h_1, h_2 – қондырғының жалпы ауыртпалық орталығынан сәйкесінше іргетастың жоғарғы жиегіне және іргетас табанына дейінгі қашықтық;

r – іргетастар мен тіреулер арасындағы қашықтық;

e – жүктеме қосымшасының эксцентриситеті.

4 ДИНАМИКАЛЫҚ ЖҮКТЕМЕЛЕРІ БАР МАШИНАЛАРДЫҢ НЕГІЗДЕМЕЛЕРІНІҢ ЖӘНЕ ІРГЕТАСТАРЫНЫҢ ҚАУІПСІЗДІГІН ҚАМТАМАСЫЗ ЕТУ БОЙЫНША ТИІМДІ ҚҰРЫЛЫС ШЕШІМДЕРІ

4.1 Осы ережелер жиынтығы төменде келтірілген болжамдарға негізделген және келесілерді қамтиды:

- әзірлеу үшін бастапқы деректер жеткілікті көлемде жиналып, сәйкес біліктілігі мен тәжірибесі бар мамандармен тіркелген және интерпретацияланған болуы керек;
- әзірлеу сәйкес біліктілігі мен тәжірибесі бар мамандармен әзірленген болуы керек;
- инженерлік іздестіру, әзірлеу, құрылыс және машинажасау мамандары арасындағы байланыс пен координация орнатылған болуы тиіс;
- құрылыс бұйымдарының өндірісінде және құрылыс алаңында сәйкес сапа бақылауы қамтамасыздандырылған болуы керек;
- құрылыс жұмыстары, қондырғыны орнату және жөндеу стандарттар мен техникалық шарттар талаптарын қамтамасыз ете алатын білікті мамандармен орындалуы тиіс;
- қолданылатын материалдар мен бұйымдар техникалық шарт және жоба талаптарына сәйкес болуы керек;
- динамикалық жүктемесі бар іргетас көліктерін және олармен байланысты инженерлік жүйелерге техникалық қызмет көрсету олардың қауіпсіздігін қамтамасыз етіп, барлық пайдалану уақытында жұмыс жағдайын қамтамасыз ете алуы керек;
- динамикалық жүктемесі бар көліктердің іргетастары жобаға сәйкес тағайындалуы бойынша орындалуы керек.

4.2 Динамикалық жүктемелері бар машиналардың іргетастары:

- а) құрылысқа арналған инженерлік іздеулердің нәтижелерінің;
- б) динамикалық жүктемелері бар машиналардың мақсатын, конструктивтік және технологиялық ерекшеліктерін, сонымен қатар оларды пайдалануға беру шарттарын сипаттайтын деректердің;
- в) машиналардың іргетастарына әрекет ететін жүктемелердің;
- г) маңайындағы қоршаған құрылыстың және оның қайтадан соғылатын және реконструкцияланатын машиналардың іргетастарына ықпалының;
- д) экологиялық және санитарлық-эпидемиологиялық талаптардың негізінде және есебімен жобалануы керек.

4.3 Динамикалық жүктемелері бар машиналардың іргетастарын жобалау кезде, осы іргетастардың құрылысы мен пайдалануға берудің барлық кезеңіндегі сенімділікті, ғұмырлықты және үнемділікті қамтамасыз ететін шешімдер қарастырылуы керек. Іргетастар мен басқа конструкциялардың материалдарының физика-механикалық қасиеттері мен топырақтардың беріктілік және деформациялық сипаттамаларын айтарлықтай толық пайдалануды қамтамасыз ететін елеулі үнемді және сенімді жобалық шешімдерді таңдау үшін жобалық шешімдердің ықтимал нұсқаларын техника-экономикалық салыстыруды жүргізу керек.

Жұмыс өндірісінің және құрылысты ұйымдастыруды жобаларын әзірлеген кезде, оларды салатын бүкіл кезеңде конструкция сенімділігін қамтамасыз ету жөніндегі талаптар орындалуы керек.

4.4 Жобалау бойынша жұмыстарды жобалаудың техникалық тапсырмасы мен қажетті шығыс деректерге (4.2-тармағына қараңыз) сәйкес жүргізу керек.

4.5 Жобалау кезінде ғимараттар мен имараттардың жауапкершілік деңгейін ескеру керек.

4.6 Құрылысқа арналған инженерлік іздеулер инженерлік іздеулер және құрылыс үшін топырақтарды зерттеу жөніндегі стандарттарға және басқа нормативтік құжаттарға, сондай-ақ 4.7-тармағының талаптарына сәйкес жүргізілуі керек.

4.7 Инженерлік іздеулердің нәтижелері динамикалық жүктемелері бар машиналардың іргетастарының конструктивтік шешімдерін таңдауға және олардың есебін құрылыс алаңының инженерлік-геологиялық жағдайлары мен топырақтардың қасиеттерінің ықтимал өзгеруінің (құрылыс салу мен пайдалануға беру процесінде) болжамының, сондай-ақ оны игеруге керекті инженерлік шаралардың түрі мен көлемінің есебімен жүргізуге қажетті деректерден тұруы керек.

Инженерлік іздеулердің тиісті қорытындыларысыз немесе олар жеткіліксіз болған кезде жобалауға жол берілмейді.

Ескертпе - Қажетті жағдайларда инженерлік іздеулерді қайтадан соғылып жатқан немесе реконструкцияланатын машина іргетастары үшін ғана емес, сондай-ақ олардың әсер ету аймағына кіретін қоршап тұрған құрылыс үшін де қарастыру керек.

4.8 Жаңа объектіні салған немесе қолданыстағы объектіні реконструкциялаған кезде ғимараттар мен имараттардың рұқсат етілмейтін тербелістеріне жол бермеу мақсатында машина іргетастарынан топырақта тербелістердің таралу болжамын орындау керек.

4.9 Қайта соғылатын немесе реконструкцияланатын машина іргетастарының геотехникалық мониторингін жоспарлау және жүргізу кезінде машина іргетастарының мониторингінің ерекшеліктерін ескеру керек.

Машина іргетастарының мониторинг бағдарламасы машиналар мен олардың іргетастарының тербелістерін өлшеуден, қажетті жағдайларда – топырақ пен қоршаған ғимараттар мен имараттардың тербелістерін өлшеуден тұруы керек. Өлшеулер жобалау тапсырмаларының барлығын тербеліске, дірілдің рұқсатты деңгейінің бөлігінде еңбек қауіпсіздігінің стандарттарының талаптарын және машиналардың, жабдықтар іргетаста немесе оның қасында орналасқан аспаптардың, ғимараттар мен имараттардың конструкциялары мен негіздемелерінің дұрыс жұмысын қамтамасыз етуге қойылатын талаптарды тексеру мүмкіндігін қамтамасыз етуі керек. Тербелістерді өлшеу бағдарламасында:

- өлшеудің жүйелілігін (бір реттік, динамикалық жүктемелері бар машиналардың ағынды жөндеуінен кейін ж.т.б.);
- машина іргетастарының, топырақтың және қоршаған ғимараттар мен имараттардың тербелістерінің және олардың есептік мәндерінің бақыланылатын параметрлерін;
- талап етілетін нақтылық пен өлшеудің қолданылатын әдістемесін;
- тетіктерді орнатудың схемаларын көрсету керек.

Тербелістерді шектеу бойынша талаптарды бұзу анықталған жағдайда, себептерді табу мен динамикалық жүктемелері бар машиналарды жөндеу, олардың іргетастарын күшейту немесе басқа шараларды әзірлеу бойынша, себептерін көрсету арқылы бөлшектік зерттеу жүргізілуі керек.

5 МАШИНАЛАРДЫҢ ІРГЕТАСТАРЫН ЖОБАЛАУ

5.1 Іргетастарды жобалауға арналған шығыс деректері

5.1.1 Іргетастарды жобалауға арналған шығыс деректері:

- машинаның техникалық сипаттамасы (атауы, типі, бір минуттағы айналым саны, қуаттылығы, жалпы массасы мен қозғалатын бөлшектерінің массасы, қозғалатын массалардың байламасы бар жабдықтың кинематикалық сызбасы, соққылық бөлшектердің жылдамдығы ж.с.с.);

- статикалық және динамикалық жүктемелердің қосымшалау және бағыттау схемалары, сонымен қатар амплитудалар, жиіліктер, дұрыс пайдалануға беру тәртібі туралы, сондай-ақ апаттық тәртібіндегі іргетастық бұрандаларға әрекет ететін жүктемелердің әрекетінің бағыттары; жүктеме беру алаңдарының өлшемдері; осы дірілді окшаулаудың есебімен іргетастарға берілетін динамикалық жүктемелерді көрсету арқылы машиналардағы зауыттық дірілді окшаулаудың бар екендігі туралы мәліметтер;

- іргетастар мен олардың негіздемелерінің (отыру, крен, іргетас және олардың элементтерінің майысуы) деформацияларының шекті мәндері, егер ондай шектеулер өндіріс технологиясының жағдайы, машина жұмысы немесе қасында орналасқан дірілге сезімтал және жоғары нақтылы жабдық арқылы шақырылатын болса; машинаның жеке бөлшектерінің өзара деформациясын шектеуге қойылатын талаптар;

- машиналарды (жабдықты) іргетастарда орналастыру шарттары туралы деректер: әрбір машина (агрегат) астына жеке іргетастар немесе оларды ортақ іргетасқа топтық орналастыру; агрегирленген жабдықтардың тірек тақтайшаларының (рамаларының) сипаттамалары туралы деректер, оларды іргетаспен қосу типтері туралы деректер;

- машинаны орналастырудың, оларды бекіту элементтерінің шегіндегі іргетас габариттерінің, сонымен қатар қосалқы жабдықтар мен ойықтарды, арналарды және тесіктерді орналастыру мен өлшемдері көрсетілген коммуникациялардың, құйып тұру өлшемдері мен с.с. сызбалары, олардың типтері мен диаметрін, төсейтін бөлшектерді, арқауларды ж.с.с. көрсетуі бар іргетас бұрандаларын орналастыру сызбалары;

- жобаланатын іргетасты ғимарат (имарат) конструкциясына, оның ішінде – оның іргетасына байлау, ғимараттың (имараттың) ерекшеліктері туралы деректер, оның ішінде бойындағы бар жабдық пен коммуникацияның түрі мен орналасуы туралы деректер;

- ҚР ҚНЖЕ 5.01-01 талаптарына сәйкес анықталатын топырақ негіздемесінің қысылатын қалыңдықтың тереңдігіне физика-механикалық қасиеттері мен құрылыс телімінің инженерлік-геологиялық жағдайлары туралы деректер;

- іргетас деформациясын шектеген жағдайда топырақтардың діріл сырғушылығының сипаттамасы туралы деректер;

- бойлық және көлденең серпінді толқындардың жылдамдықтары туралы деректер;

- статикалық және динамикалық жүктемелер кезіндегі топырақ негіздемесі мен қадалардың күш түсетін қабілеттілігі қаттылықтарының коэффициенттеу туралы деректер;

- іргетастар мен олардың шұңқырларын жерастылық сулардан қорғауға, басқыншылықты орта мен өнеркәсіптік ағындардың әсер етуіне, температуралық әсер етуге қойылатын арнайы талаптар;

- уақыт бойынша машинаны көп жылдар бойы топырақтарда соғылған іргетастар үшін машиналарды пайдалану туралы деректер болады.

5.1.2 Жоғарыда аталғандардан басқа, тиісті бөлімдерінде машинаның әр түріне байланысты ерекшеліктен шыға, жобалауға қажетті қосымша шығыс деректері берілген.

5.2 Іргетастарды жобалауға қойылатын жалпы талаптар

*5.2.1 (1) Р Жобалық жағдайлар ҚР ЕЖ EN 1997-1:2004/2011 сәйкес тағайындалады.

(2) Шекті жағдайларды таңдау кезінде есептеу үшін ҚР ЕЖ EN 1997-1:2004/2011 2.4.2(4) тізімдемесіндегі әсерлерді қарастыру керек. *(Өзгерт.ред. – ҚТҮКШІК 06.11.2019 ж. №178-НҚ бұйрық).*

(3) Имараттың үлкен қаттылығы жағдайында әсер етуді бөлуді анықтау үшін имарат пен негіздеменің өзара әрекетінің есебі жүргізіледі.

5.2.2 Динамикалық жүктемелері бар машина іргетастары бетондық немесе темірбетондық монолиттік, жиналмалы-монолиттік және жиналмалы, ал тиісті негіздеме бар болған кезде – металл бола алады.

Монолиттік іргетастарды динамикалық жүктемелері бар машинаның барлық түрі үшін, ал жиналмалы-монолиттік және жиналмалы іргетастарды – әдетте, кезеңдік әрекеттің (айналатын бөлшектері бар, қисық тиекті-шатундық механизмі бар ж.б.) машиналары үшін жобалау керек.

5.2.3 Монолиттік және жиналмалы-монолиттік іргетастар үшін қысуға арналған бетонның беріктілік бойынша класы В12,5 төмен, ал жиналмалы іргетастар үшін – В15 төмен болмауы керек. Станоктардың арматураланбаған іргетастары үшін В7,5 класының бетонын қолдануға жол беріледі. Іргетасқа бір уақытта динамикалық жүктеме мен ұлғайтылған технологиялық температура әсер еткен жағдайда бетонның класы В15 төмен болмауы керек.

5.2.4 Машиналардың іргетастарын әрбір машина (агрегат) астына жекеше немесе ортақ бірнеше машиналардың (агрегаттардың) астына жобалауға жол беріледі.

Машина іргетастары, әдетте, ғимараттың, имараттың және жабдықтың жанасқан іргетастарынан, сонымен қатар еденнен тесіп өтетін жіктерден бөлінген болуы керек.

Ескертпе - Машина іргетастарын ғимарат іргетастарымен қосуға немесе оларға ғимарат конструкциясының тірелуіне жеке тиісті бөлімдерде көрсетілген жеке жағдайларда жол беріледі.

5.2.5 Динамикалық жүктемелері бар машиналар мен жабдықтарды орналастыру және дірілге сезімтал объектілерге дейін қашықтықты белгілеу кезінде келесі факторларды ескеру керек:

– ғимарат және имарат конструкциясының тербелісіне ең үлкен әсерді топырақта төмен жиілікті (минутына 400 және одан аз айн/мин айналым саны бар) машиналардың іргетастарынан бастап тарататын, тербелістердің ғимараттың өзіндік тербелістеріне жақын жиіліктермен қозатын толқындар береді. Ғимараттағы тербелісті азайту үшін ғимарат пен оның күш түсетін конструкцияларының өзіндік тербелістерінің негізгі жиіліктері топырақта таралатын тербеліс жиілігінен кемінде 20 % ерекшеленуі керек. Ғимараттың өзіндік

ҚР ЕЖ 5.01–106–2013*

тербелістерінің жиілігін есептеу ғимарат конструкциясының динамикалық жүктемелерге есептеу туралы қолданыстағы нормативтік құжаттарға сәйкес жүргізілуі керек;

– орташа (400 айн/мин аса) және жоғары (1500 айн/мин аса) жиілікті машиналардың жұмысынан шақырылатын тербелістер дірілдің көрші ғимараттар мен имараттарға ықпал ету көзқарасы жағынан қауіпі аз болып есептелінеді, ол – біріншіден, ғимараттың резонанстық тербелістерінің пайда болуын шектеумен, екіншіден, олар топыраққа таралған кездегі қашықтықпен жоғары жиілікті тербелістердің айтарлықтай қарқынды сөнуімен шарттасқан;

– темір балғаның, копердің, құю өндірісінің қалыптық машиналарының соққылық әрекеті машинасының жұмысынан пайда болатын тербелістер топырақтың елеулі шөгуіне, әсіресе су сіңіретін құм топырақтардың шөгуіне әкелуі мүмкін, ол өз кезегінде осы машиналар орналасқан ғимараттың күш түсетін конструкцияларының деформациясына әкеледі.

Таралатын тербеліс деңгейін азайту үшін іргетас габариттерін (масса, табанның ауданы, конфигурация) ұлғайту, бірнеше іргетастарды ортақ тақтайшамен байланыстыру, динамикалық өшіргіштер мен қосылған тақтайшаларды қолдану, теңестіретін тепе-теңдіктерді қолдану, машина айналымының санын өзгерту, синхрондық қозғалтқыштарды қосу фазасы бойынша реттеу ж.б. қарастырылуы керек.

5.2.6 Динамикалық жүктемесі бар машина іргетастарының және маңайдағы құрылыстардың дірілін азайту мақсатында тиісті негіздеме кезінде іргетастардың діріл окшаулауын қарастыру керек. Іргетастардың діріл окшаулауының конструктивтік шешімдерін таңдау мен оларды есептеу осы ережелер жинағында қарастырылмайды. Іргетас табанының діріл деңгейін фондық мәндерге дейін діріл окшаулаумен төмендету кезінде негіздеме статикалық жүктемелердің қимылына ғана есептелінеді.

*5.2.7 Қуаттылығы 25 мың және одан да көп кВт турбоагрегаттардың іргетастарынан басқа, динамикалық жүктемесі бар машина іргетастарының құрылғысын, егер ондай топырақтар қысу кезінде топырақтың бірқалыпты емес шөгуіне алып келетін органикалық қоспалардан тұрмайтын болса, шашпалы топырақтарда орналастыруға жол беріледі. Сонымен қатар үйінді топырақтан жасалған негіз ҚР ҚН 5.01-02 нормативтік талаптарына сәйкес нығыздалуы керек (ауыр тромбовкалармен, дірілдеумен немесе басқа да тәсілдермен). (Өзгерт.ред. – ҚТҮКШК 06.11.2019 ж. №178-НҚ бұйрық).

Ескертпе - Импульстік емес (соққылық емес) әрекеттегі есептік статикалық жүктемелерден ¹ кемінде 70 кПа іргетас табанының астындағы орташа қысымы бар, қуаттылығы 500 кВт кем емес қозғалтқышы бар машиналардың іргетастарын, егер құм топырағынан жасалған шашпаның жасы кемінде екі жыл және саз топырақтардан жасалған шашпаның жасы кемінде бес жыл болса, жасанды тығыздатусыз шашпалы топырақтарда салуға жол беріледі.

*5.2.8 Машина іргетастарын табиғи негіздемелерде жобалау кезінде ауыртпалық орталығының бір вертикалында іргетас табаны алаңы мен машина, іргетас және іргетас кесіктері мен шықпаларындағы топырақ салмағынан болатын, бірдей әрекет ететін статикалық жүктемелердің әрекетінің сызықтарын, ал қадалық іргетастар үшін – қада жоспарының ауыртпалық орталығы мен машина және ростверктің салмағынан болатын, бірдей әрекет ететін статикалық жүктемелердің әрекетінің сызықтарын біріктіруге тырысу керек. Осы жерде эксцентриситет, әдетте, есептік кедергінің $R_0 \leq 150$ кПа кестелік мәні бар топырақтар үшін (жеке бөлімдерде айтылғандардан басқа) – 3 %, ал $R_0 > 150$ кПа бар топырақтар мен аспалы қадалардан жасалған қадалық іргетастар үшін бағытында

ауыртпалық орталығының жанасқан іргетас табаны жағының өлшемінен – 5 % аспауы керек.

R_0 мәнін ҚР ЕЖ 5.01-101 талаптарының кестелік деректері бойынша анықтау керек.

Ескертпе - Турбоагрегаттардың іргетастары үшін эксцентриситет R_0 мәніне тәуелсіз көрсетілген өлшемнің 3 % аспауы керек. Жартастық топырақтар төселген негіздемелер, сонымен қатар қада-тіректен жасалған қадалық іргетастар үшін эксцентриситет мәні мөлшерленбейді.

Эксцентриситеттің шектеулерін бұзған кезде массивтік және қабырғалық іргетастардың тербелістерін А қосымшасының нұсқауларына сәйкес есептеу керек. Осы жерде іргетасты орталықтан тыс жүктеу кезіндегі шекті қысымның шамасы ҚР ЕЖ 5.01-101 формуласының оң жағымен анықталатын мәннен 25 % аспауы керек. *(Өзгерт.ред. – ҚТҮКШК 06.11.2019 ж. №178-НҚ бұйрық).*

5.2.9 Динамикалық жүктемелері бар машиналардың іргетастарын:

- бұғат немесе машина бөшектерін, қосалқы жабдықтарды, коммуникацияны ж.с.с. орналастыру үшін қажетті қабылдамалары, құдықтары және тесіктері бар тақтайша түрінде массивтік;

- төменгі іргетастық тақтайшадан (немесе ростверктен), қабырға және үстінде жабдық орналасатын жоғарғы тақтайша (немесе рама) жүйесінен тұратын қабырғалық;

- жоғарғы тақтайшадан немесе тұрақтардың қатары арқылы төменгі іргетастық тақтайшаларға сүйенетін арқалықтардың жүйелерінен тұратын кеңістіктік конструкцияны құрайтын рамалық;

- әртүрлі конструктивтік типтермен, оның ішінде ростверктік қадалармен жеңілдетілген етіп жобалау керек.

5.2.10 Темір бетонды тіреу тақталарында агрегатталатын айналушы бөліктері бар, қисық тиекті-шатундық механизмдері бар жабдықтар және станокты жабдықтарды өнеркәсіптік ғимараттарда есептеулерге негіздей отырып, сонымен қатар тиісті бөлімдерде көрсетілген жағдайларда төсенуші қабаттарға іргетастарсыз орнатуға рұқсат етіледі.

5.2.11 Машина іргетастарының табандарын, әдетте, жоспарда тікбұрышты қалыпта қарастырып, бір белгіге орналастыру керек.

5.2.12 Жиекті іргетастарды жобалаған кезде:

- жалпы геометриялық сұлба бойынша да, және элементтер сұлбасымен де іргетас симметриясын сақтауға;

- тіреу осьтеріне қатысты көлденең жиектер бойынша ригельдерді баған осьтеріне симметриялық орналастыруға;

- ригельдерге және тіреулерге эксцентриситетпен салмақ беруді болдырмауға;

- жоғарғы іргетастарды биіктік бойынша біркелкі жобалауға;

- барлық консольдердің шықпаларын минималдық ықтимал өлшеммен белгілеуге, осы жерде тиісті өлшемдер жоқ болған кезде, консольдің тірек қиысуының биіктігін оның шықпасынан 0,75 кем емес етіп қабылдауға кепілдеме беріледі.

5.2.13 Қабырғалық және жиекті іргетастарда төменгі іргетас тақтасының биіктігін есептеу бойынша алуға, бірақ тіреулердің ең үлкен өлшемінен және қабырға қалыңдығынан, 0,4 м-ден кем емес етіп алуға кепілдеме беріледі.

ҚР ЕЖ 5.01–106–2013*

Қабырғалық іргетастың жоғарғы темір бетонды тактасы (жиек) қабырғамен қатты байланған болуы керек. Тактаның төменгі бетін бір белгіде орындауға кепілдеме беріледі.

Қабырғаларды ереже бойынша көлденең диамикалық салмақ сызығы бойымен орналастыру керек.

5.2.14 Іргетасты бұрандалар типі, оларды орнату әдістері, сонымен қатар материал және орнату параметрлерін нормативтік талаптарға сәйкес тағайындауға кепілдеме беріледі.

Соққылық салмақ кезінде, сонымен қатар 42 мм кем емес бұрандаларды орнатуды талап ететін алынатын іргетас бұрандаларын орнатуға кепілдеме беріледі.

Бұрандалардың төменгі ұштарынан іргетас табанына дейінгі арақашықтық 100 мм-ден көп емес болу керек.

Ескертпе - Ары қарай «есептік статикалық салмақтан іргетас табанына түсетін орташа қысым» терминінің орнына «фундамент табаны астындағы орта статикалық» термині қолданылады.

Машина іргетастарының биіктігін технологиялық қондырғыларды орналастыру, ойықтар мен шахталар, сонымен қатар іргетас бұрандаларының тереңдік жағдайына байланысты тағайындауға кепілдеме беріледі.

5.2.15 Массивтік іргетастарды құрылымдық арматуралау табан бойынша және машина табаны бойынша жергілікті және іргетас қимасының өлшемдерінің лездік өзгеру орындарында жалпылай арматуралауды қарастырады.

Іргетас табандарын арматуралаған кезде көлденең және тік өзекшелер диаметрлерін табан жағы 3 м-ден аз болса – 10 мм-ден аз емес, үлкен өлшем болса – 200 мм өзекше қадамымен 12 мм-ден аз емес етіп алуға кепілдеме беріледі.

Соққы әрекеті бар машина табандарын жергілікті арматуралауда өзекше диаметрлерін іргетастарға жабдық бекітуші бұранда диаметрлеріне байланысты 1кесте бойынша алуға кепілдеме беріледі. Бұл жағдайда торлардың өлшемі жоспада машина табанының өлшемінен асуы керек, әдетте, арматура 10-20 мм диаметріне байланысты 300-600 мм асуы керек. Өзекшелердің ұсынылатын қадамы – 200 мм.

Соққы салмағы бар машина табандарының астындағы жергілікті арматуралауды тиісті бөлімдердегі нұсқаулар бойынша жүргізген дұрыс.

Соққылық салмақтарды қабылдап алушы іргетастар аймақтарын арматуралау үшін, әдетте, тоқылған арматура қолдану керек. Бұл жағдайда бетонның қорғаныс қабатын 30 мм кем емес етіп қабылдау керек.

1- кесте – Жабдықтарды іргетастарға бекітуге арналған бұрындалардың диаметрі

Жабдықты бекітуге арналған бұрандалардың диаметрі, мм	42-ден кем	42 - 56	56-дан аса
Сырықтардың диаметрі, мм	10 - 12	12 - 16	16 - 20

Ескертпе - Соққылық әрекеті жоқ, көлемі 20 м³ және одан аз машиналар іргетастарында табаны бойынша жалпылай арматуралауды қарастырмауға жол беріледі.

5.2.16 Қабырғалық және жиекті іргетастардың элементтерін арматуралау келесі қосымша нұсқауларды есепке алумен орындалған нормативтік талаптарға сәйкес есептеулер бойынша жүзеге асырылады:

- арқалықтар, ригельдер және тіреулер арматураларының құрылым қимасынаың периметрі бойынша көлденең өзекшелеріне дәнекерленген тұйықталған қамыттары немесе өзекшелері болуы керек;
- тіреулерді қадамы 300 мм-ден көп емес симметриялық көлденең арматурамен арматуралауға кепілдеме беріледі;
- арқалықтардың және ригельдердің бүйірлік шеттерінде қима биіктігі бойынша 300 мм-ден жиі емес жерлерге диаметрі 12 мм-ден кем емес өзекшелер орнатуға кепілдеме беріледі;
- қабырғалық іргетас қабырғаларын құрылымдық арматуралауда тік өзекшелер диаметрлері 12 мм-ден аз емес, ал көлденең өзекшелердікі 10 мм-ден аз емес өлшемде болуы керек. Екі бағытта да өлшем қадамын 200 мм-ге тең етіп алу керек.

5.2.17 Іргетастардағы температуралық орнықтыру жіктерін келесі рақашықтықтарда қарастыруға кепілдеме беріледі:

- монолиттік іргетасты бұрандалар үшін 20 м;
- монолиттік темір-бетонды іргетастар үшін 40 м, жинақтық монолиттікке үшін 50 м.

Көрсетілген арақашықтық сәйкес негіздемесі болса үлкейтіле алады. Бұл жағдайда жіктерді жіктермен бөлінген іргетастардың жеке аймақтарында бір-бірімен қатты байланыспаған жабдықты орналастыру дұрыс болады.

Температуралық деформацияларды азайту үшін уақытша температуралық-орнықтыру жіктерін орнатуға рұқсат етіледі.

Технологиялық талаптар бойынша іргетастың иілуінің шектелуінде температуралық орнықтыру жіктерінің орнына бетон төсеу кезіндегі температуралық тәртіпті реттеу бойынша іс-шараларды қарастыруға кепілдеме беріледі.

5.2.18 Негіздеме топырағына, әлсіз топырақ қабатының қалыңдығына, статикалық қысымға, динамикалық салмақ сипаты мен өлшеміне байланысты негіздеме деформациясын жоюға бағытталған келесі іс-шаралар қолданылуы мүмкін:

- топырақтың әлсіз қабатын құм немесе гравийлік топырақтармен қабаттап тығыздау арқылы алмастыру;
- топырақтарды жасанды бекіту;
- арматураланған негіздеменің қондырғысы;
- топырақтың әлсіз қабатын тіреулік іргетастармен кесу;
- іргетас периметрі бойынша тығындық қоршау қондырғысы;
- әлсіз топырақты тегістеумен немесе уақытша себу жабдығымен бір бөлігін немесе толығымен тығыздау;
- сумен әлсіз қаныққан топырақтарда тереңдетілген су түсірулер.

Негізді бекіту бойынша шараларды таңдауда тіреулік іргетас қондырғысы негіз қаттылығын арттыруға, сәйкесінше іргетастың тік тербелуі кезіндегі өзіндік жиілігінің артуына алып келетінін ескеру керек, бірақ бұл көлденең бағыттағы негіздің тығыздың қаттылығына әсер етпейді.

6 НЕГІЗДЕМЕЛЕР МЕН ІРГЕТАСТАРДЫ ЕСЕПТЕУ ЖӘНЕ ЖОБАЛАУ

6.1 (1)Р Іргетастарды есептеу кезінде жобалық жағдайлар ҚР ЕЖ EN 1997-1:2004/2011 2.2- тармағына сәйкес тағайындалады.

(2) Шекті жағдайларды таңдау кезінде есептеу үшін ҚР ЕЖ EN 1997-1:2004/2011 2.4.2(4)-тармағында көрсетілген әсер етулерді қарастыру керек. *(Өзгерт.ред. – ҚТҮКШК 06.11.2019 ж. №178-НҚ бұйрық).*

(3) Құрылыстың үлкен қаттылығы жағдайында әсерлерді үлестіруді анықтау мақсатында құрылыстың және негіздің өзара әсерлесуі есептеледі.

*6.2 (2) Апаттық және шекті пайдалану күйіндегі табиғи негіздерге іргетастарды жобалауда ҚН ЕЖ EN 1997-1:2004/2011 6.5 және 6.6-тармақтарында берілген есептік модельдерді пайдалануға кепілдеме беріледі. Тасты негіздегі іргетастарды жобалауда қабылданған күш түсетін кедергілер ҚН ЕЖ EN 1997-1:2004/2011 6.7-тармағы бойынша қолданылуы керек. *(Өзгерт.ред. – ҚТҮКШК 06.11.2019 ж. №178-НҚ бұйрық).*

6.3 2-кестеде тізбектелген барлық машина типтері үшін табиғи негіздеме p іргетасы астындағы орта статикалық қысым келесі шартты қанағаттандыруы керек:

$$p \leq \gamma_{c0} \gamma_{c1} R, \quad (1)$$

мұнда p – іргетас табанындағы орта статикалық қысым;

γ_{c0} – 2 кесте бойынша қабылданатын жұмыс шартының коэффициенті;

γ_{c1} – ағымдық консистенциясы майда және шанды сумен қаныққан құм және сазды топырақтардың жұмыс коэффициенті ретінде 0,7 (түсуші бөлшектер массасы 10 т-дан асатын іргетастарды жобалауда коэффициент мәні $\gamma_{c1} = 0,7$ аз ылғалданған және ылғалды майда әрі шанды құмдар мен орта, ірі түйіршікті сумен қаныққан құм үшін осы мән қабылданады); топырақтың басқа барлық күйлері мен түрлері үшін $\gamma_{c1} = 1$;

R – нормативтік талаптарға сәйкес анықталатын негіздеме топырағының есептік кедергісі.

2- кесте – Динамикалық жүктеменің әртүрлі типтерінің іргетастарына арналған жұмыс жағдайының коэффициенті

Машиналар	Жұмыс жағдайының коэффициенті γ_{c0}
Қисық тиекті-шатундық механизмді, баспақтар, металл кесуші станоктар, айналушы пештер, қалыптау жабдықтары	1,0
Айналушы бөліктері бар, ұнтақтағыштар, диірменді қондырғылар	0,8
Ұсталық балғалар, қалыптау машиналары, іргетастар қорап түрінде орындалатын ойық аймақтарының жабдықтары	0,5

6.4 Әртүрлі машина типтерінің іргетас құрылымдарының элементтерінің беріктілік есебін (2) формуласымен анықталатын динамикалық салмақтардың статикалық әрекетіне туынды етуге рұқсат етіледі. Әлсіреген қималардан, тіреме аймақтардан басқаларының массивтік іргетастардың беріктілік есебі, әдетте, жасалмайды.

3 - кесте – Сәйкесінше жүктеме бойынша сенімділіктің және динамикалық коэффициенттері

Машиналар	Жүктеме бойынша сенімділік коэффициенті γ_f	Көрсетілген жүктемелерге арналған динамикалық коэффициенті η	
		тіке	жазық
Айналатын бөліктері бар:			
а) машинаның қозғалушы бөліктерімен туындайтын жүктемелер, келесілердей айналу жиіліктерінде, айн/мин:			
500-ден аз	4	3	2
500-ден 1500-ға дейін	4	3 - 6*	2
» 1500 » 2000	4	6 - 10*	2
2000-нан көп	4	10	2
б) қысқа тұйықталу сәтінен түсетін салмақ	1	2	-
Қисық тиекті-шатундық механизмдерде, келесідей айналу жиіліктері болғанда, айн/мин:			
600-ға дейін	2	1	1
600-дан жоғары	1	4	2
Беттік, конустық ұнтақтауыштар	1,3	1,2	1,2
Балғақты ұнтақтағыштар	4	1	1
Диірмендер	1,3	-	1
Баспақтар	1,5	2	2
Қалыптау жабдықтары	1,2	2	2
Айналу пештері	1 (2**)	1	1
* Айналу жиілігінің аралық мәндері үшін динамикалық коэффициент мәні интерполяциямен анықталады.			
** Іргетастың шеткі тіреулеріне пештің көлденең осыңа әсер етуші тік салмаққа (тіреулер саны екіден көп болса).			
Ескертпе -			
1 Қуаттылығы 25 мың кВт артық турбомашиналар үшін а позициясындағы тік салмақ үшін η коэффициентінің мәнін кестедегіден екі есе азайтып алу керек.			
2 Айналу бөліктері бар машиналардың қайтымды-түсу үрдістері болса, осы массалардан туындайтын динамикалық салмақ үшін сенімділік коэффициентін $\gamma_f = 1,3$ деп қабылдаған дұрыс.			
3 η коэффициентінің мәні темірбетонды іргетастарға қатысты. Болат іргетастар үшін динамикалық есеп жүргізу керек.			
4 Кестеде келтірілген η мәні жүктеменің таңба алмасып әсер етуін есепке алады.			

6.5 Машинаның қозғалыстағы бөліктерінің динамикалық әсерінен қандай да бір әсерлесудің ерекше түрін көрсетуіш (мысалы, қысқа тұйықталу сәті, диірмен балғасының үзіліп кетуі және т.б.) динамикалық салмақ F_d есебі анықталады:

- толқындарды есептеуде нормативтік динамикалық жүктеменің машина жұмысының қалыпты пайдалану тәртібіне және тиісті бөлімдердің көрсеткіштері бойынша немесе жобалау тапсырмасы мен салмақтағы сенімділік коэффициенті $\gamma_f = 1$ бойынша сәйкес келуші F_n мәнінің туындысы ретінде;

- іргетас құрылымы элементтерінің беріктілігін эквиваленттік статикалық динамикалық салмақты келесі формуламен алмастыру арқылы:

$$F_d = \gamma_f \eta F_n \quad (2)$$

мұнда

γ_f және η – 3-кесте бойынша сәйкесінше қабылданатын динамикалылық және салмақ бойынша сенімділік коэффициенттері;

F_n – тиісті бөлімдер бойынша немесе жобалауға тапсырма бойынша қабылданатын, машинаның мөлшерлі пайдалану тәртібіне немесе ерекше күштік әсерлесуге сәйкес келетін динамикалық салмақтың мөлшерлік мәні.

Іргетас құрылымының элементтерінің беріктілігін есептеуде тікелей динамикалық есеп негізінде есептің динамикалық жүктемелер (2) формуласы бойынша анықталады, бұл жерде динамикалылық коэффициенті $\eta=1$.

6.6 Біркелкі емес шөгінділерге сезімтал және динамикалық машиналармен құрылыс құрылымымен немесе топырақ арқылы берілетін салмақты қабылдаушы ғимараттар мен құрылыстардың іргетастарын жобалау кезінде, табиғи негіздегі іргетас астындағы орта қысым келесі шарттарды қанағаттандыруы керек:

$$p \leq \gamma_{c1} R. \quad (3)$$

6.7 (3) шарты аймақ шекарасындағы ғимараттар мен құрылыстар іргетастары үшін орындалуы тиіс, мұнда 15 мм/с-ден көп импульстік көздер беттеріндегі, 2 мм/с-тан көп кездейсоқ және кезеңдік әсер ету көздерінің толқын жылдамдығы $v_s = a_s \omega$ (мұнда $a_s = 9.16$ формуламен анықталатын топырақтың толқын амплитудасы, ω – кезеңдік салмақ беруші іргетастардың мәжбүрлі тербелістерінің бұрыштық жиіліктері).

6.8 Іргетастың немесе оның жеке элементтерінің мәжбүрлік тербелістерінің амплитудасын әртүрлі машина типтері үшін анықтау керек. Бұл жердегі статикалық және динамикалық жүктемелерді осы нормативтік салмақ тарауының сәйкес бөліктерінде көрсетілген көрсетулерімен анықталатын мән туындысы ретінде анықтайды, және қайта жүктеу коэффициенті $n = 1$.

Іргетастың тербеліс амплитудасы келесі шартты қанағаттандыру керек:

$$A_{adm} \leq A_{adm}^u, \quad (4)$$

мұнда A_{adm} – есептеумен анықталатын немесе тәжірибелік жолмен алынған іргетас тербелісінің ең үлкен амплитудасы;

A_{adm}^u – іргетас тербелісінің шекті рұқсат етілген амплитудасы.

6.9 Машина іргетастарының тербелістерін есептегенде келесілерге рұқсат етіледі:

– A_{adm}^u шамасын жобалау тапсырмасына сәйкес нақтылап алу керек;

– негізді тығыз байланысқан сызықтық-деформацияланатын, қасиеттері тығыз біртекті және біртекті емес сығу, ығыстыру және демпфирлеуді сипаттаушы коэффициенттермен анықталатын негіз ретінде қарастыру;

– ҚН 5.3.2 көрсетілген мәндерден аспаса, эксцентриситетті іргетас массасын үлестіруде есепке алу.

6.10 Мәжбүрлі тербеліске $P = P_1 \sin \omega t$ (ұнтақтағыштар, айналмалы бөліктері бар машиналар) кезеңдік заңымен ауысатын салмағы бар машина іргетастары, сонымен қатар

$$P = P_1 \sin \omega t + P_2 \sin 2\omega t + \dots \quad (5)$$

полигармоникалық заңмен өзгертін салмақ тудырушы қисық тиекті-шатундық механизм іргетастары есептеледі.

6.11 Еркін тербелістерге құлаушы (ұсталық балғалар) немесе қайтып-түсіп орын алмастыратын денелердің (күю өндірісіндегі қалыптық машиналары) соққыларының, сонымен қатар қалыптық (тығыздауы) бойынша қондырғының жұмысшы бөліктерінің соққысы әсерінен туындайтын импульстік әсері бар машина іргетастары есептеледі.

Машина іргетастарының тербелістерін есептеуде іргетастың есептеу сұлбасы, әдетте, жүйеге бір (тік немесе көлденең тербелістерімен) немесе екі (тербелістің айналмалы немесе айналдырушы құраушыларын есепке алып, тік немесе көлденең тербелістерімен) еркіндік деңгейімен келтіріледі.

6.12 Күрделі реттелінетін іргетастар үшін, мысалы жиектік және созылмалы қабырғалық іргетастар үшін арнайы негізде күрделірек есептеу сұлбаларын қолдану ұсынылады.

Тығыз байланысқан сызықтық-деформацияланған негіздеме үшін бір еркіндік деңгейлі мәжбүрлі тік тербелістің дифференциалдық теңдеуі келесі түрге ие:

$$m_n \ddot{z} + B_z \dot{z} + K_z z = P_z e^{i\omega t}, \quad (6)$$

мұнда $B_z \dot{z}$ және $K_z z$ – сәйкесінше негіз реакциясының демпфирлеуші және тығыз бөліктері.

Тығыз байланысқан сызықтық деформацияланатын негіз үшін арналған жүйенің екі еркіндік деңгейі бар мәжбүрлі көлденең-айналушы тербелістерінің дифференциалдық теңдеу келесі түрге ие:

$$\begin{cases} m_n \ddot{x} + B_x (\dot{x} - h_2 \dot{\varphi}) + K_x (x - h_2 \varphi) = P_x e^{i\omega t} \\ \theta \ddot{\varphi} - B_x h_2 (\dot{x} - h_2 \dot{\varphi}) - K_x h_2 (x - h_2 \varphi) + \\ + B_\varphi \dot{\varphi} + (K_\varphi - m_n g h_2) \varphi = M e^{i\omega t} \end{cases} \quad (7)$$

(6) және (7) формулаларында келесі белгілеулер қабылданған:

m_n – қондырғы массасы (іргетас, машина, іргетас кесіктеріндегі топырақты себу), т;

B_z, B_x, B_φ – негізді демпфирлеу коэффициенттері сәйкесінше тік, көлденең және айналушы тербелістер үшін;

K_z, K_x, K_φ – негіз қаттылығының коэффициенті, сәйкесінше тығыз біркелкі сығуда, түзу жылжытуда және біркелкі емес сығуда;

z, x, φ – сәйкесінше қондырғының ауырлық ортасының тік, көлденең ығысуы, және іргетастың қондырғының ауырлық ортасы арқылы өтетін осыне қатысты, тербеліс жазықтығына перпендикуляр бұрылу бұрышы, град.

Шынайы (жалған) бөлік z , x , $\varphi \cos \omega t$ ($\sin \omega t$) заңдылығы бойынша өзгеретін мәжбүрлі күш пен сәтке сәйкес келеді;

h_2 – қондырғының жалпы ауыртпалық орталығынан іргетас табанына дейінгі арақашықтық, мм;

P_z , P_x , M – сәйкесінше қоздырушы күштердің тік және көлденең құраушылары, кН, және қондырғының ауыртпалық орталығынан өтетін тербеліс жазықтығына перпендикуляр оське қатысты сәт, кН·м;

ω – машинаның айналуының бұрыштық жиілігі, с^{-1} .

Машинаның айналуының бұрыштық жиілігі тербеліс кезеңімен T , тербеліс жиілігімен байланысты Гц, формуламен:

$$\omega = 2\pi f = 2\pi/T \quad (8)$$

Жүйенің еркін тербелісінің дифференциалдық теңдеулері (6) және (7) теңдеулеріне $P_z = P_x = M = 0$ тең болса, сәйкес келеді.

7 ҚАДАЛЫҚ ІРГЕТАСТАРДЫ ЖОБАЛАУДЫҢ ЕРЕКШЕЛІКТЕРІ

7.1 Қадалық іргетастарды жобалауда келесі талаптарды есепке алу керек:

– тік динамикалық салмағы басым машиналар үшін жалпақ қималы темірбетонды бағандар қолданылу ұсынылады;

– көлденең динамикалық салмағы басым машиналар үшін жалпақ қималы тіреулер де, трапециалды бағандарда қолданыла береді;

– үлкен тік динамикалық салмақ кезінде тіреулерді іргетасқа орнату тереңдігін $1,5d$ -ға дейін алуға болады (мұнда d – бағанның көлденең қимасының диаметрі немесе қабырғасы), бұл жағдайда іргетастағы тесіктерді сенімді бүтіндеуге көп көңіл бөліну керек;

– машина астындағы іргетастарға айтарлықтай салмақ болмаса ғимараттардың іргетастарымен салыстырғанда аралары алшақ бағандар торын қолдануға болады. Алайда машина іргетастары үлкен динамикалық салмақты қабылдайтын болса бағандар алшақтығын қысқартып, жеке жағдайлар үшін $3d$ -ға дейін (мұнда d – бағанның көлденең қима жағы немесе диаметрі) қысқарту керек;

– іргетас тақталарының астындағы бағандардың алшақ орналасуында тақталар беріктілігін статикалық есептеумен анықтайды.

7.2 Бағандардың жалпы саны статикалық салмақ кезінде көтере алу қабілеттілігімен, кейіннен динамикалық есеппен тексеру арқылы тағайындалады.

7.3 Машиналардың бағандық іргетастарында бағандардың көтере алу қабілеттілігі негіздеме топырағының кедергісі шартынан жұмыс шартының қосымша коэффициенттерін $m_{сб}$, есепке алатын статикалық салмақтан анықтаған дұрыс, бұл жерде топыраққа қадалған бағандар үшін $m_{сб} = 0,8$, тірек-бағандар үшін $m_{сб} = 1,0$ және $I_L > 0,6$ консистенция көрсеткіші бар шаңды, суға қаныққан құм мен майда құм, кез-келген ылғалдылықтағы құмды топырақта қадалған бағандар үшін $m_{1сб}=0,7$. Топыраққа қадалған бағандардың осындай топырақтарға сүйену жағдайында бағанның көтереу қабілетін

динамикалық салмақ сынақтарының нәтижелері бойынша анықтау керек. Топырақтың барлық басқа күйлері мен түрлері, және тіреу-бағандар үшін $m_{1св} = 1$.

7.4 Негіздеме топырағын өтере алу қабілеттілігі бойынша машиналардың бағанды іргетастарының есебі жүктеменің негізгі жиынтығына жасалу керек, бұл жағдайда топырақ бойынша бағанның көтере алу қабілетінің мәнін F_d мәнімен алмастыру керек, бұл мн динамикалық әсерлерді есепке алып бір бағанды негіздеме топырағын көтеруші қабілетін сипаттайды және тіреу-бағандар мен топыраққа қадалған бағандар үшін, біртекті топырақты кесіп өтуші бағандар үшін келесі формуламен анықталады:

$$F_d = m_{св} m_{1св} F_d, \quad (9)$$

мұнда $m_{св}$ және $m_{1св}$ – топырақ жұмыс жағдайының және жұмыс жағдайының коэффициенттері;

F_d – статикалық жағдайдағы бағандардың көтеру қабілеттілігі.

Топыраққа қадалған бағандар топырақтың біртекті емес қабаттарын тесетін болса, олардың көтеру қабілеті динамикалық әсерлерді есепке алумен келесі формула бойынша анықталады:

$$F_d = \gamma_c m_{св} (\gamma_{cr} m_{1св}^0 RA + U_i \sum \gamma_{cf} m_{1св}^* h_i R_{fi}), \quad (10)$$

мұнда

$\gamma_c, \gamma_{cr}, A, R, U_i, \gamma_{cf}, h_i, R_{fi}$, – мәндер статикалық жағдайда бағандардың көтеру қабілетін анықтауға арналған БҚН 5.01.01 мәндер сияқты;

$m_{св}$ – (9) формуласындағыдай;

$m_{1св}^0, m_{1св}^*$ – динамикалық әсер кезінде бағанның төменгі және бүйір жағындағы топырақтың кедергісінің азаюын есепке алатын жұмыс шартының коэффициенті.

Топырақ жағдайларының түрлеріне байланысты $m_{1св}^0, m_{1св}^*$ коэффициенттері келесідей анықталады:

а) кез-келген іріліктегі және ылғалдылықтағы қопсытылған топыраққа және $I_L > 0,6$ консистенциялық көрсеткіштері бар кез-келген шаңды және суға қаныққан әртүрлі тығыздықтағы бағандарды $m_{1св}^* = 0,5$ болып қабылданады;

б) $0,25 \leq I_L \leq 0,6$ консистенция көрсеткіші, кіші және ірі орта тығыздықтағы кез-келген ылғалдылықтағы сазды топырақтарға қадағанда а) бөлімінде көрсетілгеннен басқаларында $m_{1св}^* = 0,7$ болып қабылданады;

в) а) және б) көрсетілмеген топырақтарды тескенде $m_{1св}^* = 1$;

г) бағандардың төменгі жағының б және в бөлімдеріндегі топырақтарға тірелгенінде сәйкесінше $m_{1св}^0 = 0,7$ және $m_{1св}^0 = 1$.

7.5 7.4 а) көрсетілген топырақтарға баған тірелгенде бағандардың динамикалық әсерлерді есепке алғандағы көтеру қабілеттілігі динамикалық салмақпен ұзақ уақыт әсер ететін динамикалық жүктемелер бойынша анықталады.

7.6 Шөгуі бойынша I типтік топырақ жағдайында динамикалық әсермен бірге есепке алатын бағандардың көтеру қабілеттілігі (10) формуласымен анықталынады, бұл жағдайдағы топырақтың есептік кедергісінің мәні, және жұмыс шарты коэффициенттерін $m_{ic\theta}^0, m_{ic\theta}^*$ топырақтың толықтай сумен қанығу жағдайында анықтау керек, Шөгу бойынша II типтегі топырақ жағдайындағы динамикалық әсерлерді есепке алып, жоғарыда көрсетілген талаптармен қатар жұмыс шарты коэффициентін γ_c топырақтың шөгу коэффициенті s_{sl} , см, мәніне байланысты анықтау керек, $s_{sl} = 5$ болғанда $\gamma_c = 0$; $s_{sl} \geq 2s_u$ болғанда $\gamma_c = 0,8$, мұнда s_u , см – негіздің шекті деформациясы.

7.7 Тербелістегі машинаның бағанды іргетастарының есептеулерін табиғи негіздегі іргетастардың есебі формулаларымен анықтайды, масса мен қаттылық мәндерінің $m_n, \theta, \theta_0, K_z, K_{\phi}$ орнына оларға сәйкес келтірілген мәндермен $m_{np}, \theta_{np}, \theta_{0np}, K_{znp}, K_{\phi np}$ алмастырады:

а) Бағанды іргетастардың тік тербелістері үшін:

$$m_{np} = m_p + \beta^* \sum_{i=1}^n m_{ic\theta}; \quad (11)$$

$$K_{znp} = nE_b d^2 \bar{\beta} \frac{\bar{\beta} th \bar{\beta} \ell + \alpha}{\bar{\beta} + \alpha \cdot th \bar{\beta} \ell} \quad (12)$$

$$\bar{\beta} = \frac{k_1}{\sqrt{E_b d}}; \quad \alpha = \frac{C_z^*}{E_b}, \quad (13)$$

мұнда m_p – ростверктің үстіне орнатылған машинамен бірге жалпы массасы, кН·с²/м;

$m_{ic\theta}$ – i -ші баған массасы, кН·с²/м;

n – баған саны;

$\beta^* = k_2 \left(0,2 + 0,8 th \frac{6}{\ell} \right)$; –ға тең деп қабылданатын коэффициент;

th – гиперболоидтық тангенс;

C_z^* – бағанның төменгі деңгейінде топырақты тығыз біртекті сығу коэффициенті, кН/м³, (50) формула бойынша анықталады, бұл жердегі А іргетас табанының ауданы бағанның көлденең қимасының ауданына тең деп қабылданады, ал орнату бағандары үшін k_0 коэффициенті екі еселенеді;

E_b – бетон тығыздығының бастапқы модулі, МПа, ҚНЖЕ 2.03.01 бойынша қабылданады;

ℓ – баған ұзындығы, м;

d – бағанның көлденең қима жағы, м;

k_1 – бағанның бүйір жағы бойынша кедергісін есепке алушы коэффициент, ол $3,16 \cdot 10^2$ кН^{1/2} м^{-3/2}-ге тең;

k_2 – бағанды іргетастың келтірілген массасына тесілетін топырақ қасиеттерінің әсерін есепке алушы коэффициент, ол 2,0-ге тең;

б) Бағанды іргетастың көлденең айналу тербелістеріні үшін $m_{np} = m_p$;

$$\theta_{np} = \theta_p + \beta^* \sum_{i=1}^n m_{ic8} r_i^2; \quad (14)$$

$$\theta_{0np} = \theta_{np} + h_0^2 m_p; \quad (15)$$

$$K_{\varphi np} = \frac{K_{znp}}{n} \sum_{i=1}^n r_i^2, \quad (16)$$

мұнда θ_p – ростверк массасы мен тербеліс жазықтығына перпендикуляр, жалпы ауыртпалық орталық осыне қатысты машина массасының инерция сәті, $\text{кН} \cdot \text{м} \cdot \text{с}^2$;

$h_0 - m_p$ ауырлық массасының орталығы мен ростверк табанына дейінгі арақашықтық, м;

r_i – бағанның i -ші осынен іргетас табанының бұрылу осыне дейінгі қашықтық м;

K_{znp} – баған іргетасының келтірілген қаттылық коэффициенті, кН/м , (12) формуласымен анықталады;

β^*, m_p, m_{ic8}, n – (11) – (13) формулаларындағы шамалар.

7.8 Баған іргетасының тығыз біртекті және біртекті емес жылжуындағы қаттылық коэффициенті, K_x , тс/м , және K_ψ , $\text{тс} \cdot \text{м}$, бұл шамаларды табиғи негіздегідей қабылдау керек, тек іргетас ауданы мен оның табанының инерция сәтін ростверктегідей деп санау керек.

7.9 Машиналардың баған іргетастарының динамикалық сипаттамаларын анықтау формулалары (11) – (16) келтірілген болып табылады.

7.10 Топырақ жағдайының кең аймағы үшін арналған бағанды іргетастардың динамикалық сипаттамаларын анықтауға мүмкіндік беретін нақты есептеу келесідей жүргізіле алады:

7.11 Тегіс емес K_{znp} сығылуындағы бағанды іргетас қаттылығының коэффициенті келесі формаламен анықталады:

$$K_{znp} = n\chi_1 \frac{1 + \frac{M_1}{N_1} \text{th} \bar{\beta}_1 \ell_1}{\text{th} \bar{\beta}_1 \ell_1 + \frac{M_1}{N_1}} \quad (17)$$

7.12 Егер баған біртекті емес топырақты тесетін болса, (17) есебіне кіретін мәндер келесі формулалар бойынша анықталады:

$$\chi_1 = \sqrt{E_b A U_i \gamma_k}; \quad (18)$$

$$\frac{M_1}{N_1} = \frac{\bar{\beta}_1}{\alpha}; \quad (19)$$

$$\bar{\beta}_1 = \sqrt{\frac{U_i \gamma_k}{E_b A}}; \quad (20)$$

$$\alpha = \frac{C_z^*}{E_b}, \quad (21)$$

мұнда E_b , n – мәні (12) формуласындағыдай;

A – қаданың көлденең қиысуының ауданы;

U_i – қаданың периметрі;

ℓ_1 – қаданың ұзындығы;

C_z^* – мәні (13) формуласындағыдай;

γ_k – қаданың бүйір жағы бойынша тығыз есептік кедергісін 81 және 7.2 бойынша қабылдаймыз.

4 - кесте – Саз топырақтарға арналған қаданың бүйір беті бойынша топырақтың есептік серпінді кедергісі

Саз топырақтардың консистенциясының I_L көрсеткіші	Қаданың бүйір бетіндегі топырақтың есептік серпінді кедергісі, γ_k , кН/м ³
$0,75 < I_L \leq 1$	15000 – 5000
$0,5 < I_L \leq 0,75$	30000 – 15000
$0,25 < I_L \leq 0,5$	45000 – 30000
$0 < I_L \leq 0,25$	60000 – 45000

Ескертпе -

1 I_L аралық мәндері үшін γ_k шамасы интерполяциямен анықталады.

2 Шөгетін топырақтар үшін γ_k шамасы табиғи ылғалдылыққа сәйкес келетін немесе ылғалдандыру мүмкіндігін есепке алып, I_L консистенциялық сазды топырақтар үшін анықтағандай анықтаймыз.

5 - кесте – Құм топырақтарға арналған қаданың бүйір беті бойынша топырақтың есептік серпінді кедергісі

Құм топырақтардың түрі мен тығыздығы	Қаданың бүйір бетіндегі топырақтың есептік серпінді кедергісі, γ_k , кН/м ³		
	Су сіңірген	Ылғалды	Аз ылғалды
Орта іріліктегі, орта тығыздықтағы қопсытылған құм	15000	20000	30000
	30000	40000	50000
Ұсақ, орта тығыздықтағы қопсытылған құм	10000	15000	25000
	20000	30000	40000
Шаңды, орта тығыздықтағы қопсытылған құм	5000	10000	15000
	10000	15000	25000

Ескертпе - Тығыз құмды топырақтар үшін қаданың бүйір бетіндегі топырақтың есептік кедергісі γ_k берілген топырақ түріне арналған 5 кестедегі мәндерден салыстырғанда 50 %-ға артық болуы керек.

7.13 Егер қада топырақтың екі не одан да көп қабатын тесетін болса, әрбір қабат үшін алдын-ала M_k / N_k қатынасын төменгісінен бастап жоғарғысына дейін мына формулалар бойынша анықталады:

$$\frac{M_k}{N_k} = \frac{x_k}{x_{k+1}} \cdot \frac{th \bar{\beta}_{k+1} \ell_{k+1} + \frac{M_{k+1}}{N_{k+1}}}{\frac{M_{k+1}}{N_{k+1}} th \bar{\beta}_{k+1} \ell_{k+1} + 1}; \quad (22)$$

$$x_k = \sqrt{E_b A_k U_k \gamma_k};$$

$$\bar{\beta}_k = \sqrt{\frac{U_k \gamma_k}{E_b A_k}}. \quad (23)$$

Осы жерде $k+1 = m$ кезінде төменгі қабат үшін:

$$\frac{M_{k+1}}{N_{k+1}} = \frac{M_m}{N_m} = \frac{\bar{\beta}_m}{\alpha}, \quad (24)$$

мұнда

$$\bar{\beta}_m = \sqrt{\frac{U_m \gamma_{km}}{E_b A_m}}. \quad (25)$$

Ары қарайғы есептеуден алынған $k+1 = m$ -нен 1-ге дейін (22) формуласы бойынша M_1 / N_1 қатынасының мәні кейіннен (17) формуласына қойылады.

7.14 Көп қабатты негіздегі (11) және (14) формуласына енетін β^* коэффициентін, келесі формуламен анықтау керек:

$$\beta^* = k_2 \frac{\ell^*}{\ell}, \quad (26)$$

мұнда

$$\left\{ \begin{array}{l} k_2 = \frac{\gamma_{кр}}{\gamma}; \quad \ell^* / \ell = 0,2 + 0,8 th 6 / \ell; \\ R_{fcp} = \frac{\sum_{k=1}^j \gamma_k \ell_k}{\sum_{k=1}^j \ell_k}; \end{array} \right. \quad (27)$$

$\gamma_{кр}$ – қаданың бүйір бетіндегі топырақтың тығыз есептелінген кедергісінің орта салмақтандырыған мәні; көлденең тербелісте ℓ^* ұзындықтағы қаданың жоғарғы аймағы бойымен және көлденең-айналмалы тербелісте ұзындық бойымен $\ell^* / 3$ ұзындығымен анықталады;

ℓ – қада ұзындығы;

ℓ_k – топырақтың k -ші қабатының қалыңдығы;

$\bar{\gamma}$ – көлденең тербелісте $\bar{\gamma} = 10000 \text{ кН/м}^3$ деп қабылданатын, тік-айналмалы тербелісте $\bar{\gamma} = 30000 \text{ кН/м}^3$ болып қабылданатын коэффициент.

7.15 $K_{хпр}$ біркелкі ығыстыруында қада іргетасының қаттылық коэффициенті, нақтылау қажеттілігінде

$$K_{хпр} = \frac{n\bar{\alpha}^3 E_b I}{\rho}, \quad (28)$$

формуласымен анықталады

мұнда n – қадалардың саны;

$E_b I$ – иілгендегі қаданың көлденең қимасының қаттылығы;

$\bar{\alpha}$ – «қада-топырақ» жүйесінің тығыз температурасының коэффициенті келесі формуламен анықталады:

$$\bar{\alpha} = 1,6\alpha_{\partial}, \quad (29)$$

мұнда α_{∂} – статикалық көлденең салмақпен қада есептеуде анықталатын қада деформациясының коэффициенті.

ρ коэффициентінің мәні келесідей анықталады:

– төменгі ростверктік топсалы-түйістірілген қада үшін, және төменгі ростверкпен қадалған қадалар үшін сәйкесінше келесі формулалар бойынша анықталады:

$$\rho = D_0; \quad (30)$$

$$\rho = D_0 - \frac{b_0^2}{C_0}; \quad (31)$$

– жоғары ростверктік топсалы-түйістірілген қадалар үшін және жоғары ростверкарларға қадалған қадалар үшін келесі формуламен анықтаймыз:

$$\rho = \alpha_0; \quad (32)$$

$$\rho = \alpha_0 - \bar{b}_0, \quad (33)$$

мұнда

$$\alpha_0 = D_0 + 2B_0\ell_0\bar{\alpha} + C_0(\ell_0\bar{\alpha})^2 + \frac{(\ell_0\bar{\alpha})^3}{3}; \quad (34)$$

$$\bar{b}_0 = \frac{1}{C_0 + \ell_0\bar{\alpha}} \left[B_0 + C_0\ell_0\bar{\alpha} + \frac{(\ell_0\bar{\alpha})^2}{2} \right], \quad (35)$$

мұнда D_0, B_0, C_0 – $\bar{\ell} = \bar{\alpha}^{\ell}$ қаданың батырылуының келтірілген тереңдігіне тәуелді коэффициенттер ;

ℓ_0 – ростверк табанынан топырақ бетіне дейінгі арақашықтық.

7.16 Қадалық іргетастардың көлденең тербелістері үшін m_{np} (11) формуласымен анықталады, β^* көлденең-айналу тербелістері үшін (26) формуласымен анықтаймыз.

7.17 Қадалық іргетастың тығыз тегіс емес $K_{\varphi np}$ сығылуында қаттылық коэффициенті (16) формуласымен анықталады, K_{znp} (17) формуласымен анықталады, алтығыз тегіс емес $K_{\psi np}$ ығысуында қаттылық коэффициенті келесі формуламен анықталады:

$$K_{\psi np} = \frac{K_{xnp}}{n} \sum_{i=1}^n \bar{r}_i^2; \quad (36)$$

мұнда K_{xnp} – (28) формуласымен табылады,

n – қадалар саны;

\bar{r}_i – i -ші қададан іргетас табанының ауыртпалық орталығы арқылы өтетін тік оське дейінгі арақашықтық, м.

7.1.8 Іргетас табанының ауыртпалық орталығы арқылы өтетін тік оське қатысты қадалық іргетастың инерция сәті келесі формуладан анықталады:

$$\theta_{\psi np} = \theta_{\psi op} = \theta_{\psi p} + \beta^* \sum_{i=1}^n m_{ic} \bar{r}_i^2, \quad (37)$$

мұнда $\theta_{\psi np}$ – ростверк массасының және машинаның іргетас табанының ауыртпалық орталығы арқылы өтетін тік оське қатысты инерция сәті, $\text{кН} \cdot \text{м} \cdot \text{с}^2$;

β^* – тік тербелістер үшін коэффициент, (26) формуласымен анықталады;

\bar{r}_i – (36) формуласындағыдай.

7.19 Қадалық іргетас үшін демпфирлеуге қатысты коэффициенттер ξ_z мәнін бекітілген тербелістер үшін $\xi_z = 0,2$ деп және бекітілмегендер үшін және $\xi_z = 0,6$ деп қабылдаймыз. Демпфирлеуге қатысты коэффициенттер мәндерін ξ_x , ξ_φ , ξ_ψ 49 – 51 формулалары анықтайды.

Қатыстық демпфирлеуге қатысты коэффициенттер мәнін нақтылау қажеттілігінде динамикалық сынаулар жүргізу керек.

8 МАШИНА ІРГЕТАСТАРЫНЫҢ ТЕРБЕЛІСТЕРІН ЕСЕПТЕУ

8.1 Машина іргетастарының тербелістерін есептеуге қатысты жалпы нұсқаулар

8.1.1 Тербелістерді есептеуде аналитикалық немесе сандық әдістермен анықталады. Іргетастарды, олардың негіздерімен және машиналарымен бірге еркіндіктің шексіз санымен немесе ақырғы санды жүйесі ретінде қарастыруға рұқсат етіледі. Есептеу нәтижелері бұл ережелердің шарттарын және техникалық тапсырманың қосымша талаптарын қанағаттандыра алуы керек. Негіз қаттылығын статикалық шашу және динамикалық салмақтың кездейсоқ табиғатын ескеруші ықтималдықты әдістер мен сенімділік теориясының әдістерін қолдану рұқсат етіледі.

Іргетастың және оның жеке элементтерінің мәжбүр және еркін тербеліс амплитудаларын әртүрлі машина типтері үшін тиісті бөлімдердегі көрсеткіштеріне сәйкес анықтауға болады. Тербеліс амплитудаларын анықтау бағыт бойынша және сәйкес тербеліс жиілігінде жеке-жеке анықталады.

Іргетастың тербеліс амплитудалары келесі шартты қанағаттандыруы керек:

$$a \leq a_{\text{н}}, \quad (38)$$

ҚР ЕЖ 5.01–106–2013*

мұнда a – есептеумен анықталатын іргетастың тербелісінің ең үлкен амплитудасы;

a_u – жобалауға тапсырмамен бекітілетін іргетас тербелісінің шекті рұқсат етілген амплитудасы, ол тапсырмада жоқ болса, онда 6-кесте бойынша қабылданады.

6- кесте – Тербелістердің шекті рұқсатты амплитудаларының мәндері

Машиналар	Көрсетілген тербелістің шекті рұқсатты амплитудасы, a_u , мм	
Айналу жиілігіндегі айналушы бөлшектер, айн/мин: 500-ден аз 500-ден 750-ге дейін 750-ден 1000-ға дейін 1000-нан 1500-ге дейін 1500-ден жоғары	горизонталь	вертикаль
	0,2	0,15
	0,2 - 0,15	0,15 - 0,1
	0,15 - 0,1	0,1 - 0,06
	0,1 - 0,05	0,06
	0,05	-
Айналу жиілігіндегі қисық тиекті-шатундық механизмдер, айн/мин: 200-ден аз 200-ден 400-ге дейін 400-ден 600-ге дейін 600-ден жоғары	Бірінші үйлесімділік үшін	Екінші үйлесімділік үшін
	0,25	0,15
	0,25 - 0,15	0,15 - 0,1
	0,15 - 0,1	0,1 - 0,05
	0,1	0,05
Конустық және беттік ұсақтауыштар	0,3	
Балғалық ұсақтағыштар	Айналушы бөлшектері бар машиналар сияқты	
Шеберлік балғалар	1,2 (0,8 [*])	
Баспақтар	0,25	
Қалыптық машиналар	0,5 немесе МемСт 12.1.012 бойынша (іргетастарда жұмыс орындары орналасса)	
Диірмендер	0,1 ^{**}	
[*] Барлық сумен қаныққан құмдарда іргетастар тұрғызғанда, сонымен қатар аз немесе орта деңгейінде сумен ылғалданған шаңды құмдарда да.		
Ескертпелер		
1 Айналу жиілігінің аралық мәні үшін шекті рұқсат етілген амплитуда интерполяциямен анықталады.		
2 Айналым жылдамдығы 200 айн/мин және одан аз машиналар үшін іргетас биіктігі 5 м-ден көп болса, рұқсат етілген амплитуда 20 %-ға артады.		

8.1.2 Машина іргетастарының тербелісін есептеуде рұқсат етіледі:

- негізді тығыз байласқан сызықтық деформацияланатын негіз ретінде қарастыруға, негіз қасиеттері демпфирлеуді сипаттайтын тығыз біркелкі және біркелкі емес сығу коэффициенттерімен анықталады;

- іргетас массасын үлестіруде эксцентриситетті есепке алмауға мүмкіндік береді, егер ол 5.2.8-тармақта келтірілген мәннен аспайтын болса;

- тығыз біркелкі емес сығуда тербеліс жазықтығы қоздырушы күш сызығына немесе қоздырушы сәт әрекетінің жазықтығына параллельді деп қабылдауға рұқсат етіледі; .

Машина іргетасына бір уақытта бірнеше ашуландырушы күштердің бір уақытта әсер етуі немесе олардың фазалық қатынасы жөнінде ақпарат болмаса тербеліс қалпының жағымсыз қалыптарын туғызушы күштердің синфазалық және фазаға қарсы әрекеттерінің нұсқалары қарастырылады.

8.1.3 Машина іргетастарының табиғи негіздерінің негізгі тығыз сипаттамасын - тығыз біркелкі сығу коэффициентін, C_z , кН/м³, әдетте, зерттеу нәтижелері бойынша немесе тығыз толқындардың көлденең және көлбеу жылдамдықтары туралы деректер негізінде анықтау керек.

Табан ауданы A 200 м²-тан көп емес іргетастар үшін C_z мәнінің эксперименталдық деректердің болмаған жағдайында келесі формуламен анықтауға рұқсат етіледі:

$$C_z = b_0 E \left(1 + \sqrt{\frac{A_{10}}{A}} \right), \quad (39)$$

мұнда

b_0 – құм топырақтар үшін 1-ге тең деп қабылданатын, балшық пен құмдақ үшін 1,2 және ірі кесектік топырақтар мен саз үшін 1,5 деп қабылданатын коэффициент, м⁻¹;

E – іргетас табаны астындағы топырақтың деформациялану модулі, кПа; E мәнінің біртекті емес негізі жағдайында сығылатын қабат шекарасындағы орта мән ретінде анықталады;

$A_{10} = 10$ м²;

A – іргетас табанының ауданы, м².

200 м² көп A ауданы бар іргетас үшін C_z коэффициенті табан ауданы $A=200$ м² іргетастар үшін де $A = 200$ м².

8.1.4 Тығыз біркелкі емес сығу коэффициенті C_ϕ , кН/м³, жіне біркелкі емес тығыз жылжу коэффициенті C_ψ , кН/м³, тығыз толқындар жылдамдықтары жайында деректер негізінде немесе сынау нтижелерінің қорытындысы бойынша, ал эксперименталдық деректер болмаған жағдайда, келесілерге тең болып қабылданады:

$$C_\phi = 2C_z; \quad (40)$$

$$C_x = 0,7C_z; \quad (41)$$

$$C_\psi = C_z. \quad (42)$$

8.1.5 Табиғи негіздер үшін қаттылық коэффициенттері K_z , K_ϕ , K_x , K_ψ келесі формулалармен анықталады:

- тығыз біркелкі сығылуда - K_z , кН/м,

$$K_z = C_z A; \quad (43)$$

- тығыз біркелкі емес сығылуда (іргетас табанының бұрылысында табан арқылы өтетін көлденең оське қатысты тербеліс жазықтығына перпендикуляр) - K_ϕ , кН·м,

$$K_\phi = C_\phi I_\phi; \quad (44)$$

Тегіс тығыз жылжуда - K_x , кН/м,

$$K_x = C_x A; \quad (45)$$

Тығыз тегіс емес ығысуда (іргетас бұрылысында табанның ауыртпалық орталығы арқылы өтетін тік оське қатысты) - K_ψ , кН·м,

$$K_\psi = C_\psi I_\psi. \quad (46)$$

(44), (46) формулаларында:

I_ϕ және I_ψ – сәйкесінше тербеліс жазықтығына перпендикуляр көлденең оське қатысты және іргетастың тік осыіне қатысты іргетас табанының инерция сәті, м⁴.

Негіздің қаттылық коэффициентін дәлірек бағалау мақсатында арнайы зерттеулер жүргізіп, еденнің болуы, іргетастың бүйірлік себіндісінің болуы және т.б факторлардың осы коэффициенттердің артуына әсерін есепке алу керек.

8.1.6 Негіздің демпфирлеуші қасиеттерін, әдетте, сынаулар нәтижесімен анықталатын қатыстық демпфирлеумен ξ (тербелістің қауіптілік сөну үлесі) анықтау керек.

Эксперименталдық деректер жоқ кезде, тік тербелістер үшін қатыстық демпфирлеуді ξ_z келесі формуламен анықтауға рұқсат етіледі:

орныққан (гармоникалық) және кездейсоқ тербелістер үшін:

$$\xi_z = \frac{2}{\sqrt{p}}; \quad (47)$$

Белгіленбеген (импульстік) тербелістер үшін:

$$\xi_z = 6 \sqrt{\frac{E}{C_z p}}, \quad (48)$$

мұнда p – 5.2.18 сияқты;

E , C_z – 9.1.3 сияқты.

8.1.7 Көлденең және айналмалы тербелістер үшін тік және көлденең осьтерге қатысты демпфирлеу келесілерге тең болып қабылданады:

$$\xi_x = 0,6 \xi_z; \quad (49)$$

$$\xi_\phi = 0,5 \xi_z; \quad (50)$$

$$\xi_\psi = 0,3 \xi_z. \quad (51)$$

8.1.8 Топтық қондыру кезінде жалпы ортақ іргетастағы бір типті машиналардың j іргелістің тербеліс амплитудаларының мәнін a -ны $j = 2$ болған жағдайда амплитудалар қосындысы ретінде, $j > 2$ болған жағдайда:

$$a = k \sqrt{\sum_{i=1}^j a_i^2}, \quad (52)$$

формуласымен анықтау керек.

мұнда k - кезеңдік әрекет ету машиналарында 1,5 деп, динамикалық салмақ машиналарында 0,7, кездейсоқ динамикалық салмақ машиналарында 1 деп қабылданатын коэффициент;

a_i – i -ші көлік жұмысындағы іргетастың тербеліс амплитудасы;

j – машиналар саны.

Амплитуданың есептік мәні (38) шартын қанағаттандыруы керек.

Әртүрлі типтегі машиналарды ортақ іргетаста әрбір машинаның жұмыс жасауынан туаындайтын тербеліс амплитудаларының қосындысын іргетастағы тербеліс амплитудасы деп қабылдауға болады. (38) шарты бойынша есептік амплитуданың ең үлкен есептік құрауыштарына сәйкес келетін машина типі мен тербеліс жиілігі үшін шекті рұқсат етілген амплитуда 6 кестеде келтірілген мәннен 30%, және одан жоғары деп қабылданады.

Машиналарды кездейсоқ және кезеңдік салмақпен жеке тұрған іргетастарға орнатқанда әрбір іргетас тербелісінің амплитудасын машина жұмысы уақытында топыраққа берілетін тербелісті есепке алып, 8.1 бөлімдеріндегі нұсқаулар бойынша анықтайды. Бұл жерде қабылдау-іргетасының рұқсат етілген амплитудасын a_n 6 кестеде келтірілген мәндерден 30 % және одан жоғары етіп алу керек.

Жеке іргетастарда орнатылатын импульстік салмағы бар машина іргетастары үшін тербеліс амплитудасын есептеуде тербелістің топыраққа берілуін есепке алмауға рұқсат етіледі.

8.1.9 Топырақтың тік (көлденең) тербеліс амплитудаларын сәйкесінше машина іргетастарының тік (көлденең) дірілінде есептеуді келесі формуламен жүргізеді:

$$a_s = a_0 \left\{ \frac{1}{\delta[1+(\delta-1)^2]} + \frac{\delta^2 - 1}{(\delta^2 + 1)\sqrt{3\delta}} \right\}, \quad (53)$$

мұнда a_s – іргетастың көлденең осынен қашықтықта орналасқан бет нүктесіндегі, яғни, топырақтағы толқын көзінің тік (көлденең) тербелістер амплитудасы;

a_0 – еркін немесе мәжбүрлі тік (көлденең) тербелісінің амплитудасы, яғни топырақта оның табан деңгейіндегі толқын көзінің тербелісі, ол әртүрлі машина типтері үшін 8.2-8.4 бөлімшелерінің формулаларымен анықталады, бұл жердегі h_1 -ді минус h_2 -ге алмастыру керек.

$$\delta = r/r_0; \quad (54)$$

мұнда r – іргетас-көздің вертикаль осынен топырақ бетінің тербеліс амплитудасы анықталатын нүктесіне дейінгі қашықтық;

$$r_0 - \text{іргетас көзі табанының кетірілген радиусы, } r_0 = \sqrt{A/\pi}.$$

Топырақта таралатын толқын жиілігін машина іргетасы жиілігіне тең деп алған дұрыс.

Ескертпе - Топырақта таралатын тербеліс амплитудаларын нақтылау мақсатында эксперименталдық зерттеулер негізінде топырақтағы тербелістерді болжауға рұқсат етіледі.

8.2 Кезеңдік жүктемелері бар машиналардың іргетастарының тербелістерін есептеу. Рамалық іргетастар

8.2.1 Жиекті іргетастың жоғарғы тақтасына қатысты тік осьіне қатысты көлденең айналмалы тербелістер амплитудасын $a_{h,\psi}$, м, келесідей формула бойынша анықтайды:

$$a_{h,\psi} = a_x + a_\psi l_b, \quad (55)$$

мұнда a_x – жоғарғы тақта орталығының көлденең тербелістерінің амплитудасын келесі формула анықтайды:

$$a_x = \frac{a_{x,st}}{\sqrt{[1 - (\omega / \lambda_x)^2]^2 + 4(\xi'_x)^2 (\omega / \lambda_x)^2}}, \quad (56)$$

a_ψ – ауыртпалық орталығы арқылы өтетін тік оське қатысты жоғарғы тақтаның айналмалы тербелісінң амплитудасы (бұрылу бұрышы) рад, төмендегі формуламен табылады:

$$a_\psi = \frac{a_{\psi,st}}{\sqrt{[1 - (\omega / \lambda_\psi)^2]^2 + 4(\xi'_\psi)^2 (\omega / \lambda_\psi)^2}}, \quad (57)$$

ω – машинаның айналу жиілігі, с^{-1} , $\omega = 0,105n_r$;

n_r – машинаның айналу жиілігі, айн/мин;

$a_{x,st}$, $a_{\psi,st}$ – сәйкесінше ығысу және бұрылу бұрышы, F_h күшінің әсері мен M_z сәтінің статикалық әсерінде жоғарғы тақтаның ауыртпалық орталығы бойынша анықталады:

$$a_{x,st} = \frac{F_h}{S_x}; \quad (58)$$

$$a_{\psi,st} = \frac{M_z}{S_\psi}; \quad (59)$$

мұнда F_h – динамикалық салмақтың көлденең құраушыларының мәні, 5.2.9 нұсқауларын есепке алу сәйес бөлімдер бойынша анықталады, кН;

M_z – жоғарғы тақтаның ауырлық ортасы арқылы өтетін көлденең оське қатысты қоздырушы сәттің есептік мәні, айналушы бөліктері бар машиналар үшін кН·м, $M_z = F_h l_b / 2$;

S_x , S_ψ – іргетас-негіз жүйесінің қаттылық коэффициенті сәйкесінше көлденең бағытта, машина білігінің осьіне перпендикуляр, кН·м, олар (60) және (61) формулалары бойынша анықталады;

ξ'_x , ξ'_ψ – іргетас-негіз жүйесінің қатыстық депфирлеуін (66) және (67) бойынша анықтаймыз;

λ_x, λ_ψ – жоғарғы тақтаның ауыртпалық орталығы арқылы өтетін тік оське қатысты іргетастың тік және айналмалы тербелістерінің бұрыштық жиілігі, с^{-1} , (68) және (69) формулаларымен анықталады;

l_b – машинаның алыс иінітірігінің осынен жоғарғы тақтаның ауыртпалық орталығына дейінгі арақашықтық, м.

Ескертпе -

1 Кезеңдік салмақтылық машинасына айналу бөліктері бар, қосиінді-бұлқақты механизмді машиналар және т.б.

2 8.2.1 - 8.2.4 нұсқаулары айналымы 1000 айн/мин көп емес айналу жиілігіндегі машиналар кезеңдік салмақты машиналарға жатады. Айналу жиілігі 1000 айн/мин көп машина жиекті іргетастарына тікелей динамикалық есеп жүргізу керек.

8.2.2 S_x негізінің тығыздығын есепке алып, іргетас құрылымының қаттылық коэффициентін, кН/м, және S_ψ , кН·м, келесі формулармен анықтаймыз:

$$S_x = \frac{1}{(1/K_x) + (h^2/K_\varphi) + (1/S_x^0)}; \quad (60)$$

$$S_\psi = \frac{1}{(1/K_\psi) + (1/S_\psi^0)}; \quad (61)$$

(60) және (61) формулаларында:

h – іргетастың биіктігі, м;

K_x, K_ψ, K_φ – негіз қаттылығының коэффициенті сәйкесінше тығыз біркелкі K_x және біркелкі емес K_ψ жылжуда және біркелкі емес сығуда K_φ , 8.1.5 талаптарына сәйкес анықталады;

S_x^0 – машина білігінің перпендикуляр осында көлденең бағыттағы іргетастық барлық көлденең жиектерінің қаттылық коэффициенттерінің қосындысы, кН/м (N – көлденең жиектер саны), төмендегі формуламен анықтайды:

$$S_x^0 = \sum_{i=1}^N S_i; \quad (62)$$

S_ψ^0 – жоғарғы тақтаның оның ауыртпалық орталығына қатысты көлденең жазықтық бұрылысындағы барлық көлденең жиектердің коэффициенттерінің қосындысын төмендегі формуламен анықтайды:

$$S_\psi^0 = \sum_{i=1}^N S_i e_i^2, \quad (63)$$

мұнда e_i – i -ші көлденең жиек жазықтығынан жоғарғы тақта ауыртпалық орталығына дейінгі арақашықтық, м.

Бір қабатты көлденең жиекті қатты түйіннің қаттылық коэффициенті S_i , кН/м, төмендегі формуламен анықтайды:

$$S_i = \frac{2E_b I_{k,i} (1 + 6k_i)}{h_i^3 (2 + 3k_i)}, \quad (64)$$

мұнда E_b – жоғарғы құрылыс жиегінің материалының тығыздық модулі, кПа;

$$k_i = \frac{h_i I_{L,i}}{l_i I_{K,i}}; \quad (65)$$

$I_{h,i}$, $I_{L,i}$ – жиек сәті жиектің ригельіне және тіреулерінің инерциясы, м⁴.

h_i , l_i – сәйкесінше тіреудің есептік биіктігі және i -ші көлденең жиектің ригельінің есептік қадамы, м.

Ескертпе - h_i есептік биіктігін төменгі тақтаның жоғарғы жиегінен ригель осыне дейінгі қашықтыққа тең етіп алуға оұқсат етіледі, ал ригельдің есептік қадамын қада осьтері арасындағы қашықтық 0,9-ға тең.

8.2.3 Жиек-негіз жүйесін қатыстық демпфирлеуді ξ'_x және ξ'_ψ төменгі формулалар бойынша анықтауға кепілдеме беріледі:

$$\xi'_x = S'_x \left(\xi_x \frac{1}{K_x} + \xi_\psi \frac{h^2}{K_\psi} + \frac{\gamma}{2S_x^0} \right); \quad (66)$$

$$\xi'_\psi = S'_\psi \left(\xi_\psi \frac{1}{K_\psi} + \frac{\gamma}{2S_\psi^0} \right), \quad (67)$$

мұнда ξ_x , ξ_ϕ , ξ_ψ – топырақтағы іргетастың айналмалық ξ_ϕ және ξ_ψ және көлденең ξ_x тербелістеріне қатысты демпфирлеу, ол 8.1.7 талаптарына сәйкес анықталады;

γ – тербелісте энергияны жұту коэффициенті, темірбетонды құрылымдар үшін 0,06, болат құрылымдар үшін - 0,02.

8.2.4 Іргетастың λ_x және λ_ψ , с⁻¹ бұрыштық жиіліктерін келесі формулалармен анықтауға болады:

$$\lambda_x = \sqrt{\frac{S'_x}{\overline{m}}}; \quad (68)$$

$$\lambda_\psi = \sqrt{\frac{S'_\psi}{\overline{\Theta}_\psi}}. \quad (69)$$

(68) және (69) формулаларындағы:

\overline{m} – барлық машинаның, тақтаның жоғарғы бөлігінің, көлденең қадаларының және жоғарғы тақтаға енетін жиектердің көлденең ригельдерінің жалпы массасын қосатын, сонымен қатар іргетастың барлық бағандардың 0% қосатын жүйе массасы;

$\overline{\Theta}_\psi$ – жоғарғы тақтаның (көлденең жиек) ауыртпалық орталығы арқылы өтетін тік оське қатысты \overline{m} массасының сәті, т·м²; $\overline{\Theta}_\psi$ шамасын анықтау формуласы:

$$\bar{\Theta}_{\psi} = 0,1\overline{m}l^2, \quad (70)$$

мұнда l – жоғарғы тақта ұзындығы, м.

8.2.5 $a_{h,\varphi}$ көлденең осыне қатысты қабырғалық және массивтік іргетастардың жоғарғы жиегінің көлденең-айналу тербелістерінің амплитудаларын келесі формулалармен анықтайды:

$$a_{h,\varphi} = \frac{F_k}{K_x} \sqrt{\frac{\Psi_1^2 + 4\xi_x^2(\omega/\lambda_x)^2 \Psi_2^2}{\Omega_1^2 + 4\xi_x^2(\omega/\lambda_x)^2 \Omega_2^2}}, \quad (71)$$

мұнда

$$\Psi_1 = S_1 + \beta \frac{h_1}{h_2} S_3; \quad (72)$$

$$\Psi_2 = S_2 + \beta \frac{h_1}{h_2} S_4; \quad (73)$$

мұнда

$$S_1 = (1+\beta) \left(\frac{\lambda_{\varphi}}{\lambda_x} \right)^2 + \beta(1+\kappa) - \left(\frac{\omega}{\lambda_x} \right)^2; \quad (74)$$

$$S_2 = (1+\beta) \frac{\lambda_{\varphi}}{\lambda_x} \frac{\xi_{\varphi}}{\xi_x} + \beta(1+\kappa); \quad (75)$$

$$S_3 = 1 + \kappa \left[1 - \left(\frac{\omega}{\lambda_x} \right)^2 \right]; \quad (76)$$

$$S_4 = 1 + \kappa; \quad (77)$$

$$\Omega_1 = \left(\frac{\omega}{\lambda_x} \right)^4 + (1+\beta) \left\{ \left(\frac{\lambda_{\varphi}}{\lambda_x} \right)^2 - \left(\frac{\omega}{\lambda_x} \right)^2 \cdot \left[1 + \left(\frac{\lambda_{\varphi}}{\lambda_x} \right)^2 + 4\xi_x \xi_{\varphi} \frac{\lambda_{\varphi}}{\lambda_x} \right] \right\}; \quad (78)$$

$$\Omega_2 = (1+\beta) \left\{ \left(\frac{\lambda_{\varphi}}{\lambda_x} \right)^2 + \frac{\lambda_{\varphi}}{\lambda_x} \frac{\xi_{\varphi}}{\xi_x} - \left(\frac{\omega}{\lambda_x} \right) \left(1 + \frac{\lambda_{\varphi}}{\lambda_x} \frac{\xi_{\varphi}}{\xi_x} \right) \right\}; \quad (79)$$

$$\beta = \frac{h_2^2 m}{\Theta_{\varphi}}; \quad (80)$$

$$\kappa = \frac{M}{F_k h_2}, \quad (81)$$

ҚР ЕЖ 5.01–106–2013*

$\lambda_x, \lambda_\varphi$ – іргетастың тербелісінің бұрыштық жиіліктері, с^{-1} , сәйкесінше іргетас табанының ауыртпалық орталығынан өтетін тербеліс жазықтығына перпендикуляр айналмалық және көлденең осьтеріне қатысты, формуласы:

$$\lambda_x = \sqrt{\frac{K_x}{m}}; \quad (82)$$

$$\lambda_\varphi = \sqrt{\frac{\bar{K}_\varphi}{\theta_{\varphi 0}}}; \quad (83)$$

$$\bar{K}_\varphi = K_\varphi - mgh_2; \quad (84)$$

K_x және K_φ – негіз қаттылық коэффициенттері, кН/м және $\text{кН}\cdot\text{м}$, 8.1.5 нұсқауламаларына сәйкес анықталады;

$\theta_{\varphi 0}$ – іргетас табанының ауыртпалық орталығынан өтетін оське қатысты барлық қондырғы массасының инерция сәті $\text{т}\cdot\text{м}^2$, келесі формуламен анықталады:

$$\theta_{\varphi 0} = \theta_\varphi + mh_2^2; \quad (85)$$

θ_φ – ауыртпалық орталығы арқылы өтетін тербеліс жазықтығына перпендикуляр барлық қондырғылар (кесіктерінде, ойықтарында топырақ себілген іргетас және машиналар) массасының инерция сәті, $\text{т}\cdot\text{м}^2$;

m – барлық қондырғы массасы (кесіктерінде, ойықтарында топырақ себілген іргетас және машиналар), т ;

F_h – 6.8 нұсқауларына тиісті бөлімдер бойынша анықталатын машинаның қозатын күштерінің есептік горизонталь құраушысы, кН ;

M – машинаның қоздырушы сәтіне және тербеліс жазықтығына перпендикуляр қондырғының ауыртпалық орталығы арқылы өтетін оське келтірілген барлық көлденең құраушылардан болатын сәттің сомасына тең қоздырушы сәттің есептік мәні;

h_1, h_2 – сәйкесінше қондырғының іргетасының жоғарғы жиегінен іргетастың төменгі табанына дейінгі арақашықтық, м .

8.2.6 Қондырғы жиілігінің өзіндік басты жиіліктерін $\lambda_{1,2}$, с^{-1} , келесі қатынастан алады:

$$\left(\frac{\lambda_{1,2}}{\lambda_x}\right)^2 = \frac{Z}{2} \pm \sqrt{\left(\frac{Z}{2}\right)^2 - (1+\beta)\left(\frac{\lambda_\varphi}{\lambda_x}\right)^2}, \quad (86)$$

мұнда

$$z = (1+\beta) \left[1 + \left(\frac{\lambda_\varphi}{\lambda_x}\right)^2 \right]. \quad (87)$$

8.2.7 Массивтік және қабырғалық іргетастардың көлденең a_x , м, және айналмалық a_ϕ , рад, тербелістерін (71) формуласымен анықтайды, $S_3 = S_4 = 0$ (a_x анықтаған кезде) және $S_1 = S_2 = 0$, $h_1 = 1$ (a_ϕ анықтаған кезде) деп қабылдаймыз.

8.2.8 Іргетастың жоғарғы жиегінің көлденең айналмалы тербелісінің амплитудаларына $a_{h,\phi}$, м, M ($F_h = 0$) сәті әсер еткенде мына формула арқылы анықтауға болады:

$$a_{h,\phi} = \frac{M\beta}{K_x h_2} \sqrt{\frac{[1 + (h_1/h_2)[1 - (\omega/\lambda_x)^2]]^2 + 4\xi_x^2(\omega/\lambda_x)^2[1 + (h_1/h_2)]^2}{\Omega_1^2 + 4\xi_x^2(\omega/\lambda_x)^2\Omega_2^2}}. \quad (88)$$

8.2.9 Тербеліс жазықтығына перпендикуляр көлденең оське қатысты айналу есепке алып, массивтік және қабырғалық іргетастардың тік тербелістерінің амплитудасы a_v , м, келесі формуламен анықталады:

$$a_v = a_z + a'_z, \quad (89)$$

мұнда

$$a_z = \frac{F_v}{K_z \sqrt{[1 - (\omega/\lambda_z)^2]^2 + 4\xi_z^2(\omega/\lambda_z)^2}}, \quad (90)$$

a'_z – тербеліс жазықтығына перпендикуляр қондырғының ауыртпалық орталығы арқылы өтетін көлденең оське қатысты іргетас тербелісінің көлденең айналмалы құраушыларының амплитудасы көлденең күш F_h және M сәттерінің әсерімен ғана анықталады, көлденең және тік күштердің сәттерін қоса отырып, келесі формуладан табуға болады:

$$a'_z = a_\phi l_f, \quad (91)$$

көлденең күштер болмаған жағдайда ($F_h = 0$):

$$a'_z = \frac{M l_f \beta}{K_x h_2} \sqrt{\frac{[1 - (\omega/\lambda_x)^2]^2 + 4\xi_x^2(\omega/\lambda_x)^2}{\Omega_1^2 + 4\xi_x^2(\omega/\lambda_x)^2\Omega_2^2}}, \quad (92)$$

формуласы бойынша анықтайды.

мұнда a_ϕ – көлденең оське қатысты іргетастың айналу тербелістерінің амплитудасы (бұрылу бұрышы), рад, 9.3.2 нұсқаулары бойынша анықталады;

F_v – 5.2.9 нұсқауларының тиісті бөлімдерінің көмегімен анықталатын машина күштерінің тік есептік құраушылары, кН;

M – көлденең және тік күштерінің сәттерін қосатын қосу сәтінің есептік мәні, кН*м;

K_z – 8.1.5 нұсқауларына сәйкес анықталатын негіз қаттылығының коэффициенті, кН/м;

λ_z – іргетастың өзіндік тік тербелісінің бұрыштық жиілігі, s^{-1} , келесі формуламен анықталады:

$$\lambda_z = \sqrt{\frac{K_z}{m}}; \quad (93)$$

ξ_z – 8.1.6 нұсқауларына сәйкес анықталатын іргетастың тік тербелісінің қатыстық демпфирленуі;

l_f – күш және сәттер әрекетінің бағытында, қондырғының ауыртпалық орталығынан іргетастың жоғарғы жиегіне дейінгі арақашықтық, м.

8.2.10 Массивтік және қабырғалық іргетастары үшін тербелістері үшін тік осыне қатысты¹ айналу кезіндегі тік тербеліс амплитудасын $a_{h,\psi}$, м, келесі формуламен тапқан дұрыс:

$$a_{h,\psi} = a_\psi l_{\max}, \quad (94)$$

мұнда l_{\max} – қондырғының ауыртпалық орталығы арқылы өтетін тік осьтен іргетастың ең алыстатылған нүктесіне дейінгі арақашықтық, м;

a_ψ – іргетастың айналу тербелісінің тік осыне қатысты, қондырғының ауыртпалық орталығы арқылы өтетін, амплитуда (бұрылу бұрышы), рад, келесі формуламен анықталады:

$$a_\psi = \frac{M_\psi}{K_\psi \sqrt{[1 - (\omega / \lambda_\psi)^2]^2 + 4\xi_\psi^2 (\omega / \lambda_\psi)^2}}; \quad (95)$$

мұнда M_ψ – қондырғының ауыртпалық орталығы арқылы өтетін тік осыне қатысты козушы сәттің есептік мәні, кН*м;

K_ψ – тығыз біртекті емес ығысудағы негіздің қаттылық коэффициенті 8.1.5 талаптарына сәйкес анықталады,

ξ_ψ – 8.1.7 талаптарының нұсқауларына сәйкес анықталатын іргетастың айналу тербелісінің тік осыне қатысты қатыстық демпфирлеу;

λ_ψ – ауыртпалық орталығы арқылы өтетін тік осыне қатысты, қондырғының іргетастың айналу тербелісінің бұрыштық жылдамдығы, с⁻¹, келесі формуламен анықталады:

$$\lambda_\psi = \sqrt{\frac{K_\psi}{\Theta_\psi}}, \quad (96)$$

мұнда

Θ_ψ – барлық қондырғы массасының инерция сәті (іргетаста және машинаның шықпаларында) тік осыне қатысты, қондырғының ауыртпалық орталығы арқылы өтетін, т*м².

8.3 Импульстық жүктемелері бар машиналардың іргетастарының тербелістерін есептеу

8.3.1 Машинаның орталықтандырылған қондырғысында іргетастың тік тербеліс амплитудасын a_z , м, келесі формуламен тапқан дұрыс:

$$\alpha_z = \frac{(1+\varepsilon)J_z}{(1+1,67\xi_{z\varphi})\lambda_z m}, \quad (97)$$

мұнда

ε – мәнін тиісті бөлімдерде көрсетілгендей алуға ұсынылатын соққы жылдамдығын қайта қалпына келтіру коэффициенті;

J_z – тиісті бөлімдердің нұсқауламасымен анықталатын тік күш импульсі, кН*с;

m, λ_z – 8.2 бөлімінің формулаларындағыдай.

8.3.2 Іргетастың тік тербеліс амплитудасын a_v , м, тербеліс жазықтығына перпендикуляр көлденең оське қатысты, келесі формуламен тапқан дұрыс:

$$a_v = a_z + a'_z, \quad (98)$$

бұл жерде a_z келесі формуламен анықталады: (62), ал a'_z :

$$a'_z = a_\varphi l_f, \quad (99)$$

мұнда l_f – іргетастың жоғарғы шегінен импульс бағытында тік оське дейінгі арақашықтық, м;

a_φ – тербеліс жазықтығына перпендикуляр көлденең оське қатысты іргетастың айналу тербелісі амплитудасы (бұрылу бұрышы), рад, келесі формуламен анықталады:

$$\alpha_\varphi = \frac{(1+\varepsilon)J_\varphi}{(1+1,67\xi_{\varphi\theta})\lambda_\varphi \theta_{\varphi 0}}, \quad (100)$$

мұнда J_φ – тербеліс жазықтығына перпендикуляр көлденең оське қатысты іргетастың импульс сәті, кН*с*м, тиісті бөлімдер нұсқаулары бойынша анықталады;

$\theta_{\varphi 0}, \lambda_\varphi$ – 8.2.5 бөліміндегі сияқты.

8.3.3 Горизонталь құрамдас және іргетастың горизонталь-айналмалы тербелістерінің $a_{h,\varphi}$, м, және айналмалы $a_{h,\psi}$, м, тербелістердің, сәйкесінше тербеліс жазықтығына перпендикуляр орнатудың ауыртпалық орталығы арқылы өтетін горизонталь және вертикаль осьтерге қатысты амплитудаларын мына формулалар бойынша анықтау керек:

$$a_{h,\varphi} = a_\varphi h; \quad (101)$$

$$a_{h,\psi} = a_\psi I_{\max}, \quad (102)$$

мұнда

h – іргетастың табанынан жоғарғы жиегіне дейінгі арақашықтық, м;

a_ψ – іргетастың тік осьіне қатысты айналу тербелісі амплитудасы (бұрылу бұрышы), рад., келесі формуламен анықталады:

$$\alpha_\psi = \frac{(1+\varepsilon)J_\psi}{(1+1,67\xi_{\psi\theta})\lambda_\psi \theta_\psi}; \quad (103)$$

J_ψ – қондырғының ауыртпалық орталығы арқылы өтетінтік осыне қатысты импульс сәті, кН*с*м;

$\Lambda_\psi, \theta_\psi, I_{\max}$ - 8.2.10 бөліміндегі сияқты.

Ескертпе -

1 Оппозиттік компрессорлардың іргетастарын есептеуді қолданылатын формулалар;

2 Импульстік салмағы бар машиналарға ұсталық балғалар, құю өндірісінің қалыптық машиналар, баспақтар және т.б. жатады.

8.4 Машина іргетастарының тербелістерін кездейсоқ динамикалық жүктемелерге есептеу

8.4.1 Машиналардың массивтік және қабырғалық іргетастарының жоғарғы шектерінің кездейсоқ динамикалық салмақтан тік тербелісінің амплитудаларын $a_{h,\varphi}$, м, келесі формуламен тапқан дұрыс:

$$a_{h,\varphi} = \frac{\sqrt{\pi S_q} [1 + (h_1 / h_2) \rho_1] [1 + (h_0 / h_2) \rho_1]}{m \lambda_1 \sqrt{2 \xi_x \lambda_1 [1 + (\rho_1^2 / \beta)] \zeta}}, \quad (104)$$

мұнда

S_q – кездейсоқ салмақтың спектральды тығыздығы, кН²*с, келесі формуламен анықталады:

$$S_q = \frac{(\alpha m' d)^2 \omega^3}{\pi} \left[1 - \left(\frac{\omega^2 d}{2g} \right)^2 \right], \quad (105)$$

$$\zeta = \left(\frac{\lambda_1}{\lambda_x} \right)^2 + \frac{\xi_\varphi}{\xi_x} \rho_1 \left(1 + \frac{\rho_1}{\beta} \right); \quad (106)$$

$$\rho_1 = 1 - \left(\frac{\lambda_1}{\lambda_x} \right)^2, \quad (107)$$

мұнда

h_0 – қондырғының ауыртпалық орталығынан диірменнің барабанының айналу осыне дейінгі арақашықтық, м;

m' – диірмен барабанының жүктелу массасы, т;

ω – барабанның айналуының бұрыштық жылдамдығы, с⁻¹;

d – барабан диаметрі, м;

α – машина (диірмен) типіне байланысты коэффициент, ол келесідей қабылданады: өзекшелі диірмендер үшін $\alpha = 0,015$;

диірменнің басқа типтері үшін $\alpha = 0,001$;

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

β , m , h_1 , h_2 , λ_x , λ_1 белгіленулері 8.2.5, 8.2.6 формулаларындағы сияқты.

8.4.2 Машинаның жиекті іргетасының кездейсоқ динамикалық салмаққа есептелінген тік тербелісінің амплитудасын $a_{h,\psi,M}$, келесі формуламен тапқан дұрыс:

$$a_{h,\psi} = a_x + a_\psi l_b, \quad (108)$$

мұнда

l_b – іргетастың жоғарғы бөлігінен диірменнің ең алыс иінітірегіне дейінгі арақашықтық, м;

a_x , a_ψ – сәйкесінше іргетастың жоғарғы бөлігінің тік тербелісім, және ауыртпалық орталығынан өтетін тік осыне қатысты, амплитудалар:

$$a_x = \frac{1}{S'_x} \sqrt{\frac{\pi \lambda_x S'_q}{2 \xi'_x}}; \quad (109)$$

$$a_\psi = \frac{1}{S'_\psi} \sqrt{\frac{\pi \lambda_\psi S'_q}{2 \xi'_\psi}}; \quad (110)$$

мұнда

S'_q – (105) формуласы бойынша анықталады;

e – іргетастың жоғарғы бөлігінің ауыртпалық орталығынан барабанның орта ұзындығына дейінгі жоспардағы арақашықтық, м.

S_x , S_ψ , λ_x , λ_ψ , ξ'_x , ξ'_ψ белгілері – 8.2.1 - 8.2.4 формулаларындағы сияқты.

8.5 Кинематикалық қозу кезінде машиналардың массивтік және қабырғалық іргетастарының тербелістерін есептеу

8.5.1 Бір іргетас көзден кинематикалық қозу кезіндегі қабылдау іргетасының жоғарғы шетінің көлденең-айналмалы тербелісінің айналмалы амплитудасын келесі формуламен табу керек:

$$a_{h,\varphi}^{kin} = a_{s,x} \sqrt{\frac{[\Phi_x + (h_1/h_2)\beta\Phi_\varphi]^2 + 4\xi_x^2(\omega/\lambda_x)^2[\Psi_x + (h_1/h_2)\beta\Psi_\varphi]^2}{\Omega_1^2 + 4\xi_x^2(\omega/\lambda_x)^2\Omega_2^2}}, \quad (111)$$

мұнда

$$\begin{aligned}
\Phi_x &= S_1(\kappa_1) - 4\xi_x^2 \left(\frac{\omega}{\lambda_x} \right)^2 S_2(\kappa_2); \\
\Psi_x &= S_2(\kappa_1) + S_1(\kappa_2); \\
\Phi_\varphi &= S_3(\kappa_1) - 4\xi_x^2 \left(\frac{\omega}{\lambda_x} \right)^2 S_4(\kappa_2); \\
\Psi_\varphi &= S_4(\kappa_1) + S_3(\kappa_2).
\end{aligned} \tag{112}$$

$k = 1; 2$ үшін $S_1(\kappa_k)$, $S_2(\kappa_k)$, $S_3(\kappa_k)$, $S_4(\kappa_k)$ мәндерін (76) - (82) формулалары бойынша келесідей мәндермен анықтайды:

$$\kappa_1 = \chi \frac{\lambda_\varphi}{\lambda_x} - 1; \quad \kappa_2 = \chi \frac{\xi_\varphi}{\xi_x} - 1 \tag{113}$$

$$\chi = \pm h_2 \frac{1 + \beta \frac{\lambda_\varphi}{\lambda_x} \frac{\alpha_{s,\varphi}}{\alpha_{s,x}}}{\beta \frac{\lambda_\varphi}{\lambda_x} \frac{\alpha_{s,\varphi}}{\alpha_{s,x}}}. \tag{114}$$

Есептеуді әрбір $\pm \chi$ мән үшін жасау керек.

(115) - (118) формулаларындағы:

$\alpha_{s,x}$ – қабылдау-іргетасын орнату орнындағы топырақ бетіндегі нүктедегі тік тербелісінің амплитудасы 8.1.8 нұсқауларына сәйкес анықталады;

$$\alpha_{s,\varphi} = \frac{\alpha_{a,s}^{(1)} - \alpha_{s,s}^{(2)}}{l_{inf}}, \tag{115}$$

мұнда

$\alpha_{a,s}^{(1)}$, $\alpha_{a,s}^{(2)}$ – қабылдау іргетасының шеткі нүктелеріне l_{inf} сәйкес келуші топырақ беттерінің нүктелеріндегі көлденең тербелістер амплитудалары 8.1.8 нұсқауларына сәйкес анықталады;

l_{inf} – қабылдау іргетасының табан жағының өлшемі, осы өлшем бағытында тік тербелістер қарастырылады;

ω – іргетас-көз тербелісінің бұрыштық жиілігі.

$h_1, h_2, \beta, \Omega_1, \Omega_2, \lambda_\varphi, \lambda_x$ белгілері – 8.2.5 формуласындағы сияқты.

8.5.2 Бір іргетас-бастауынан кинематикалық қозу кезіндегі айнаруды есепке алған іргетас-қабылдаудың тік тербелісінің амплитудасын келесі формуламен табу керек:

$$\alpha_v^{kin} = \alpha_z^{kin} + \alpha_z^{rkin}, \tag{116}$$

$$\alpha_z^{kin} = \alpha_{s,z} \sqrt{\frac{1 + 4(\xi')^2 (\omega / \lambda_z)^2}{[1 - (\omega / \lambda_z)^2]^2 + 4\xi_z^2 (\omega / \lambda_z)^2}}; \tag{117}$$

мұнда

$$\alpha_z^{rkin} = \frac{\beta l_f \alpha_{s,x}}{h_2} \sqrt{\frac{\Phi_\varphi^2 + 4\xi_x^2 (\omega / \lambda_x)^2 \Psi_\varphi^2}{\Omega_1^2 + 4\xi_x^2 (\omega / \lambda_x)^2 \Omega_2^2}}; \tag{118}$$

$$\alpha_{x,z} = \frac{\alpha_{x,z}^{(1)} - \alpha_{x,z}^{(2)}}{2}; \quad (119)$$

мұнда λ_z, l_f - белгілер 8.2.9.

Бірнеше іргетас-көздердің кинематикалық қосуынан іргетас-қабылдағыштың тербелісін есептеген кезде, сәйкесінше (111) немесе 116) формулалары бойынша әрбір тербеліс көзі үшін $\alpha_{k,\varphi}^{kin}$ мәнін (немесе α_v^{kin}) сомалау керек.

8.6 Қадалық іргетастарды есептеудің ерекшеліктері

8.6.1 Динамикалық салмақ беретін машина қадалық іргетастарының көтеру қабілетін есептеу есептік статистикалық жүктемелер әрекетіне қадалық іргетастар талаптарымен жүргізген дұрыс.

Бұл жағдайда, қаданың бүйір қабырғасындағы және төменгі ұшындағы негіздеме топырақтарының есептік кедергісі негіздеме топырағының жұмыс шарты коэффициентіне көбейтілуі керек, сәйкесінше $\gamma_{cp,f}$ және $\gamma_{cp,R}$ 7-кестеде келтірілген. Аспалы қадалардағы топырақ негіздің есептік кедергісін 2-кестеде мәні берілген жұмыс шартының коэффициенттерне көбейтіледі. Қада тіреулер үшін γ_{c0} 1-ге тең болып қабылданады.

7 - кесте – Жұмыс жағдайының γ_{c0} коэффициентінің мәндері

Топырақтар	Негіздеме топырақтарының жұмыс шарты коэффициенттері	
	Қаданың бүйір қабырғасында $\gamma_{cp,f}$	Қаданың төменгі ұшында $\gamma_{cp,R}$
а) Кез-келген іріліктегі және ылғалдылықтағы қопсытылған құмдар; майда және шаңдатылған сумен қаныққан кез-келген тығыздықтағы; аққыштық көрсеткіші $I_L > 0,6$ сазды топырақ	0,6 (0,75)	-
б) Майда және кіші өлшемді шаңды құм, орта тығыздықты, «а» көрсетілгеннен басқа кез-келген ылғалдылық деңгейінде, аққыштық көрсеткіші $0,25 \leq I_L \leq 0,6$ болатын сазды топырақтар	0,75 (0,85)	0,75 (0,85)
Топырақтың өзге түрлері	1 (1)	1 (1)
Ескертпелер		
1 Жақша ішінде аралық жастықшасы бар қадалық іргетастарға арналған коэффициент мәні көрсетілген.		
2 Отырғызу топырақтарында қадаларды қолдануда $\gamma_{cp,f}$ және $\gamma_{cp,R}$ коэффициенттерінің мәнідерін мағынасы бойынша аққыштық көрсеткіші бар сазды топырақтарға қолданыстағы нормативтік құжат		

Топырақтар	Негіздеме топырақтарының жұмыс шарты коэффициенттері	
	Қаданың бүйір қабырғасында $\gamma_{cp,f}$	Қаданың төменгі ұшында $\gamma_{cp,R}$
нұсқауы бойынша қаданың бүйір беттері мен төменгі бүйірінің астындағы топырақ кедергісінің есебі анықталатын мәнге тең.		

Өрістік сынау нәтижелері бойынша қаданың көтеру қабілетін анықтау жағдайында $\gamma_{cp,f}$ және $\gamma_{cp,R}$ коэффициенттерінің орнына негіздеме топырағының жұмыс шарты коэффициенті γ_{cp} енгізіледі, бұл коэффициент $\gamma_{cp,f}$ және $\gamma_{cp,R}$ коэффициенттерін есепке алудың белгілі есептік әдісіндегі көтеру қабілеті мен осы коэффициенттерді есепке алмай көтеру қабілетінің арасындағы қатынаспен анықталады.

Қадалардың 6-кестенің «а» күйіндегі топырақтарға тірелсе, қаданың көтеру қабілеттілігін ұзақ уақыттағы динамикалық салмақ әсерімен жүргізген сынау нәтижесі бойынша алады. Мұндай деректер болмаған жағдайда, тиісті негізде қадалық іргетас талаптарына сәйкес $\gamma_{cp,f}$ және $\gamma_{cp,R}$ коэффициенттерінің орнына $\gamma_{cp} = 0,25$ қабылданады.

8.6.2 Ғимараттар мен құрылыстардың динамикалық жүктемесі бар машина іргетастарының маңайында орналастырылған қадалық іргетастарының қондырғыларында қадалардың көтеру қабілеті негіздеме топырағының жұмыс шарты коэффициентін γ_{cp} (немесе $\gamma_{cp,f}$ және $\gamma_{cp,R}$) есепке алып, қадалық іргетастарға арналған талаптар бойынша анықталынады, бұл коэффициенттер мәні 8.6.1-ге сәйкес алынады. Берілген коэффициент есепке алынатын аймақ өлшемін 5.2.23 нұсқауы бойынша алған дұрыс.

8.6.3 Машиналардың қадалық іргетастарының есебін табиғи негіздердегі іргетастар формулалары бойынша есептей берсе болады, бірақ масса, масса инерциясының сәттерінде және қаттылықтарда m , θ_φ , $\theta_{\varphi 0}$; θ_ψ , K_z , K_x , K_φ , K_ψ мәнінің орнына (85) - (100) формулалары бойынша анықталатын оларға келтірілген мәндер m_{red} , $\theta_{\varphi, red}$, $\theta_{\varphi 0, red}$, $\theta_{\psi, red}$, $K_{z, red}$, $K_{x, red}$, $K_{\varphi, red}$, $K_{\psi, red}$ қолданылады.

Қадалық іргетастардың тік тербелісі үшін:

$$m_{z, red} = m_z + \beta_z^* \sum_{i=1}^N m_{i, p} + \sum_{i=1}^N m_{i, 0}; \quad (120)$$

$$K_{z, red} = \frac{K_{z, red}^*}{1 + \frac{K_{z, red}^* l_0}{NE_\delta A_p}}, \quad (121)$$

$$K_{z, red}^* = NE_\delta A_p \bar{\beta} \frac{\bar{\beta} th(\bar{\beta} l) + \alpha}{\bar{\beta} + \varepsilon th(\bar{\beta} l)}; \quad \text{мұнда} \quad (122)$$

$$\bar{\beta} = \sqrt{\frac{c_{p, \mathcal{M}}}{E_\delta A_p}}; \quad \alpha = \frac{C_z^*}{E_\delta};$$

$$c_{p,ж} = \frac{\sum_{k=1}^{k_1} c_{p,k} l_k}{l} k; \quad \beta_z^* = k^* \frac{\sum_{k=1}^{k_1} c_{p,k} l_k}{c_0 l}.$$

(120) - (122) формулаларында:

m_r – орнатылған машинамен бірге ростверктің жалпы салмағы, т;

$m_{i,p}$ – топыраққа батырылған қаданың i -ші бөлігінің массасы, т;

$m_{i,0}$ – топырақ бетінен жоғарыдағы қаданың i -ші бөлігінің массасы, т;

N – қадалар саны;

E_b – қада материалының тығыздық модулі, кПа;

L – қаданың топыраққа батырылу тереңдігі, м;

l_0 – ростверк табанынан топырақ бетіне дейінгі арақашықтық, м; төменгі ростверк үшін $l_0 = 0$;

A_p – қаданың көлденең қимасының ауданы, м²;

u – қаданың көлденең қимасының периметрі, м;

C_z^* – топырақты қаданың төменгі деңгейінде біртекті тығыз сығу коэффициенті, кН/м³, (5) формуласымен анықталады, бұл жерде іргетас табанының ауданы A , қада ұшының көлденең қимасының ең үлкен ауданына тең болып қабылданады, ал бітеу қадалары үшін b_0 коэффициентінің мәні екі еселенеді;

K^* – бағандар үшін тендей қабылданатын коэффициент: 2 – толықтай темірбетонды үшін; 2,5 – жартылай темір бетонды үшін; 3,5 – ағаштан жасалғандар үшін;

$c_{p,k}$ – бағанның бүйір бетіндегі k -ші қабатындағы 8 және 9 кесте бойынша қабылданатын шекті тығыз кедергісі;

c_0 – 10000 кН/м³ тең етіп қабылданушы коэффициент;

k_l және k_{l^*} – топырақ бетінен тереңдікке дейін есептелетін қабат номері, сәйкесінше l және $l^* = 0,2[1 + 4th(10/l)]l$;

l_k – топырақтың k -ші қабатының қалыңдығы;

th – гиперболоидтық тангенс.

8 - кесте – Саз топырақтарға арналған қаданың бүйір бетіндегі топырақтың шекті серпінді кедергісінің мәндері

Саз топырақтардың ағуының көрсеткіші I_L	Салыстырмалы кедергі c_p , кН/м ³
$0,75 < I_L \leq 1$	$1,5 \cdot 10^4 - 0,5 \cdot 10^4$
$0,5 < I_L \leq 0,75$	$3 \cdot 10^4 - 1,5 \cdot 10^4$
$0,25 < I_L \leq 0,5$	$4,5 \cdot 10^4 - 3 \cdot 10^4$
$0 < I_L \leq 0,25$	$6 \cdot 10^4 - 4,5 \cdot 10^4$

Ескертпелер

1 I_L аралық мәндері үшін c_p мәні интерполяциямен анықталады.

2 Орнықтыру топырақтары үшін шекті тығыз келетін мәнін c_p табиғи ылғалдылыққа сәйкес келетін аққыштық шегі бар I_L , сазды топырақтарға анықтағандай анықтауға немесе ҚР ҚНЖЕ 5.01-03-2002 талаптарына сәйкес мүмкін ылғалдандыру есебімен анықтауға болады.

9 - кесте – Құм топырақтарға арналған қаданың бүйір бетіндегі топырақтың шекті серпінді кедергісінің мәндері

Құмдар	Әртүрлі ылғалдылықты топырақтардың салыстырмалық серпінді кедергісі c_p , кН/м ³		
	су сіңіргіш	ылғалды	аз ылғалды
Орта ірілікте: қопсытылған	$1,5 \cdot 10^4$	$2 \cdot 10^4$	$3 \cdot 10^4$
орты тығыздықты	$3 \cdot 10^4$	$4 \cdot 10^4$	$5 \cdot 10^4$
Майда: қопсытылған	$1 \cdot 10^4$	$1,5 \cdot 10^4$	$2,5 \cdot 10^4$
орты тығыздықты	$2 \cdot 10^4$	$3 \cdot 10^4$	$4 \cdot 10^4$
Шаңды: қопсытылған	$0,5 \cdot 10^4$	$1 \cdot 10^4$	$1,5 \cdot 10^4$
орты тығыздықты	$1 \cdot 10^4$	$1,5 \cdot 10^4$	$2,5 \cdot 10^4$
Ескертпе - Тығыз құмды топырақтар үшін шекті тығыз кедергіні олардың үлкен c_p мәнімен салыстырғанда, 8-кестедегі осы топырақ түріне арналған мәннен 50% -ға жоғары етіп қабылдау керек.			

Қадалық іргетастардың горизонталь тербелістері үшін:

$$m_{x,red} = m_r + \beta_x^* \sum_{i=1}^N m_{i,p} + \sum_{i=1}^N m_{i,0}; \quad (123)$$

$$\beta_x^* = 0,25\beta_x^*; \quad (124)$$

$$K_{x,red} = \frac{N\bar{\alpha}^3 E_b I}{p}, \quad (125)$$

мұнда

I – бағанның көлденең қимасының инерция сәті, м⁴;

$\bar{\alpha}$ – «баған-топырақ» жүйесінің тығыздық коэффициенті, ол келесі формуламен анықталады:

$$\bar{\alpha} = 2\alpha_e, \quad (126)$$

мұнда $\alpha_e - \gamma_c = 3$ болған жағдайда бағанды іргетастар нормасындағы ұсыныстарға сәйкес анықталатын деформация коэффициенті.

Ростверкпен топсалы ұштастырылған қадалар үшін:

$$p = A_0 + 2B_0 l_0 \bar{\alpha} + C_0 (l_0 \bar{\alpha})^2 + \frac{(l_0 \bar{\alpha})^3}{3}. \quad (127)$$

Ростверкке қысылған қадалар үшін:

$$p = A_0 + \frac{1}{C_0 + l_0 \bar{\alpha}} \left\{ B_0 [(l_0 \bar{\alpha})^2 - B_0] + \frac{(l_0 \bar{\alpha})^3}{3} \left(C_0 + \frac{l_0 \bar{\alpha}}{4} \right) \right\}. \quad (128)$$

(127), (128) формулаларында:

A_0, B_0, C_0 – бағанның келтірілген тереңдігіне $\bar{l} = \bar{\alpha}l$ және оның төменгі ұшының тірелу шартына (ҚР ҚНЖЕ 5.01-03-2002 нұсқаулары арқылы анықталады) тәуелді коэффициенттер.

Бағанды іргетастардың көлденең-айналмалы тербелістері үшін:

$$m_{\varphi,red} = m_{x,red}; \quad (129)$$

$$\theta_{\varphi,red} = \theta_{\varphi,r} + \beta_x^* \sum_{i=1}^N m_{i,p} r_{k,i}^2 + \sum_{i=1}^N m_{i,0} r_{k,i}^2; \quad (130)$$

$$\theta_{\varphi 0,red} = \theta_{\varphi,red} + h_2^2 m_r; \quad (131)$$

$$K_{\varphi,red} = \frac{K_{z,red}}{N} \sum_{i=1}^N r_{h,i}^2. \quad (132)$$

(130) - (132) формулаларында:

$\theta_{\varphi,r}$ – ростверк мен машинаның ортақ ауыртпалық орталығы арқылы өтетін, тербеліс жазықтығына перпендикулярлы көлденең оське қатысты масса инерция сәті, $t \cdot m^2$;

$h_2 - m_r$ массаның ауыртпалық орталығынан ростверк табанына дейінгі арақашықтық, м;

$r_{h,i}$ – i -ші баған осынен ауыртпалық орталығы арқылы өтетін, тербеліс жазықтығына перпендикулярлы көлденең дейінгі арақашықтық.

Көлденең оське қатысты бағанды іргетастың айналу тербелістері үшін:

$$m_{\psi,red} = m_{x,red}; \quad (133)$$

$$\theta_{\psi,red} = \theta_{\psi,r} + \beta_x^* \sum_{i=1}^N m_{i,p} r_{v,i}^2 + \sum_{i=1}^N m_{i,0} r_{v,i}^2; \quad (134)$$

$$K_{\psi,red} = \frac{K_{x,red}}{N} \sum_{i=1}^N r_{v,i}^2. \quad (135)$$

(134), (135) формулаларында:

$\theta_{\psi,r}$ – ростверктің ауыртпалық орталығы арқылы өтетін тікоське қатысты ростверк және машина массасының инерция сәті, $t \cdot m^2$;

$r_{v,i}$ – бағанның i -ші осынен ростверктің ауыртпалық орталығы арқылы өтетін тік оське дейінгі арақашықтық, м.

8.6.4 Бағанды іргетастар үшін қатыстық демпфирлеуді сынау нәтижелері бойынша анықтау керек. Тәжірибелік деректер болмаған жағдайда қатыстық демпфирлеуді ξ_z бағанды іргетастардың тік тербелісінде 0,2 және орныққан және орнықпаған тербелісінде 0,5 деп қабылдаймыз. ξ_x , ξ_φ , ξ_ψ мәндерін 49 - 51 формулалары бойынша анықтайды.

9 МАШИНАЛАРДЫҢ ӘРТҮРЛІ ТҮРЛЕРІНІҢ ІРГЕТАСТАРЫН ЕСЕПТЕУ МЕН ЖОБАЛАУДЫҢ ЕРЕКШЕЛІКТЕРІ

9.1 Айналатын бөлшектері бар машиналардың, қисық тиекті-шатундық механизмі бар машиналардың және темір балғалардың іргетастары

9.1.1 Айналушы бөліктері бар машиналардың іргетастарын жобалау үшін қажетті бастапқы материалдар құрамына, келесілер кіруі керек:

- бу турбиналарының конденсаторларындағы вакуум тартылысынан және электрлік машиналардағы қысқа тұйықтау сәтінен болатын салмақ мәндері, нүкте және олардың қосымшаларының координаттары, және осы салмақты беру аймақтарының өлшемдері; машинаның жылулық деформацияларында пайда болатын салмақ жайында мәліметтер;

- қосымша жабдықтың (май және ауа салқындатқыштар, май бактары, сорғылар, турбоөткізгіштер және т.б.) және оның салмағының орналасу сұлбасы;

- іргетасқа қойылатын аймақтар сұлбалары және олардан келетін салмақтардың нормативтік мәндері жайында деректер;

- жөндеу салмақтарын анықтау үшін осы салмақты беретін аймақ өлшемдері.

Ескертпе - Қуаттылығы 25 мың кВт және одан да жоғары турбоагрегаттар іргетастарын жобалау кезінде топырақтардың физико-механикалық қасиеттері аймақта тікелей немесе зертханалық жағдайда сынаулар арқылы анықталуы керек.

9.1.2 Қуаттылығы 400 кВт-қа дейінгі іштей жану қозғалтқыштарымен немесе электрқозғалтқыштары бар темір бетонды тіреу тақталары көмегімен дайындаушы зауытта агрегатталатын орталықтанған сорғыларды іргетассыз еденнің төселуші қабатына орнатуға рұқсат етіледі. Қуаттылығы 50 кВт-қа дейінгі темір бетонды тіреу тақталары еденнің төсеніш қабатына қалыңдығы 30-50 мм құмды-цементті ерітінділі құймасына арнайы бекітпесіз орнатылады. Қуаттылығы 50 кВт-тан жоғары қозғалтқыштар үшін темір бетонды тіреу тақталарын төсенуші еденге іргетасты бұрандалармен орнатады.

9.1.3 Жиекті іргетастардың төменші тақталарына (ростверктерге) машиналарға қызмет көрсету аймақтарының бағандарын және қойма үстін жапқыштарды тіреп қоюға болады.

Жалпы іргетасты тақтаның машина залының астында қондырғы болса осы тақтаға машина іргетасын орнатуға рұқсат беріледі.

Іргетастың жоғарғы құрылыс элементтерін ғимарат құрылымдарымен және элементтерімен байланыстыруға тыйым салынады.

Ескертпе - Ерекшелік ретінде машина іргетастарының жоғарғы құрылысының элементтеріне жабу аймақтарының қосымшаларын тіреу рұқсат етіледі. Бұл жағдайда жабу аркалықтарының тіреулерінің астына окшауландырушы төсеніш қарастыру керек, мысалы фторопласттан немесе өзге осы типті материалдардан. Мұндай төсеніштерді машиналар іргетастарының төменгі тақталарына (ростверктерге) тірелгеннен қызмет көрсету аймақтарының және жапқыш тіреулерінің астына да қарастыруға болады.

9.1.4 Айналушы бөліктері бар машиналардан болатын нормативті динамикалық салмақты (тік $F_{n,v}$ және көлденең $F_{n,h}$) жобалауға тапсырма деректері бойынша алады, болмаған жағдайда келесіге тең деп қабылдауға рұқсат етіледі:

$$F_{n,v} = F_{n,h} = \mu \sum_{i=1}^s G_i, \quad (136)$$

мұнда μ – 10 кесте бойынша тағайындалатын пропорционалдылық коэффициенті;
 s – ротор саны;
 G_i – машинаның әрбір роторының салмағы, кН.

10 - кесте – Пропорционалдылық μ коэффициенттерінің мәндері

Машиналар	μ пропорционалдылықтың коэффициенті
Турбомашиналар	0,2
Айналу жиілігі бар электрлік машиналар n_r , айн/мин:	
500-ден аз	0,1
500-ден 750-ге дейін	0,1 - 0,15
750-ден 1500-ге дейін	0,15 - 0,2
1500-ден жоғары	0,2
Центрифугалар (d – ротор диаметрі, м)	$\left(\frac{n_r}{1000}\right)^2 d$
Орталықтанған сорғылар	0,15
Бу сорғыштар және желдеткіштер	$0,8 \left(\frac{n_r}{1000}\right)^2$, бірақ 0,2 кем емес

9.1.5 Айналу бөліктері бар машиналардың жиекті іргетастары салмақтардың ерекше жиынтығына байланысты екі түрге бөлінеді:

– біріншісі, жобалау тапсырмасында көрсетілетін электрлі машинаның қысқа тұйықталуында немесе өзге апаттық жүктемеде P_a (технологиялық үрдісті кенеттен үзгенде немесе жабдық бұзылуына пайда болатын салмақтар) пайда болатын ерекше салмақтар;

– екіншісі, сейсмикалық әсерден болады.

9.1.6 Машиналардан пайда болатын және (49) формуламен анықталатын динамикалық салмақтар сейсмикалық әсерге қатысты ерекше жағдайларға жатқызылмайды, бірақ апаттық салмағы тағайындалмаған апаттық салмақты ерекше жағдайларға жатады.

9.1.7 Салмақтың ерекше жиынтығындағы іргетастарды есептегенде қысқа мерзімдік іргетастардың есептік шамалары немесе оларға сәйкес күштер $n_c = 0,8$ жиынтық

коэффициентіне көбейтілуі тиіс, тек сейсмикалық аймақтардағы ғимараттар мен құрылыстардың жобалау тапсырмасында келісілген нормаларда бұл коэффициент қабылданбайды.

Ескертпе - Сейсмостұрақтылық талаптар, іргетастың сейсикалық тербеліс параметрлері берілген жауапкершілігі жоғары машиналардың іргетастарын жобалау кезінде машинаны түреу деңгейінде акселограммалар көмегімен машинаның динамикалық есебі анықталады.

9.1.8 $M_{n,sc}$, кН·м, қысқа тұйықталу сәтіне сәйкес келуші турбомашиналар іргетастарының нормативтік жүктемелері және $F_{n,vac}$ конденсаторының иілген қосылысындағы конденсатордағы вакуумның тартқышының нормативтік салмақтарын жобалау тапсырмасымен немесе келесі формуламен анықтау керек:

$$M_{n,sc} = 9,75 \frac{N}{n_r} k_{sc}, \quad (137)$$

$$F_{n,vac} = 100a. \quad (138)$$

(137), (138) формулаларында:

N – электрлік машинаның номиналды қуаттылығы, кВт;

n_r – машинаның айналу жиілігі, айн/мин;

k_{sc} – жобалау тапсырмасы бойынша қысқа тұйықталудағы айналу сәтінің қысқалық коэффициенті, жобалау тапсырмасында бұл мән берілмесе, 10-ға тең деп қабылдау рұқсат етіледі;

100 – құбыр өткізгіштің 1 м^2 қимасындағы тарту күші, кН/м²;

a – турбиналық конденсатордың жалғаушы мойыншасының көлденең қимасының ауданы, м².

9.1.9 Жөндеу салмақтары тұрақты сейсмикалық салмақпен бірге саналады. Машинаның динамикалық жүктемелері кіретін жиынтықтарда жөндеу салмақтары есепке алынбайды.

Жеке жағдайларда қолданыстағы кәсіпорындарды қайта жөндеуде іргетастың жоғарғы тақтасындағы жөндеу салмағының мәнін жобалау тапсырмасы бойынша қабылдауға кепілдеме беріледі, бірақ 10 кПа-дан аз емес, бұл жағдай жұмысшы құжаттамада көрсетіліп іргетаста жазылған болуы керек.

9.1.10 Айналушы бөліктері бар машиналардың барлық машиналарының тербеліс есебі жоғарғы тақтаның көлденең тербелісінің максималды амплитудасының немесе іргетастың (массивтік және қабырғалы іргетастар) жоғарғы жиегін анықтауға алып келеді. Әдетте, есептеулерді 9.1 және 9.2 бөлімшелеріндегі нұсқаулар бойынша жүргізу керек. Техникалық тапсырмалар талаптары болмаған кезде тік тербелістер амплитудаларын есептеу жасалмайды.

9.1.11 Есептік динамикалық салмақтың есебін 5.2.9 негізінде анықтауға болады.

9.1.12 Айналу жиілігі 1000 айн/мин-тан жоғары жиілігі бар айналушы бөліктері бар машинаның массивтік және қабырғалы іргетастарының тербелістерін есептемеуге болады.

9.1.13 Тербеліс амплитудаларының есептік мәндері жобалау тапсырмаларында бекітілген максималды шекті рұқсат етілген мәндерен аспауы керек, тапсырмада бұл мәлімет жоқ болса, 11 кесте бойынша анықтаймыз.

11 - кесте – Тербеліс амплитудаларының максималдық шекті рұқсатты мәндері

$$A_{adm}^u$$

1 минуттағы машина айналымының саны $n_{об}$	Тербелістің максималдық шекті рұқсатты амплитудалары A_{adm}^u , мм
500-ден кем	0,2
750-ден 500-ге дейін	0,15
1000-нан 750-ге дейін	0,1

Технологиялық талаптардан шыға отырып жобалау тапсырмасы тербеліс амплитудаларының шекті рұқсат етілген максималды мәндері 11-кестеде келтірілгендерден аз болуы мүмкін.

Бұл жағдайда іргетастың тербеліске есебін тік және көлденең бағытта іргетас пен негізд құрылымында тербелісін жұтуын есепке алып есептеуге кепілдеме беріледі.

9.1.14 Массивтік және қабырғалы іргетастар үшін мәжбүрлі тербелістердің есебі топырақ негізінде есептеледі. Бұл жағдайда тербелістегі тығыздық қасиеттерін және топырақ негізін демпфирлеу сипаттамаларынөрістік сынау деректері бойынша қабылдаймыз.

9.1.15 Жиекті іргетастар үшін кеңістікті жиектің мәжбүрлі тербелістерін есептеуге кепілдеме беріледі. Есептік сұлба үлестірілген немесе көзделген өзекшелі жүйені қабылдайды.

9.1.16 Іргетасты жобалауда іргетастың орын алмастыруын және деформациясын шектеуші технологиялық талаптар болғанда машина және онымен байланысты элементтердің өзара орналасу жағдайынан оларды пайдаланудың қалыпты жағдайын қамтамасыз ету үшін іргетастың төменгі тақтасының қалыңдығы В қосымшасындағы нұсқауларға сәйкес деформациялар бойынша есептелінеді. Бұл жағдайда іргетас табанының ауыртпалық орталығының эксцентриситеті және бірдей әрекет етуші статистикалық салмақтар (5.2.8-тармақты қараңыз) әсері келесі қосымша жағдайларда нормаланбайды:

- іргетастың орталықтанбаған батуы кезіндегі шеткі қысым шамасы ҚР ҚНЖЕ 5.01-01 оң жақ бөліміндегі формуладан 25 %-ға аспаса;
- тербеліс эксцентриситетті қосып есепке алынса.

9.1.17 Машина іргетастарын жобалау үшін бастапқы деректер құрамына келесілер кіреді:

- барлық бөліктердің біріні және екінші үйлесімінің сәттерінің және бірдей әрекет етуші салмақтандырылмаған (қозушы) күштердің және сәттердің мәні, қосымша күштердің және сәттердің әсер ету орындары;
- машинаның басты білігінен іргетастың жоғарғы шегіне дейінгі арақашықтық;
- жетек сипаттамасы (синхронды, асинхронды электрқозғалтқыш және т. б.).

9.1.18 Қисық тиекті-шатундық механизмі бар көп цилиндрлік машиналардың іргетастарына әсер етуші салмақтар әрбір цилиндрмен және іргетаста машинаның орналасуына байланысты сәттерден дамитын мәжбүрлі күштердің геометриялық суммасымен анықталады.

9.1.19 Дайындаушы зауытта электр қозғалтқышты компрессорларды агрегаттау кезінде осы мақсатта қолданылатын жинақтық темірбетонды тіреу тақталары іргетастың жоғарғы бөлігі ретінде есептелуі керек. Мұндай компрессорлық агрегаттарды өнеркәсіптік ғимараттар ішіне орналастырған жағдайда есептеуі болса оларды еденнің төсеніш қабатына орнатуға рұқсат беріледі. Бұл жағдайда тербеліс амплитудаларын есептегенде тіреу тақтасының астындағы еденнің төсеніш қабатының салмағы және тақтаның жиегінен 0,5 м қашықтықтағы аймақтың да массасы есептелуі керек.

9.1.20 Темірбетонды тіреу тақтасының төсенуші еденге бекітпесі бетонға бұранда (конустық бұрандалар, эпоксидті желімдегі бұрандалар және т.б.) диаметрінен 15-тен аз тереңдігін рұқсат етуші іргетасты бұрандалармен бекітілуі керек.

Агрегатталған жабдықтың темір бетонды тіреу тақтасының жиекті іргетасына орнатқаннан кейін есептеуде іргетастың байланыстырушы тақтасы ретінде қарастыру керек.

9.1.21 Қабырғалы іргетастарды келесі элементтерден жобалауға кепілдеме беріледі: машина бекітілетін төменгі іргетасты тақтадан, жоғарғы көлденең темір бетонды тақтадан (және жиектен), жоғарғы көлденең тақтадан тұрады. Іргетастың жоғарғы темір бетон тақтасының құрылымы қабырғаларымен тығыз байланысқан және көлденең жазықтықтың ортақ қаттылығын қамтамасыз етуі керек. Қабырғалы іргетастың құрылымдық элементтерінің өлшемдерін жобалау тапсырмасындағы талаптарға сәйкес және 12 кестеде келтірілген деректерге сәйкес тағайындайды.

9.1.22 Қисық тиекті-шатундық механизмді машиналар көп жағдайда төстөменгі сапалы болып саналады, сондықтан олар үшін, әдетте, өздерінің тербелістері қозушы күштердің ең жоғарғы тербелістерінен асып кетеді. Іргетастардың құрылымдық элементтерін таңдау кезінде іргетастың тербелісінің өзіндік жиілігі табан ауданын үлкейтумен және іргетас массасын азайтумен үлкейтілуі мүмкін.

9.1.23 Көлемі 20 м^3 -тан көп массивтік іргетастарды, сонымен қатар іргетастың сыртқы бүйірлік жиектері бойынша арматуралау керек. Арматуралауды іргетас өлшеміне байланысты 12-16 мм өзекшелерлен сәйкесінше 300-ден 400 мм-ге дейінгі торлармен жасайды.

9.1.24 Тақталық типтегі массивтік іргетастарды олардың көлемдерінен тәуелсіз іргетас табанымен және жоғарғы жиегімен 20 м^3 іргетастар үшін сияқты құрылымдық армирленуі болуы керек.

9.1.25 Қисық тиекті-шатундық төменгі жиілікті іргетас тербелістерінің амплитудаларын азайту үшін механизмдермен келесі іс-шаралар орындалуы мүмкін:

- көлденең салмақ әрекеті бағытындағы іргетас өлшемдерін үлкейту жолымен іргетас қаттылығын арттыру, бағанды іргетас қондырғысы (тік жүктемеде), қатты топырақтан жастықша қондырғысы;

- бірнеше машина астындағы іргетас қондырғысы, іргетаспен тығыз әрі қатты байланысып жалғастырылған тақта қондырғысы және т.б.

12 - кесте – Қабырғалық іргетастардың элементтерінің өлшемдері

Іргетас элементтерінің мөлшерленетін өлшемі	Қабырғалық іргетастардағы элементтердің тұспалы өлшемдері, м
Қабырғалар қалыңдығы, b_{cm}	0,6 және одан жоғары
Төменгі іргетас тақтасының қалыңдығы b_{nl}	b_{cm} және одан жоғары
Төменгі іргетасты тақтаның тіреме аймақтары	2,5 b_{nl} және одан аз
Жоғарғы тақта іргетастарының тіреме аймақтары	2 және одан аз
Жоғарғы тақталардың тіреме аймақтарынң шығуы	0,1 және одан жоғары
Жоғарғы іргетас тақтасының қалыңдығы	

9.1.26 Қажет жағдайда, темір бетонды тіреу тақтасына жөнделген компрессорлық агрегаттан тербелістердің таралуын шектеу қажеттілігінде ол орналасқан еденнің төсенуші қабатында еденнің барлық қанатында тіреу тақтасынан 1 м қашықтықтағы қалыңдыққа 2-3 енінде деформациялық тігіс орнатылады.

9.1.27 Ұсталық балта іргетастарын жобалауға қажетті келесі материалдар кіруі керек:

- балға (баспақты, ұсталық) типі және маркасы көрсетілген балға өлшемдерінің;
- түсуші бөліктердің нақты және номиналды және нақты (баспақтың жоғарғы жартысының массасын есепке алып) мәні, олардың құлау биіктігі;
- шабот және табан массасы;
- шабот табанының және оның цех еденіне қатысты белігісінің және табанның тіреу тақтасының өлшемдері;
- түрлі түсті материалдардан және олардың балқымаларынан бұйым қалыптаудағы соққы жылдамдығын қалпына келтіру коэффициентінің мәні;
- цилиндрдің ішкі диаметрі және бу мен ауаның жұмысшы қысымы (немесе соққы энергиясы).

9.1.28 Ағаш шабот асты төсеніштерді емен ағаштардан жасау керек; 1 т-ға дейін құлаушы бөліктері бар балғалар үшін шабот асты төсеніштерді теректен және қайыңнан жасалады.

Ағаш төсеніштерді МЕМСТ 2695 және МЕМСТ 8488-86Е бойынша 1-сұрыпты кесілген ағаш материалдардан жасауға кепілдеме беріледі.

Есептеуге негіз болса және дайындаушы-зауытпен келісіп ағаш шабот асты төсеніштерді резина материалға ауыстыруға кепілдеме беріледі.

Бірнеше балға астына ортақ тақта қондырғысында және цехтағы бірнеше жеке тұрған іргетастардың тік тербеліс амплитудаларын 8.1.9 бөлімдегі нұсқаулар бойынша анықтау керек.

9.1.29 Іргетастың шабот асты бөлігінің қалыңдығы 13-кестеде көрсетілген мәндерден аз болмауы керек.

13- кесте – Іргетастың шабот астылық бөлігінің қалыңдығы

Балғаның құлайтын бөліктерінің номиналдық массасы m_0 , т	Іргетастың шабот астылық бөлігінің қалыңдығы, м, көрсетілгеннен кем емес	Іргетастың жоғарғы бөлігіндегі арматуралық торлардың саны
$m_0 \leq 1$	1	2
$1 < m_0 \leq 2$	1,25	3
$2 < m_0 \leq 4$	1,75	3
$4 < m_0 \leq 6$	2,25	4
$6 < m_0 \leq 10$	2,6	5
$m_0 > 10$	3 аса	5 аса

9.1.30 Шеберлік балға іргетастары 5.2.15 талаптарына сәйкес құрылымдық арматуралауға ие болуы керек.

Шабот асты төсенішке енетін іргетастың жоғарғы бөлігін 10-12 мм диаметрлі өзекшеден тұратын 100x100 мм өлшемді шаршы ұяшықты көлденең тормен арматуралау керек; торларды 13-кестеде және балғаның соғушы бөлік массасына m_0 байланысты тігінен 100-120 мм аралықтағы қатармен орналастыру керек.

Балға табанының астында орналасқан соғу балғаларының іргетастары бөлігін 200-300 мм көлденең 12-16 мм өзекшелі шаршы ұяшықты көлденең торлармен арматуралау керек. Аналогты арматуралы торларды ұсталық балғалардың барлық түрлеріндегі шаботтар үшін ойықтар жиектерінде орнату керек, және бұл торлардың тік өзекшелерін іргетас табанына дейін жеткізу керек.

9.1.31 Ағаш шаботты төсеніштерді емен ағаштардан; түсуші бөліктері 1 т-дан асатын балғалар үшін шабот асты төсенішті теректен немесе қайыңнан жасауға кепілдеме беріледі.

Ағаш төсеніштерді 1-сұрыпты араматериалдардан араматериалдар бойынша нормативтік құжаттарға сәйкес қарастыру керек.

Есептеуге негіз болса және дайындаушы-зауытпен келісіп, ағаш шабот асты төсеніштерді резина материалға ауыстыруға кепілдеме беріледі.

9.1.32 Балға іргетастарының тік тербелістерінің амплитудаларын орталық қондырғысында a_z , м, (97) формуласымен анықтау керек, мұнда тік күш импульсы J_z , кН·с, төмендегі формуламен анықталады:

$$J_z = m_0 v, \quad (139)$$

мұнда m_0 – түсуші бөліктер массасы, т;

v – соққы басындағы түсуші бөліктер жылдамдығы, м/с, жобалау тапсырмасы бойынша қабылданады немесе мұндай деректер болмаса, төменгі формуламен анықталады: еркін түсу балғалар үшін (фрикционды және бір жақты әрекетті):

$$v = 0,9 \sqrt{2gh_0}; \quad (140)$$

екі жакты әрекет тақталары үшін:

$$v = 0,65 \sqrt{2gh_0 \left(\frac{p_m A_p}{m_0 g} + 1 \right)} \quad (141)$$

$$\text{немесе } v = \sqrt{\frac{2E_{sk}}{m_0}}. \quad (.142)$$

(140) - (142) формулаларында:

h_0 – балғаның соғылушы бөліктерінің құлауының жұмысшы биіктігі, м;

A_p – цилиндрдегі серіппе ауданы, м²;

p_m – будың немесе ауаның орта қысымы, кПа;

E_{sk} – соққы энергиясы, кДж;

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

Соққы жылдамдығын қайта қалпына келтіру коэффициентін (97) формуласымен қабылдау керек: қалыптау балғалары үшін болат бұйымдарды қалыптауда $\varepsilon = 0,5$; соғу балғалары үшін $\varepsilon = 0,25$; түсті металдар мен олардың балқымаларын қалыптауда ε жобалау тапсырмаларымен қабылдау керек.

9.1.33 Эксцентриситетпен балғаны орнату кезінде іргетастың тік тербеліс амплитудасын (98) - (100) формулаларымен анықтайды, мұнда ε - 68-дағы мән, ал J_φ импульс сәтінің мәні төмендегі формуламен анықталады:

$$J_\varphi = J_\varepsilon e, \quad (143)$$

мұнда e – соққы эксцентриситеті, м.

Бірнеше балғаның астына ортақ тақтайшада орналастыру кезінде және цехтағы бірнеше жеке іргетастан тұрса, іргетастың тік тербеліс амплитудалары 8.1.7 нұсқауларына сәйкес анықталады.

9.1.34 Шабот асты төсеніштердің статикалық және динамикалық қысымдарының қосындысы талшықтарға көлденең қысқандағы ағаштың есептік кедерісінен аспауы тиіс.

Шабот асты төсенішке есептік динамикалық қысым σ , кПа, формуласымен есептелінеді:

$$\sigma = 1,6 m_0 v \sqrt{\frac{E_w}{m'_1 A_1 t}}, \quad (144)$$

мұнда E_w – шабот асты төсеніш материалының тығыздық модулі, кПа;

m'_1 – қалыптау балғасының табаны мен шаботының қосынды массасы, т;

A_1 – шаботтың тірек ауданы, м²;

t – төсеніш қалыңдығы, м.

9.2 Құю өндірісінің қалыптық машиналарының іргетастары мен жиналмалы темірбетон өндірісіне арналған қалыптық машиналардың іргетастары

9.2.1 Құю өндірісінің қалыптық іргетастары үшін жобалаудың бастапқы деректері құрамдары үшін келесілер кіруі керек:

- іргетасқа негізгі механизммен (сілкітін, бұрылысты, қабылдаушы және басқа), берілетін нормативтік статикалық салмақтар, және осы салмақтардың қосымшаларының орындары;
- машиналардың жүк көтергіштігі (қалыптау қоспасының қосынды массасы), сілкітін механизмнің табаны және құлаушы бөліктерінің қосынды массасы;
- машинаның сілкітін (құлаушы) бөліктерінің жұмысшы биіктігі;
- жосардағы өлшемдер, іргетас үсті тығыз төсеніштерінің қалыңдығы және материалы.

9.2.2 Құлаушы бөліктердің салмағы жайында деректер болмаса, құлаушы бөліктердің қосынды суммасын Q_0 , кН, төмендегі формуламен анықталады:

$$Q_0 = 0,8d^2 P_c, \quad (145)$$

мұнда d – сілкітін механизмнің поршень диаметрі, м;

P_c – сығылған ауның жұмысшы қысымы, кПа.

9.2.3 Іргетас үсті тығыз төсеніш қондырғысы үшін еменнен және парақтық резеңкеден төсем қарастыру керек. Сілкітін қалыптау машиналары үшін 5 т-дан кем жүк көтергіштігі бар машиналар үшін төсемдерді терекке немесе қайыңға алмастыруға болады. Ағаш төсемдерді нормативтік нұсқауға сәйкес талаптарды қанағаттандыратын ағаштан жасау керек.

9.2.4 Сілкітін механизмнің астындағы іргетас биіктігі және арна түбінен арақашықтығы, іргетас табанынан ойықтарға дейінгі арақашықтық 14-кестеде келтірілген мәндерден аз болмауы тиіс.

9.2.5 Қалыптық машиналарының іргетастарын және олардың жеке элементтерін арматуралау 5.2.15 нұсқауларына сәйкес келесі қосымша нұсқауларды қосып жүргізу керек.

Іргетастың жоғарғы бөлігін сілкітін механизмнің табан астында тікелей орналасқан жоғарғы бөлігін саны механизмнің жүк көтергіштігіне байланысты болатын көлденең торлармен арматуралау керек, т:

5-ке дейін	1 - 2 тор
5-тен 15-ке дейін	2 - 3 тор
15-тен жоғары	3 - 4 тор

9.2.6 Қалыптау машиналарын қоршаушы сыртқы темір бетонды қабырғаларды 15 т жүк көтергіштігі бар машиналарда диаметрі 12-14 мм, үлкен жүк көтергіштікте 16-20 мм өзекшенің тік арматурасы ретінде қолданып екі қабатты тормен арматуралау керек. Көлденең арматура ретінде 10-12 мм диаметрлі сәйкесінше қадамы 300-400 мм өзекшелер қарастыру керек. Торларды бір-бірімен көлденең және тік бағытта 600-800 мм диаметрі 10-12 мм көлденең өзекшелермен жалғау керек.

ҚР ЕЖ 5.01–106–2013*

Іргетастың сыртқы бүйірлік жиектерін 80 м³ көлемді іргетастарға арналған және 200м қадамды 12-14 мм тік өзекшелі арматуралы тормен армирлеп, ал көлемі 80 м³ –дан көп іргетастар үшін 16-20 мм диаметрлі өзекшелерден тұратын торлармен армирлейді.

14 - кесте – Іргетастың қағылатын механизм астындағы биіктігі мен арна, туннельдер мен шұңқырлардың түсінен іргетас табанына дейінгі қашықтық

Машинаның жүк көтергіштігі m_c , Т	Іргетастың қағылатын механизм астындағы биіктігі, м, көрсетілгеннен кем емес	Арна, туннельдер мен шұңқырлардың түсінен іргетас табанына дейінгі қашықтық, м, көрсетілгеннен кем емес
$m_c \leq 1,5$	1	0,2
$1,5 < m_c \leq 2,5$	1,25	0,3
$2,5 < m_c \leq 5$	1,5	0,4
$5 < m_c \leq 10$	1,8	0,5
$10 < m_c \leq 20$	2	0,7
$m_c > 20$	2,25	0,9

9.2.7 Қалыптау машиналарының тік тербелістерінің амплитудалары бұрыштық жиілік ω , с⁻¹ пен іргетас үсті төсеніштегі машиналардың еркін тік тербеліс жиілігі топырақтарғы қондырғы бойымен еркін тік тербелістердің бұрыштық жиілігінің λ'_z , с⁻¹, қатынасынан анықталады, жиіліктер келесі формулалармен анықталады:

$$\omega = \sqrt{\frac{k}{m_0 + m_1}}; \quad (146)$$

$$\lambda'_z = \sqrt{\frac{K_z}{m'}}, \quad (147)$$

мұнда k – іргетас үсті төсеніштің тығыз қаттылығының қосынды коэффициенті, кН/м, ол келесі формуламен анықталады:

$$k = \frac{A_1 E_w E_r}{t_r E_w + t_w E_r}, \quad (148)$$

мұнда A_1 – сілкітін механизмнің табан ауданы, м²;

E_w – ағаш төсеніштің тығыздық модулі, кПа;

E_r – қаттылыққа байланысты қабылданатын ресеңке төсеніштің тығыздық модулі

t_r – резеңке төсеніш қалыңдығы, м;

t_w – ағаш төсеніш қалыңдығы, м;

m' – қондырғы массасы, т, келесідей формуламен анықталады:

$$m' = m_0 + m_1 + m; \quad (149)$$

m_0 – құлаушы бөліктердің тіреу массасы мен қалыптау қоспаның массасын қоса есепке алушы қосынды массасы, т;

m_1 – сілкітін механизм табанының массасы, т;

m – іргетас кесінділерінің үстіндегі топырақтың және машинаның жылжымайтын бөліктерінің қосынды массасы, т.

9.2.8 $\omega > 0,7\lambda'_z$ шартында қалыптау машиналарының тік тербелістерінің амплитудалары a_z және a_v (97) - (100) формулаларымен анықтайды, мұнда ε – соққы жылдамдығын қайта қалпына келтіру коэффициенті, ол нөлге тең; J_z – тік күш импульсы, кН·с, ол келесі формуламен анықталады (139); J_ϕ – көлденең оське қатысты күш сәтінің импульсы, кН·с·м, ол келесі формуламен анықталады (143); v – қалыптау машинасының құлаушы бөліктерінің жылдамдығы, м/с, (140) формуласымен анықталады, мұнда h_0 – машинаның сілкітін бөліктерінің құлауының жұмысшы биіктігі, м.

λ_z және m мәндерінің орнына (9.60) формуласында сәйкесінше (147) және (148) формулаларымен есептелген λ'_z және m' , мәндерін аламыз, ал λ_ϕ және $\theta_{\phi 0}$ орнына (100) формуласында – λ'_ϕ және $\theta'_{\phi 0}$; λ'_ϕ мәні төмендегі формуламен анықталады:

$$\lambda'_\phi = \sqrt{\frac{K_\phi}{\theta'_{\phi 0}}}, \quad (150)$$

мұнда $\theta'_{\phi 0}$ – іргетас табанының ауыртпалық орталығы арқылы өтетін тербеліс жазықтығына перпендикулярлы оське қатысты қозғалмалы бөліктердегі қондырғының барлық массасының инерция сәті, т·м².

9.2.9 $\omega \leq 0,7\lambda'_z$ шартында қалыптық іргетасының тік тербелісінің амплитудасын a_v (9.52) формуласымен анықтайды, мұнда a_z – іргетастың және жылжымалы бөліктерінің ортақ ауыртпалық орталығы арқылы өтетін тік тербелісінің амплитудасын (90) формуласымен анықтайды; a'_z – іргетастың және жылжымалы бөліктерінің ортақ ауыртпалық орталығы арқылы өтетін тербеліс жазықтығына перпендикулярлы оське қатысты айналушы тербелісін құраушы тік тербелісінің амплитудасы. Динамикалық салмақпен орталық қосымшалы машина іргетастары үшін (серпуші столдар және штифті қалыптау машиналары) $a'_z = 0$. Эксцентриситетті (бұрылу-лақтырмалы механизмді қалыптау машиналары) динамикалық салмақты қосымша жағдайында a'_z төмендегі формуламен анықталады: (92).

9.2.10 (90) және (92) формулаларында қалыптау машиналарының іргетасына динамикалық салмақты F_v , кН, төмендегі формуламен есептейді:

$$F_v = m_0 v \sqrt{\frac{k}{m_0 + m_1}}, \quad (151)$$

ал тығыз іргетасты төсеніш үстіндегі машинаның айналу жиілігі үшін ω машинаның қозғалушы бөліктерінің еркін тік тербелістерін (146) формуласымен анықтайды.

9.2.11 Бұрылу механизмдері бар қалыптау машиналарының іргетастарының айналу тербелістерін азайту үшін динамикалық салмақ қосымшасының эксцентритетін іргетас табанынан соққы салмағына нүктенің ығысу бағытына қатысты 5 - 10 % -ға шектеу керек.

9.2.12 Қалыптау машиналарының іргетасының тік тербелісінің амплитудасының есептік мәні 9.2.7 шартын қанағаттандыруы керек.

Бұрылу-лақтыру механизмі бар қалыптау машиналарының іргетастарының тік тербелістерінің іргетастың бүйірлік жиектері үшін анықталған амплитудаларын 20 %-ға арттыруға кеілдеме беріледі.

9.2.13 Майда немесе шаңды сумен қаныққан құммен жинақталған негізде жүк көтергіштігі 10 т және одан жоғары машиналар үшін әдетте іргетастардың дірілден оқшаулануын қарастыру керек.

9.2.14 Жинақтық темірбетон өндірісі үшін бастапқы деректер құрамына, 9.2.1 бөлімінде көрсетілгендерден өзге келесілер болуы керек:

- аймақтың жылжымалы бөліктерінің массасы;
- тығыз тіреулер қаттылығы және типі, орналасу сұлбасы;
- бір минуттағы айналым саны және дірілдеткіштің қоздыру күштерінің амплитудасы, дірілдегіш эксцентрик сәттері;
- инерциясыз салмақты мәні;
- аймақтың соққы бөлігінің биіктігі;
- өндірістік технологиялық үрдісімен қалыптау машинасын қашықтықтан басқару қарастырылмаса, жұмысшы орындардың орналасуы және өлшемдері.

9.2.15 Жиінақтық темір бетон өндірісі үшін қалыптау машиналарының іргетастарын тақталар мен блоктар түрінде жобалауға кепілдеме беріледі. Іргетастарды арматуралау 5.2.15-5.2.18 талаптарына сәйкес жүргізілуі керек. Бұл жағдайда арматуралауды диаметрі 12-16 мм А-III(A400) класындағы екі жақ бағытта да сәйкесінше 200-300 мм өзекшелі тордан жасау керек.

9.2.16 Діріл аймағының тығыз тіреулері ретінде бұрандалық болат серіппелерді және қажетті дір оқшаулауды қамтамасыз етуші өзге тығыз элементтерді ; резина қабаттарынан орындалатын дірілмен соққылау тіреулерін қолдану керек.

9.2.17 Қалыптық машиналарының іргетастары мен ғимараттың құрылыс құрылымының немесе жабдықтың аралық іргетастары арасында өтпелі саңылау қарастырады. Цехтың бетондық едені мен қалыптау машиналарының іргетастары барлық периметр бойынша қабырғаға (бетон еден құрылымының қалыңдығына тақта ені сәйкес келуі керек) орнатылған қалыңдығы 25 мм-ден аз емес қалыңдықтағы төсенішке орнатылу керек.

9.2.18 Жұмысшы орындарды тікелей машина іргетастарына орнатуды мүмкіндігінше болдырмау керек. Іргетасты есептеу бойынша діріл санитарлық нормаларда бекітілген шектерден аспай, жұмысшы орындар діріл оқшаулағыштарсыз иілген элементтерден төсеніштері жоқ қатты бекеттер түрінде орнатылады. Кері жағдайда, жұмысшы орындарды пассивтік дірілмен оқшаулау міндетті болып есептелінеді.

9.2.19 Биік қалыпты (мысалы, кассеталық) бұйымдарды қалыптастыруда қалыптар айналасындағы аудандарды қалыптау машиналарының іргетастарына тіреу және олармен байланыстыру рұқсат етілмейді.

9.2.20 Дірілдегіштің қоздырушы күштеріне тең әсер беруші эксцентриситет немесе іргетастың табан ауданының ауыртпалық орталығына қатысты соққының әрекет сызығына қатысты келесі мәндерден аспауы керек: діріл аудандары мен стационарлы діріл қалыптарына қатысты 3%, ал дірілмен соққылаушы және соққылаушы аудандар үшін іргетас табаны жағынан бірдей әрекет етуші әсер ететін бағытта 1 %-нан аспау керек.

9.2.21 Діріл аудандарының астындағы тығыз тіреулердегі тік тербелістер амплитудалары a_v (89) - (92) формулаларымен алуға кепілдеме беріледі, мұнда F_v , кН динамикалық салмағы, төмендегі формуламен есептейді:

$$F_v = \frac{M_{exc} K}{m_0 g}, \quad (152)$$

мұнда M_{exc} – діріл эксцентриктер сәті, кН·м, жобалау тапысрмасы бойынша қабылданады;

m_0 – қалыптасушы бұйыммен бірге жылжымалы бөліктер массасы m т, бірақ барлық қондырғысының массасын анықтауда есепке алынбайды (8.2.5);

K – жобалау тапсырмасымен қабылданатын тіреу қаттылығының қосынды коэффициенті, кН/м.

9.2.22 Дірілмен соққыланушы және соққылы аймақтар үшін әдетте діріл оқшаулағыш қарастырылады.

Дірілмен оқшауланбаған іргетастардың тік тербелістерінің амплитудалары есептеу a_z (97) формуласымен есептеледі, мұнда $J_z = m_0 v$, соққының жылдамдығын қалпына келтіруші коэффициентті $\varepsilon = 0,5$; соққы жылдамдығын v , м/с, соққы аудандары үшін (140) формуласына сәйкес қабылданады, ал дірілмен оқшауланатындар үшін:

$$v = \frac{F_v}{m_0 \omega}, \quad (153)$$

формуласымен табылады.

мұнда F_v – дірілдегіштердің қоздырушы күштерінің есептік мәні, кН;

m_0 – бетонды қалып массасымен қоса қозғалмалы бөліктер массалары, т;

ω – айнарудың бұрыштық жиілігі, c^{-1} .

9.2.23 Діріл қалыптық іргетастарының тік тербелістерінің амплитудаларын a_v (89) формуласымен анықтаймыз, мұнда a_z және a'_z , м, мәндерін келесі формулалармен есептейді:

$$a_z = \frac{0,64 F_v [3(\lambda_z / \omega)^3 + 1]}{m \omega^2}, \quad (154)$$

$$a'_z = \frac{0,32 F_v \varphi l [3(\lambda_\varphi / \omega)^3 + 1]}{\Theta_\varphi \omega^2}, \quad (155)$$

мұнда F_v – машинаның қоздырушы күштерінің тік құраушыларының есептік мәні, кН;

ҚР ЕЖ 5.01–106–2013*

e – стационарлық діріл қалаптар үшін нөлге тең деп қабылданатын эксцентриситет және оның қосымшасы;

m – іргетас, оның ойықтарындағы, машинаның қозғалмайтын бөліктеріндегі және қалыптастырушы бөліктердегі себінділердің жалпы массасы, т;

θ_ϕ – іргетас, оның ойықтарындағы, машинаның қозғалмайтын бөліктеріндегі және қалыптастырушы бөліктердегі себінділердің және тербеліс жазықтығына перпендикулярлық ауыртпалық орталығынан өтуші оське қатысты қалыптасушы бұйымның жалпы массасының инерция сәті, $\text{т}\cdot\text{м}^2$;

λ_ϕ – іргетастың айналу тербелісінің бұрыштық жиілігі с^{-1} , (83) формуласымен анықталады, мұнда $\theta_{\phi 0}$ – іргетас массасының және оның кесінділеріндегі, машинаның қозғалмайтын бөлігіндегі себінділердің массасының және тебеліс жазықтығына перпендикуляр оське қатысты іргетас табанының ауыртпалық орталығы арқылы өтетін оське қатысты қалыптасушы бұйымның массасының инерция сәті, $\text{т}\cdot\text{м}^2$;

ω, λ_z, l – 8.2 тармақшасының формулаларындағы сияқты.

9.3 Коперлік соққылық алаң жабдығының және ұнтақтағыштардың іргетастары

9.3.1 Коперлі ойық аймақтарының жабдықтарының іргетастары үшін бастақы деректер құрамына 5.1 бөлімшесінде көрсетілген материалдардан басқа келесілер кіруі керек:

- копердың соққы бөлігінің массалары, т, және оның құлау биіктігі, м;
- скрап өңдеуі жүргізілетін аймақ жоспарындағы өлшемдер; қолданыстағы ғимараттар мен құрылыстарға қатысты копердің орналасуы жайындағы деректері.

9.3.2 Ойық аймақтарының металл сынықтарын пеш өлшемдеріне бөлшектеуге арналған параметрлері 15-кесте бойынша қабылданады.

15 - кесте – Металлоломды ваграндық габаритке бөлуге арналған соққылық алаңдарының параметрлері

Шикізат түрі	Копердің соққылық бөлігінің массасы, тс	Құлау биіктігі, м	Соққылық алаңының ауданы, м^2
Машина сынығы, скрап	1–8	7–20	5–20
Ақаулықты құймақалыптар, төсемдер, сандал және т.б. массасы 10 тс	8–12 10–15	20–25 25–35	12–30 20–50
Тура осылар, бірақ массасы 10 тс көп			

Сынықты мартенді өлшемге өңдеуде ойық аймағының ауданыны 15-кестеде көрсетілген мәліметтермен салыстырғанда 2-3 есеге арттыру керек.

9.3.3 Леген тәрізді іргетастарда шабот асты төсеніштерін үш қабаттан орындау мақсатқа лайықты.

Қорғаныс қабаты іргетас ойығындағы беттің бұзылуын болдырмауға арналған. Ол жалпы қалыңдығы 80 см емен кесектен жасалған темір бетонның төменгі жағында орналасқан бірнеше қалқан түрінде орындалады.

Қорғаныс қабатының бетінде орналасатын амортизирлеуші қабат өз кезегінде шойын жоңқаларының өз кезегінде кезектесуші қабатынан тұратын көп қабатты құрылымды сипаттайды. Әрбір қабат қалыңдығы 20 мм.

9.3.4 Амортизаторлайтын қабат бетіне қалыңдығы 80-100 мм қалыңдықтағы брон тақталарды орнатады және оларға шаботтың келтірілген массасын үлкейтетін және оған түскен қысымды үлестіретін болат блюмсалар орналасады.

Шаботтың төменгі беті мен блюмсалардың жоғарғы қабатын түйістіру үшін шойын жоңқаның битуммен араласқан жұқа қабаты орналасады.

9.3.5 Шойын жоңқа қабатының қалыңдығына байланысты іргетастың темір бетонды бөлігіне шабот соққысында берілетін күш кезіндегі динамикалық салмақ мәні байланысты. Шойын жоңқасының барлық қабатының қалыңдығы b_c , м, төмендегі формуламен анықталады:

$$b_c = \frac{3,5Q_0^2 h E_c}{Q_{np} F_1 \sigma_0^2}, \quad (156)$$

мұнда Q_0 – копердің соққылық бөлігінің салмағы, кН ;

h – копердің соққылық бөлігінің құлау биіктігі, м;

E_c – шойын жоңқасының тығыздық модулі 25 МПа-ға тең қабылданады.

Q_{np} – шабот пен шойын жоңқа арасындағы орналасқан блюмсаның салмағымен қоса шабот салмағының ұзындығы кПа;

F_1 – аймақ ауданы, м²;

σ_0 – талшықтарға көлденең емен арқалықтарының сығулуға есептік кедергісі, кПа.

9.3.6 Темірбетонды қоршаулардың бүйірлік қабырғаларын барлық бет бойынша ішінен және бетінен ағаш арқалықтарға орналастыралған қимасы 150x150 мм-ден аз емес қалыңдығы 50 мм-ден аз емес болат тақталармен қорғау керек.

Сынатын сынық ұшқындарының ұшуын азайту үшін шабот деңгейінен биік темірбетонды қоршау қабырғаларын ішке 7°–10°-с еңкейтілген етіп қабылдау керек.

9.3.7 Коперлік сындыру аймақтарының негізін күшейту үшін іс-шаралар ретінде топырақты ауыр тығыздалумен, дірілмен нығыздауға және бағанды негізді қолдану ұсынылады.

9.3.8 (83) формуласы бойынша құрылыс құрылымдарының іргетастарының табанындағы орта статикалық қысымды p_{cp} 7 кестесіне сәйкес негіз топырағының жұмыс шарты коэффициентінен γ_c сумен қаныққан майда және шаңды топырақтар үшін қабылдау керек, $\gamma_c = 0,8$, басқа барлық топырақ түрлері мен күйлері үшін – $\gamma_c = 1$.

9.3.9 Коперлік ойық аймақтарының қондырғыларының құрылыс және ғимарат құрылымының іргетастарына дейінгі минималды арақашықтықты 16 кесте бойынша қабылдау керек.

16 - кесте – Коперлік соққылық құрылғыларынан құрылыс конструкцияларының іргетастарына дейінгі минималдық қашықтық

Негіздеме топырақтары	Копердің көрсетілген соққылық бөлігінің m_0 , т массасы кезіндегі коперлік соққылық құрылғылардан құрылыс конструкцияларының іргетастарына дейінгі қашықтық, м (кем емес)		
	$m_0 \leq 3$	$3 < m_0 < 7$	$m_0 \geq 7$
Тасты және жартылай тасты	15	20	30
Ірі кесекті және құмды құрғақ, $I_L < 0$ аққыштық деңгейлі сазды (соның ішінде орманды)	30	40	60
Құмды, ылғалды, $0 \leq I_L \leq 1$ аққыштық көрсеткішті сазды	40	60	80
Құмды, сумен қаныққан және аққыштық шегі $I_L > 1$ сазды	50	80	100
Ескертпе - Коперлік қондырғыларды сумен қаныққан құмды және аққышты косоистенциялы топырақтарға тұрғызғанда 12-кестеде берілген арақашықтан аз өлшемде орналасқан құрылыс құрылымының (копрлы цехтар және скрап бөлу базалары) іргетасын жасанды жолмен бекіту керек.			

9.3.10 Ұсақтағыштар іргетастарын жобалауға қажетті басқы деректерге:

- бірдей әсер етуші динамикалық күштердің F_n көлденең және тік құраушылары және сәйкесінше олардың ұсақтауыштың ауыртпалық орталығы арқылы тетін тік оське жәе ұсақтауыш іргетасына қатысты қосымша орындары;
- конусты ұсақтағыштар үшін эксцентрик білігінің және өзге ұсақтағы біліктерінің айналу жиілігі;
- айналушы бөліктер массасы; балғалы ұсақтағыштар үшін айналу осынен балғаның ауырлық күшіне дейінгі арақашықтық, баға массасы;
- ұсақтағыштар тұрғысының массасы, толтыру массасы.

9.3.11 9.3.10 бойынша деректер P'' үйлесімді салмағының мәндері іргетастарды жобалау тапсырмасының құрамына кірмеген жағдайда аналитикалық анықтау үшін қажетті. Кейбір конусты және беттік ұсақтағыштың типтер үшін үйлесімді динамикалық салмақ P_n^e құраушыларының мәндері 17 және 18-кестелерде берілген.

Ұсақтауыштың екі ярусты орналасуындағы қоздырушы күштері 30 кН-нан аз көлденең құраушыларын жоғарғы яруста орнатуда топтық іргетастарды жиекті етіп жобалауға кепілдеме беріледі.

9.3.12 Құрылымдық сұлбалар және ұсақтағыш іргетастарының негізгі құрылымдық сұлбаларын келесі талаптарды ескере оырып, тағайындауға кепілдеме беріледі:

- конусты ұсақтағыштардың жеке іргетастарының табандарында әдетте шаршы қалыпты орнатуға кепілдеме беріледі, ал өзге түрлі ұсақтағыштар іргетастарына – динамикалық салмақ бағытында созылған тік бұрышты етіп орындау ұсынылады;
- жобалау кезінде төменгі тақта қалыңдығын жиекті іргетастар үшін жиектер бағандарының қимасының ең кіші өлшемінен аз емес және қабырғалы іргетастар үшін қабырға қалыңдығынан 0,7-ден аз емес қабылдауға кепілдеме беріледі.

17-кесте – Конустық ұнтақтағыштарға арналған үйлесімдік динамикалық жүктеменің горизонталь құрамдастарының мәндері P_n^e

Конустық ұнтақтағыштар	Электрлік қозғалтқышы жоқ ұнтақтағыштың салмағы, F , кН	Айналымдардың саны, n , айн/мин	Үйлесімдік динамикалық жүктеменің горизонталь құрамдасы P_n^e , кН	Іргетастың жоғарғы шегінен күш әрекетінің сызығына дейінгі вертикаль бойынша қашықтық P_n^e, h , м
ККД-1200/150	2400	120	75	3,7
ККД-1500/300	6100	82	125	3,7
КСД-2200 Гр	970	242	150	1,8
КСД-3000 Т	2000	185	120	2
КСД-3000 Гр	2000	185	120	2
КМД-2200 Гр	90,50	242	150	1,8
КМД-3000 Т	2000	185	120	2

18 - кесте – Беттік ұнтақтағыштарға арналған үйлесімдік динамикалық жүктеменің горизонталь құрамдастарының мәндері P_n^e

Беттік ұнтақтағыштардың жүктемелік тесіктерінің өлшемдері, мм	Айналымдардың саны, n , айн/мин	Үйлесімдік динамикалық жүктемелердің горизонталь құрамдасы, P_n^e , кН
1200×900	170	60
1500×1200	140	90
2100×1500	100	120

9.3.13 Ұсақтағыш іргетастарын құдықтарда орналасқан жер асты құрылыстарының жалпы темірбетонды тақтасында құру ұсынылады.

Ірі кесекті топырақтарда тұрғызылатын ұсақтағыш іргетастарын ғимарат құрылымының іргетастарымен біріктіру ұсынылады.

9.3.14 Ұсақтағыш іргетастарын арматуралауды 5.2.15 – 5.2.18 талаптарына сәйкес қарастыру керек, және қабырғалы іргетастарды құрылымдық арматуралау үшін 12-16 мм А-III (А400) класының екі бағытта да сәйкесінше 200-300 мм қадамы бар өзекшеден тұратын торларды қолдану керек.

9.3.15 Ұсақтағыш іргетастарының тербелістерін есептеу іргетастың жоғарғы жиегіндегі ең үлкен көлденең тербеліс амплитудасын есептеуге келтіріледі. Есептеуді жиекті іргетастарға арналған 8.2.4 бойынша және массивтік қабырғалы іргетастарға арналған 8.2.1 - 8.2.4 талаптарына сәйкес орындайды. Беттік және конусты ұсақтағыштардың массивтік және қабырғалы іргетастарының жоғарғы жиегінің көлденең

тербелісінің амплитудаларын A_{adm}^e , м анықтау келтірілген формула бойынша жасалуына рұқсат етіледі:

$$A_{adm}^e = \frac{P_e \left(\rho_1 \frac{h_1}{h_2} + 1 \right) (1 + \chi \rho_1)}{K_x \sqrt{K_1^2 \left[1 - \left(\frac{\omega}{\lambda_1} \right)^2 \right]^2 + 4 \xi_x^2 \left[(1 - \rho_1)^2 + \rho_1^2 \frac{\xi_\varphi}{\xi_x} \frac{K_\varphi}{K_x h_2^2} \right]^2}}, \quad (157)$$

$$\text{мұнда } K_1 = (1 - \rho_1)^2 + \rho_1^2 \frac{K_\varphi}{K_x h_2^2}; \quad (158)$$

$P_e; K_x; K_\varphi; h_1; h_2; \chi; \lambda_1; \omega; \xi_x; \xi_\varphi$ – (9.18) – (9.34) формулаларындағы сияқты.

ρ_1 – (152) формуласындағы сияқты.

9.3.16 Табаны тік төртбұрышты конусты ұсақтағыштардың тербелістерін есептеуді табанның ең аз өлшемімен сәйкес келуші жазықтықта орындау ұсынылады.

Бірнеше ұсақтағыш астындағы топытық іргетастардың тербелісін 5.1 бөлімшесі бойынша орындайды. Мұнда іргетастың көлденең айналу амплитудасы i -ші ұсақтағыш жұмысында A_{iadm} , м, төмендегі формуламен анықталады:

$$A_{iadm} = A_{xi} + A_{\psi i} L_{\max}, \quad (159)$$

мұнда L_{\max} – барлық қондырғының ауыртпалық орталығынан ең алыстағы машина иінітірегіне дейінгі арақашықтығы, м;

A_{xi} – i -ші ұсақтағыш жұмысы кезіндегі іргетастың көлденең тербелісінің амплитудасы м, массивтік және қабырғалы іргетастар үшін (55) немесе (157) формуласымен, жиектілер үшін – 161 формуласымен есептеледі;

$A_{\psi i}$ – i -ші ұсақтағыштың жұмысы кезінде барлық қондырғының ауыртпалық орталығы арқылы өтетін тік оське қатысты іргетастың айналу тербелістері үшін амплитуда, м (массивтік және қабырғалы іргетастар үшін төменгі формуламен анықталады:

$$A_{\psi i} = \frac{P_{ei}}{K_\psi \sqrt{\left[1 - \left(\frac{\omega}{\lambda'_\psi} \right)^2 \right]^2 + 4 \xi_\psi^2 \left(\frac{\omega}{\lambda'_\psi} \right)^2}}; \quad (160)$$

жиекті іргетастар үшін (6) формуласымен, мұнда

$$A_{\psi}^{cm} = \frac{P_{ei} e_i}{S_\psi} \quad (161)$$

мұнда e_i – барлық қондырғының ауыртпалық орталығынан күштің P_e'' ; әсер ету сызығы бойынша көлденең бағыттағы арақашықтық;

λ'_ψ – массивтік және қабырғалы іргетастың барлық қондырғының ауыртпалық орталығы арқылы өтетін тік оське қатысты айналу тербелісінің дөңгелекті жиілігін келесі формуламен анықтайды:

$$\lambda'_\psi = \sqrt{\frac{K_\psi}{\theta_\psi}}, \quad (162)$$

мұнда θ_ψ – сол оське қатысты барлық қондырғы массасының инерция сәті;

K_ψ, S_ψ – (157) формуларындағыдай;

P_e, ω – (158) формуларындағыдай.

9.3.17 Ұсақтағыш іргетастарының тербелістерінің максималды рұқсат етілетін амплитудасы $A_{adm}'' = 0,3$ мм.

9.3.18 Ұсақтағыштардың жиекті іргетастарын беріктілігі бойынша барлық қондырғы элементінің толтыру салмағын есепке алып және машинаның динамикалық салмағын алмастырушы F_d күшімен бірге 5.2.8 және 5.2.9 нұсқауларына сәйкес есептеу керек.

F_d мәнін (2.) формуласы бойынша анықтау керек, мұнда F_n динамикалық салмағының нормативтік мәні жобалау тапсырмасы бойынша тағайындалады, ал сенімділік коэффициенті салмақ бойынша, динамикалық коэффициентін 3-кесте бойынша қабылдаған дұрыс.

F_n , кН, динамикалық жүктемесінің нормативтік мәні балғалы ұсақтағыштар үшін дайындаушы-зауыт деректері болмаса келесі формуламен анықтауға кепілдеме беріледі:

$$F_n = m_0 e \omega^2, \quad (163)$$

мұнда m_0 – ұсақтаушының айналушы бөліктерінің массасы, т;

e – m_0 массасының эксцентриситеті, 0,001 м деп қабылданады;

ω – m_0 , с⁻¹ массасының айналуының бұрыштық жиілігі.

9.3.19 Балғалы ұсақтағыштарының іргетастарының беріктілігін есептеуде балғаның соққысына тексеріс жасауға кепілдеме беріледі, динамикалық салмақтық нормативтік мәнін (163) формуласы бойынша, ондағы m_0 массасын бір балға массасына тең деп алып, ал эксцентриситет e – айналу осынен балғаның ауырлы осыне дейінгі арақашықтық ретінде алуға болады.

9.4 Диірмен қондырғыларының іргетастары мен тығыздаушылардың іргетастары

9.4.1 Диірменді қондырғылардың іргетастарын жобалауға қажетті бастапқы деректер құрамына 5.1-бөлімдегі материалдардан өзге келесілерде кіру керек:

- электр қозғалтқыш роторының және барабан массасының инерция сәті, біліктің айналу қаттылығы және тісті берілістің берілісі саны;
- диірменді қондырғының айналу осынен іргетастың жоғарғы шегіне дейінгі арақашықтық;
- диірменді қондырғылардың тұрқысының толық массасы, толтыру массасы.

9.4.2 Диірменді қондырғылардың массивтік, қабырғалы және жиекті іргетастарын кездейсоқ динамикалық жүктеме әсерінен көлденең тербеліс амплитудасын 8.4 бөлімінің формулаларымен анықтаған дұрыс.

9.4.3 Диірмен іргетастарының өзіндік бұрыштық жиілігі электр қозғалтқыштың білігінің айналу тербелісінен 25% айырмашылығы болуы керек, біліктің дөңгелек тербелістерінің бұрыштық жиілігі λ_{sh}

$$\lambda_{sk} = \sqrt{\frac{K \cdot (\theta_1 + \theta_2 i^2)}{\theta_1 \theta_2}}, \quad (164)$$

мұнда θ_1 – барабан массасының оның айналу осыне қатысты жүктемесінің массасының инерция сәті, $\text{т} \cdot \text{м}^2$;

θ_2 – электр қозғалтқыш роторының оның айналу осыне қатысты массасының инерция сәті, $\text{т} \cdot \text{м}^2$;

K - тегершік пен қозғалтқыш роторын жалғастырушы біліктің айналу қаттылығы, $\text{кН} \cdot \text{м}/\text{рад}$;

i – тісті жұптың беріліс саны (тегершік пен барабанның тісті жұбы).

9.4.4 Диірмен іргетасының элементтерінің беріктілігінің есебі келесі салмақтарды қоса есептеумен жүргізіледі:

Құрылым элементтерінің және диірмен бөліктерінің толықтыру салмағынмен қоса есептегендегі салмағының есептік мәні;

Осы бағанға арналған F_d , кН есептік динамикалық салмақтың көлденең құраушысы (2) формула бойынша анықталады, мұнда жүктеме мен динамикалылық бойынша сенімділікті есептеу 3-кестеге сәйкес жүргізіледі, ал F_n шамасы: құбырлы диірмендер үшін $0,2G_m$; қысқа барабанды диірмендер үшін $0,1G_m$, мұнда G_m – берілген бағанға түсетін диірменнің нормативтік салмағының бөлігі (ұнтақталушы денесіз және толтыруларсыз), кН .

9.4.5 Диірменді қондырғылардың іргетастарын арматуралауды 5.2 бқлім астындағы талаптарға сәйкес жүргізу керек, жалпы құрылымдық арматуралау үшін массивтік және қабырғалы іргетастардың жалпы құрылымдық армирленуін А-III (А400) класының 12-16 мм диааметрлі екі жақ бағытқа да 200-300 мм қадамы бар өзекшелерінен тұратын тормен жасау керек.

9.4.6 Салмақ ұсақталынатын материалдың және майдаланушы денелердің барабан ішіне түсуінен пайда болады. Бұл жағдайда барабанға уақыт бойынша біркелкі емес, кездейсоқ шамаға ие импульстық күштер әсері етеді. Импульстердің көп санының бірлесіп әсер етуі баарбан тіреулері арқылы іргетасқа берілетін «ақ шу» типіндегі стационарлы салмақты қалыптастырады.

Салмақтың сандық кездейсоқ сипаттамасы болып оның интенсивтілігі B , $\text{кН} \cdot \text{с}^{1/2}$ саналады, ол (166) формуласымен анықталады.

Салмақ барабан ұзындығының ортасында оның осы деңгейінде бағытталған күш түрінде қабылдана алады.

9.4.7 Диірменді қондырғылардың массивтік және қабырғалы іргетастарының жоғарғы жиектерінің кездейсоқ динамикалық салмаққа есептелінетін тік тербелістерінің амплитудаларын A_{adm}^2 , м, келесі формула бойынша анықтау керек:

$$A_{adm}^2 = \frac{B}{\lambda_x^2 m_n} \sqrt{\frac{\lambda_x}{2\xi_x} \left[\frac{v_1^2}{\xi_1} \left(1 + \frac{h_1}{h_2} \rho_1 \right)^2 + \frac{v_2^2}{\xi_2} \left(1 + \frac{h_1}{h_2} \rho_2 \right)^2 \right]}, \quad (165)$$

мұнда B – кездейсоқ салмақ қарқындылығы, $\text{кН} \cdot \text{с}^{1/2}$, келесі формуламен анықталады:

$$B = \alpha m' \omega d \sqrt{\omega \left[1 - \left(\frac{\omega^2 d}{20} \right)^2 \right]}; \quad (166)$$

$$v_{1,2} = \frac{1 + \frac{h_0}{h_2} \rho_{1,2}}{\left(\frac{\lambda_{1,2}}{\lambda_x} \right)^{3/2} \left(1 + \rho_{1,2}^2 \frac{1}{\beta} \right)}; \quad (167)$$

$$\rho_{1,2} = 1 - \left(\frac{\lambda_{1,2}}{\lambda_x} \right)^2; \quad (168)$$

$$\xi_{1,2} = \frac{\left(\frac{\lambda_{1,2}}{\lambda_x} \right)^4 + \frac{\xi_\varphi}{\xi_x} \left(\frac{\lambda_\varphi}{\lambda_x} \right)^2 \frac{1 + \beta}{\beta} \rho_{1,2}^2}{\left(\frac{\lambda_{1,2}}{\lambda_x} \right)^4 + \left(\frac{\lambda_w}{\lambda_x} \right)^2 \frac{1 + \beta}{\beta} \rho_{1,2}^2}; \quad (169)$$

h_0 – қондырғының ауыртпалық орталығынан диірмен барабанының айналу осыне дейінгі арақашықтық, м;

m' – диірмен барабанының жүктелу массасы; $\text{кН} \cdot \text{с}^2/\text{м}$;

ω – барабанның дөңгеленіп айналу жиілігі, с^{-1} ;

d – барабан диаметрі, м;

α – машина (диірмен) типіне тәуелді коэффициент және өзекшелі диірмендер үшін $\alpha = 0,015$, ал басқа диірмен типтеріне $\alpha = 0,001$ болып қабылданады;

ҚР ЕЖ 5.01–106–2013*

h_1, h_2 – қондырғының ауырлық центрінен сәйкесінше іргетастың жоғарғы жиегіне және табанына дейінгі арақашықтық;

ξ_x, ξ_φ – көлденең және айналу тербелістеріне қатысты қатыстық демпфирлеу коэффициенттері, (96) және (97) формулаларымен анықталады;

m_n – машина массасын және іргетас массасын есепке алатын қондырғы массасы, $\text{кН} \cdot \text{с}^2/\text{м}$;

$$\beta = \frac{m_n h_2^2}{\theta};$$

θ – тербеліс жазықтығына перпендикулярлы ауыртпалық орталығы арқылы өтетін оське қатысты қондырғы (іргетас, машина ойықтарындағы және кесіктеріндегі топырақпен бірге) массасының инерция сәті $\text{кН} \cdot \text{м} \cdot \text{с}^2$;

$\lambda_x, \lambda_\varphi$ – іргетастың өзіндік жиіліктерінің дөңгелектік жиіліктері с^{-1} , сәйкесінше ауыртпалық орталығы арқылы өтетін көлденең оське қатысты вайналушы, (66) және (67) формулаларымен анықталады;

λ_1, λ_2 – қондырғының бірінші және екінші өзіндік жиіліктері, с^{-1} , (71) формуласымен анықталады.

9.4.8 Көлденең тербелістердің амплитудаларының алдын-ала есептеулері үшін қарапайым формула қолдану рұқсат етіледі:

$$A_{adm}^e = \frac{B_{v1}}{\lambda_x^2 m_n} \left(1 + \frac{h_1}{h_2} \rho_1 \right) \sqrt{\frac{\lambda_x}{2 \xi_x \xi_1}}. \quad (170)$$

9.4.9 Диірмендерді топтап, бір іргетасқа орнату кезінде кездейсоқ салмақ қарқындылығын B келесі формуламен анықтау керек:

$$B = \sqrt{\sum_{i=1}^j B_i^2}, \quad (171)$$

мұнда B_i – i -ші диірменнің кездейсоқ салмағының қарқындылығы (10.30) формуласымен анықталады;

j – диірмендер саны.

9.4.10 Кездейсоқ динамикалық салмаққа есептелінетін машиналардың (диірмендердің) іргетастарының көлденең тербелістерінің амплитудалары A_{adm}^e , м, төмендегі формулалармен анықталады:

$$A_{adm}^r = A_x + A_\varphi \ell_{max} \quad (172)$$

мұнда ℓ_{max} – іргетастың жоғарғы бөлігінің диірменінің ең алыстағы иін тірегіне дейінгі арақашықтық, м;

A_x, A_ψ – сәйкесінше жоғарғы тақтаның тербелу амплитудалары және ауыртпалық орталығы арқылы өтетін тік оське қатысты айналу осьтерінің амплитудалары келесі формулалармен анықталады

$$A_x = \frac{B}{S_x} \sqrt{\frac{\lambda_x}{2\xi'_x}}; \quad (173)$$

$$A_\psi = \frac{Be}{S_\psi} \sqrt{\frac{\lambda_\psi}{2\xi'_\psi}}, \quad (174)$$

B – кездейсоқ салмақ инетсивтілігі, $\text{кН} \cdot \text{с}^{1/2}$, (10.30) формуласымен анықталады;

e – жоспардағы іргетастың жоғарғы бөлігінің ауыртпалық орталығынан барабан ұзындығының ортасына дейінгі арақшықтық, м;

S_x, S_ψ – іргетастың құрылымының қаттылық коэффициенттері, сәйкесінше түсуші (көлденең) және айналмалы, $\text{кН} \cdot \text{м}$, тербелістерде, 60, 61 формулаларымен анықталады;

λ_x, λ_ψ – жоғарғы тақтаның ауыртпалық орталығы арқылы өтетін, түсуші (көлденең) және айналмалы тербелістерінің дөңгелектік жиіліктері, с^{-1} , (52) және (53) формулаларымен табылады;

ξ'_x, ξ'_ψ – «іргетас-топырақ» жүйесінің қатыстық демпфирлеуіне қатысты коэффициенттер (50) және (51) формулаларынан табылады.

9.4.11 Іргетас тербелісінің өзіндік дөңгелену жиілігі электр қозғалтқыштың білігінің айналдырушы тербелістерінен λ_θ 25 %-дан кем емес мәнге ерекшеленуі керек, соңғысы келесі формуламен анықталады:

$$\lambda_\theta = \sqrt{\frac{K(\theta_1 + \theta_2 i^2)}{\theta_1 \theta_2}}; \quad (175)$$

мұнда θ_1 – барабанның айналу осыіне қатысты жүктемелі салмақтың инерция сәті, $\text{кН} \cdot \text{м} \cdot \text{с}^2$;

θ_2 – оның айналу осыіне қатысты электр қозғалтқыш роторының массасының инерция сәті, $\text{кН} \cdot \text{м} \cdot \text{с}^2$;

K – жетекті тегершік пен қозғалтқыш роторын жалғастырушы біліктің айналу қаттылығы, $\text{тс} \cdot \text{м}/\text{рад}$;

i – тісті жұптың беріліс саны (тегершік және барабанның тісті).

9.4.12 (175) формуласына кіретін параметрлерді есептеу келесі жуықталған формулалармен есептелінеді

$$\theta_1 = 0,25 \overline{m} d^2, \quad (176)$$

мұнда \overline{m} – жүктемелі диірмен барабанының массасы, $\text{кН} \cdot \text{с}^2/\text{м}$;

d – (175) формуласындағы мән;

$$\theta_2 = \frac{GD^2}{40}, \quad (177)$$

мұнда GD^2 – каталогпен анықталатын электр қозғалтқыштың серперлі сәті, кН·м²,

$$K = \frac{0,1G'd_{\epsilon}^4}{\ell_{\epsilon}}, \quad (178)$$

мұнда $G' = 8,1 \cdot 10^7$ кПа – болатты жылжыту модулі;

ℓ_{ϵ} , d_{ϵ} – сәйкесінше жетекті тегершікті және электр қозғалтқышты жалғаушы білік диаметрі және ұзындығы, м.

9.4.13 Диірменді қондырғылардың іргетастарының тербелістерінің шекті рұқсат етілген максималды амплитудасы $A_{adm}^u = 0,1$ мм.

9.4.14 Баспақтар іргетастарын жобалау үшін қажетті бастақы деректерге келесілер кіруі керек:

– орындалатын технологиялық операциялары көрсетілген (баспақтау, соғу, қалыптау, кесу) баспақтың өлшемдік сұлбалары;

– баспақтың түсуші қозғалушы жұмысшы бөліктерінің массасы; бұранда осыне қатысты бұрандалық баспақтың айналушы жұмысшы массасының инерция сәті; баспақ инерциясының басты сәттері;

– баспақтың сырғақ пен қораптың түйінлесуі сәтіндегі жұмысшы бөліктерінің айналу және түсу қозғалысы; баспақта типтік ораудың жұмысшы салмағының графигінен анықталушы соғу немесе қалыптаудың толық деформациясы.

9.4.15 Баспақ табанына жақын іргетастың жоғарғы бөлігін 12 мм диаметрлі А-III класындағы өзекшелі 100 мм өлшемді шаршы ұяшықтары бар тормен арматуралау керек.

9.4.16 Қалыптауға немесе соғуға арналған бұрандалы баспақтар іргетастарын тік күш пен тік оське қатысты айналу сәтін есепке алып келесідей есептеу керек:

а) іргетастың тік тербелістерінің амплитудасын a_z , м, (97) формуласымен есептеледі, мұнда соққы жылдамдығын қалпына келтіру коэффициентінің мәнін ϵ : суықтай қалыптау және соғуда $\epsilon = 0,5$, ыстықтай соғуда және қалыптауда $\epsilon = 0,25$, ал тік күш импульсының мәнін J_z , кН·с, келесідей:

$$J_z = m_0 v', \quad (179)$$

анықтайды

мұнда m_0 – баспақтың түсіп қозғалушы жұмысшы бөліктерінің массасы, т;

v' – соққы сәтіндегі баспақтың түсіп қозғалушы жұмысшы бөліктерінің жылдамдықтары, м/с;

б) іргетастың көлденең амплитудаларының мәнін $a_{h,\psi}$, м, (102) және (103) формулаларымен анықтайды; мұнда ϵ 9.4.18 кезіндегі формуладағыдай, ал импульс сәтін

$$J_{\psi} = \theta_{0z} \omega, \quad (180)$$

деп қабылдаймыз

мұнда θ_{0z} – бұrandаның айналу осыне қатысты баспақтың айналушы жұмысшы массаларының инерция сәті, $\text{т} \cdot \text{м}^2$;

ω – соққы уақытындағы бұrandаның бұрыштық айналу жиілігі, с^{-1} , жобалау тапсырмасы бойынша қабылданады.

9.4.17 Қалыптау операцияларындағы қосиінді баспақ іргетастарының тік тербелісінің амплитудасы a_v , м, және көлденең тербеліс амплитудасын $a_{h,\phi}$, м, (98) - (101) формулаларымен анықтайды, мұнлағы коэффициент мәні $\varepsilon = 0$; тік күш импульсы J_z тіжәрибелік әдіспен анықталады; тәжірибелік деректер болмаған жағдайда тік күштің импульсын (179) формуласымен оның мәнін коэффициентке η көбейту арқылы табыды, бұл коэффициент орау қаттылығының әсерін және қосиінді-бұлғақ механизмнің кинематикалық буларындағы люфтылардың болуын ескеруші коэффициент; $10^4 \text{ кН} \leq F_{\text{ном}} < 6,3 \cdot 10^4 \text{ кН}$ болғанда $\eta = F_{\text{ном}}/6,3 \cdot 10^4$, және $F_{\text{ном}} > 6,3 \cdot 10^4$ болғанда η коэффициентін 1-ге тең етіп қабылдауға болады; импульс сәті J_ϕ қалыптау жасаған кезде пайда болатын баспақтың жұмысшы бөліктерінің айналуын баяулануынан айналушы сәттің импульсына тең етіп қабылданады және тәжірибелік әдіспен анықталады; тәжірибелік мәндер болмаған жағдайда J_ϕ , $\text{кН} \cdot \text{м} \cdot \text{с}$, келесі формуламен анықталады:

$$J_\phi = 0,1 \frac{F_{\text{ном}} \delta}{\omega_0}, \quad (181)$$

мұнда $F_{\text{ном}}$ – баспақтың номиналды күші, кН;

δ – баспақтың қарастырылатын моделі (сырғақтық жұмысшы жүрісі) қалыптау үрдісіндегі жұмысшы жүктемелердің типтік графигінен анықталатын ораудың толық деформациялануы;

ω_0 – жобалау тапсырмасымен қабылданатын қосиіннің айналуының бұрыштық жиілігі, с^{-1} .

Кесу операцияларында іргетастың тік тербелісінің амплитудасын a_z , м, (97) формуласымен анықтайды), мұнда коэффициент $\varepsilon = 0$, ал импульс мәні J_z тәжірибелік әдіспен анықталады; тәжірибелік әдіс болмаған жағдайда импульс мәні J_z келесідей формулалармен анықталады:

$$J_z = \frac{0,3 F'_{\text{ном}}}{\omega_1}, \quad (182)$$

мұнда $F_{\text{ном}}$ – кесу операцияларындағы баспақтың номиналды күші, кН,;

ω_1 – табанның еркін тербелісінің бұрыштық жиілігі, с^{-1} келесі формуламен анықталады

$$\omega_1 = \sqrt{\frac{K_m}{m_t}}, \quad (183)$$

мұнда K_m – табанның тік қаттылығының коэффициенті, кН/м, жобалау тапсырмасы бойынша қабылданады;

m_t – табан биіктігінің ортасынан жоғары орналасқан баспақтың жоғарғы бөлігінің массасы, т.

9.4.18 Қалыптауға немесе соғуға арналған гидравилкалық баспақтар іргетастарын тік күш импульсының әсеріне тексеру керек. Бұл жағдайда іргетастың тік тербелістерінің

амплитудасын a_z (97) формуласымен есептеп, $\varepsilon = 0$ коэффициентін қабылдайды, ал импульс мәні J_z (179) формуласымен табылады, мұнда v – жылжымалы траверсаны түсірудің максималды жылдамдығы, м/с.

9.5 Илейтін жабдықтың іргетасы мен металл кесетін станоктардың іргетастары

9.5.1 Илемдеу жабдығының іргетасын жобалауға керекті бастапқы деректер құрамына 5.1 бөлімде келтірілген материалдардан басқа келесілер кіруі керек:

- тапсырма осыне байланысты негізгі осьтер жоспары, сонымен қатар жабдық белгілері; техникалық қойма немесе қабаттың жоспары және кесіндісі;

- қабыршақты гидравликалық жуу және науа траншеяларына мүмкін кірістер үшін науалардың, сонымен қатар өндірістік сулардың мүмкін пайда болу орны жайындағы деректер орналасқан жоспаралары;

- баспалдақ, жөндеу ойықтары, қоршаулар және жабындардың орналасу орны туралы нұсқаулық;

- қойма жабыны шегінде орналасқан монтаждық салмақтардың мәндерінің анықтамасы жайындағы деректер, жоспар түрінде келесі жүктемелердің басты әсер ету аймақтары көрсетіледі: стационарлы технологиялық жабдыктан, уақытша орналасқан ауыспалық жабдықтың салмағы, өлшемдері, жөнлеу бірліктерінің саны және ең ауыр жабдықтардың (ауыспалы торлар, жастықшалы білікшелер және т.с.с.) минималды өту саны көрсетіледі; жылжымалы транспорттан келетін уақытша үктемелерді анықау үшін транспорттық құралдар саны мен сипаттамалары көрсетіледі; металл (типтік шабельдердің салмағы мен өлшемі, типтік нұсқалары және олардың арасындағы өтпелері т.б) қоймасындағы салмақты анықтау үшін деректер; қалған жабдыктан түсетін уақытша салмақты бірдей таратылған толық жүктеме ретінде қарастыруға рұқсат етіледі.

9.5.2 Іргетастарды арматуралауды 5.2 бөлімшесіне сәйкес анықтауға кепілдеме беріледі. Массивтік элементтердің жоғарғы арматурасын динамикалық салмағы бар жабдықтар табандарына орнатуға кепілдеме беріледі.

Төменгі арматура өзекшелерінің ұзындығы 30 м болса диаметрлерін 16 мм-ден кеме емес, ұзындығы 30 м жоғары болса 20 мм диаметр алу ұсынылады.

9.5.3 Қалыптауға және соғуға арналған бұрандалы баспақтар іргетастарын тік күш импульсы мен айналушы импульс сәті мен тік оське қатысты айналу сәтінің импульстарын есепке алып есептеу керек:

а) іргетастың тік тербелістерінің амплитудаларын A_{adm}^z , м, келесі формулаға сай анықтауға кепілдеме беріледі

$$A_{adm}^z = \frac{(1 + \varepsilon) S g}{(1 + 1,67 \xi_z) \lambda_z Q}, \quad (184)$$

мұнда Q – қондырғының (іргетас және баспақ) жалпы салмағының есептік мәні, кН, 4.4.3 нұсқауларымен анықталады;

ξ_z – іргетастың тік тербелісіндегі қатыстық демпфирлеу коэффициенті 8.1.6 нұсқаулары бойынша анықталады;

ε – соққы жылдамдығын қайтару коэффициенті, мәндері келесідей қабылданады: суық қалыптау және соғуда $\varepsilon = 0,5$, ыстық қалыптау және соғуда $\varepsilon = 0,25$;

λ_z – қондырғының еркін тік тербелістерінің дөңгелектік жиілігі, c^{-1} , келесі формулалармен анықталады:

$$\lambda_z = \sqrt{\frac{K_z g}{Q}}; \quad (185)$$

K_z – тығыз тік қысылудағы негіз қаттылығының коэффициенті, $кН/м$, 4.5.17 көрсетулерімен анықталады;

S – тік күш импульсы, $кН \cdot c$,

$$S = \frac{Q_0 V}{g}; \quad (186)$$

формуласымен анықталады

Q_0 – баспақтың қозғалмалы жұмысшы бөліктерінің салмағының есептік мәні, $кН$;

V – соққы сәтіндегі жұмысшы бөліктердің қозғалыс жылдамдығы, $м/с$;

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

Баспақтың кейбір модельдерімен дамитын қозғалыс санының мәні $\frac{Q_0 V}{g}$, 19- кестеде берілген.

19 - кесте – Қимыл санының мәндері

Тығыздағыш- тың моделі	ФБ 1732	Ф 1734	Ф 1736	Ф 1738	Ф 1740	ФА 2738	ФА 2740
Қимыл саны, $кН \cdot c$	0,60	0,95	2,20	3,40	6,60	8,80	13,00

б) іргетастың көлденең тербеліс амплитудасын A_{adm}^z , $м$, келесі формуламен анықтау керек:

$$A_{adm}^z = A_{\psi} L, \quad (187)$$

мұнда L – қондырғының ауыртпалық орталығынан іргетастың ең ауыр нүктесіне дейінгі арақашықтық, $м$;

A_{ψ} – қондырғының ауыртпалық орталығы арқылы өтетін тік оське қатысты іргетастың айналу тербелістерінің амплитудасы (бұрылу бұрышы), $рад$, төмендегі формуламен анықталады:

$$A_{\psi} = \frac{(1 + \varepsilon) \theta_{0z} \omega}{(1 + 1,67 \xi_{\psi}) \theta_z \lambda_{\psi}}; \quad (188)$$

θ_{0z} – баспақтың бұранда осыне қатысты айналушы жұмысшы массасының инерция сәті, $\text{кН} \cdot \text{м} \cdot \text{с}^2$;

ω – соққы уақытындағы бұранданың айналу жиілігі с^{-1} , жобалау тапсырмасымен алынады.

9.5.4 Баспақтың кейбір модельдерімен пайда болатын қозғалу санының мәні $\theta_{0z}\omega$, 20 кестеде келтірілген.

20 - кесте – Қимыл көлемі сәтінің $\theta_{0z}\omega$ мәндері

Тығыздағыштың моделі	ФБ 1732	Ф 1734	Ф 1736	Ф 1738	Ф 1740	ФА 2738	ФА 2740
Қимыл көлемінің сәті, $\text{кН} \cdot \text{м} \cdot \text{с}$	0,075	0,105	0,370	0,500	1,45	0,650	1,64

θ_z – ауыртпалық орталығы арқылы өтетін тік оське қатысты қондырғы (іргетас пен баспақ) массасының инерция сәті, $\text{кН} \cdot \text{м} \cdot \text{с}^2$;

λ_ψ – тік оське қатысты еркін айналу тербелісінің айналу жиілігі с^{-1} , төмендегі формуламен анықталады:

$$\lambda_\psi = \sqrt{\frac{K_\psi}{\theta_z}}; \quad (189)$$

K_ψ – 8.1.5 нұсқауларына сәйкес анықталатын тығыз тегіс емес ығысудағы негіздің қаттылық коэффициенті, $\text{тс} \cdot \text{м}$;

ξ_ψ – ауыртпалық орталығы арқылы өтетін тік оське қатысты іргетастың айналу тербелістеріндегі қатыстық демпфирлеу коэффициенті 8.1.17 нұсқауларына сәйкес анықталатын;

ε – (184) формуласындағыдай;

Көлденең бұрандалы баспақ іргетастарын динамикалық салмақ әсеріне есептемеуге рұқсат етіледі.

9.5.5 Қосиінді баспақтардың іргетастарының тік тербелістерінің амплитудаларын A_{adm}^6 , м, және көлденең тербелістерінің амплитудаларын A_{adm}^2 , м, қалыптау операциялары кезінде төмендегі формулалармен анықталады:

$$A_{adm}^6 = A_{adm}^z + A_\phi L; \quad (190)$$

$$A_{adm}^2 = A_\phi h, \quad (191)$$

мұнда A_{adm}^2 – қондырғының ауыртпалық орталығының орын алмастыру амплитудасы, м, (184) формуласымен анықталады, бұл жердегі коэффициент $\varepsilon = 0$; тік күш импульсын (186) формуласымен анықтауға рұқсат, бұл жердегі сырғақтың түсу қозғалысының жылдамдығы келесі формуламен есептелінеді:

$$V = 1,15\omega_0 \sqrt{\delta(S_n - \delta)}, \quad (192)$$

S_n – сырғақ жүрісі, м;

ω_0 – қосиіннің айналуының айналу жиілігі, с^{-1} ;
 δ – баспактау үрдісіндегі илемдеудің (илемдеу қалыңдығының өзгеруі) толық деформациясы, м;
 L – (187) формуласындағыдай;
 h – іргетастабанынан жоғарғы жиегіне дейінгі арақашықтық, м;
 A_φ – ауыртпалық орталығы арқылы өтетін тербеліс жазықтығына перпендикулярлы көлденең оське қатысты іргетастың айналу тербелістерінің амплитудасы (бұрылу бұрышы), рад төмендегі формуламен анықталады:

$$A_\varphi = \frac{S_m}{(1 + 1,67\xi_\varphi)\theta_y\lambda_\varphi}, \quad (193)$$

θ_y – іргетас табанының ауыртпалық орталығы арқылы өтетін, тербеліс жазықтығына перпендикулярлы көлденең оське қатысты қондырғы массасының инерция сәті, $\text{кН} \cdot \text{м} \cdot \text{с}^2$;
 λ_φ – іргетастың ауыртпалық орталығы арқылы өтетін тербеліс жазықтығына перпендикулярлы көлденең оське қатысты қондырғының еркін айналу тербелісінің айналу жиілігі, с^{-1} , төмендегі формуламен анықталады:

$$\lambda_\varphi = \sqrt{\frac{K_\varphi - Qh_2}{\theta_y}}; \quad (194)$$

K_φ – тығыз біркелі емес сығылуда негіздің қаттылық коэффициенті, $\text{кН} \cdot \text{м}$, 8.1.5 нұсқауларына сәйкес анықталады;

h_2 – іргетас табанынан қондырғының ауыртпалық орталығына дейінгі арақашықтық, м;
 ξ_φ – ауыртпалық орталығы арқылы өтетін тербеліс жазықтығына перпендикулярлы іргетастың айналу тербелістеріндегі көлденең оське қатысты қатыстық демпфирлеу коэффициенті, 8.1.7 нұсқауларына сәйкес анықталады;

S_m – қалыптау орындау кезінде пайда болатын баспақтың жұмысшы бөліктерінің айналуының баяулауынан айналу сәтінің импульсының мәні, $\text{кН} \cdot \text{м} \cdot \text{с}$, келесі формуламен анықтала алады:

$$S_m = \frac{0,1P_n\delta}{\omega_0}; \quad (195)$$

P_n – баспақтың сәйкес технологиялық операцияны орындау кезіндегі номиналды күші, кН ;

δ – қалыптау үрдісі кезіндегі илемдеудің толық деформациясы, м;

ω_0 – осының айналуының айналу жиілігі, с^{-1} , жобалау тапсырмасымен алынады.

9.5.6 Кесу операциялары кезінде іргетастың тік тебелістерінің амплитудаларын келесі формуламен анықтау керек (184), бұл жерде $\varepsilon = 0$, ал импульс мәні S келесі формуламен анықтау керек:

$$S = \frac{0,3P_n}{\omega_1}; \quad (196)$$

мұнда ω_1 – табанның еркін тербелістерінің айналу жиілігі, с^{-1} , төмендегі формуламен анықталады:

$$\omega_1 = \sqrt{\frac{K_{cm} g}{Q_\varepsilon}}; \quad (197)$$

K_{cm} – табанның тік қаттылығының коэффициенті, кН/м , жобалау тапсырмасына сәйкес қабылданады;

Q_ε – табан биіктігінде жоғары орналасқан баспақтың жоғарғы мәнінің есептік салмағы, кН .

(197) формуласында Q_ε салмағының мәнін баспақ салмағының жартысына тең деп қабылдау рұқсат етіледі, ал K_{cm} коэффициентінің мәнін келтірілген эмпирикалық формулаға сәйкес анықтауға болады:

$$K_{cm} = 17000 \sqrt{P_n}. \quad (198)$$

9.5.7 Соққылау үшін немесе қалыптауға арналған гидравликалық баспақ іргетастарын тік күш импульсының әсеріне тексеру керек. Бұл жағдайда іргетастың тербелісінің амплитудасын келесі формуламен анықтау керек (184), бұл жерде $\varepsilon = 0$, импульс мәнін S (186) формуласымен анықтайды, осы жердегі V – жылжымалы траверсаны түсірудің максималды жылдамдығы, м/с .

Тік гидравликалық баспақ іргетастарын динамикалық салмаққа әсерін есептемеуге болады.

9.5.8 Баспақ іргетас тербелістерінің максималдық рұқсат етілген амплитудасы $A_{adm}^u = 0,25 \text{ мм}$.

Баспақты дайындаушы зауытпен келісе отырып, баспақ іргетас тербелісінің максималды амплитудасы үлкейтіле алады, бірақ $0,5 \text{ мм}$ -ден көп мәнге емес.

9.5.9 (83) формуласы бойынша негіздегі орта статикалық қысымды p_{cp} тексере отырып, жұмыс шартының коэффициентінің мәнін $m_0 = 1$ және негіз топырағының жұмыс коэффициентінің мәнін $\gamma_c = 1$ деп алуға болады.

9.5.10 Металл кесуші станоктар іргетастарының бастапқы деректер қатарына 5.1 бөлімде көрсетілген материалдардан басқа төмендегілер кіреді:

- станокты орнықтыру және бекітудің ұсынылатын әдістері, тіреу нүктелері көрсетілген станоктың тіреу табанының сызбалары;

- іргетасқа түсетін салмақ туралы мәлімет: массасы 10 т -ға дейінгі станоктар үшін – станоктың жалпы массасы 10 т -дан асатын станоктар үшін – іргетасқа берілетін статикалық салмақ сұлбалары;

- іргетастың тығыз қисаюына шектеу талап етуші станоктар үшін – ауыр бөлшектерді орнату нәтижесінде станоктың ауыртпалық орталығының шекті өзгеру және жылжымалы түйіндер массасының мәнінің, іргетастың көлденең оське қатысты бұрылу бұрыштары мүмкіндігі жөніндегі деректер;

- станоктардың дәлдік кластары бойынша деректер, сонымен қатар станок табандары жайындағы мәліметтер, қаттылықты іргетас есебінен қамтамасыз ету қажеттілігі туралы деректер және станок орнын жиі ауыстыру мүмкіндіктері жайындағы мәліметтер;

- жоғары дәлдікті станоктар үшін – оны дірілден оқшаулау қажеттілігі мен ұсынылатын әдістері жөніндегі нұсқаулық; сонымен қатар өте маңызды жағдайларда

мұндай станоктар үшін (мысалы, жоғарғы дәлдікті өте ауыр станоктарды орнатар кезде немесе негіздің қарқынды тербелу аймағында жоғарғы дәлдікті станокты орнату кезінде) жобалау үшін бастапқы деректерде станокты орнату орнының топырақтарын өлшеу мәліметтерін және дірілді оқшаулау (іргетастың шекті рұқсат етілген тербеліс амплитудалары және кесу аймақтарындағы рұқсат етілген тербеліс амплитудалары және т.с.с.) параметрлерін анықтауға арналған өзге параметрлер болуы керек.

9.5.11 Қалыпты және жоғарғы дәлдікті массасы 30 т бірлік станоктар үшін станок биіктігін 13-кестеде келтірілген мәліметтерге сәйкес алу керек, ал массасы 30 тоннадан жоғары станоктар үшін біргетас есебінен қажетті қаттылықты қамтамасыз ету шартынан, сонымен қатар құрылымдық түсініктерге (көбінесе ойық тереңдігіне байланысты) сәйкес алу керек.

9.5.12 Қалыпты және жоғарғы станоктарға ортақ іргетастар биіктігін – іргетастың беріктілігі мен қаттылығы бойынша есептеулер нәтижесімен минималды қажетті биіктікті есепке алып және құрылымдық түсініктерден, станоктың осы түрінің ерекшелігінен және оған қызмет көрсету шартынан алады.

9.5.13 Станок іргетастарын 8-10 мм өзекшелі 300 мм өлшемді шаршы ұяшықтардан тұратын торлар мен іргетастың төменгі және жоғарғы шетінен 20-30 мм арақашықтықта армирленуі керек.

9.5.14 Цех еденіне салмағы 100 кН (сәйкес негізде 150 кН-ға дейін) салмақтағы қалыпты және жоғарғы дәлдіктегі, қатты және орта қаттылықтағы табаны бар станоктар орнату керек, табан қатынасы $\ell/h < 8$ (мұнда ℓ – ұзындық, м, h – станок табанының қима биіктігі, м), сонымен қатар тығыз станок табанының астында орналасатын тіреулер көмегімен дірілден оқшаулауы қажет жоғарғы дәлдіктегі станоктар орнатылады.

Цех еденіне таспа түрінде төселетін қалыңдатқыштарға 300 кН салмаққа дейінгі станоктар орнатуға болады.

9.5.15 Еденнің бетон тақтасына немесе қалыңдатылған бетон таспаға тақтаның немесе таспаның тағайындалған қалыңдығында станоктарды орнату мүмкіндігі – ҚНМБ 2.03.01 талаптарына сәйкес беріктілікке есеппен және ұзың тұтас табандары бар станоктар үшін – қаттылыққа тексеріледі.

9.5.16 Қаттылыққа есепті массивтік іргетастарға станок орнату жағдайларында жүргізеді, сонымен қатар еден тақтасын немесе таспалық іргетасты негізде жатқан B_{np} ені мен L_{np} ұзындығы бар арқалық ретінде қарастырады:

$$B_{np} = B + 13h; \quad L_{np} = 3,46 \sqrt{\frac{EI(1 - \mu_0^2)}{E_0}}, \quad (199)$$

мұнда B – таспа ені, м;

h – еден тақтасының және іргетас таспасының қалыңдығы, м;

EI – «табан-іргетас» жүйесіндегі арқалықты B_{np} енімен қарастырғанда тік жазықтыққа иілу қаттылығы кН·м²:

μ_0 , E_0 – көлденең деформация коэффициенті және топырақ деформациясының модулі, кПа.

$L_{np} < L$, мұнда L – табан ұзындығы, $L_{np} = L$ деп қабылданады

9.5.17 Арнайы жобаланатын іргетастарға келесі түрдегі станоктар орнату керек:

а) $\ell/h \geq 8$ қатынастағы қатты емес табанды және қажет етілетін қаттылық іргетас есебінен қамтамасыз етілетін құраушы табандары бар;

б) еденде қалың тақтасы бар 100 кН-нан аса салмақты станоктарды орната алу жеткіліксіз ғимараттарда орналасқан станоктар;

в) орнату үшін арнайы діріл оқшаулайтын іргетас қажетті станоктар.

Арнайы жобаланатын станоктар басты жағдайда негіздің интенсивті тербелу аймағында орналасқан станоктар мен ауыр станоктар үшін қолданылады.

9.5.18 Діріл оқшаулаушы іргетастарда және кезеңді түзетуді қажет ететін жоғарғы дәлдікті станоктар үшін іргетастың тығыз қондырғысынан қаттыға өтуін қамтамасыз етуші аралас тығыз-қатты тіреу элементтерін қолдану керек.

Дірілден оқшауланған станоктарды іргетастардың резеңкелі кілемшелерінде осы кілемшелерді ауыстырып отыруға мүмкіндік беретін құралдар қарастырылуы керек.

Іргетастың тығыз қондырғысынан қаттыға алмасуында тығыз тіреу элементтерінен басқа, мысалы, серіппелерден басқа реттелінетін қатты тіреулер, мысалы бұрандалар болуы керек, олар іргетасты блоктың қатты тірелуінде негізбен түйісуден шығады, ал қаттыда – түйісуге кіреді және салмақтың көп бөлігін қабылдап алады.

9.5.19 Қалыпты және жоғарғы дәлдіктегі ортақ іргетастардың биіктігін минималды қажетті биіктікті есепке аып іргетасты беріктілік пен қаттылығын есепке алған есеп нәтижесі бойынша анықтау керек, сонымен қатар құрылымдық түсініктер, осы станоктың түр ерекшелігі мен қызмет көрсету ерекшелігі де көп мағына береді.

Ортақ іргетастар қаттылығына есептеулер цех тақтасы үшін де келтірілген қаттылық пен ұзындық бойынша жүргізіледі.

9.5.20 Іргетастың тығыз кренінің шектелуі қажет етілетін станок іргетастарын жобалау кезінде негізді деформацияға тексеріс нәтижесін есепке алып жасау керек.

9.6 Айналатын пештердің іргетастары

9.6.1 5.1 бөлімінде келтірілген материалдардан басқа жобалауға қажетті бастапқы деректер қатары:

- болат қаптың қалыңдығы, белбеу өлшемдері мен футеровка қалыңдығы көрсетілген пеш сызбалары;

- шиірлі тегершіктің тістерінің саны жайындағы деректер; тіреу жиектері мен шырғыдан және келтіру жетегінен іргетасқа түсетін салмақ мәндері;

- пайдалану тәртібіндегі пеш тұрқысының айналу жиілігі;

- гидротіреумен жабдықталған пештердегі гидротуреудегі максималды күш мәні.

9.6.2 Тіреулерді жобалау кезінде олардың тік бағыттағы қаттылық коэффициенттері пеш қаттылығы коэффициенттерінен аз емес қабылдау керек, шеткі тіреулер үшін олармен көршілес орналасқан тіреулер орнындағы пеш тұрқысының қаттылық коэффициентінен аз болмауы керек.

Ескертпе - Пеш қаттылығының коэффициенті ретінде қарастырылып отырған тіреу орнындағы кесілетін арқалықтың пеш осіне көлденең бірлік горизонталь ығысуындағы реакциясын түсіну керек.

9.6.3 Пеш осымен көлденең әсер етуші тіреулерге нормативті көлденең салмақты $F_{n,b}$ кН ,

$$F_{n,t} = \frac{F_{n,v} k_f}{\cos \alpha}, \quad (200)$$

мұнда $F_{n,v}$ – нормативтік тік салмақ, кН, тиісті жиынтықпен анықталады (9.6.9 бойынша);

k_f – белбеу асты тіреулік шығырларға үйкелу коэффициенті, 0,2 деп қабылданады;

α – тұрқы осімен тіреу шығыршығының осін жалғастырушы тік мен түзу сызық арасындағы бұрыш.

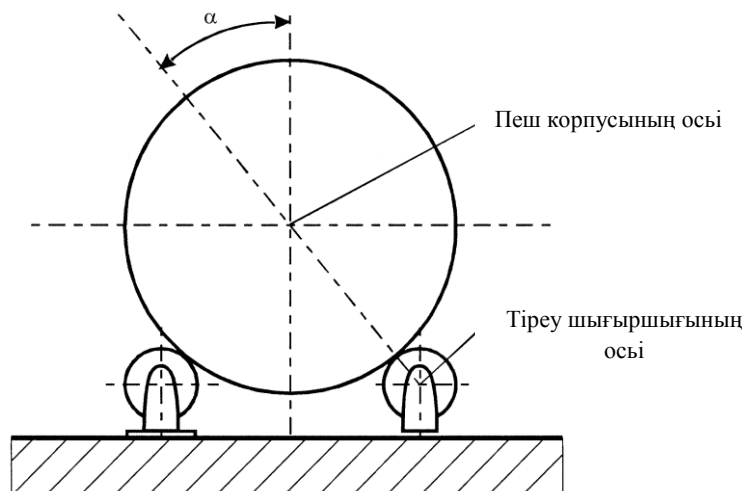
9.6.4 Пеш бойымен әсер ететін тіреулерге есептік көлденең жүктемелерді T , кН, келесі формуламен анықтау керек:

$$T = \frac{P K}{\cos \alpha}, \quad (201)$$

мұнда P – есептік тік жүктеме, кН;

K – белбеу асты тіреу шығырлары бойынша үйкеліс коэффициенті, 0,2-ге тең болып қабылданады;

α – пеш тұрқысының осы мен тіреу шығырының осін жалғастырушы тік және түзу арасындағы бұрыш (1-сурет).



1-сурет – Пеш корпусының осын тіреу шығыршығының осымен қосатын вертикаль және түзу арасындағы бұрышты анықтауға арналған схема

9.6.5 Пеш осі бойымен әсер ететін тіреулерге тік салмақтарды, сәйкес негіз болса келтіру жабдығының тіреуіне, тіреулерді олардың жоғарғы жағынан айланыстырып тұрушы болат тірегіштермен беруге рұқсат етіледі. Тірегіштермен есептеуде олардың температуралық әсерінде пайда болатын күштерді есепке алуға рұқсат беріледі.

9.6.6 Тіреуге пеш осыне перпендикуляр пеш, жылу алмасу қондырғыларынан, пеш тұрқысының, күйдірілетін материалдан, пеш тұрқысының температуралық деформациясынан болатын салмағынан әсер ететін тік P_{max} және көлденең H_{max}

ҚР ЕЖ 5.01–106–2013*

максималды есептік салмақтарын пеш тұрқысының эксцентритетінде тіреуден алынатын реакцияның максималды мәнінде табуға болады.

Шеткі тіреулер үшін тік салмақ мәніне H қайта жүктелу коэффициентін $n = 2$ және орта тіреулер үшін $n = 1$ қабылдау керек.

Төрттен көп емес тіреу саны бар пештің максималдық есептік жүктемесін тұрқы осының 10-ға тең эксцентритетінде анықтауға рұқсат етіледі.

9.6.7 Іргетастар мен олардың негіздерінің есебін келесі салмақ сәйкестігінде анықтауға рұқсат етіледі:

$$P = P_{\max}; \quad H = 0; \quad T = \frac{P_{\max} K}{\cos \alpha}; \quad (202)$$

$$P = P_c; \quad H = H_{\max}; \quad T = \frac{P_c \cdot K}{\cos \alpha}, \quad (203)$$

мұнда P_{\max} және H_{\max} – қарастырылатын тіреулердегі тік және көлденең салмаққа сәйкес келетін максималды мән, кН; 9.6.6-ға сәйкес анықталады;

K – белбеу асты тіреу шығырларына үйкелу коэффициенті, 0,2-ге тең болып қабылданады.

Гидротіреулермен жабдықталған тіреулер үшін көлденең салмаққа сәйкес пеш осымен бағытталған есептік мән ретінде T , кН, (201) формуласымен анықталған ең үлкен екі мән мен гидро тіреудегі салмақ бойынша анықталады.

Тіреулерді салмақтардың екінші сәйкес келуіне есептеуді көлденең жазықтыққа пеш тіреулерінің бір шығырына ғана түсірілген әсер етуші салмақтан T , кН, туындайтын сәт арқылы есептейді.

9.6.8 Тірегіштер есебін келесі жүктемелерге жүргізу керек:

$$\text{– шеткі аралықтарда} \quad T = T_{\max} + T_i; \quad (204)$$

$$\text{– орта аралықтарда} \quad T = T_{\text{сум}} + T_t, \quad (205)$$

мұнда T_{\max} – шеткі тіреудегі салмақтың максималды T , кН, (202) формуласынан табылады;

$T_{\text{сум}}$ – қарастырылып отырған аралықтан қарама-қарсы келтірілген тіреуге келтірілетін салмақтың қосынды мәні T , кН, (203) формуласымен анықталады;

T_t – температуралардың орталық түсуінен распоркаларда пайда болатын салмақ мәні.

9.6.9 Пеш астындағы іргетастарды қондырғының есептік сұлбаға сәйкес (9.6.4 бөлім, 1-сурет) анықталатын өзіндік тік және көлденең тербелістерінің жиіліктерінің мәндері жетек тістерінің ілініс жиілігінің мәнінен ω , с^{-1} кем дегенде 25% айырмашылығы болуы керек.

$$\omega = 0,105 N n_{об}, \quad (206)$$

мұнда N – шиірлі тегершіктің тістер саны;

$n_{об}$ – 1 минутағы пеш айналым саны.

Өзіндік тік және көлденең тербелістердің жиілігін есептегенде қондырғыны үлестірілген және бағытталған массасымен кесілмеген арқалық түрінде көрсетіге рұқсат етіледі.

Бағытталған массалар тіреулер орналасқан орындарға енгізіледі және өзіне жоғарғы тақта массасын, жабдықтың және қабырға (баған) массасының 30 %-ын қосады. Біркелкі таралған массаға пештің болат қабының массасы, футеровка массасы, күйдірілетін материал массасы және т.б. массалары қосылады. Біркелкі үлестірілген массаны бағытталған массамен алмастыруға кепілдеме беріледі.

9.6.10 Тіреудің темір бетонды элементтерін шыдамдылыққа есептеу салмаққа сәйкес есептейді, салмақтылық коэффициенті ретінде $n = 0,8$, тек салмақтың максималды мәндерінде ғана енгізіледі, яғни P_{max} және H_{max} мәндерінде ғана.

9.6.11 Темірбетонды тіреу элементтерін таңба алмасудан пайда болатын сызаттар пайда болуы мүмкін, бұл есептеулерді алдын-ала кернеулендіріп ғана жүргізу керек.

9.6.12 Тіреу табанының ауданын оның негізден жұлыну мүмкіндігінен табан енінен 25 %-ға аспайтын мәнінде анықтау керек.

А қосымшасы
(міндетті)

**КЕЗЕҢДІК ЖҮКТЕМЕЛЕРІ БАР МАШИНАЛАРДЫҢ ІРГЕТАСТАРЫНЫҢ
ТЕРБЕЛІСТЕРІН ЕСЕПТЕУ**

Рамалық іргетастар

А.1 Жиікті іргетастың жоғарғы тақтасының тік оське қатысты көлденең айналатын тербелістерінің амплитудаларын $a_{h,\psi}$, м, келесі формуламен анықтау керек:

$$a_{h,\psi} = a_x + a_{\psi} l_b, \quad (\text{A.1})$$

мұнда a_x – жоғарғы тақтаның ауыртпалық орталығының көлденең тербелістерінің амплитудалары, м, келесі формуламен табылады:

$$a_x = \frac{a_{x,st}}{\sqrt{[1 - (\omega / \lambda_x)^2]^2 + 4(\xi'_x)^2 (\omega / \lambda_x)^2}}; \quad (\text{A.2})$$

a_{ψ} – жоғарғы тақтаның ауыртпалық орталығы арқылы өтетін тік оське қатысты айналу тербелістерінің амплитудасы (бұрылу бұрышы), рад, төмендегі формуламен анықталады:

$$a_{\psi} = \frac{a_{\psi,st}}{\sqrt{[1 - (\omega / \lambda_{\psi})^2]^2 + 4(\xi'_{\psi})^2 (\omega / \lambda_{\psi})^2}}; \quad (\text{A.3})$$

ω – машинаның айналу бұрышы, с^{-1} , $\omega = 0,105 n_r$;

n_r – машинаның айналу бұрышы, айн/мин;

$a_{x,st}$ – сәйкесінше орталықтың ығысуы, м, және бұрылу бұрышы, рад;

$a_{\psi,st}$ – F_h күші мен M_z , сәтінің статикалық әсері кезіндегі жоғарғы тақта ауырлығы төмендегі формулалармен анықталады:

$$a_{x,st} = \frac{F_h}{S_x}; \quad (\text{A.4})$$

$$a_{\psi,st} = \frac{M_z}{S_{\psi}}; \quad (\text{A.5})$$

бұл жерде F_h – динамикалық салмақты көлденең құраушылардың есептік мәні кН(тс), 1.23 бөлімінің нұсқауларымен және тиісті бөлімдермен анықталады;

M_z – жоғарғы тақтаның ауыртпалық орталығы арқылы өтетін тік оське қатысты қозушы сәттің есептік мәнін кН·м(тс·м), айналушы бөліктері бар машиналар үшін келесідей алуға болады $M_z = F_h l_b / 2$;

S_x, S_{ψ} – іргетас жүйесінің қаттылық коэффициенті – негіз машина білігінің осыне перпендикулярлы көлденең бағытта, кН/м(тс/м), және көлденең жазықтыққа бұрылысында, кН·м(тс·м), осы қосымшаның (А.6) және (А.7) формулаларымен анықталады;

ξ'_x, ξ'_ψ – іргетас-негіз жүйесінің қатыстық демпфирлеу коэффициенті, осы қосымшаның А.12 және А.13 формуларымен анықталады;

λ_x, λ_ψ – жоғарғы тақтаның ауыртпалық орталығы арқылы өтетін тербелістерінің тік оське қатысты көлденең және іргетастың айналу бұрыштық жиіліктері c^{-1} , А.14 және А.15 формуларымен анықталады;

l_b – жоғарғы тақтаның ауыртпалық орталығы арқылы өтетін осьтен ең алыс машина иінтірегінің осыне дейінгі арақашықтық, м.

А.2 Негіз тығыздығын есепке алатын S_x , кН/м(тс/м), іргетас құрылымының қаттылық коэффициенті S_ψ , кН·м(тс·м), келесі формуламен есепке алады:

$$S_x = \frac{1}{(1/K_x) + (h^2/K_\varphi) + (1/S_x^o)}; \quad (A.6)$$

$$S_\psi = \frac{1}{(1/K_\psi) + (1/S_\psi^o)}; \quad (A.7)$$

(А.6) және (А.7) формулаларында:

h – іргетас биіктігі, м;

K_x, K_ψ, K_φ – тығыз біркелкі K_x және біркелкі емес K_ψ сырғуда және тегі емес сырғуда K_φ қаттылық коэффициенті 9.1.5 талаптарына сәйкес анықталады;

S_x^o – машина білігінің осыне перпендикулярлы көлденең бағыттағы барлық көлденең жиектердің қаттылық коэффициенттерінің қосындысының сомасы, кН/м(тс/м) (N – көлденең жиектер саны), төмендегі формуламен анықталады:

$$S_x^o = \sum_{i=1}^N S_i; \quad (A.8)$$

S_ψ^o – ауырлық орталығына қатысты көлденең жазықтығының барлық көлденең жиектерінің қаттылық коэффициенттері, кН·м(тс·м), төмендегі формуламен анықталады:

$$S_\psi^o = \sum_{i=1}^N S_i e_i^2, \quad (A.9)$$

мұнда e_i – i -ші көлденең жиектен жоғарғы тақтаның ауыртпалық орталығына дейінгі арақашықтық, тақтайшалар, м.

Қатты түйінді бір қабатты көлденең жиектерінің қаттылық коэффициенті S_i , кН/м(тс/м), келесі формуламен анықтау керек:

$$S_i = \frac{2E_b I_{h,i} (1 + 6k_i)}{h_i^3 (2 + 3k_i)}; \quad (A.10)$$

мұнда E_b – жоғарғы құрылыс жиектерінің материал тығыздығының модулі, кПа (тс/м²);

$$k_i = \frac{h_i I_{l,i}}{l_i I_{h,i}}; \quad (A.11)$$

$I_{h,i}, I_{l,i}$ – сәйкесінше тіреу мен жиек ригелінің көлденең қимасының инерция сәті, м⁴.

h_i, l_i – сәйкесінше тіреудің есептік биіктігі және і-ші көлденең жиектің ригелінің есептік шығуы, м.

Ескертпе - Тіреудің есептік биіктігі төменгі тақтаның жоғарғы жиегінен ригель осыне (ауыртпалық орталығы арқылы өтетін қима ауданы), дейінгі арақашықтығы h_i баған осьтері арасындағы есептік шығыс 0,9-ға тең.

А.3 Іргетас-негіз жүйесінің қатыстық демпфирленуі ξ'_x және ξ'_ψ төмендегі формулалармен анықталады:

$$\xi'_x = S_x \left(\xi_x \frac{1}{K_x} + \xi_\varphi \frac{h^2}{K_\varphi} + \frac{\gamma}{2S_x^o} \right); \quad (\text{A.12})$$

$$\xi'_\psi = S_\psi \left(\xi_\psi \frac{1}{K_\psi} + \frac{\gamma}{2S_\psi^o} \right); \quad (\text{A.13})$$

мұнда ξ_x, ξ_φ – топырақтағы іргетас тербелістері ξ_ψ айналушы ξ_φ және тік тербелістері ξ_x қатыстық демпфирлеуі 9.1.7 формуласымен анықталады;

γ – тербеліс кезіндегі энергияны жұту коэффициенті, темір бетондық құрылымдар үшін 0,06, болат құрылымдар үшін - 0,02.

А.4 Іргетас тербелістерінің бұрыштық жиіліктері λ_x және λ_ψ , с⁻¹, төмендегі формулалармен анықталады:

$$\lambda_x = \sqrt{\frac{S_x}{m}}; \quad (\text{A.14})$$

$$\lambda_\psi = \sqrt{\frac{S_\psi}{\bar{\theta}_\psi}}; \quad (\text{A.15})$$

(А.14), (А.15) формулаларындағы:

\bar{m} – көлденең арқаляктардың және жиектердің көлденең ригельдерінің, жоғарғы тақтаның, барлық машинаның және іргетастың барлық тіреулерінің массасының 30 %-ының жүйесін қосушы массасы, т(тс·с²/м);

$\bar{\theta}_\psi$ – жоғарғы тақтаның (көлденең жиектің) ауыртпалық орталығы арқылы өтетін тік оське қатысты \bar{m} масса инерциясының сәті, т·м²(тс·м·с²); $\bar{\theta}_\psi$ мәнін келесі формуламен анықтайды

$$\bar{\theta}_\psi = 0,1 \bar{m} l^2, \quad (\text{A.16})$$

мұнда l – жоғарғы тақта ұзындығы, м.

Массивтік және қабырғалық іргетастар

А.5 Массивтік және қабырғалық іргетастардың көлденең оське қатысты көлденең айналу тербелістерінің амплитудаларын $a_{h,\varphi}$, м, келесі формуламен анықтау керек:

$$a_{h,\varphi} = \frac{F_h}{K_x} \sqrt{\frac{\psi_1^2 + 4\xi_x^2 (\omega/\lambda_x)^2 \psi_2^2}{\Omega_1^2 + 4\xi_x^2 (\omega/\lambda_x)^2 \Omega_2^2}}, \quad (\text{A.17})$$

мұнда

$$\psi_1 = S_1 + \beta \frac{h_1}{h_2} S_3; \quad (\text{A.18})$$

$$\psi_2 = S_2 + \beta \frac{h_1}{h_2} S_4, \quad (\text{A.19})$$

мұнда

$$S_1 = (1 + \beta) \left(\frac{\lambda_\varphi}{\lambda_x} \right)^2 + \beta(1 + x) - \left(\frac{\omega}{\lambda_x} \right)^2; \quad (\text{A.20})$$

$$S_2 = (1 + \beta) \frac{\lambda_\varphi}{\lambda_x} \frac{\xi_\varphi}{\xi_x} + \beta(1 + x); \quad (\text{A.21})$$

$$S_3 = 1 + x \left[1 - \left(\frac{\omega}{\lambda_x} \right)^2 \right]; \quad (\text{A.22})$$

$$S_4 = 1 + x; \quad (\text{A.23})$$

$$\Omega_1 = \left(\frac{\omega}{\lambda_x} \right)^4 + (1 + \beta) \left\{ \left(\frac{\lambda_\varphi}{\lambda_x} \right)^2 - \left(\frac{\omega}{\lambda_x} \right)^2 \cdot \left[1 + \left(\frac{\lambda_\varphi}{\lambda_x} \right)^2 + 4\xi_x \xi_\varphi \frac{\lambda_\varphi}{\lambda_x} \right] \right\}; \quad (\text{A.24})$$

$$\Omega_2 = (1 + \beta) \left\{ \left(\frac{\lambda_\varphi}{\lambda_x} \right)^2 + \frac{\lambda_\varphi}{\lambda_x} \frac{\xi_\varphi}{\xi_x} - \left(\frac{\omega}{\lambda_x} \right)^2 \left(1 + \frac{\lambda_\varphi}{\lambda_x} \frac{\xi_\varphi}{\xi_x} \right) \right\}; \quad (\text{A.25})$$

$$\beta = \frac{h_2^2 m}{\theta_\varphi}; \quad (\text{A.26})$$

$$x = \frac{M}{F_h h_2}, \quad (\text{A.27})$$

$\lambda_x, \lambda_\varphi$ – іргетастың тербелісінің бұрыштық жиіліктері, с^{-1} , сәйкесінше іргетас табанының ауыртпалық орталығы арқылы өтетін тербеліс жазықтығына перпендикулярлы көлденең оське қатысты тік және айналушы тербелістері, төмендегі формулалармен анықталады:

$$\lambda_x = \sqrt{\frac{K_x}{m}}; \quad (\text{A.28})$$

$$\lambda_\varphi = \sqrt{\frac{\bar{K}_\varphi}{\theta_{\varphi\varphi}}}; \quad (\text{A.29})$$

$$\bar{K}_\varphi = K_\varphi - mgh_2; \quad (\text{A.30})$$

K_x және K_φ – негіздің қаттылық коэффициенттері кН/м (тс/м) және $\text{кН}\cdot\text{м}$ ($\text{тс}\cdot\text{м}$), 9.1.5 нұсқауларына сәйкес анықталады;

$\theta_{\varphi\varphi}$ – іргетас табанының ауыртпалық орталығы арқылы өтетін тербеліс жазықтығына перпендикуляр оське қатысты барлық қондырғы массасының инерция сәті, $\text{т}\cdot\text{м}^2$ ($\text{тс}\cdot\text{м}\cdot\text{с}^2$), формулармен анықталады:

$$\theta_{\varphi\varphi} = \theta_\varphi + mh_2^2 \quad (\text{A.31})$$

θ_φ – іргетас табанының ауыртпалық орталығы арқылы өтетін тербеліс жазықтығына перпендикулярлы оське қатысты барлық қондырғы (машина және оның ойықтарындағы және топырақ себінділерімен) массасының инерция сәті, $\text{т}\cdot\text{м}^2$ ($\text{тс}\cdot\text{м}\cdot\text{с}^2$);

m – барлық қондырғы массасы (машина және оның ойықтарындағы және топырақ себінділеріндерімен), т ($\text{тс}\cdot\text{с}^2/\text{м}$);

F_h – машинаның көлденең құраушы қоздырушы күштері, кН(тс) , 9.1.1 бөлімдерінің нұсқауларымен сәйкес анықталады;

M – ауыртпалық орталығы арқылы өтетін тербеліс жазықтығына перпендикулярлы оське көлденең қоздырушы күштерінің сәті және машинаның қосушы сәтінің қосындысына тең қоздырушы сәттің есептік мәні $\text{кН}\cdot\text{м(тс}\cdot\text{м)}$;

h_1, h_2 – қондырғының ортақ ауыртпалық орталығынан іргетастың жоғарғы жиегіне және іргетастың төменгі табанына дейінгі арақашықтық, м .

А.6 Қондырғының басты өзіндік тербелістерін $\lambda_{1,2}$, с^{-1} келесі қатынастан анықтау керек:

$$\left(\frac{\lambda_{1,2}}{\lambda_x}\right)^2 = \frac{Z}{2} \mp \sqrt{\left(\frac{Z}{2}\right)^2 - (1+\beta)\left(\frac{\lambda_\varphi}{\lambda_x}\right)^2}, \quad (\text{A.32})$$

$$\text{мұнда } Z = (1+\beta) \left[1 + \left(\frac{\lambda_\varphi}{\lambda_x}\right)^2 \right], \quad (\text{A.33})$$

А.7 Массивтік және қабырғалық іргетастардың көлденең тербелісінің амплитудалары a_x , м, және айналмалы тербеліс амплитудалары a_φ , рад, осы қосымшаның (А.17) формуламен анықтау керек, $S_3 = S_4 = 0$ (a_x анықтағанда) және $S_1 = S_2 = 0$, $h_1 = 1$ (a_φ анықтағанда) деп қабылдайды.

А.8 Іргетастың жоғарғы жиегінің көлденең-айналмалы тербелістерінің амплитудалары $a_{h,\varphi}$, м, ал тек сәттердің ғана әсері болса, онда $M(F_h = 0)$ келесі формуламен анықтау керек:

$$a_{h,\varphi} = \frac{M\beta}{K_x h_2} \cdot \sqrt{\frac{\left\{1 + (h_1/h_2) \left[1 - (\omega/\lambda_x)^2\right]\right\}^2 + 4\xi_x^2 (\omega/\lambda_x)^2 \left[1 + (h_1/h_2)\right]^2}{\Omega_1^2 + 4\xi_x^2 (\omega/\lambda_x)^2 \Omega_2^2}}. \quad (\text{A.34})$$

А.9 Массивтік және қабырғалық іргетастың тік тербелістерінің тербеліс жазықтығына перпендикулярлы көлденең оське қатысты амплитудалары a_v , м, келесі формуламен анықтау керек:

$$a_v = a_z + a'_z, \quad (\text{A.35})$$

мұнда

$$a_z = \frac{F_v}{K_z \sqrt{\left[1 - (\omega/\lambda_z)^2\right]^2 + 4\xi_z^2 (\omega/\lambda_z)^2}}; \quad (\text{A.36})$$

a'_z - ауыртпалық орталығы арқылы өтетін тербеліс жазықтығына перпендикулярлы көлденең оське қатысты іргетастың айналу тербелістерінің амплитудалары, көлденең күштер F_h және M және сәттерге қатысты анықталса, келесі формуламен табылады:

$$a'_z = a_\varphi I_f, \quad (\text{A.37})$$

көлденең күштер болмаса ($F_h=0$):

$$a'_z = \frac{M I_f \beta}{K_x h_2^2} \sqrt{\frac{\left[1 - (\omega/\lambda_x)^2\right]^2 + 4\xi_x^2 (\omega/\lambda_x)^2}{\Omega_1^2 + 4\xi_x^2 (\omega/\lambda_x)^2 \Omega_2^2}}; \quad (\text{A.38})$$

формуласымен анықталады, мұнда

a_φ - амплитуда (бұрылу бұрышы), рад, іргетастың айналу тербелістерінің көлденең оське қатысты, осы қосымшаның А.7 бөлімі бойынша анықталады;

F_v – машинаның есептік құраушы көлденең қоздырушы күштері, кН(тс);

M – тік және көлденең күштерін қосушы қоздырушы сәттерінің есептік мәні, кН·м(тс·м);

K_z – негіз қаттылығының коэффициенттері, кН/м (тс/м), 9.1.5 нұсқауларына сәйкес анықталады;

λ_z – іргетастың өзіндік тік тербелістерінің бұрыштық жиілігі, c^{-1} , төмендегі формуламен анықталады:

$$\lambda_z = \sqrt{\frac{K_z}{m}}; \quad (A.39)$$

ξ_z – іргетастың тік тербелісіндегі қатыстық демпфирлеу 9.1.6 өлім нұсқауларына сәйкес анықталады;

l_f – ауыртпалық орталығы арқылы өтетін тік осьтен күш және сәт бағытындағы іргетастың жоғарғы жиегіне дейінгі арақашықтық, м.

А.10 Массивтік және қабырғалық іргетастың тік оське қатысты айналуындағы тік тербелістер амплитудаларын $a_{h,\psi}$, м, келесі формуламен анықтау керек:

$$a_{h,\psi} = a_{\psi} l_{max}, \quad (A.40)$$

мұнда l_{max} – қондырғының ауыртпалық орталығы арқылы өтетін тік осьтен іргетастың ең алыс нүктесіне дейінгі арақашықтық, м;

a_{ψ} – ауыртпалық орталығы арқылы өтетін іргетастың айналу тербелістерінің тік оське қатысты амплитуда (бұрылу бұрышы), төмендегі формуламен анықталады рад,

$$a_{\psi} = \frac{M_{\psi}}{K_{\psi} \sqrt{[1 - (\omega / \lambda_{\psi})^2]^2 + 4\xi_{\psi}^2 (\omega / \lambda_{\psi})^2}}, \quad (A.41)$$

бұл жерде M_{ψ} – қондырғының ауыртпалық орталығы арқылы өтетін тік оське қатысты қозушы сәттің есептік сәті кН·м(тс·м);

K_{ψ} – тығыз тегіс емес ығысудағы негіздің қаттылық коэффициенті, кН·м(тс·м), 9.1.5 талаптарына сәйкес анықталады;

ξ_{ψ} – тік оське қатысты іргетастың айналу тербелістерінің қатыстық демпфирлеуін, 9.1.7 бөлімдеріне сәйкес анықталады;

λ_{ψ} – іргетастың айналу тербелістерінің тік оське қатысты, ауыртпалық орталығы арқылы өтетін бұрыштық жиілігі c^{-1} , төмендегі формуламен анықталады:

$$\lambda_{\psi} = \sqrt{\frac{K_{\psi}}{\theta_{\psi}}}, \quad (A.42)$$

мұнда θ_{ψ} – қондырғының (машина және оның ойықтарындағы және топырақ себінділерімен) ауыртпалық орталығы арқылы өтетін тік оське қатысты барлық массасының инерция сәті, $t \cdot m^2(тс \cdot м \cdot c^2)$.

Ескертпе - Оппозиттік копрессорлардың іргетастарының тербелістерін есептеуде қолданылады.

Б қосымшасы
(міндетті)

**ИМПУЛЬСТІК ЖҮКТЕМЕЛЕРІ БАР МАШИНАЛАРДЫҢ ІРГЕТАСТАРЫНЫҢ
ТЕРБЕЛІСТЕРІН ЕСЕПТЕУ**

Б.1 Машинаның орталық орнатылуындағы іргетас тербелісінің амплитудасын a_z , м, келесі формуламен анықтау керек:

$$a_z = \frac{(1 + \epsilon)J_z}{(1 + 1,67\xi_z)\lambda_z m}, \quad (\text{Б.1})$$

мұнда ϵ – соққыны қайта қалпына келтіру коэффициентінің мәнін сәйкес бөлімдер бойынша анықтайды;

J_z – тік күш импульсы, кН·с(тс·с), сәйкес бөлімдер бойынша анықталады;

m , λ_z – А міндетті қосымшасындағы формулалардағы мәндер сияқты.

Б.2 Көлденең оське қатысты іргетас жазықтығына перпендикулярлы іргетастың тік тербелістерінің амплитудаларын a_v , м, келесі формуламен анықтау керек:

$$a_v = a_z + a'_z, \quad (\text{Б.2})$$

мұнда a_z осы қосымшаның (1) формуласымен анықталады, ал a'_z -

$$a'_z = a_\phi l_f, \quad (\text{Б.3})$$

мұнда l_f – іргетастың тік осынен жоғарғы жиегінің шетіне дейінгі импульс бағытындағы арақашықтық, м;

a_ϕ – көлденең оське қатысты тербеліс жазықтығына перпендикулярлы іргетастың айналу тербелістерінің амплитуда (бұрылу бұрышы), рад, төмендегі формуламен анықталады:

$$a_\phi = \frac{(1 + \epsilon)J_\phi}{(1 + 1,67\xi_\phi)\lambda_\phi \theta_{\phi\phi}}, \quad (\text{Б.4})$$

бұл жерде J_ϕ – көлденең оське қатысты тербеліс жазықтығына перпендикуляр импульс сәті кН·с·м (тс·с·м), сәйкес бөлімдер бойынша анықталады;

$\theta_{\phi\phi}$ λ_ϕ – міндетті А қосымшасының А.5 бөліміндегідей.

Б.3 Тербеліс жазықтығына перпендикуляр ауыртпалық орталығы арқылы тік оське қатысты тік және көлденең осьтің сәйкесінше іргетастың айналу тербелістерінің $a_{h,\phi}$, м, және айналушы тербелістерінің $a_{h,\psi}$, амплитудалары, төмендегі формулалармен анықталады:

$$a_{h,\phi} = a_\phi h; \quad (\text{Б.5})$$

$$a_{h,\psi} = a_\psi l_{max}, \quad (\text{Б.6})$$

ҚР ЕЖ 5.01–106–2013*

мұнда h – табаннан іргетастың жоғарғы жиегіне дейінгі арақашықтық, м;

a_{ψ} – тік оське қатысты іргетастың айналу тербелістерінің амплитудасы (бұрылу бұрышы), рад, төмендегі формуламен анықталады:

$$a_{\psi} = \frac{(1 + \epsilon) J_{\psi}}{(1 + 1,67 \xi_{\psi}) \lambda_{\psi} \theta_{\psi}}; \quad (\text{Б.7})$$

J_{ψ} – тік оське қатысты, ауыртпалық орталығы арқылы өтетін импульс сәті, кН·с·м (тс·с·м), тиісті бөлімдердің нұсқаулары бойынша анықталады;

λ_{ψ} , θ_{ψ} , l_{max} – міндетті А қосымшасының А.10 бөліміндегідей.

В қосымшасы

(міндетті)

**МАШИНА ІРГЕТАСТАРЫНЫҢ ТЕРБЕЛІСТЕРІН КЕЗДЕЙСОҚ
ДИНАМИКАЛЫҚ ЖҮКТЕМЕЛЕРГЕ ЕСЕПТЕУ**

В.1 Машиналардың массивтік және қабырғалық іргетастарының (мысалы, диірмен) жоғары шегінің горизонталь тербелістерінің кездейсоқ динамикалық жүктемелерге есептелінетін амплитудаларын $a_{h,\varphi}$, м, мына формула бойынша есептеу керек:

$$a_{h,\varphi} = \frac{\sqrt{\pi S_q} [1 + (h_1 / h_2) p_1] [1 + (h_o / h_2) p_1]}{m \lambda_1 \sqrt{2 \xi_x \lambda_1 [1 + (p_1^2 / \beta)]} \zeta}, \quad (\text{B.1})$$

Мұнда S_q – кездейсоқ жүктеменің спектральлік тығыздығы $\text{кН}^2 \cdot \text{с} (\text{тс}^2 \cdot \text{с})$, мына формуламен анықталады:

$$S_q = \frac{(\alpha m' d)^2 \omega^3}{\pi} \left[1 - \left(\frac{\omega^2 d}{2g} \right)^2 \right]; \quad (\text{B.2})$$

$$\zeta = \left(\frac{\lambda_1}{\lambda_x} \right)^2 + \frac{\xi_\varphi}{\xi_x} p_1 \left(1 + \frac{p_1}{\beta} \right); \quad (\text{B.3})$$

$$p_1 = 1 - \left(\frac{\lambda_1}{\lambda_x} \right)^2; \quad (\text{B.4})$$

h_o – ауыртпалық орталығынан диірмен барабаны айналатын оське дейінгі орнату қашықтығы, м;

m' – диірмен барабанын жүктеу массасы, т ($\text{тс} \cdot \text{с}^2 / \text{м}$);

ω – барабан айналуының бұрыштық жиілігі, с^{-1} ;

d – барабанның диаметрі, м;

α – машина (диірмен) типіне қатысты және мыналарға сай қабылданатын коэффициент:

сырықтық диірмен үшін $\alpha = 0,015$;

диірменнің басқа типтері үшін $\alpha = 0,001$;

g – еркін құлауды жылдамдату, $g = 9,81 \text{ м/с}^2$.

β , m , h_1 , h_2 , λ_x , λ_1 белгілері – міндетті А қосымшасының А5-А.6 бөлімінің формулалардағы сияқты.

В.2 Машиналардың рамалық іргетастарының (мысалы, диірмен) жоғары шегінің горизонталь тербелістерінің кездейсоқ динамикалық жүктемелерге есептелінетін амплитудаларын $a_{h,\varphi}$, м, мына формула бойынша есептеу керек:

$$a_{h,\varphi} = a_x + a_\psi l_b, \quad (\text{B.5})$$

мұнда l_b – іргетастың жоғарғы бөлігінің ауыртпалық орталығынан ең қатты алыстатылған диірмен бұрандасының осы, м;

ҚР ЕЖ 5.01–106–2013*

a_x, a_ψ – сәйкесінше іргетастың жоғарғы бөлігінің горизонталь тербелістерінің, м және іргетастың жоғарғы бөлігінің ауыртпалық орталығы арқылы өтетін вертикаль оське қатысты айналатын тербелістердің амплитудасы, рад, мына формула арқылы анықталады:

$$a_x = \frac{1}{S_x} \sqrt{\frac{\pi \lambda_x S_q}{2 \xi'_x}}; \quad (\text{B.6})$$

$$a_\psi = \frac{e}{S_\psi} \sqrt{\frac{\pi \lambda_\psi S_q}{2 \xi'_\psi}}; \quad (\text{B.7})$$

S_q – осы қосымшаның (2) формуласы бойынша анықталады;

e – жоспардағы іргетастың жоғарғы бөлігінің ауыртпалық орталығынан барабан ұзындығының ортасына дейінгі қашықтық, м;

$S_x, S_\psi, \lambda_x, \lambda_\psi, \xi'_x, \xi'_\psi$ белгілері – міндетті А қосымшасының А1-А.4 бөліміндегі формулалардағы сияқты.

Г қосымшасы

(міндетті)

**МАШИНАЛАРДЫҢ КӨЛЕМДІК ЖӘНЕ ҚАБЫРҒАЛЫҚ
ІРГЕТАСТАРЫНЫҢ ТЕРБЕЛІСТЕРІН КИНЕМАТИКАЛЫҚ ҚОЗУ КЕЗІНДЕ
ЕСЕПТЕУ**

Г.1 Бір іргетас-көзден болатын кинематикалық қозу кезінде іргетас-қабылдағыштың іргетастың жоғарғы бөлігінің горизонталь айналатын тербелістерінің амплитудаларын мына формула бойынша есептеу керек:

$$a_{h,\varphi}^{kin} = a_{s,x} \sqrt{\frac{\left[\Phi_x + (h_1 / h_2) \beta \Phi_\varphi\right]^2 + 4\xi_x^2 (\omega / \lambda_x)^2 \left[\psi_x + (h_1 / h_2) \beta \psi_\varphi\right]^2}{\Omega_1^2 + 4\xi_x^2 (\omega / \lambda_x)^2 \Omega_2^2}}, \quad (\Gamma.1)$$

мұнда
$$\phi_x = S_1(x_1) - 4\xi_x^2 \left(\frac{\omega}{\lambda_x}\right)^2 S_2(x_2);$$

$$\psi_x = S_2(x_1) + S_1(x_2); \quad (\Gamma.2)$$

$$\phi_\varphi = S_3(x_1) - 4\xi_x^2 \left(\frac{\omega}{\lambda_x}\right)^2 S_4(x_2);$$

$$\psi_\varphi = S_4(x_1) + S_3(x_2);$$

$\kappa=1$; 2 үшін $S_1(x_\kappa), S_2(x_\kappa), S_3(x_\kappa), S_4(x_\kappa)$ мәндері төмендегі мән кезінде міндетті А қосымшасының (А.20) - (А.23) формулалары бойынша есептелінеді:

$$x_1 = x \frac{\lambda_\varphi}{\lambda_x} - 1; \quad x_2 = x \frac{\xi_\varphi}{\xi_x} - 1; \quad (\Gamma.3)$$

$$x = th_2 \frac{1 + \beta \frac{\lambda_\varphi}{\lambda_x} \frac{a_{s,\varphi}}{a_{s,x}}}{\beta \frac{\lambda_\varphi}{\lambda_x} \frac{a_{s,\varphi}}{a_{s,x}}}. \quad (\Gamma.4)$$

Есепті әрбір $\pm x$ мәндері үшін орындау керек.

(Г.1) - (Г.4) формулаларында:

$a_{s,x}$ - 9.2.9 тармағының нұсқауларына сәйкес анықталатын, көз іргетасының горизонталь тербелістерінен іргетас-қабылдағышты орнату орнындағы топырақ бетінің нүктелерінің горизонталь тербелістерінің амплитудасы;

$$a_{s,x} = \frac{a_{s,z}^{(1)} - a_{s,z}^{(2)}}{l_{inf}}, \quad (\Gamma.5)$$

мұнда $a_{s,z}^{(1)}$, $a_{s,z}^{(2)}$ – 9.2.9 тармағының нұсқауларына сәйкес анықталатын, көз іргетасының вертикаль тербелістерінен іргетас-қабылдағыштың шекті нүктелеріне сәйкес келетін топырақ бетінің нүктелерінің вертикаль тербелістерінің амплитудасы ;

l_{inf} – горизонталь тербелістер қаралатын бағыттағы іргетас-қабылдағыштың табаны жағының өлшемі;

ω – іргетас-көздің тербелістерінің бұрыштық жиілігі.

$h_1, h_2, \beta, \Omega_1, \Omega_2, \lambda_\varphi, \lambda_x$ – міндетті А қосымшасының А.5 бөліміндегі сияқты.

Г.2 Бір іргетас-көзден болатын кинематикалық қозу кезінде айналу есебімен іргетас-қабылдағыштың вертикаль амплитудасы мына формула бойынша анықталынады:

$$a_v^{kin} = a_z^{kin} + a_z^{/kin}, \quad (Г.6)$$

$$\text{мұнда } a_z^{kin} = a_{s,z} \sqrt{\frac{1 + 4\xi_z^2 (\omega / \lambda_z)^2}{[1 - (\omega / \lambda_z)^2]^2 + 4\xi_z^2 (\omega / \lambda_z)^2}}; \quad (Г.7)$$

$$a_z^{/kin} = \frac{\beta l_f a_{s,x}}{h_2} \sqrt{\frac{\Phi_\varphi^2 + 4\xi_x^2 (\omega / \lambda_x)^2 \psi_\varphi^2}{\Omega_1^2 + 4\xi_x^2 (\omega / \lambda_x)^2 \Omega_2^2}}; \quad (Г.8)$$

$$\text{мұнда } a_{z,s} = \frac{a_{s,z}^{(1)} + a_{s,z}^{(2)}}{2}; \quad (Г.9)$$

λ_z, l_f – міндетті А қосымшасының А.9 бөліміндегі белгілер сияқты.

Бірнеше іргетас-көзден болатын кинематикалық қозу кезіндегі іргетас-қабылдағыштың тербелістерін есептеген кезде сәйкесінше (Г.1) немесе (Г.6) формулалары бойынша әрбір тербеліс көзі үшін $a_{h\varphi}^{kin}$ мәнін (немесе a_v^{kin}) сомалау керек.

Түйін сөздер: динамикалық жүктемелер, тербеліс амплитудасы, бойлық және көлденең серпінді толқындардың жылдамдықтары, іргетас табанының астындағы орташа статикалық қысым, негіздеме топырағының есептік кедергісі, негіздеме қаттылығының коэффициенті, жерастылық имарат немесе имараттың жерастылық бөлігі, имараттың негіздемесі, имарат негіздемесінің шөгіндісі, рұқсатты деформациялар

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	IV
1 ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ	1
2 НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ.....	1
3 ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ	2
4 ПРИЕМЛЕМЫЕ СТРОИТЕЛЬНЫЕ РЕШЕНИЯ ОСНОВАНИЙ И ФУНДАМЕНТОВ МАШИН С ДИНАМИЧЕСКИМИ НАГРУЗКАМИ	4
5 ПРОЕКТИРОВАНИЕ ФУНДАМЕНТОВ МАШИН	6
5.1 Исходные данные для проектирования фундаментов	6
5.2 Общие требования к проектированию фундаментов.....	7
6 РАСЧЁТ И КОНСТРУИРОВАНИЕ ОСНОВАНИЙ И ФУНДАМЕНТОВ	12
7 ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СВАЙНЫХ ФУНДАМЕНТОВ.....	16
8 РАСЧЕТ КОЛЕБАНИЙ ФУНДАМЕНТОВ МАШИН	24
8.1 Общие указания по расчету колебаний фундаментов машин.....	24
8.2 Расчёт колебаний фундаментов машин с периодическими нагрузками. Рамные фундаменты.....	29
8.3 Расчет колебаний фундаментов машин с импульсными нагрузками	36
8.4 Расчет колебаний фундаментов машин на случайные динамические нагрузки	37
8.5 Расчет колебаний массивных и стенчатых фундаментов машин при кинематическом возбуждении	38
8.6 Особенности расчета свайных фундаментов.....	40
9 ОСОБЕННОСТИ РАСЧЕТА И ПРОЕКТИРОВАНИЯ ФУНДАМЕНТОВ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ МАШИН.....	45
9.1 Фундаменты машин с вращающимися частями и кривошипно-шатунными механизмами, кузнечных молотов.....	45
9.2 Фундаменты формовочных машин литейного производства и производства сборного железобетона	53
9.3 Фундаменты оборудования копровых бойных площадок и дробилок	59
9.4 Фундаменты мельничных установок и прессов	65
9.4.1 В состав исходных данных для проектирования фундаментов мельничных установок, кроме материалов, указанных в подразделе 5.1, должны входить:.....	65
9.5 Фундаменты прокатного оборудования и металлорежущих станков.....	71
9.6 Фундаменты вращающихся печей	78
Приложение А (обязательное) Расчет колебаний фундаментов машин с периодическим нагрузками	82
Приложение Б (обязательное) Расчет колебаний фундаментов машин с импульсивными нагрузками.....	89
Приложение В (обязательное) Расчет колебаний фундаментов машин на случайные динамические нагрузки	91
Приложение Г (обязательное) Расчет колебаний массивных и стенчатых фундаментов машин при кинематическом возбуждений.....	93

ВВЕДЕНИЕ

Настоящий свод правил разработан с целью внедрения параметрического метода нормирования и направлен для обеспечения соблюдения базовых требований безопасности технического регламента «Требования к безопасности зданий и сооружений, строительных материалов и изделий» при проектировании оснований и фундаментов машин с динамическими нагрузками промышленных предприятий, их зданий и сооружений.

Настоящий свод правил устанавливает приемлемые решения и параметры к требованиям СН РК 5.01-06-2013 «Фундаменты машин с динамическими нагрузками», в результате выполнения которых будут обеспечены безопасная эксплуатация машин с динамическими нагрузками, их зданий и сооружений.

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫНЫҢ ЕРЕЖЕЛЕР ЖИНАҒЫ
СВОД ПРАВИЛ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

ФУНДАМЕНТЫ МАШИН С ДИНАМИЧЕСКИМИ НАГРУЗКАМИ

FOUNDATIONS FOR MACHINES WITH DYNAMIC LOADS

Дата введения - 2015-07-01

1 ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

1.1 Настоящий свод правил распространяется на проектирование фундаментов машин с динамическими нагрузками, в том числе фундаментов: машин с вращающимися частями (включая турбомашины мощностью до 100 МВт), машин с кривошипно-шатунными механизмами, кузнечных молотов, формовочных машин для литейного производства, формовочных машин для производства сборного железобетона, копрового оборудования бойных площадок, дробильного, прокатного, прессового оборудования, мельничных установок, металлорежущих станков и вращающих печей.

1.2 Настоящий свод правил не распространяется на проектирование фундаментов машин в районах со сложными инженерно-геологическими условиями, в сейсмических районах, на подрабатываемых территориях, на предприятиях с систематическим воздействием повышенных (более 50 °С) технологических температур, агрессивных сред и в других особых условиях.

Примечание - Далее, наряду с термином «фундаменты машин с динамическими нагрузками», используются термины «фундаменты машин» и «фундаменты».

***2 НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ**

Для применения настоящего свода правил необходимы следующие ссылочные нормативные документы:

СН РК 5.01-02-2013 «Основания зданий и сооружений».

СНиП 2.03.01-84* «Бетонные и железобетонные конструкции».

СП РК 5.01-102-2013 «Основания зданий и сооружений».

СП РК 5.01-105-2013 «Фундаменты в вытрамбованных котлованах».

Примечание - При пользовании целесообразно проверить действие ссылочных документов по информационным каталогам «Перечень нормативных правовых актов и нормативных технических документов в сфере архитектуры, градостроительства и строительства, действующих на территории Республики Казахстан», «Указателю нормативных документов по стандартизации Республики Казахстан» и «Указателю межгосударственных нормативных документов по стандартизации Республики Казахстан», составляемым ежегодно по состоянию на текущий год и соответствующим ежемесячно издаваемым информационным бюллетеням – журналам и информационным указателям стандартов, опубликованным в текущем году. Если ссылочный документ заменен (изменен), то при пользовании настоящим нормативом следует руководствоваться замененным (измененным) документом. Если ссылочный документ отменен без

замены, то положение, в котором дана ссылка на него, применяется в части, не затрагивающей эту ссылку.
(Изм.ред. – Приказ КДСиЖКХ от 06.11.2019 г. №178-НК).

3 ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

В настоящем своде правил применяются термины по СН РК 5.01-06, а также следующие обозначения:

3.1 Коэффициенты надежности и динамичности:

f - по нагрузке;

γ_{c0} - условий работы, учитывающие характер динамических нагрузок и ответственность машин;

γ_{c1} - условий работы грунтов основания;

γ_{cp} - условий работы свайных фундаментов;

γ_{cs} - условий работы многолетнемерзлых грунтов;

η - динамичности;

μ - пропорциональности (при определении динамических нагрузок).

3.2 Параметры колебаний:

a - амплитуда колебаний фундамента;

a_u - предельно допустимая амплитуда колебаний;

a_s - амплитуда колебаний грунта;

$a_z, a_x, a_\varphi, a_\psi$ - составляющие амплитуды колебаний, соответственно вертикальная, горизонтальная, вращательные относительно горизонтальной и вертикальной осей;

ω - угловая частота вынужденных колебаний;

n_r - частота вращения, об/мин;

v - скорость падающих частей;

ε - коэффициент восстановления скорости удара;

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

3.3 Характеристики системы фундамент-грунт:

$C_z, C_\varphi, C_x, C_\psi$ - коэффициенты упругого равномерного и неравномерного сжатия и сдвига соответственно;

$K_z, K_\varphi, K_x, K_\psi$ - коэффициенты жесткости для естественных оснований соответственно при упругом равномерном и неравномерном сжатии и сдвиге;

$K_{z,red}, K_{\varphi,red}, K_{x,red}, K_{\psi,red}$ - приведенные коэффициенты жесткости для свайных фундаментов соответственно при упругом равномерном и неравномерном сжатии и сдвиге;

$\lambda_z, \lambda_\varphi, \lambda_x, \lambda_\psi$ - угловые частоты соответственно при вертикальных, горизонтальных, вращательных относительно горизонтальной и вертикальной осей фундамента;

$\lambda_{1,2}$ - главные собственные частоты колебаний фундамента;

m - масса установки (фундамента с машиной и грунта на обрезах и выступах фундамента);

m_{red} - приведенная масса свайного фундамента;

m_r - масса ростверка с машиной;

m_0 - масса падающих частей;

θ_ϕ , $\theta_{\phi,red}$ - момент инерции массы установки соответственно на естественном основании и на свайном относительно оси, проходящей через центр тяжести установки перпендикулярно плоскости колебаний;

$\theta_{\phi 0}$, $\theta_{\phi 0,red}$ - момент инерции массы установки соответственно на естественном основании и на свайном относительно оси, проходящей через центр тяжести подошвы фундамента перпендикулярно плоскости колебаний;

θ_ψ - момент инерции массы установки относительно вертикальной оси, проходящей через центр тяжести установки;

ξ_z , ξ_ϕ , ξ_x , ξ_ψ - относительное демпфирование соответственно при вертикальных, горизонтальных и вращательных колебаниях относительно горизонтальной и вертикальной осей.

3.4 Характеристики материалов:

R - расчетное сопротивление грунта основания;

R_0 - табличное значение расчетного сопротивления грунта основания;

E - модуль деформации грунта;

c_p - удельное упругое сопротивление на боковой поверхности свай;

E_b - модуль упругости материала фундамента;

E_w , E_r - модуль упругости, соответственно, деревянной и резиновой прокладки.

3.5 Нагрузки:

p - характеристическое статическое давление под подошвой фундамента;

F_n - характеристическое значение динамической нагрузки;

F_d - репрезентативное значение динамической нагрузки;

M - характеристическое значение возмущающего момента;

$M_{n,sc}$ - нормативное значение момента короткого замыкания;

G_i - вес вращающихся частей;

G - вес установки;

J_z , J_ϕ , J_ψ - импульс соответственно вертикальной силы и момента относительно горизонтальной и вертикальной осей;

E_{sh} - энергия удара;

S_q - спектральная плотность случайной нагрузки.

3.6 Геометрические характеристики:

A - площадь подошвы фундамента;

I_ϕ , I_ψ - моменты инерции подошвы фундамента, соответственно относительно горизонтальной оси, перпендикулярной плоскости колебаний, и вертикальной оси, проходящих через центр тяжести подошвы фундамента;

l - длина фундамента; глубина погружения сваи в грунт;

l_0 - свободная длина сваи;

d - диаметр или меньший размер стороны поперечного сечения сваи;

u - периметр поперечного сечения сваи;

h - высота фундамента;

h_1 , h_2 - расстояния от общего центра тяжести установки соответственно до верхней грани фундамента и до подошвы фундамента;

r - расстояния между фундаментами, между сваями;

e - эксцентриситет приложения нагрузки.

4 ПРИЕМЛЕМЫЕ СТРОИТЕЛЬНЫЕ РЕШЕНИЯ ОСНОВАНИЙ И ФУНДАМЕНТОВ МАШИН С ДИНАМИЧЕСКИМИ НАГРУЗКАМИ

4.1 Настоящий свод правил основан на приведенных ниже допущениях и предусматривает, что:

- исходные данные для проектирования должны собираться в необходимом объеме, регистрироваться и интерпретироваться специалистами, обладающими соответствующей квалификацией и опытом;
- проектирование должно выполняться специалистами, имеющими соответствующие квалификацию и опыт;
- должны быть обеспечены координация и связь между специалистами по инженерным изысканиям, проектированию, строительству и машиностроению;
- должен быть обеспечен соответствующий контроль качества при производстве строительных изделий и выполнении работ на строительной площадке;
- строительные работы, установка и наладка оборудования должны выполняться квалифицированным и опытным персоналом, способным обеспечить требования стандартов и технических условий;
- используемые материалы и изделия должны удовлетворять требованиям проекта и технических условий;
- техническое обслуживание фундаментов машин с динамическими нагрузками и связанных с ними инженерных систем и машин должно обеспечивать их безопасность и рабочее состояние на весь срок эксплуатации;
- фундаменты машин с динамическими нагрузками должны использоваться по их назначению в соответствии с проектом.

4.2 Фундаменты машин с динамическими нагрузками должны проектироваться на основе и с учетом:

- а) результатов инженерных изысканий для строительства;
- б) данных, характеризующих назначение, конструктивные и технологические особенности машин с динамическими нагрузками, а также условия их эксплуатации;
- в) нагрузок, действующих на фундаменты машин;
- г) окружающей застройки и влияния на нее вновь строящихся и реконструируемых фундаментов машин;
- д) экологических и санитарно-эпидемиологических требований.

4.3 При проектировании фундаментов машин с динамическими нагрузками должны быть предусмотрены решения, обеспечивающие надежность, долговечность и экономичность на всех стадиях строительства и эксплуатации этих фундаментов. Необходимо проводить технико-экономическое сравнение возможных вариантов проектных решений для выбора наиболее экономичного и надежного проектного решения, обеспечивающего наиболее полное использование прочностных и деформационных характеристик грунтов и физико-механических свойств материалов фундаментов и других конструкций.

При разработке проектов производства работ и организации строительства должны выполняться требования по обеспечению надёжности конструкций на всех стадиях их возведения.

4.4 Работы по проектированию следует вести в соответствии с техническим заданием на проектирование и необходимыми исходными данными (см. п.4.2).

4.5 При проектировании следует учитывать уровень ответственности зданий и сооружений.

4.6 Инженерные изыскания для строительства должны проводиться в соответствии с стандартами и другими нормативными документами по инженерным изысканиям и исследованиям грунтов для строительства, а также требованиями п.4.7.

4.7 Результаты инженерных изысканий должны содержать данные, необходимые для выбора конструктивных решений фундаментов машин с динамическими нагрузками и проведения их расчетов по предельным состояниям с учетом прогноза возможных изменений (в процессе строительства и эксплуатации) инженерно-геологических условий площадки строительства и свойств грунтов, а также вида и объема инженерных мероприятий, необходимых для ее освоения.

Проектирование без соответствующих результатов инженерных изысканий или при их недостаточности не допускается.

Примечание - В необходимых случаях инженерные изыскания следует предусматривать не только для вновь строящихся или реконструируемых фундаментов машин, но и для окружающей застройки, попадающей в зону их влияния.

4.8 При возведении нового объекта или реконструкции существующего необходимо выполнять прогноз распространения колебаний в грунте от фундаментов машин с целью предотвращения недопустимых колебаний зданий и сооружений.

4.9 При планировании и проведении геотехнического мониторинга вновь возводимых или реконструируемых фундаментов машин необходимо учитывать особенности мониторинга фундаментов машин.

Программа мониторинга фундаментов машин должна включать измерение колебаний машин и их фундаментов, а в необходимых случаях - грунта и окружающих зданий и сооружений. Измерения должны обеспечивать возможность проверки всех требований задания на проектирование к колебаниям, включая требования стандартов безопасности труда в части допустимых уровней вибраций и требования к обеспечению нормальной работы машин, оборудования и приборов, расположенных на фундаменте или вблизи него, конструкций и оснований зданий и сооружений. В программе измерения колебаний необходимо указывать:

- периодичность измерений (однократно, после текущего ремонта машины с динамическими нагрузками и т.д.);
- контролируемые параметры колебаний фундаментов машин, грунта и окружающих зданий и сооружений и их расчетные значения;
- требуемая точность и применяемая методика измерений;
- схемы установки датчиков.

При обнаружении нарушения требований по ограничению колебаний должно быть проведено детальное обследование с выявлением причин и разработкой рекомендаций по ремонту машин с динамическими нагрузками, усилению их фундаментов или разработкой

других мероприятий. При необходимости следует предусматривать обследование колебаний при их искусственном возбуждении.

5 ПРОЕКТИРОВАНИЕ ФУНДАМЕНТОВ МАШИН

5.1 Исходные данные для проектирования фундаментов

5.1.1 Исходными данными для проектирования фундаментов являются:

- техническая характеристика машины (наименование, тип, число оборотов в минуту, мощность, общая масса и масса движущихся частей, кинематическая схема оборудования с привязкой движущихся масс, скорость ударяющих частей и т.п.);

- данные о значениях, местах приложения и направлениях действия статических нагрузок, а также об амплитудах, частотах, фазах, законе изменения во времени, местах приложения и направлениях действия динамических нагрузок в режиме нормальной эксплуатации, а также в аварийных режимах, в том числе нагрузок, действующих на фундаментные болты; размеры площадок передачи нагрузок; сведения о наличии заводской виброизоляции у машин с указанием динамических нагрузок, передаваемых на фундаменты с учетом этой виброизоляции;

- данные о предельных значениях деформаций фундаментов и их оснований (осадка, крен, прогиб фундамента и его элементов, амплитуда, скорость или ускорение колебаний и др.), если такие ограничения вызываются условиями технологии производства, работы машины или рядом расположенного высокоточного и чувствительного к вибрациям оборудования; требования по ограничению взаимных деформаций отдельных частей машины;

- данные об условиях размещения машины (оборудования) на фундаментах: отдельные фундаменты под каждую машину (агрегат) или групповая их установка на общем фундаменте; данные о характеристиках опорных плит (рам) агрегированного оборудования, данные о типе их соединения с фундаментом;

- чертежи габаритов фундамента в пределах расположения машины, элементов ее крепления, а также вспомогательного оборудования и коммуникаций с указанием расположения и размеров выемок, каналов и отверстий, размеров подливки и пр., чертежи расположения фундаментных болтов с указанием их типа и диаметра, закладных деталей, оборотов и т.п.;

- данные о привязке проектируемого фундамента к конструкциям здания (сооружения), в частности, к его фундаментам, данные об особенностях здания (сооружения), в том числе о виде и расположении имеющегося в нем оборудования и коммуникаций;

- данные об инженерно-геологических условиях участка строительства и физико-механических свойствах грунтов основания на глубину сжимаемой толщи, определяемой в соответствии с требованиями СНиП РК 5.01-01 в том числе:

- данные о характеристиках виброползучести грунтов в случаях ограничения деформаций фундамента;

- данные о скоростях продольных и поперечных упругих волн;

- данные о коэффициентах жесткости грунтов оснований и несущей способности свай при статических и динамических нагрузках.
- специальные требования к защите фундамента и его примыков от подземных вод, воздействия агрессивных сред и промышленных стоков, температурных воздействий;
- данные об использовании машин во времени для фундаментов, строящихся на многолетнемерзлых грунтах.

5.1.2 Кроме перечисленных выше данных, в соответствующих разделах приведены дополнительные исходные данные для проектирования, вытекающие из специфики каждого вида машин.

5.2 Общие требования к проектированию фундаментов

*5.2.1 (1)Р Проектные ситуации назначаются в соответствии с 2.2 СП РК EN 1997-1:2004/2011.

(2) При выборе предельных состояний для расчета следует рассматривать воздействия, перечисленные в 2.4.2(4) СП РК EN 1997-1:2004/2011. *(Изм.ред. – Приказ КДСиЖКХ от 06.11.2019 г. №178-НК).*

(3) В случае большой жесткости сооружения проводится расчет взаимодействия сооружения и основания для определения распределения воздействий.

5.2.2 Фундаменты машин с динамическими нагрузками могут быть бетонными или железобетонными монолитными, сборно-монолитными и сборными, а при соответствующем обосновании - металлическими.

Монолитные фундаменты следует проектировать под все виды машин с динамическими нагрузками, а сборно-монолитные и сборные, как правило, - под машины периодического действия (с вращающимися частями, с кривошипно-шатунными механизмами и др.).

5.2.3 Класс бетона по прочности на сжатие для монолитных и сборно-монолитных фундаментов должен быть не ниже В12,5, а для сборных - не ниже В15. Для неармированных фундаментов станков допускается применять бетон класса В7,5. В случае одновременного воздействия на фундамент динамической нагрузки и повышенных технологических температур класс бетона должен быть не ниже В15.

5.2.4 Фундаменты машин допускается проектировать отдельными под каждую машину (агрегат) или общими под несколько машин (агрегатов).

Фундаменты машин, как правило, должны быть отделены сквозным швом от смежных фундаментов здания, сооружения и оборудования, а также от пола.

Примечание - Соединение фундаментов машин с фундаментами здания или опирание на них конструкций здания допускается в отдельных случаях, указанных в отдельных соответствующих разделах.

5.2.5 При размещении машин и оборудования с динамическими нагрузками и назначении безопасных расстояний до объектов чувствительных к вибрациям, необходимо учитывать следующие факторы:

– наибольшее влияние на колебания конструкций зданий и сооружений оказывают волны, распространяющиеся в грунте от фундаментов низкочастотных машин (с числом оборотов 400 об/мин и менее), возбуждающих колебания с частотами, близкими к

частотам собственных колебаний зданий. Для уменьшения колебаний зданий следует, чтобы основные частоты собственных колебаний зданий и их несущих конструкций отличались от частоты колебаний, распространяющихся в грунте, не менее чем на 20 %. Расчет частот собственных колебаний зданий должен быть произведен в соответствии с действующими нормативными документами по расчету конструкций зданий на динамические нагрузки;

– колебания, вызываемые работой машин со средней (более 400 об/мин) и высокой (более 1500 об/мин) частотой являются менее опасными с точки зрения влияния вибрации на соседние здания и сооружения, что обусловлено, во-первых - ограничением возникновения резонансных колебаний зданий, а во-вторых - более интенсивным затуханием высокочастотных колебаний с расстоянием при их распространении в грунте;

– колебания, вызываемые работой машин ударного действия кузнечных молотов, копров, формовочных машин литейного производства, могут вызвать значительные осадки грунтов, особенно - водонасыщенных песчаных, и как следствие, возникают деформации несущих конструкций зданий, в которых расположены указанные машины.

Для уменьшения уровня распространяющихся колебаний должно предусматриваться увеличение габаритов фундамента (массы, площади подошвы, конфигурации), соединение общей плитой нескольких фундаментов, применение динамических гасителей и присоединенных плит, применение уравнивающих противовесов, изменение числа оборотов машин, регулирование по фазе пуска синхронных двигателей и пр.

5.2.6 С целью уменьшения вибраций фундаментов машин с динамическими нагрузками и окружающей застройки при соответствующем обосновании рекомендуется предусматривать виброизоляцию фундаментов. Выбор конструктивных решений виброизоляции фундаментов и ее расчет в настоящих правилах не рассматриваются. При снижении виброизоляцией уровня вибрации подошвы фундамента до фоновых значений основание рассчитывается на действие только статических нагрузок.

*5.2.7 Устройство фундаментов машин с динамическими нагрузками, за исключением фундаментов турбоагрегатов мощностью 25 тыс. кВт и более, допускается на насыпных грунтах, если такие грунты не содержат органических примесей, вызывающих неравномерные осадки грунта при сжатии. При этом основание из насыпных грунтов должно быть уплотнено (тяжелыми трамбовками, вибрированием или другими способами) в соответствии с нормативными требованиями СН РК 5.01-02. *(Изм.ред. – Приказ КДСиЖКХ от 06.11.2019 г. №178-НҚ).*

ПРИМЕЧАНИЕ Фундаменты машин неимпульсного (неударного) действия с двигателями мощностью менее 500 кВт со средним давлением под подошвой фундамента от расчетных статических нагрузок¹ менее 70 кПа допускается возводить на насыпных грунтах без искусственного уплотнения, если возраст насыпи из песчаных грунтов не менее двух лет и из глинистых грунтов не менее пяти лет.

*5.2.8 При проектировании фундаментов машин на естественном основании следует стремиться к совмещению на одной вертикали центра тяжести площади подошвы фундамента и линии действия равнодействующей статических нагрузок от веса машины, фундамента и грунта на обрезах и выступах фундамента, а для свайных фундаментов - центра тяжести плана свай и линий действия равнодействующей статических нагрузок от веса машины и ростверка. При этом эксцентриситет, как правило, не должен превышать (за исключением случаев, оговоренных в отдельных разделах) для грунтов с табличным

значением расчетного сопротивления $R_0 \leq 150$ кПа 3 %, а для грунтов с $R_0 > 150$ кПа, а также свайных фундаментов из висячих свай - 5 % размера стороны подошвы фундамента, в направлении которой смещен центр тяжести.

Значение R_0 следует определять по табличным данным требованиями СП РК 5.01-101.

При нарушении ограничений на эксцентриситет следует рассчитывать колебания массивных и стенчатых фундаментов в соответствии с указаниями приложения А. При этом величина краевого давления при внецентренном загрузении фундамента не должна превышать значения, определяемого правой частью формулы СП РК 5.01-101 более чем на 25 %. *(Изм.ред. – Приказ КДСиЖКХ от 06.11.2019 г. №178-НҚ).*

5.2.9 Фундаменты машин с динамическими нагрузками следует проектировать:

- массивными в виде блока или плиты с необходимыми прямыми, колодцами и отверстиями для размещения частей машины, вспомогательного оборудования, коммуникаций и т.д.;
- стенчатыми, состоящими из нижней фундаментной плиты (или ростверка), системы стен и верхней плиты (или рамы), на которой располагается оборудование;
- рамными, представляющими собой пространственную конструкцию, состоящую, как правило, из верхней плиты или системы балок, опирающихся через стойки на нижнюю фундаментную плиту;
- облегченными различных конструктивных типов, в том числе безростверковыми свайными.

5.2.10 Оборудование с вращающимися частями, кривошипно-шатунными механизмами и станочное оборудование, агрегируемое на железобетонных опорных плитах, допускается устанавливать без фундаментов на подстилающий слой полов промышленных зданий при обосновании расчетом, а также в случаях, указанных в соответствующих разделах.

5.2.11 Подошву фундаментов машин, как правило, следует предусматривать прямоугольной формы в плане и располагать на одной отметке.

5.2.12 При проектировании рамных фундаментов рекомендуется:

- соблюдать симметрию фундамента, как по общей геометрической схеме, так и по форме элементов;
- располагать ригели поперечных рам симметрично по отношению к осям стоек;
- избегать передачи нагрузок на ригели и балки с эксцентриситетом;
- проектировать верх фундаментов без уступов по высоте;
- назначать вылеты всех консолей минимально возможных размеров, причем высоту опорного сечения консоли при отсутствии соответствующих расчетов принимать не менее 0,75 ее вылета.

5.2.13 Высоту нижней фундаментной плиты в стенчатых и рамных фундаментах следует принимать по расчету, но не менее 0,4 м и не менее толщины стены или большего размера стоек.

Верхняя железобетонная плита (рама) стенчатого фундамента должна быть жестко связана со стенами. Нижнюю поверхность плиты рекомендуется выполнять на одной отметке.

Стены следует располагать, как правило, вдоль линии действия горизонтальных динамических нагрузок.

5.2.14 Типы фундаментных болтов, способы их установки, а также материал и установочные параметры следует назначать в соответствии с нормативными требованиями.

При ударной нагрузке, а также при динамических нагрузках, требующих установки болтов диаметром не менее 42 мм, следует применять съемные фундаментные болты.

Расстояние от нижних концов болтов до подошвы фундамента должно быть не менее 100 мм.

Примечание - Далее вместо термина «среднее давление под подошвой фундамента от расчетных статических нагрузок» используется термин «среднее статическое давление под подошвой фундамента».

Высоту фундаментов машин следует назначать минимальной из условий размещения технологического оборудования, выемок и шахт, а также глубины заделки фундаментных болтов.

5.2.15 Конструктивное армирование массивных фундаментов предусматривает общее армирование по подошве и местное под станинами машин и в местах резкого изменения размеров сечения фундамента.

При армировании подошвы фундаментов диаметры продольных и поперечных стержней следует принимать не менее 10 мм при стороне подошвы менее 3 м и не менее 12 мм при большем размере с шагом стержней 200 мм.

При местном армировании под станинами машин неударного действия диаметр стержней следует принимать в зависимости от диаметра болтов, крепящих оборудование к фундаментам, согласно таблице 1. При этом размер сеток должен превышать размер станины машины в плане, как правило, на 300 - 600 мм в зависимости от диаметра арматуры, равной 10 - 20 мм соответственно. Рекомендуемый шаг стержней - 200 мм.

Местное армирование под станинами машин с ударными нагрузками следует производить согласно указаниям соответствующих разделов.

Для армирования участков фундаментов, воспринимающих ударные нагрузки, следует, как правило, применять вязаную арматуру. При этом защитный слой бетона следует принимать не менее 30 мм.

5.2.16 Армирование элементов стенчатых и рамных фундаментов осуществляется по расчету в соответствии с нормативными требованиями с учетом следующих дополнительных указаний:

- арматура балок, ригелей и стоек должна иметь замкнутые хомуты или стержни, приваренные к продольным стержням по периметру поперечного сечения конструкции;
- стойки следует армировать симметричной продольной арматурой с шагом не более 300 мм;
- по боковым граням балок и ригелей не реже чем через 300 мм по высоте сечения следует устанавливать промежуточные стержни диаметром не менее 12 мм;
- при конструктивном армировании стен стенчатого фундамента диаметр вертикальных стержней должен быть не менее 12 мм, а горизонтальных - не менее 10 мм. Шаг стержней в обоих направлениях следует принимать равным 200 мм.

Таблица 1 - Диаметр болтов для крепления оборудования к фундаментам

Диаметр болтов для крепления оборудования, мм	Менее 42	42 - 56	Более 56
Диаметр стержней, мм	10 - 12	12 - 16	16 - 20

Примечание - В массивных фундаментах машин неударного действия объемом 20 м³ и менее общее армирование по подошве допускается не предусматривать.

5.2.17 Температурно-усадочные швы в фундаментах следует, как правило, предусматривать на расстояниях:

- для монолитных бетонных фундаментов 20 м;
- для железобетонных фундаментов монолитных 40 м, сборно-монолитных 50 м.

Указанные расстояния могут быть увеличены при соответствующем обосновании. При этом швы следует расположить таким образом, чтобы на отдельных участках фундамента, разделённых швами, разместить оборудование, не связанное жестко между собой.

Для уменьшения температурных деформаций допускается устраивать временные температурно-усадочные швы.

При ограничении прогиба фундамента по технологическим требованиям вместо температурно-усадочных швов следует предусматривать мероприятия по регулированию температурного режима при укладке бетона. В этом случае устройство временных температурно-усадочных швов не допускается.

5.2.18 В зависимости от вида грунта основания, толщины слоя слабого грунта, статического давления, величины и характера динамических нагрузок могут быть применены следующие мероприятия, направленные на уменьшение деформаций основания:

- замена слоя слабого грунта грунтовыми подушками из песчаных или гравийных грунтов с их послойным уплотнением;
- искусственное закрепление грунтов;
- устройство армированного основания;
- прорезка слоя слабых грунтов свайными фундаментами;
- устройство шпунтового ограждения по периметру фундамента;
- уплотнение части или всего слоя слабого грунта трамбованием или устройство временной пригрузочной насыпи;
- глубинное водопонижение в слабых водонасыщенных грунтах.

При выборе мероприятия по укреплению основания следует иметь в виду, что устройство свайного фундамента приводит к увеличению жесткости основания и, соответственно, к увеличению собственных частот при вертикальных колебаниях фундаментов, но практически не сказывается на упругой жесткости основания в горизонтальном направлении.

6 РАСЧЁТ И КОНСТРУИРОВАНИЕ ОСНОВАНИЙ И ФУНДАМЕНТОВ

*6.1 (1)Р При расчете фундаментов проектные ситуации назначаются в соответствии с 2.2 СП РК EN 1997-1:2004/2011.

(2) При выборе предельных состояний для расчета следует рассматривать воздействия, перечисленные в п.2.4.2(4) СП РК EN 1997-1:2004/2011. *(Изм.ред. – Приказ КДСиЖКХ от 06.11.2019 г. №178-НК).*

(3) В случае большой жесткости сооружения проводится расчет взаимодействия сооружения и основания для определения распределения воздействий.

*6.2 (2) Для проектирования фундаментов на естественном основании по аварийным и эксплуатационным предельным состояниям следует использовать расчетные модели, которые даны в п.п.6.5 и 6.6 СП РК EN 1997-1:2004/2011. Принятые несущие сопротивления для проектирования фундаментов на скальном основании должны использоваться в соответствии с п.6.7 СП РК EN 1997-1:2004/2011. *(Изм.ред. – Приказ КДСиЖКХ от 06.11.2019 г. №178-НК).*

6.3 Среднее статическое давление под подошвой фундамента на естественном основании p для всех типов машин, перечисленных в таблице 2, должно удовлетворять условию:

$$p \leq \gamma_{c0} \gamma_{c1} R, \quad (1)$$

где p - среднее статическое давление под подошвой фундамента;

γ_{c0} - коэффициент условий работы, принимаемый по таблице 2;

γ_{c1} - коэффициент условий работы грунтов основания, принимаемый для мелких и пылеватых водонасыщенных песков и глинистых грунтов текучей консистенции равным 0,7 (при проектировании фундаментов с массой падающих частей более 10 т значение коэффициента $\gamma_{c1} = 0,7$ принимается также для маловлажных и влажных мелких и пылеватых песков и водонасыщенных песков средней крупности и крупных); для всех остальных видов и состояний грунтов $\gamma_{c1} = 1$;

R - расчетное сопротивление грунта основания, определяемое в соответствии с нормативными требованиями.

Таблица 2 - Коэффициент условий работы для фундаментов различных типов динамического нагружения

Машины	Коэффициент условий работы γ_{c0}
С кривошипно-шатунными механизмами, прессы, металлорежущие станки, вращающиеся печи, прокатное оборудование	1,0
С вращающимися частями, дробилки, мельничные установки	0,8
Кузнечные молоты, формовочные машины, оборудование бойных площадок, для которых фундаменты выполняются в виде короба	0,5

6.4 Расчет прочности элементов конструкций фундаментов различных типов машин допускается производить на статическое действие расчетных динамических нагрузок, определяемых по формуле (2). Расчет массивных фундаментов на прочность, за исключением ослабленных сечений, консольных участков и пр., как правило, не производится.

6.5 Расчётные динамические нагрузки F_d от динамического воздействия движущихся частей машины или нагрузки, представляющие какой-либо особый вид силового воздействия (например, момент короткого замыкания, обрыв молотка мельницы и т.п.), определяются:

– при расчёте колебаний как произведение значения нормативной динамической нагрузки F_n , соответствующего нормальному эксплуатационному режиму работы машины и принимаемого по указаниям соответствующих разделов или по заданию на проектирование, и коэффициента надёжности по нагрузке $\gamma_f = 1$;

при расчете прочности элементов конструкций фундамента с заменой динамической нагрузки эквивалентной статической по формуле:

$$F_d = \gamma_f \eta F_n, \quad (2)$$

где

γ_f и η - коэффициенты соответственно надёжности по нагрузке и динамичности, принимаемые по таблице 3;

F_n - нормативное значение динамической нагрузки, соответствующее нормальному эксплуатационному режиму работы машины или особому силовому воздействию и принимаемое по соответствующим разделам или по заданию на проектирование.

При расчете прочности элементов конструкций фундамента на основе прямого динамического расчета расчетные динамические нагрузки F_d определяются по формуле (2), в которой коэффициент динамичности η принимается равным 1.

6.6 При проектировании фундаментов зданий и сооружений, чувствительных к неравномерным осадкам и воспринимающих динамические нагрузки, передаваемые машинами через строительные конструкции или грунт, среднее давление под подошвой фундамента на естественном основании должно удовлетворять условию:

$$p \leq \gamma_{c1} R. \quad (3)$$

Таблица 3 - Коэффициенты соответственно надежности по нагрузке и динамичности

Машины	Коэффициент надежности по нагрузке γ_f	Коэффициент динамичности η для нагрузок	
		вертикальных	горизонтальных
С вращающимися частями:			
а) нагрузки, создаваемые движущимися частями машины, при частоте вращения, об/мин:			
менее 500	4	3	2
от 500 до 1500	4	3 - 6*	2
» 1500 » 2000	4	6 - 10*	2
св. 2000	4	10	2
б) нагрузки от момента короткого замыкания	1	2	-
С кривошипно-шатунными механизмами при частоте вращения, об/мин:			
до 600	2	1	1
св. 600	1	4	2
Дробилки щековые, конусные	1,3	1,2	1,2
Дробилки молотковые	4	1	1
Мельницы	1,3	-	1
Прессы	1,5	2	2
Прокатное оборудование	1,2	2	2
Вращающиеся печи	1 (2**)	1	1
* Для промежуточных значений частоты вращения значения коэффициента динамичности определяются интерполяцией.			
** Для крайних опор фундамента к горизонтальной нагрузке, действующей поперек оси печи (при числе опор более двух).			
Примечание - 1 Для турбомашин мощностью более 25 тыс. кВт значение коэффициента η для вертикальных нагрузок в позиции а) таблицы следует уменьшать в два раза.			
2 Для машин с вращающимися частями, у которых имеются также возвратно-поступательно движущиеся массы, коэффициент надежности по нагрузке для динамических нагрузок, создаваемых этими массами, следует принимать $\gamma_f = 1,3$.			
3 Значения коэффициента η относятся к железобетонным фундаментам. Для стальных фундаментам следует производить динамический расчет.			
4 Приведенные в таблице значения η учитывают знакопеременное действие нагрузок.			

6.7 Условие (3) должно выполняться для фундамента зданий и сооружений в пределах зоны, где скорость колебаний $v_s = a_s \omega$ на поверхности грунта от импульсных источников более 15 мм/с, от источников периодического действия и случайных более 2 мм/с (здесь a_s - амплитуда колебаний грунта, определяемая по формуле (16), ω - угловая частота вынужденных колебаний фундамента-источника для машин с периодическими нагрузками или собственных - для машин с импульсными или случайными нагрузками).

6.8 Амплитуды вынужденных и собственных колебаний фундамента или отдельных его элементов следует определять для различных типов машин. При этом расчетную

статическую и динамическую нагрузки нужно определять как произведение величины, принимаемой по указаниям соответствующих разделов этой главы нормативной нагрузки, и коэффициента перегрузки $n = 1$.

Амплитуды колебаний фундамента должны удовлетворять условию:

$$A_{adm} \leq A_{adm}^u, \quad (4)$$

где A_{adm} – наибольшая амплитуда колебаний фундамента, определяемая расчетом или полученная опытным путем;

A_{adm}^u – предельно допустимая амплитуда колебаний фундамента.

6.9 При расчете колебаний фундаментов машин допускается:

- величину A_{adm}^u уточнять в соответствии с заданием на проектирование;
- рассматривать основание как упруговязкое линейно-деформируемое, свойства которого определяются коэффициентами упругих равномерных и неравномерных сжатия, сдвига и коэффициентами, характеризующими демпфирование;
- не учитывать эксцентриситет в распределении масс фундамента, если он не превышает величин, указанных в п.5.3.2.

6.10 На вынужденные колебания рассчитываются фундаменты машин с нагрузками, изменяющимися по периодическому закону $P = P_1 \sin \omega t$ (дробилки, машины с вращающимися частями), а также фундаменты машин с кривошипно-шатунными механизмами, создающими нагрузки, изменяющиеся по полигармоническому закону:

$$P = P_1 \sin \omega t + P_2 \sin 2\omega t + \dots \quad (5)$$

6.11 На свободные колебания рассчитываются фундаменты машин с импульсным воздействием, вызываемым ударом падающих (кузнечные молоты) или возвратно-поступательно перемещающихся тел (формовочные машины литейного производства), а также ударом рабочих частей установки по поковке (прессы).

При расчете колебаний фундаментов машин расчетная схема фундамента приводится, как правило, к системе с одной (для вертикальных или горизонтальных колебаний) или с двумя (вертикальные или горизонтальные колебания с учетом вращательных или крутильных составляющих колебаний) степенями свободы.

6.12 Для фундаментов сложной конфигурации, например для рамных и протяженных стенчатых фундаментов, рекомендуется при специальном обосновании применять более сложные расчетные схемы.

Дифференциальное уравнение вынужденных вертикальных колебаний системы с одной степенью свободы для упруговязкого линейно-деформируемого основания имеет вид:

$$m_n \ddot{z} + B_z \dot{z} + K_z z = P_z e^{i\omega t}, \quad (6)$$

где $B_z \dot{z}$ и $K_z z$ – соответственно демпфирующая и упругая части реакции основания.

Дифференциальные уравнения вынужденных горизонтально-вращательных колебаний системы с двумя степенями свободы для упруговязкого линейно-деформируемого основания имеют вид:

$$\begin{cases} m_n \ddot{x} + B_x (\dot{x} - h_2 \dot{\varphi}) + K_x (x - h_2 \varphi) = P_x e^{i\omega t} \\ \theta \ddot{\varphi} - B_x h_2 (\dot{x} - h_2 \dot{\varphi}) - K_x h_2 (x - h_2 \varphi) + \\ + B_\varphi \dot{\varphi} + (K_\varphi - m_n g h_2) \varphi = M e^{i\omega t} \end{cases} \quad (7)$$

В формулах (6) и (7) приняты обозначения:

m_n – масса установки (фундамент, машина, засыпка грунта на обрезах фундамента), т;

B_z, B_x, B_φ – коэффициенты демпфирования основания соответственно для вертикальных, горизонтальных и вращательных колебаний;

K_z, K_x, K_φ – коэффициенты жёсткости основания соответственно при упругом равномерном сжатии, равномерном сдвиге и неравномерном сжатии;

z, x, φ – соответственно вертикальные, горизонтальные смещения центра тяжести установки, м, и угол поворота фундамента относительно оси, проходящей через центр тяжести установки, перпендикулярно плоскости колебаний, град.

Действительная (мнимая) часть z, x, φ соответствуют вынужденной силе и моменту, изменяющимся по закону $\cos \omega t$ ($\sin \omega t$);

h_2 – расстояние от общего центра тяжести установки до подошвы фундамента, мм;

P_z, P_x, M – соответственно вертикальная и горизонтальная составляющая возмущающих сил, кН, и момент от них относительно оси, проходящей через центр тяжести установки перпендикулярно плоскости колебаний, кН·м;

ω – круговая частота вращения машины, с^{-1} .

Круговая частота вращения машины связана с периодом колебаний T , с, и частотой колебаний f , Гц, формулами:

$$\omega = 2\pi f = 2\pi/T \quad (8)$$

Дифференциальные уравнения свободных колебаний системы соответствуют уравнениям (6) или (7) при $P_z = P_x = M = 0$.

7 ОСОБЕННОСТИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СВАЙНЫХ ФУНДАМЕНТОВ

7.1 При конструировании свайных фундаментов следует учитывать следующие требования:

– для фундаментов под машины с преобладающими вертикальными динамическими нагрузками рекомендуется применять железобетонные сваи сплошного сечения;

– для фундаментов, загруженных горизонтальными динамическими нагрузками, могут применяться как сваи сплошного сечения, так и полые круглые сваи; возможно также применение трапециевидных свай;

– при значительных горизонтальных динамических нагрузках следует увеличивать глубину заделки свай в тело фундамента до $1,5d$ (где d – диаметр или сторона поперечного сечения свай), при этом особое внимание должно уделяться обеспечению надежного замоноличивания оголовков свай в фундаменте;

– при отсутствии значительных динамических нагрузок для фундаментов под машины целесообразно назначать более разреженную сетку свай, чем для фундаментов зданий. Однако в тех случаях, когда фундаменты машин воспринимают значительные динамические нагрузки, необходимо сокращать шаг свай, доводя его в отдельных случаях до $3d$ (где d – диаметр или сторона поперечного сечения свай);

– при разреженном расположении свай под фундаментными плитами прочность плит необходимо проверять статическим расчетом.

7.2 Общее количество свай назначается исходя из их несущей способности при действии статических нагрузок с последующей проверкой динамическим расчетом.

7.3 В свайных фундаментах машин расчет несущей способности свай из условия сопротивления грунта основания следует производить на действие расчетных статических нагрузок с учетом дополнительных коэффициентов условий работы m_{cv} , принимаемых равными $m_{cv} = 0,8$ для свай заземленных в грунте, $m_{cv} = 1,0$ для свай-стоек и коэффициентов условий работы грунтов основания m_{1cv} , принимаемых равными 0,7 при прорезании сваями заземленными в грунте рыхлых песков любой крупности и влажности, мелких и пылеватых водонасыщенных песков и глинистых грунтов с показателем консистенции $I_L > 0,6$. В случае опирания свай заземленных в грунте на такие грунты несущую способность свай следует определять по результатам испытаний динамической нагрузкой. Для всех остальных видов и состояний грунтов, а также для свай-стоек $m_{1cv} = 1$.

7.4 Расчет свайных фундаментов машин по несущей способности грунтов основания должен производиться на основное сочетание нагрузок, при этом величину несущей способности сваи по грунту следует заменять величиной F_d , представляющей собой расчетную несущую способность грунтов основания одиночной сваи с учетом динамических воздействий и определяемой для свай-стоек и свай заземленных в грунте, прорезающих однородные грунты, по формуле:

$$F_d = m_{cv} m_{1cv} F_{st}, \quad (9)$$

где m_{cv} и m_{1cv} – коэффициенты условий работы и условий работы грунтов;

F_{st} – несущая способность свай в статических условиях,

определяемая по данным статического зондирования или испытанием натуральных и эталонных железобетонных свай статическими нагрузками.

В случае если сваи заземленные в грунте прорезают неоднородные слои грунта, то их несущая способность с учетом динамических воздействий определяется по формуле:

$$F_d = \gamma_c m_{cv} (\gamma_{cr} m_{1cv}^0 R A + U_i \sum \gamma_{cf} m_{1cv}^* h_i R_{fi}), \quad (10)$$

где

$\gamma_c, \gamma_{cr}, A, R, U_i, \gamma_{cf}, h_i, R_{fi}$ – значения те же, что и в СНБ 5.01.01 для определения несущей способности свай в статических условиях;

m_{ce} – то же, что в формуле (9);

m_{ice}^0, m_{ice}^* – коэффициенты условий работы, учитывающие уменьшение сопротивления грунта соответственно под нижним концом и по боковой поверхности свай при динамических воздействиях.

В зависимости от вида грунтовых условий коэффициенты m_{ice}^0, m_{ice}^* определяются следующим образом:

а) при прорезании сваями рыхлых песков любой крупности и влажности, мелких и пылеватых водонасыщенных песков любой плотности и глинистых грунтов с показателем консистенции $I_L > 0,6$ принимается $m_{ice}^* = 0,5$;

б) при прорезании глинистых грунтов с показателем консистенции $0,25 \leq I_L \leq 0,6$, пылеватых, мелких и средней крупности песков средней плотности любой влажности, кроме указанных в а, принимается $m_{ice}^* = 0,7$;

в) при прорезании грунтов, не указанных в а) и б), принимается $m_{ice}^* = 1$;

г) при опирании нижних концов свай на грунты, указанные в б и в, принимается, соответственно, $m_{ice}^0 = 0,7$ и $m_{ice}^0 = 1$.

7.5 При опирании нижних концов свай в грунты, указанные в п.7.4 а, несущая способность свай с учетом динамических воздействий, определяется по результатам испытаний свай длительно действующими динамическими нагрузками.

7.6 Несущая способность свай с учетом динамических воздействий в грунтовых условиях I типа по просадочности определяется по формуле (10), при этом значения расчетного сопротивления грунта, а также коэффициенты условий работы m_{ice}^0, m_{ice}^* необходимо определять при условии полного водонасыщения грунта, а при определении несущей способности свай с учетом динамических воздействий в грунтовых условиях II типа по просадочности наряду с перечисленными требованиями необходимо принимать значения коэффициента условий работы γ_c , в зависимости от значения просадки грунта s_{sl} , см, равными: $\gamma_c = 0$ при $s_{sl} = 5$; $\gamma_c = 0,8$ при $s_{sl} \geq 2s_u$, где s_u , см – предельная деформация основания.

7.7 Расчет свайных фундаментов машин на колебания следует производить по тем же формулам, что и для фундаментов на естественном основании, при введении вместо значений характеристик масс и жесткостей $m_n, \theta, \theta_0, K_z, K_\phi$ соответствующих им приведенных значений $m_{np}, \theta_{np}, \theta_{0np}, K_{znp}, K_{\phi np}$:

а) для вертикальных колебаний свайных фундаментов

$$m_{np} = m_p + \beta^* \sum_{i=1}^n m_{ice}^* ; \quad (11)$$

$$K_{znp} = nE_b d^2 \bar{\beta} \frac{\bar{\beta} th \bar{\beta} \ell + \alpha}{\bar{\beta} + \alpha \cdot th \bar{\beta} \ell} \quad (12)$$

$$\bar{\beta} = \frac{k_1}{\sqrt{E_b d}} ; \quad \alpha = \frac{C_z^*}{E_b} , \quad (13)$$

где m_p – общая масса ростверка с установленной на нем машиной, кН·с²/м;

m_{ice} – масса i -той свай, кН·с²/м;

n – число свай;

β^* – коэффициент, принимаемый равным $k_2 \left(0,2 + 0,8 \operatorname{th} \frac{6}{\ell} \right)$;
 th – тангенс гиперболический;

C_z^* – коэффициент упругого равномерного сжатия грунта на уровне нижних концов свай, кН/м^3 , определяемый по формуле (50), в которой площадь подошвы фундамента принимается равной площади поперечного сечения сваи, а значение коэффициента k_0 для забивных свай удваивается;

E_b – начальный модуль упругости бетона, МПа, принимаемый в соответствии со СНиП 2.03.01;

ℓ – длина свай, м;

d – сторона поперечного сечения сваи, м;

k_1 – коэффициент, учитывающий упругое сопротивление грунта по боковой поверхности сваи, принимаемый равным $3,16 \cdot 10^2 \text{ кН}^{1/2} \text{ м}^{-3/2}$;

k_2 – коэффициент, учитывающий влияние свойств прорезаемого грунта на приведенную массу свайного фундамента, принимаемый равным 2,0;

б) для горизонтально-вращательных колебаний свайных фундаментов m_{np} принимается равной m_p ;

$$\theta_{np} = \theta_p + \beta^* \sum_{i=1}^n m_{icв} r_i^2; \quad (14)$$

$$\theta_{0np} = \theta_{np} + h_0^2 m_p; \quad (15)$$

$$K_{\varphi np} = \frac{K_{znp}}{n} \sum_{i=1}^n r_i^2, \quad (16)$$

где θ_p – момент инерции массы ростверка и машины относительно горизонтальной оси, проходящей через их общий центр тяжести перпендикулярно плоскости колебаний, $\text{кН} \cdot \text{м} \cdot \text{с}^2$;

h_0 – расстояние от центра тяжести массы m_p до подошвы ростверка, м;

r_i – расстояние от оси i -той сваи до оси поворота подошвы фундамента, м;

K_{znp} – приведенный коэффициент жесткости свайного фундамента, кН/м , определяемый по формуле (12);

β^* , m_p , $m_{icв}$, n – то же, что и формулах (11) – (13).

7.8 Коэффициенты жесткости при упругом равномерном и неравномерном сдвиге свайного фундамента K_x , тс/м , и K_ψ , $\text{тс} \cdot \text{м}$, следует принимать такими же, как и для фундаментов на естественном основании, считая площадь фундамента и момент инерции ее подошвы такими же, как для ростверка.

7.9 Формулы для определения динамических характеристик свайных фундаментов машин (11) – (16) являются приближенными.

7.10 Более точный расчет, позволяющий определять динамические характеристики свайных фундаментов машин для широкого круга грунтовых условий с учетом неоднородности и напластований грунтов, может быть выполнен следующим образом:

7.11 Коэффициент жесткости свайного фундамента при упругом равномерном сжатии $K_{зnp}$ определяется по формуле:

$$K_{зnp} = n\chi_1 \frac{1 + \frac{M_1}{N_1} \operatorname{th} \bar{\beta}_1 \ell_1}{\operatorname{th} \bar{\beta}_1 \ell_1 + \frac{M_1}{N_1}} \quad (17)$$

7.12 Если свая прорезает однородные грунты, то входящие в выражение (17) величины определяются по следующим формулам:

$$\chi_1 = \sqrt{E_b A U_i \gamma_k}; \quad (18)$$

$$\frac{M_1}{N_1} = \frac{\bar{\beta}_1}{\alpha}; \quad (19)$$

$$\bar{\beta}_1 = \sqrt{\frac{U_i \gamma_k}{E_b A}}; \quad (20)$$

$$\alpha = \frac{C_z^*}{E_b}, \quad (21)$$

где E_b, n – значения те же, что и в формуле (12);

A – площадь поперечного сечения сваи;

U_i – периметр сваи;

ℓ_1 – длина сваи;

C_z^* – значение то же, что и в формуле (13);

γ_k – расчетное упругое сопротивление грунта на боковой поверхности сваи, принимаемое по таблицам 4 и 5.

Таблица 4 – Расчетное упругое сопротивление грунта по боковой поверхности сваи для глинистых грунтов

Показатель консистенции I_L глинистых грунтов	Расчетное упругое сопротивление грунта на боковой поверхности сваи, γ_k , кН/м ³
$0,75 < I_L \leq 1$	15000 – 5000
$0,5 < I_L \leq 0,75$	30000 – 15000
$0,25 < I_L \leq 0,5$	45000 – 30000
$0 < I_L \leq 0,25$	60000 – 45000

Примечание - 1 Для промежуточных значений I_L величина γ_k определяется интерполяцией.

2 Для просадочных грунтов значения γ_k определяются как для глинистых грунтов с показателем консистенции I_L , соответствующим природной влажности или с учетом возможного замачивания.

Таблица 5 – Расчетное упругое сопротивление грунта по боковой поверхности свай для песчаных грунтов

Вид и плотность песчаных грунтов	Расчетное упругое сопротивление грунта на боковой поверхности свай, γ_k , кН/м ³		
	Водонасыщенные	Влажные	Маловлажные
Пески средней крупности			
рыхлые	15000	20000	30000
средней плотности	30000	40000	50000
Пески мелкие			
рыхлые	10000	15000	25000
средней плотности	20000	30000	40000
Пески пылеватые			
рыхлые	5000	10000	15000
средней плотности	10000	15000	25000

Примечание - Расчетное упругое сопротивление грунта на боковой поверхности свай γ_k для плотных песчаных грунтов должно приниматься на 50 % выше, чем наибольшее значение из указанных в таблице 5 для данного вида грунта.

7.13 Если свая пререзает два и более слоя грунта, то предварительно вычисляются отношения M_k / N_k для каждого из слоев, начиная с нижнего (m -го) до верхнего (первого) по формулам:

$$\frac{M_k}{N_k} = \frac{x_k}{x_{k+1}} \cdot \frac{th \bar{\beta}_{k+1} \ell_{k+1} + \frac{M_{k+1}}{N_{k+1}}}{\frac{M_{k+1}}{N_{k+1}} th \bar{\beta}_{k+1} \ell_{k+1} + 1}; \quad (22)$$

$$x_k = \sqrt{E_b A_k U_k \gamma_k};$$

$$\bar{\beta}_k = \sqrt{\frac{U_k \gamma_k}{E_b A_k}}. \quad (23)$$

При этом для нижнего слоя при $k+1 = m$

$$\frac{M_{k+1}}{N_{k+1}} = \frac{M_m}{N_m} = \frac{\bar{\beta}_m}{\alpha}, \quad (24)$$

где

$$\bar{\beta}_m = \sqrt{\frac{U_m \gamma_{km}}{E_b A_m}}. \quad (25)$$

Полученное при последовательном вычислении от $k+1 = m$ до 1 по формуле (22) значение отношения M_1 / N_1 для верхнего слоя затем подставляется в формулу (17).

7.14 Коэффициент β^* , входящий в формулы (11) и (14) в многослойном основании следует вычислять по формуле:

$$\beta^* = k_2 \frac{\ell^*}{\ell}, \quad (26)$$

где

$$\left\{ \begin{array}{l} k_2 = \frac{\gamma_{\text{ср}}}{\gamma}; \quad \ell^*/\ell = 0,2 + 0,8 \text{th } 6/\ell; \\ R_{\text{ср}} = \frac{\sum_{k=1}^j \gamma_k \ell_k}{\sum_{k=1}^j \ell_k}; \end{array} \right. \quad (27)$$

$\gamma_{\text{ср}}$ – средневзвешенное значение расчетного упругого сопротивления грунта на боковой поверхности сваи; определяется вдоль верхнего участка сваи длиной ℓ^* при вертикальных колебаниях и вдоль участка длиной $\ell^*/3$ при горизонтально-вращательных колебаниях;

ℓ – длина сваи;

ℓ_k – толщина k -того слоя грунта;

$\bar{\gamma}$ – коэффициент, принимаемый при вертикальных колебаниях $\bar{\gamma} = 10000 \text{ кН/м}^3$, при горизонтально-вращательных колебаниях $\bar{\gamma} = 30000 \text{ кН/м}^3$.

7.15 Коэффициент жесткости свайного фундамента при упругом равномерном сдвиге $K_{\text{хнр}}$, при необходимости его уточнения, определяется по формуле:

$$K_{\text{хнр}} = \frac{n \bar{\alpha}^3 E_b I}{p}, \quad (28)$$

где n – число свай;

$E_b I$ – жесткость поперечного сечения сваи на изгиб;

$\bar{\alpha}$ – коэффициент упругой деформации системы «свая-грунт», определяемый по формуле:

$$\bar{\alpha} = 1,6 \alpha_{\partial}, \quad (29)$$

где α_{∂} – коэффициент деформации сваи, определяемый как при расчете свай на статические горизонтальные нагрузки.

Значения коэффициента p вычисляются следующим образом:

– для свай, шарнирно-сопряженных с низким ростверком, и для свай, защемленных в низкий ростверк, соответственно по формулам:

$$\rho = D_0; \quad (30)$$

$$\rho = D_0 - \frac{b_0^2}{C_0}; \quad (31)$$

– для свай, шарнирно-сопряженных с высоким ростверком, и для свай, защемленных в высокий ростверк, соответственно по формулам:

$$\rho = \alpha_0; \quad (32)$$

$$\rho = \alpha_0 - \bar{b}_0, \quad (33)$$

$$\text{где} \quad \alpha_0 = D_0 + 2B_0\ell_0\bar{\alpha} + C_0(\ell_0\bar{\alpha})^2 + \frac{(\ell_0\bar{\alpha})^3}{3}; \quad (34)$$

$$\bar{b}_0 = \frac{1}{C_0 + \ell_0\bar{\alpha}} \left[B_0 + C_0\ell_0\bar{\alpha} + \frac{(\ell_0\bar{\alpha})^2}{2} \right], \quad (35)$$

где D_0, B_0, C_0 – коэффициенты, зависящие от приведенной глубины погружения свай $\bar{\ell} = \bar{\alpha}\ell$ и условий опирания нижнего конца свай и определяемые как при расчете свай на совместное действие вертикальной и горизонтальной сил и изгибающего момента;

ℓ_0 – расстояние от подошвы ростверка до поверхности грунта.

7.16 Для горизонтальных колебаний свайных фундаментов m_{np} определяется по формуле (11) с вычислением β^* по формуле (26) как для горизонтально-вращательных колебаний.

7.17 Коэффициент жесткости свайного фундамента при упругом неравномерном сжатии $K_{\varphi np}$ определяется по формуле (16) с вычислением K_{znp} по формуле (17), а коэффициент жесткости при упругом неравномерном сдвиге $K_{\psi np}$ определяется по формуле:

$$K_{\psi np} = \frac{K_{xnp}}{n} \sum_{i=1}^n \bar{r}_i^2; \quad (36)$$

где K_{xnp} – вычисляется по формуле (28),

n – число свай;

\bar{r}_i – расстояние от оси i -той свай до вертикальной оси, проходящей через центр тяжести подошвы фундамента, м.

7.18 Момент инерции свайного фундамента относительно вертикальной оси, проходящей через центр тяжести подошвы фундамента, определяется по формуле:

$$\theta_{\psi np} = \theta_{\varphi np} = \theta_{\varphi p} + \beta^* \sum_{i=1}^n m_{i\text{св}} \bar{r}_i^2, \quad (37)$$

где θ_{mr} – момент инерции массы ростверка и машины относительно вертикальной оси, проходящей через центр тяжести подошвы фундамента, $\text{кН} \cdot \text{м} \cdot \text{с}^2$;

β^* – коэффициент, определяемый по формуле (26) как для вертикальных колебаний;

\bar{r}_i – то же, что в формуле (36).

7.19 Значения коэффициентов относительного демпфирования ξ_z для свайного фундамента следует принимать равными $\xi_z = 0,2$ для установившихся колебаний и $\xi_z = 0,6$ – для неустановившихся колебаний. Значения коэффициентов относительного демпфирования ξ_x , ξ_φ , ξ_ψ определяются по формулам 49 – 51.

При необходимости уточнения значений коэффициентов относительного демпфирования следует производить динамические испытания.

8 РАСЧЕТ КОЛЕБАНИЙ ФУНДАМЕНТОВ МАШИН

8.1 Общие указания по расчету колебаний фундаментов машин

8.1.1 Расчет колебаний производится на основе применения аналитических или численных методов. Фундаменты вместе с их основаниями и машинами допускается рассматривать как системы с конечным или бесконечным числом степеней свободы. Результаты расчетов должны удовлетворять условиям настоящих правил и дополнительным условиям технического задания. Допускается использование в расчетах вероятностных методов и методов теории надежности, учитывающих статистический разброс жесткости оснований и случайную природу динамических нагрузок.

Амплитуды вынужденных и свободных колебаний фундамента или отдельных его элементов следует определять для различных типов машин согласно указаниям соответствующих разделов. Определение амплитуд колебаний производится отдельно по направлениям и соответствующим частотам колебаний.

Амплитуды колебаний фундамента должны удовлетворять условию:

$$a \leq a_u, \quad (38)$$

где a – наибольшая амплитуда колебаний фундамента, определяемая расчетом;

a_u – предельно допустимая амплитуда колебаний фундамента, устанавливаемая заданием на проектирование, а при ее отсутствии в задании принимаемая по таблице 6

8.1.2 При расчете колебаний фундаментов машин допускается:

- рассматривать основание как упруго-вязкое линейно деформируемое, свойства которого определяются коэффициентами упругого равномерного и неравномерного сжатия, упругого равномерного и неравномерного сдвига и коэффициентами, характеризующими демпфирование;

- не учитывать эксцентриситет в распределении масс фундамента, если он не превышает значений, указанных в п.5.2.8;

- при упругом неравномерном сжатии (повороте подошвы фундамента относительно горизонтальной оси, проходящей через центр тяжести подошвы фундамента перпендикулярно плоскости колебаний) допускается принимать, что плоскость колебаний параллельна линии действия возмущающей силы или плоскости действия возмущающего момента.

При действии на фундамент машины одновременно нескольких возмущающих сил и отсутствии данных об их фазовом соотношении рассматриваются варианты синфазного и противофазного действия сил, вызывающие наиболее неблагоприятные формы колебаний.

Таблица 6 – Значения предельно допустимых амплитуд колебаний

Машины	Предельно допустимая амплитуда колебаний a_u , мм	
С вращающимися частями при частоте вращения, об/мин: менее 500 от 500 до 750 от 750 до 1000 от 1000 до 1500 свыше 1500	горизонтальных	вертикальных
	0,2	0,15
	0,2 - 0,15	0,15 - 0,1
	0,15 - 0,1	0,1 - 0,06
	0,1 - 0,05	0,06
	0,05	-
С кривошипно-шатунными механизмами при частоте вращения, об/мин: менее 200 от 200 до 400 от 400 до 600 свыше 600	Для первой гармоники	Для второй гармоники
	0,25	0,15
	0,25 - 0,15	0,15 - 0,1
	0,15 - 0,1	0,1 - 0,05
	0,1	0,05
Дробилки конусные и щековые	0,3	
Дробилки молотковые	Как для машин с вращающимися частями	
Кузнечные молоты	1,2 (0,8 [*])	
Прессы	0,25	
Формовочные машины	0,5 или по ГОСТ 12.1.012 (при расположении на фундаментах рабочих мест)	
Мельницы	0,1 ^{**}	
[*] При возведении фундаментов на всех водонасыщенных песках, а также на мелких и пылеватых песках малой и средней степени водонасыщения.		
^{**} Среднеквадратическое значение амплитуды колебаний.		
Примечание - 1 Для промежуточных значений частоты вращения предельно допустимая амплитуда определяется интерполяцией.		
2 Для машин с частотой вращения 200 об/мин и менее при высоте фундаментов более 5 м предельно допустимая амплитуда увеличивается на 20 %.		

8.1.3 Основную упругую характеристику естественных оснований фундаментов машин - коэффициент упругого равномерного сжатия, C_z , кН/м³, следует определять, как правило, по результатам испытаний или на основе данных о скоростях продольных и поперечных упругих волн.

При отсутствии экспериментальных данных значение C_z для фундаментов с площадью подошвы A не более 200 м² допускается определять по формуле:

$$C_z = b_0 E \left(1 + \sqrt{\frac{A_{10}}{A}} \right), \quad (39)$$

где b_0 - коэффициент, м⁻¹, принимаемый равным для песчаных грунтов 1, для супесей и суглинков 1,2, для глин и крупнообломочных грунтов 1,5;

E - модуль деформации грунта под подошвой фундамента, кПа; в случае неоднородного основания значение E определяется как среднее в пределах сжимаемой толщи;

$$A_{10} = 10 \text{ м}^2;$$

A - площадь подошвы фундамента, м².

Для фундаментов с площадью подошвы A , превышающей 200 м², значение коэффициента C_z принимается как для фундаментов с площадью подошвы $A = 200 \text{ м}^2$.

8.1.4 Коэффициенты упругого неравномерного сжатия C_ϕ , кН/м³, упругого равномерного сдвига C_x кН/м³, и упругого неравномерного сдвига C_ψ , кН/м³, принимаются по результатам испытаний или на основе данных о скоростях упругих волн, а при отсутствии экспериментальных данных равными:

$$C_\phi = 2C_z; \quad (40)$$

$$C_x = 0,7C_z; \quad (41)$$

$$C_\psi = C_z. \quad (42)$$

8.1.5 Коэффициенты жесткости для естественных оснований K_z , K_ϕ , K_x , K_ψ определяются по формулам:

- при упругом равномерном сжатии - K_z , кН/м,

$$K_z = C_z A; \quad (43)$$

- при упругом неравномерном сжатии (повороте подошвы фундамента относительно горизонтальной оси, проходящей через центр тяжести подошвы фундамента перпендикулярно плоскости колебаний) - K_ϕ , кН·м,

$$K_\phi = C_\phi I_\phi; \quad (44)$$

при упругом равномерном сдвиге - K_x , кН/м,

$$K_x = C_x A; \quad (45)$$

при упругом неравномерном сдвиге (повороте подошвы фундамента относительно вертикальной оси, проходящей через центр тяжести подошвы фундамента) - K_ψ , кН·м,

$$K_\psi = C_\psi I_\psi. \quad (46)$$

В формулах (44), (46):

I_φ и I_ψ - соответственно моменты инерции площади подошвы фундамента относительно горизонтальной оси, перпендикулярной плоскости колебаний, и вертикальной оси фундамента, проходящих через центр тяжести подошвы, м⁴.

С целью более точной оценки коэффициентов жесткости основания следует учитывать влияние ряда дополнительных факторов, таких как наличие пола, боковой засыпки фундамента и др., на увеличение этих коэффициентов, проводя для этого специальные исследования.

8.1.6 Демпфирующие свойства основания должны учитываться относительным демпфированием ξ (доля критического затухания колебаний), определяемым, как правило, по результатам испытаний.

При отсутствии экспериментальных данных относительное демпфирование для вертикальных колебаний допускается ξ_z определять по формулам:

для установившихся (гармонических) и случайных колебаний

$$\xi_x = \frac{2}{\sqrt{p}}; \quad (47)$$

для неустановившихся (импульсных) колебаний

$$\xi_x = 6 \sqrt{\frac{E}{C_x p}}, \quad (48)$$

где p - то же, что в 5.2.18;

E , C_z - то же, что в 8.1.3.

8.1.7 Относительное демпфирование для горизонтальных и вращательных колебаний относительно горизонтальной и вертикальной осей принимаются равными:

$$\xi_x = 0,6 \xi_z; \quad (49)$$

$$\xi_\varphi = 0,5 \xi_z; \quad (50)$$

$$\xi_\psi = 0,3 \xi_z. \quad (51)$$

8.1.8 При групповой установке j однотипных машин на общем фундаменте значения амплитуд колебаний фундамента a следует определять при $j = 2$ как сумму амплитуд, при $j > 2$ по формуле:

$$\alpha = k \sqrt{\sum_{i=1}^j \alpha_i^2}, \quad (52)$$

где k - коэффициент, принимаемый для машин периодического действия равным 1.5, для машин с импульсными нагрузками - 0,7, для машин со случайными динамическими нагрузками - 1;

α_i - амплитуда колебаний фундамента при работе i -й машины;

j - число машин.

Расчетные значения амплитуд должны удовлетворять условию (38).

При групповой установке различного типа машин на общем фундаменте амплитуду колебаний фундамента следует определять как сумму амплитуд колебаний, вызываемых работой каждой из машин. При этом в условии (38) предельно допустимая амплитуда принимается на 30 % более значений, приведенных в таблице 6 для типа машины и частоты колебаний, соответствующих наибольшей составляющей расчетной амплитуды.

При установке машин с периодическими и случайными нагрузками на отдельно стоящих фундаментах амплитуду колебаний каждого фундамента следует определять с учетом колебаний, распространяющихся в грунте при работе машин, установленных на других фундаментах, в соответствии с указаниями подраздела 8.1. При этом допустимую амплитуду колебаний фундамента-приемника α_u следует принимать на 30 % более значений предельно допустимых амплитуд, приведенных в таблице 6.

Для фундаментов машин с импульсными нагрузками, устанавливаемых на отдельных фундаментах, расчет амплитуд колебаний допускается производить без учета передачи колебаний по грунту.

8.1.9 Расчет амплитуд вертикальных (горизонтальных) колебаний грунта соответственно при вертикальных (горизонтальных) вибрациях фундаментов машин следует производить по формуле:

$$\alpha_s = \alpha_0 \left\{ \frac{1}{\delta[1+(\delta-1)^2]} + \frac{\delta^2-1}{(\delta^2+1)\sqrt{3\delta}} \right\}, \quad (53)$$

где α_s - амплитуда вертикальных (горизонтальных) колебаний грунта на поверхности в точке, расположенной на расстоянии r от вертикальной оси фундамента, т.е. источника волн в грунте;

α_0 - амплитуда свободных или вынужденных вертикальных (горизонтальных) колебаний фундамента, т.е. источника волн в грунте на уровне его подошвы, определяемая для различных видов машин по формулам подразделов 8.2 - 8.4, в которых h_1 следует заменить на минус h_2 ;

$$\delta = r/r_0; \quad (54)$$

здесь r - расстояние от вертикальной оси фундамента-источника до точки на поверхности грунта, для которой определяется амплитуда колебаний;

r_0 - приведенный радиус подошвы фундамента-источника, $r_0 = \sqrt{A/\pi}$.

Частоту волн, распространяющихся в грунте, следует принимать равной частоте колебаний фундамента машины.

Примечание - В целях уточнения амплитуд колебаний, распространяющихся в грунте, допускается производить прогнозирование колебаний грунта на основе экспериментальных исследований.

8.2 Расчёт колебаний фундаментов машин с периодическими нагрузками. Рамные фундаменты

8.2.1 Амплитуды горизонтально-вращательных колебаний относительно вертикальной оси верхней плиты рамных фундаментов $a_{h,\psi}$, м, следует определять по формуле:

$$a_{h,\psi} = a_x + a_\psi l_b, \quad (55)$$

где a_x - амплитуда горизонтальных колебаний центра тяжести верхней плиты, м, вычисляемая по формуле:

$$a_x = \frac{a_{x,st}}{\sqrt{[1 - (\omega / \lambda_x)^2]^2 + 4(\xi_x')^2 (\omega / \lambda_x)^2}}; \quad (56)$$

a_ψ - амплитуда (угол поворота), рад, вращательных колебаний верхней плиты относительно вертикальной оси, проходящей через ее центр тяжести, определяемая по формуле:

$$a_\psi = \frac{a_{\psi,st}}{\sqrt{[1 - (\omega / \lambda_\psi)^2]^2 + 4(\xi_\psi')^2 (\omega / \lambda_\psi)^2}}; \quad (57)$$

ω - частота вращения машины, с^{-1} , $\omega = 0,105n_r$;

n_r - частота вращения машины, об/мин;

$a_{x,st}$, $a_{\psi,st}$ - соответственно перемещение, м, и угол поворота, рад, центра тяжести верхней плиты при статическом действии силы F_h и момента M_z , определяемые по формулам:

$$a_{x,st} = \frac{F_h}{S_x}; \quad (58)$$

$$a_{\psi,st} = \frac{M_z}{S_\psi}; \quad (59)$$

здесь F_h - расчетное значение горизонтальной составляющей динамической нагрузки, кН, определяемое по соответствующим разделам с учетом указаний 5.2.9;

M_z - расчетное значение возмущающего момента относительно вертикальной оси, проходящей через центр тяжести верхней плиты, кН·м, для машин с вращающимися частями следует принимать $M_z = F_h l_b / 2$;

S_x, S_ψ - коэффициенты жесткости системы фундамент - основание соответственно в горизонтальном направлении, перпендикулярном оси вала машины, кН/м, и при повороте в горизонтальной плоскости, кН·м, определяемые по формулам (60) и (61);

ξ'_x, ξ'_ψ - относительные демпфирования системы фундамент - основание, определяемые по формулам (66) и (67);

λ_x, λ_ψ - угловые частоты горизонтальных и вращательных колебаний фундамента относительно вертикальной оси, проходящей через центр тяжести верхней плиты, с⁻¹, определяемые по формулам (68) и (69);

l_b - расстояние от центра тяжести верхней плиты до оси наиболее удаленного подшипника машины, м.

Примечание - 1 К машинам с периодическими нагрузками относятся машины с вращающимися частями, кривошипно-шатунными механизмами, дробилки и др.

2 Указания п.п.8.2.1 - 8.2.4 относятся к машинам с периодическими нагрузками, имеющим частоту вращения не более 1000 об/мин. Для рамных фундаментов машин с частотой вращения более 1000 об/мин следует выполнять прямой динамический расчет.

8.2.2 Коэффициенты жесткости конструкции фундамента с учетом упругости основания S_x , кН/м, и S_ψ , кН·м, следует вычислять по формулам:

$$S_x = \frac{1}{(1/K_x) + (h^2/K_\phi) + (1/S_x^0)}; \quad (60)$$

$$S_\psi = \frac{1}{(1/K_\psi) + (1/S_\psi^0)}; \quad (61)$$

В формулах (60) и (61):

h - высота фундамента, м;

K_x, K_ψ, K_ϕ - коэффициенты жесткости основания соответственно при упругом равномерном K_x и неравномерном K_ψ сдвиге и неравномерном сжатии K_ϕ , определяемые в соответствии с требованиями п.8.2.5;

S_x^0 - сумма коэффициентов жесткости всех поперечных рам фундамента в горизонтальном направлении, перпендикулярном оси вала машины, кН/м (N - число поперечных рам), определяемая по формуле:

$$S_x^0 = \sum_{i=1}^N S_i; \quad (62)$$

S_ψ^0 - сумма коэффициентов жесткости всех поперечных рам при повороте верхней плиты в горизонтальной плоскости относительно ее центра тяжести, кН·м, определяемая по формуле:

$$S_\psi^0 = \sum_{i=1}^N S_i e_i^2, \quad (63)$$

где e_i - расстояние от плоскости i -й поперечной рамы до центра тяжести верхней плиты, м.

Коэффициент жесткости одноэтажных поперечных рам с жесткими узлами S_i , кН/м, следует определять по формуле:

$$S_i = \frac{2E_b I_{ki}(1+6k_i)}{h_i^3(2+3k_i)}, \quad (64)$$

где E_b - модуль упругости материала рам верхнего строения, кПа;

$$k_i = \frac{h_i I_{ki}}{l_i I_{li}}; \quad (65)$$

I_{hi} , I_{li} - моменты инерции поперечных сечений соответственно стойки и ригеля рамы, м⁴.

h_i , l_i - соответственно расчетная высота стойки и расчетный пролет ригеля i -й поперечной рамы, м.

Примечание - Допускается принимать расчетную высоту стойки h_i равной расстоянию от верхней грани нижней плиты до оси ригеля (проходящей через центр тяжести площади его сечения), а расчетный пролет ригеля равным 0,9 расстояния между осями колонн.

8.2.3 Относительное демпфирование системы фундамент - основание ξ'_x и ξ'_ψ следует определять по формулам:

$$\xi'_x = S_x \left(\xi_x \frac{1}{K_x} + \xi_\varphi \frac{h^2}{K_\varphi} + \frac{\gamma}{2S_x^0} \right); \quad (66)$$

$$\xi'_\psi = S_\psi \left(\xi_\psi \frac{1}{K_\psi} + \frac{\gamma}{2S_\psi^0} \right), \quad (67)$$

где ξ_x , ξ_φ , ξ_ψ - относительное демпфирование для горизонтальных ξ_x и вращательных ξ_φ и ξ_ψ колебаний фундамента на грунте, определяемое в соответствии с требованиями 9.1.7;

γ - коэффициент поглощения энергии при колебаниях, принимаемый для железобетонных конструкций равным 0,06, для стальных конструкций - 0,02.

8.2.4 Угловые частоты колебаний фундамента λ_x и λ_ψ , с⁻¹, следует определять по формулам:

$$\lambda_x = \sqrt{\frac{S_x}{m}}; \quad (68)$$

$$\lambda_{\psi} = \sqrt{\frac{S_{\psi}^*}{\bar{\Theta}_{\psi}}}. \quad (69)$$

В формулах (68), (69):

\bar{m} - масса системы, включающая массу всей машины, верхней плиты, продольных балок и поперечных ригелей рам, примыкающих к верхней плите, и 30 % массы всех колонн фундамента, т;

$\bar{\Theta}_{\psi}$ - момент инерции массы \bar{m} относительно вертикальной оси, проходящей через центр тяжести верхней плиты (горизонтальной рамы), т·м²; величину $\bar{\Theta}_{\psi}$ допускается определять по формуле:

$$\bar{\Theta}_{\psi} = 0,1\bar{m}l^2, \quad (70)$$

где l - длина верхней плиты, м.

8.2.5 Амплитуды горизонтально-вращательных колебаний верхней грани массивных и стенчатых фундаментов относительно горизонтальной оси $a_{h,\varphi}$, м, следует определять по формуле:

$$a_{k,\varphi} = \frac{F_k}{K_x} \sqrt{\frac{\psi_1^2 + 4\xi_x^2(\omega/\lambda_x)^2\psi_2^2}{\Omega_1^2 + 4\xi_x^2(\omega/\lambda_x)^2\Omega_2^2}}, \quad (71)$$

где

$$\psi_1 = S_1 + \beta \frac{h_1}{h_2} S_3; \quad (72)$$

$$\psi_2 = S_2 + \beta \frac{h_1}{h_2} S_4; \quad (73)$$

здесь

$$S_1 = (1+\beta) \left(\frac{\lambda_{\varphi}}{\lambda_x} \right)^2 + \beta(1+\kappa) - \left(\frac{\omega}{\lambda_x} \right)^2; \quad (74)$$

$$S_2 = (1+\beta) \frac{\lambda_{\varphi}}{\lambda_x} \frac{\xi_{\varphi}}{\xi_x} + \beta(1+\kappa); \quad (75)$$

$$S_3 = 1 + \kappa \left[1 - \left(\frac{\omega}{\lambda_x} \right)^2 \right]; \quad (76)$$

$$S_4 = 1 + \kappa; \quad (77)$$

$$\Omega_1 = \left(\frac{\omega}{\lambda_x} \right)^4 + (1+\beta) \left\{ \left(\frac{\lambda_{\varphi}}{\lambda_x} \right)^2 - \left(\frac{\omega}{\lambda_x} \right)^2 \cdot \left[1 + \left(\frac{\lambda_{\varphi}}{\lambda_x} \right)^2 + 4\xi_x \xi_{\varphi} \frac{\lambda_{\varphi}}{\lambda_x} \right] \right\}, \quad (78)$$

$$\Omega_2 = (1 + \beta) \left\{ \left(\frac{\lambda_\varphi}{\lambda_x} \right)^2 + \frac{\lambda_\varphi \xi_\varphi}{\lambda_x \xi_x} - \left(\frac{\omega}{\lambda_x} \right) \left(1 + \frac{\lambda_\varphi \xi_\varphi}{\lambda_x \xi_x} \right) \right\}; \quad (79)$$

$$\beta = \frac{h_2^2 m}{\Theta_\varphi}; \quad (80)$$

$$\kappa = \frac{M}{F_h h_2}, \quad (81)$$

$\lambda_x, \lambda_\varphi$ - угловые частоты колебаний фундамента, с^{-1} , соответственно горизонтальных и вращательных относительно горизонтальной оси, проходящей через центр тяжести подошвы фундамента перпендикулярно плоскости колебаний, определяемые по формулам:

$$\lambda_x = \sqrt{\frac{K_x}{m}}; \quad (82)$$

$$\lambda_\varphi = \sqrt{\frac{\bar{K}_\varphi}{\Theta_{\varphi 0}}}; \quad (83)$$

$$\bar{K}_\varphi = K_\varphi - mgh_2; \quad (84)$$

K_x и K_φ - коэффициенты жесткости основания, кН/м и $\text{кН}\cdot\text{м}$, определяемые согласно указаниям п.8.1.5;

$\Theta_{\varphi 0}$ - момент инерции массы всей установки относительно оси, проходящей через центр тяжести подошвы фундамента перпендикулярно плоскости колебаний, $\text{т}\cdot\text{м}^2$, определяется по формуле:

$$\Theta_{\varphi 0} = \Theta_\varphi + mh_2^2; \quad (85)$$

Θ_φ - момент инерции массы всей установки (фундамента с засыпкой грунта на его обрезах и выступах и машины) относительно оси, проходящей через общий центр тяжести перпендикулярно плоскости колебаний, $\text{т}\cdot\text{м}^2$;

m - масса всей установки (фундамента с засыпкой грунта на его обрезах и выступах и машины), т ;

F_h - расчетная горизонтальная составляющая возмущающих сил машины, кН , определяемая по соответствующим разделам с учетом указаний п.6.8;

M - расчетное значение возмущающего момента, $\text{кН}\cdot\text{м}$, равного сумме моментов от горизонтальных составляющих возмущающих сил при приведении их к оси, проходящей через центр тяжести установки перпендикулярно плоскости колебаний, и возмущающему моменту машины;

h_1, h_2 - расстояния от общего центра тяжести установки соответственно до верхней грани фундамента и до подошвы фундамента, м .

8.2.6 Главные собственные частоты колебаний установки $\lambda_{1,2}$, с^{-1} , следует определять из соотношения:

$$\left(\frac{\lambda_{1,2}}{\lambda_x}\right)^2 = \frac{Z}{2} \pm \sqrt{\left(\frac{Z}{2}\right)^2 - (1+\beta)\left(\frac{\lambda_\varphi}{\lambda_x}\right)^2}, \quad (86)$$

$$z = (1+\beta) \left[1 + \left(\frac{\lambda_\varphi}{\lambda_x}\right)^2 \right], \quad \text{где} \quad (87)$$

8.2.7 Амплитуды горизонтальных a_x , м, и вращательных a_φ , рад, колебаний массивных и стенчатых фундаментов следует определять по формуле (71), принимая $S_3 = S_4 = 0$ (при определении a_x) и $S_1 = S_2 = 0$, $h_1 = 1$ (при определении a_φ).

8.2.8 Амплитуды горизонтально-вращательных колебаний верхней грани фундамента $a_{h,\varphi}$, м, при действии только момента M ($F_h = 0$) следует определять по формуле:

$$a_{h,\varphi} = \frac{M\beta}{K_x h_2} \sqrt{\frac{\{1 + (h_1/h_2)[1 - (\omega/\lambda_x)^2]\}^2 + 4\xi_x^2(\omega/\lambda_x)^2[1 + (h_1/h_2)]^2}{\Omega_1^2 + 4\xi_x^2(\omega/\lambda_x)^2\Omega_2^2}}. \quad (88)$$

8.2.9 Амплитуды вертикальных колебаний массивных и стенчатых фундаментов a_v , м, с учетом вращения относительно горизонтальной оси, перпендикулярной плоскости колебаний, следует определять по формуле:

$$a_v = a_z + a'_z, \quad (89)$$

где

$$a_z = \frac{F_v}{K_x \sqrt{[1 - (\omega/\lambda_x)^2]^2 + 4\xi_x^2(\omega/\lambda_x)^2}}; \quad (90)$$

a'_z - амплитуда вертикальной составляющей вращательных колебаний фундамента относительно горизонтальной оси, проходящей через центр тяжести установки перпендикулярно плоскости колебаний, определяемая при действии горизонтальных сил F_h и моментов M , включая моменты от вертикальных и горизонтальных сил, по формуле:

$$a'_z = a_\varphi l_f, \quad (91)$$

а при отсутствии горизонтальных сил ($F_h = 0$) по формуле:

$$a'_z = \frac{M l_f \beta}{K_x h_2} \sqrt{\frac{[1 - (\omega/\lambda_x)^2]^2 + 4\xi_x^2(\omega/\lambda_x)^2}{\Omega_1^2 + 4\xi_x^2(\omega/\lambda_x)^2\Omega_2^2}}, \quad (92)$$

где a_φ - амплитуда (угол поворота), рад, вращательных колебаний фундамента относительно горизонтальной оси, определяемая по указаниям п.8.3.2;

F_v - расчетная вертикальная составляющая возмущающих сил машины, кН, определяемая по соответствующим разделам с учетом указаний п.5.2.9;

M - расчетное значение возмущающего момента, включающее моменты от вертикальных и горизонтальных сил, кН*м;

K_z - коэффициент жесткости основания, кН/м, определяемый согласно указаниям п.8.1.5;

λ_z - угловая частота собственных вертикальных колебаний фундамента, с⁻¹, определяемая по формуле:

$$\lambda_z = \sqrt{\frac{K_z}{m}}; \quad (93)$$

ξ_z - относительное демпфирование при вертикальных колебаниях фундамента, определяемое согласно указаниям п.8.1.6;

l_f - расстояние от вертикальной оси, проходящей через центр тяжести установки, до края верхней грани фундамента в направлении действия сил и моментов, м.

8.2.10 Амплитуды горизонтальных колебаний массивных и стенчатых фундаментов при вращении относительно вертикальной оси¹ $a_{h,\psi}$, м, следует определять по формуле:

$$a_{h,\psi} = a_\psi l_{\max}, \quad (94)$$

где l_{\max} - расстояние от вертикальной оси, проходящей через центр тяжести установки, до наиболее удаленной точки фундамента, м;

a_ψ - амплитуда (угол поворота), рад, вращательных колебаний фундамента относительно вертикальной оси, проходящей через центр тяжести установки, определяемая по формуле:

$$a_\psi = \frac{M_\psi}{K_\psi \sqrt{[1 - (\omega / \lambda_\psi)^2]^2 + 4\xi_\psi^2 (\omega / \lambda_\psi)^2}}; \quad (95)$$

здесь M_ψ - расчетное значение возмущающего момента, кН*м, относительно вертикальной оси, проходящей через центр тяжести установки;

K_ψ - коэффициент жесткости основания при упругом неравномерном сдвиге, кН*м, определяемый в соответствии с требованиями п.8.1.5;

ξ_ψ - относительное демпфирование для вращательных колебаний фундамента относительно вертикальной оси, определяемое в соответствии с требованиями п.8.1.7;

λ_ψ - угловая частота вращательных колебаний фундамента относительно вертикальной оси, проходящей через центр тяжести установки, с⁻¹, определяемая по формуле:

$$\lambda_\psi = \sqrt{\frac{K_\psi}{\theta_\psi}}, \quad (96)$$

где θ_ψ - момент инерции масс всей установки (фундамента с засыпкой грунта на его обрезах и выступах и машины) относительно вертикальной оси, проходящей через центр тяжести установки, т*м².

8.3 Расчет колебаний фундаментов машин с импульсными нагрузками

8.3.1 Амплитуду вертикальных колебаний фундамента при центральной установке машины a_z , м, следует определять по формуле:

$$a_z = \frac{(1+\varepsilon)J_z}{(1+1,67\xi_z)\lambda_z m}, \quad (97)$$

где ε - коэффициент восстановления скорости удара, значение которого следует принимать по указаниям соответствующих разделов;

J_z - импульс вертикальной силы, кН*с, определяемый по указаниям соответствующих разделов;

m, λ_z - то же, что в формулах подраздела 8.2.

8.3.2 Амплитуду вертикальных колебаний фундамента с учетом вращения относительно горизонтальной оси, перпендикулярной плоскости колебаний, a_v , м, следует определять по формуле:

$$a_v = a_z + a'_z, \quad (98)$$

в которой a_z определяется по формуле (97), а a'_z - по формуле:

$$a'_z = a_\phi l_f, \quad (99)$$

где l_f - расстояние от вертикальной оси фундамента до края верхней грани в направлении действия импульса, м;

a_ϕ - амплитуда (угол поворота), рад, вращательных колебаний фундамента относительно горизонтальной оси, перпендикулярной плоскости колебаний, определяемая по формуле:

$$a_\phi = \frac{(1+\varepsilon)J_\phi}{(1+1,67\xi_\phi)\lambda_\phi \theta_{\phi 0}}, \quad (100)$$

здесь J_ϕ - импульс момента сил относительно горизонтальной оси фундамента, перпендикулярной плоскости колебаний, кН*с*м, определяемый по указаниям соответствующих разделов;

$\theta_{\phi 0}, \lambda_\phi$ - то же, что в п.8.2.5.

8.3.3 Амплитуды горизонтальной составляющей горизонтально-вращательных колебаний фундамента $a_{h\phi}$, м, и вращательных $a_{h\psi}$, м, соответственно, относительно горизонтальной и вертикальной осей, проходящих через центр тяжести установки перпендикулярно плоскости колебаний, следует определять по формулам:

$$a_{h\phi} = a_\phi h; \quad (101)$$

$$a_{h,\psi} = a_{\psi} I_{\max}, \quad (102)$$

где h - расстояние от подошвы до верхней грани фундамента, м;

a_{ψ} - амплитуда (угол поворота), рад, вращательных колебаний фундамента относительно вертикальной оси, определяемая по формуле:

$$a_{\psi} = \frac{(1+\varepsilon)J_{\psi}}{(1+1,67\xi_{\psi})\lambda_{\psi}\theta_{\psi}}; \quad (103)$$

J_{ψ} - импульс момента относительно вертикальной оси, проходящей через центр тяжести установки, кН*с*м;

$\Lambda_{\psi}, \theta_{\psi}, I_{\max}$ - то же, что в п.8.2.10.

Примечание - 1 Формулы используются при расчете колебаний фундаментов оппозитных компрессоров.

2 К машинам с импульсными нагрузками относятся кузнечные молоты, формовочные машины литейного производства, прессы и др.

8.4 Расчет колебаний фундаментов машин на случайные динамические нагрузки

8.4.1 Амплитуды горизонтальных колебаний верхней грани массивных и стенчатых фундаментов машин (например, мельниц) $a_{h,\varphi}$, м, рассчитываемых на случайные динамические нагрузки, следует определять по формуле:

$$a_{h,\varphi} = \frac{\sqrt{\pi S_q}}{m\lambda_1} \frac{[1+(h_1/h_2)\rho_1][1+(h_0/h_2)\rho_1]}{\sqrt{2\xi_x\lambda_1[1+(\rho_1^2/\beta)]}\zeta}, \quad (104)$$

где S_q - спектральная плотность случайной нагрузки, кН²*с, определяемая по формуле:

$$S_q = \frac{(\alpha m' d)^2 \omega^3}{\pi} \left[1 - \left(\frac{\omega^2 d}{2g} \right)^2 \right]; \quad (105)$$

$$\zeta = \left(\frac{\lambda_1}{\lambda_x} \right)^2 + \frac{\xi_{\psi}}{\xi_x} \rho_1 \left(1 + \frac{\rho_1}{\beta} \right); \quad (106)$$

$$\rho_1 = 1 - \left(\frac{\lambda_1}{\lambda_x} \right)^2, \quad (107)$$

где h_0 - расстояние от центра тяжести установки до оси вращения барабана мельницы, м;

m' - масса загрузки барабана мельницы, т;

ω - угловая частота вращения барабана, с^{-1} ;

d - диаметр барабана, м;

α - коэффициент, зависящий от типа машины (мельницы) и принимаемый:

для стержневых мельниц $\alpha = 0,015$;

для остальных типов мельниц $\alpha = 0,001$;

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

Обозначения β , m , h_1 , h_2 , λ_x , λ_1 - те же, что и в пунктах 8.2.5, 8.2.6.

8.4.2 Амплитуды горизонтальных колебаний рамных фундаментов машин (например, мельниц) $a_{h,\psi}$, м, рассчитываемых на случайные динамические нагрузки, следует определять по формуле:

$$a_{h,\psi} = a_x + a_\psi l_b, \quad (108)$$

где l_b - расстояние от центра тяжести верхней части фундамента до оси наиболее удаленного подшипника мельницы, м;

a_x , a_ψ - амплитуды соответственно горизонтальных колебаний верхней части фундамента, м, и вращательных колебаний относительно вертикальной оси, проходящей через центр тяжести верхней части фундамента, рад, определяемые по формулам:

$$a_x = \frac{1}{S_x} \sqrt{\frac{\pi \lambda_x S_q}{2 \xi'_x}}; \quad (109)$$

$$a_\psi = \frac{1}{S_\psi} \sqrt{\frac{\pi \lambda_\psi S_q}{2 \xi'_\psi}}; \quad (110)$$

где S_q - определяется по формуле (105);

e - расстояние в плане от центра тяжести верхней части фундамента до середины длины барабана, м.

Обозначения S_x , S_ψ , λ_x , λ_ψ , ξ'_x , ξ'_ψ - те же, что и в пунктах 8.2.1 - 8.2.4.

8.5 Расчет колебаний массивных и стеччатых фундаментов машин при кинематическом возбуждении

8.5.1 Амплитуду горизонтально-вращательных колебаний верхней грани фундамента-приемника при кинематическом возбуждении от одного фундамента-источника следует определять по формуле:

$$\alpha_{k,\varphi}^{kn} = \alpha_{s,x} \sqrt{\frac{[\Phi_x + (h_1/h_2)\beta\Phi_\varphi]^2 + 4\xi_x^2(\omega/\lambda_x)^2[\Psi_x + (h_1/h_2)\beta\Psi_\varphi]^2}{\Omega_1^2 + 4\xi_x^2(\omega/\lambda_x)^2\Omega_2^2}}, \quad (111)$$

где

$$\begin{aligned} \Phi_x &= S_1(\kappa_1) - 4\xi_x^2 \left(\frac{\omega}{\lambda_x} \right)^2 S_2(\kappa_2); \\ \Psi_x &= S_2(\kappa_1) + S_1(\kappa_2); \\ \Phi_\varphi &= S_3(\kappa_1) - 4\xi_x^2 \left(\frac{\omega}{\lambda_x} \right)^2 S_4(\kappa_2); \\ \Psi_\varphi &= S_4(\kappa_1) + S_3(\kappa_2). \end{aligned} \quad (112)$$

Значения $S_1(\kappa_k)$, $S_2(\kappa_k)$, $S_3(\kappa_k)$, $S_4(\kappa_k)$, для $k = 1; 2$ вычисляются по формулам (76) - (82) при значениях:

$$\kappa_1 = \chi \frac{\lambda_\varphi}{\lambda_x} - 1; \quad \kappa_2 = \chi \frac{\xi_\varphi}{\xi_x} - 1 \quad (113)$$

$$\chi = \pm h_2 \frac{1 + \beta \frac{\lambda_\varphi}{\lambda_x} \frac{a_{s,\varphi}}{a_{s,x}}}{\beta}. \quad (114)$$

Расчет следует выполнять для каждого из значений $\pm\chi$.

В формулах (115) - (118):

$a_{s,x}$ - амплитуда горизонтальных колебаний точек поверхности грунта в месте установки фундамента-приемника от горизонтальных колебаний фундамента источника, определяемая в соответствии с указаниями п.8.1.8;

$$a_{s,\varphi} = \frac{a_{a,x}^{(1)} - a_{s,x}^{(2)}}{l_{inf}}, \quad (115)$$

где $a_{a,x}^{(1)}$, $a_{a,x}^{(2)}$ - амплитуды вертикальных колебаний поверхности грунта в точках, соответствующих крайним точкам стороны фундамента-приемника l_{inf} от вертикальных колебаний фундамента источника, определяемые в соответствии с указаниями п.8.1.8;

l_{inf} - размер стороны подошвы фундамента-приемника, в направлении которой рассматриваются горизонтальные колебания;

ω - угловая частота колебаний фундамента-источника.

Обозначения $h_1, h_2, \beta, \Omega_1, \Omega_2, \lambda_\phi, \lambda_x$ - те же, что в пункте 8.2.5.

8.5.2 Амплитуду вертикальных колебаний фундамента-приемника с учетом вращения при кинематическом возбуждении от одного фундамента-источника следует определять по формуле:

$$\alpha_v^{kin} = \alpha_z^{kin} + \alpha_z^{rkin}, \quad (116)$$

$$\alpha_z^{kin} = \alpha_{s,z} \sqrt{\frac{1 + 4(\xi')^2 (\omega / \lambda_x)^2}{[1 - (\omega / \lambda_x)^2]^2 + 4\xi_x^2 (\omega / \lambda_x)^2}}; \quad (117)$$

где

$$\alpha_z^{rkin} = \frac{\beta l_f a_{s,x}}{h_2} \sqrt{\frac{\Phi_\phi^2 + 4\xi_x^2 (\omega / \lambda_x)^2 \Psi_\phi^2}{\Omega_1^2 + 4\xi_x^2 (\omega / \lambda_x)^2 \Omega_2^2}}; \quad (118)$$

$$\alpha_{z,s} = \frac{\alpha_{s,z}^{(1)} - \alpha_{s,z}^{(2)}}{2}; \quad (119)$$

здесь λ_x, l_f - обозначения те же, что в п.8.2.9.

При расчете колебаний фундамента-приемника от кинематического возбуждения нескольких фундаментов-источников следует суммировать значения $\alpha_{k,\phi}^{kin}$ (или α_v^{kin}), вычисляемые соответственно по формулам (111) или (116) для каждого источника колебаний.

8.6 Особенности расчета свайных фундаментов

8.6.1 Расчет свайных фундаментов машин с динамическими нагрузками по несущей способности грунтов основания свай следует производить на действие расчетных статических нагрузок в соответствии с требованиями к свайным фундаментам.

При этом расчетные сопротивления грунтов основания на боковой поверхности свай и под их нижним концом должны быть дополнительно умножены на коэффициенты условий работы грунта основания соответственно $\gamma_{cr,f}$ и $\gamma_{cr,R}$, приведенные в таблице 7 а сумма расчетных сопротивлений грунтового основания для висячих свай - на коэффициент условий работы γ_{c0} , значения которого приведены в таблице 4. Для свай-стоек коэффициент γ_{c0} принимается равным 1.

В случае определения несущей способности свай по результатам полевых испытаний вместо коэффициентов $\gamma_{cr,f}$ и $\gamma_{cr,R}$ вводится коэффициент условий работы грунтов основания γ_{cr} , определяемый как отношение несущей способности свай,

определенным расчетным способом с учетом коэффициентов $\gamma_{cp,f}$ и $\gamma_{cp,R}$, к той же несущей способности без учета этих коэффициентов.

В случае опирания свай на грунты, указанные в поз. «а» таблицы 7, несущую способность свай следует определять по результатам полевых испытаний длительно действующими динамическими нагрузками. При отсутствии таких данных при соответствующем обосновании допускается определять несущую способность свай по результатам полевых испытаний в соответствии с требованиями Свайным фундаментам с введением вместо коэффициентов $\gamma_{cp,f}$ и $\gamma_{cp,R}$ коэффициента $\gamma_{cp} = 0,25$.

8.6.2 При устройстве свайных фундаментов зданий и сооружений, расположенных вблизи фундаментов машин с динамическими нагрузками, несущая способность свай определяется в соответствии с требованиями к свайным фундаментам с учетом дополнительного коэффициента условий работы грунтов основания γ_{cp} (или $\gamma_{cp,f}$ и $\gamma_{cp,R}$), значения которых определяются в соответствии с п.8.6.1. Размеры зоны, для которой учитывается указанный коэффициент, следует принимать в соответствии с указаниями п.5.2.23.

Таблица 7 – Значения коэффициента условий работы γ_{c0}

Грунты	Коэффициенты условий работы грунтов основания	
	на боковой поверхности сваи $\gamma_{cp,f}$	под нижним концом сваи $\gamma_{cp,R}$
а) Пески рыхлые любой крупности и влажности; мелкие и пылеватые водонасыщенные любой плотности; глинистые грунты с показателем текучести $I_L > 0,6$	0,6 (0,75)	-
б) Пески пылеватые, мелкие и средней крупности средней плотности любой влажности, кроме указанных в поз. «а»; глинистые грунты с показателем текучести $0,25 \leq I_L \leq 0,6$	0,75 (0,85)	0,75 (0,85)
Другие виды грунтов	1 (1)	1 (1)
<p>Примечание - 1 В скобках указаны значения коэффициентов для свайных фундаментов с промежуточной подушкой.</p> <p>2 При применении свай в просадочных грунтах значения коэффициентов $\gamma_{cp,f}$ и $\gamma_{cp,R}$ принимаются как для глинистых грунтов с показателем текучести, равным значению, при котором в соответствии с указаниями действующего нормативного документа по свайным фундаментам определяются расчетные сопротивления грунта под нижним торцом и на боковой поверхности сваи.</p>		

8.6.3 Расчет колебаний свайных фундаментов машин следует производить по тем же формулам, что и для фундаментов на естественном основании, но при введении вместо

значений массы, моментов инерции массы и жесткостей m , θ_φ , $\theta_{\varphi 0}$; θ_ψ , K_z , K_x , K_φ , K_ψ соответствующих им приведенных значений m_{red} , $\theta_{\varphi, red}$, $\theta_{\varphi 0, red}$, $\theta_{\psi, red}$, $K_{z, red}$, $K_{x, red}$, $K_{\varphi, red}$, $K_{\psi, red}$, определяемых по формулам (85) - (100).

Для вертикальных колебаний свайных фундаментов:

$$m_{z, red} = m_r + \beta_z^* \sum_{i=1}^N m_{i, p} + \sum_{i=1}^N m_{i, 0}; \quad (120)$$

$$K_{z, red} = \frac{K_{z, red}^*}{1 + \frac{K_{z, red}^* l_0}{NE_b A_p}}, \quad (121)$$

$$K_{z, red}^* = NE_b A_p \bar{\beta} \frac{\bar{\beta} t h(\bar{\beta} l) + \alpha}{\bar{\beta} + \varepsilon t h(\bar{\beta} l)}; \quad (122)$$

где

$$\bar{\beta} = \sqrt{\frac{c_{p, m} l^4}{E_b A_p}}; \quad \alpha = \frac{C_z^*}{E_b};$$

$$c_{p, m} = \frac{\sum_{k=1}^{k_l} c_{p, k} l_k}{l}; \quad \beta_z^* = k^* \frac{\sum_{k=1}^{k_l} c_{p, k} l_k}{c_0 l}.$$

В формулах (120) - (122):

m_r - общая масса ростверка с установленной на нем машиной, т;

$m_{i, p}$ - масса части i -й сваи, заглубленной в грунт, т;

$m_{i, 0}$ - масса части i -й сваи выше поверхности грунта, т;

N - число свай;

E_b - модуль упругости материала свай, кПа;

l - глубина погружения сваи в грунт, м;

l_0 - расстояние от подошвы ростверка до поверхности грунта, м; для низкого ростверка $l_0 = 0$;

A_p - площади поперечного сечения свай, м²;

u - периметр поперечного сечения свай, м;

C_z^* - коэффициент упругого равномерного сжатия грунта на уровне нижних концов свай, кН/м³, определяемый по формуле (5), в которой площадь подошвы фундамента A принимается равной площади наибольшего поперечного сечения нижнего конца сваи, а значение коэффициента b_0 для забивных свай удваивается;

K^* - коэффициент, принимаемый равным для свай: 2 - для сплошных железобетонных; 2,5 - для полых железобетонных; 3,5 - для деревянных;

$c_{p, k}$ - удельное упругое сопротивление грунта на боковой поверхности сваи в k -м слое, принимаемое по таблицам 8 и 9;

c_0 - коэффициент, принимаемый равным 10000 кН/м³;

k_l и k_{l*} - номер слоя грунта, отсчитываемый от поверхности грунта до глубины, равной соответственно l и $l^* = 0,2[1 + 4\text{th}(10/l)]l$;

l_k - толщина k -го слоя грунта;

th - тангенс гиперболический.

Для горизонтальных колебаний свайных фундаментов:

$$m_{x,red} = m_y + \beta_x^* \sum_{i=1}^N m_{i,p} + \sum_{i=1}^N m_{i,0}; \quad (123)$$

Таблица 8 – Значения удельное упругое сопротивление грунта на боковой поверхности свай для глинистого грунта

Показатель текучести глинистых грунтов I_L	Удельное сопротивление c_p , кН/м ³
$0,75 < I_L \leq 1$	$1,5 \cdot 10^4 - 0,5 \cdot 10^4$
$0,5 < I_L \leq 0,75$	$3 \cdot 10^4 - 1,5 \cdot 10^4$
$0,25 < I_L \leq 0,5$	$4,5 \cdot 10^4 - 3 \cdot 10^4$
$0 < I_L \leq 0,25$	$6 \cdot 10^4 - 4,5 \cdot 10^4$

Примечание - 1 Для промежуточных значений I_L значение c_p определяется интерполяцией.
 2 Для просадочных грунтов значения удельного упругого сопротивления c_p следует определять как для глинистых грунтов с показателями текучести I_L , соответствующим природной влажности или с учетом возможного замачивания в соответствии с требованиями СНиП РК 5.01-03.

Таблица 9 - Значения удельное упругое сопротивление грунта на боковой поверхности свай для песчаного грунта

Пески	Удельное упругое сопротивление c_p , кН/м ³ , грунтов различной влажности		
	водонасыщенных	влажных	маловлажных
Средней крупности:			
рыхлые	$1,5 \cdot 10^4$	$2 \cdot 10^4$	$3 \cdot 10^4$
средней плотности	$3 \cdot 10^4$	$4 \cdot 10^4$	$5 \cdot 10^4$
Мелкие:			
рыхлые	$1 \cdot 10^4$	$1,5 \cdot 10^4$	$2,5 \cdot 10^4$
средней плотности	$2 \cdot 10^4$	$3 \cdot 10^4$	$4 \cdot 10^4$
Пылеватые:			
рыхлые	$0,5 \cdot 10^4$	$1 \cdot 10^4$	$1,5 \cdot 10^4$
средней плотности	$1 \cdot 10^4$	$1,5 \cdot 10^4$	$2,5 \cdot 10^4$

Примечание - Удельное упругое сопротивление для плотных песчаных грунтов следует принимать на 50 % выше, чем наибольшее из значений c_p , указанных в таблице 8 для данного вида грунта.

$$\beta_x^* = 0,25\beta_x^*; \quad (124)$$

$$K_{x,red} = \frac{N\bar{\alpha}^3 E_\delta I}{p}, \quad (125)$$

где I - момент инерции площади поперечного сечения сваи, м^4 ;

$\bar{\alpha}$ - коэффициент упругой деформации системы «свая-грунт», определяемый по формуле:

$$\bar{\alpha} = 2\alpha_\epsilon, \quad (126)$$

здесь α_ϵ - коэффициент деформации, определяемый в соответствии с указаниями норм по **свайным фундаментам** при $\gamma_c = 3$.

Для свай, шарнирно сопряженных с ростверком,

$$p = A_0 + 2B_0 l_0 \bar{\alpha} + C_0 (l_0 \bar{\alpha})^2 + \frac{(l_0 \bar{\alpha})^3}{3}. \quad (127)$$

Для свай, защемленных в ростверк,

$$p = A_0 + \frac{1}{C_0 + l_0 \bar{\alpha}} \left\{ B_0 [(l_0 \bar{\alpha})^2 - B_0] + \frac{(l_0 \bar{\alpha})^3}{3} \left(C_0 + \frac{l_0 \bar{\alpha}}{4} \right) \right\}. \quad (128)$$

В формулах (127), (128):

A_0 , B_0 , C_0 - коэффициенты, зависящие от приведенной глубины погружения сваи $\bar{l} = \bar{\alpha} l$ и условий опирания ее нижнего конца (определяются по СНиП РК 5.01-03).

Для горизонтально-вращательных колебаний свайных фундаментов:

$$m_{\phi,red} = m_{x,red}; \quad (129)$$

$$\theta_{\phi,red} = \theta_{\phi,r} + \beta_x^* \sum_{i=1}^N m_{i,p} r_{h,i}^2 + \sum_{i=1}^N m_{i,0} r_{h,i}^2; \quad (130)$$

$$\theta_{\phi 0,red} = \theta_{\phi,red} + h_2^2 m_r; \quad (131)$$

$$K_{\phi,red} = \frac{K_{x,red}}{N} \sum_{i=1}^N r_{h,i}^2. \quad (132)$$

В формулах (130) - (132):

$\theta_{\phi,r}$ - момент инерции массы ростверка и машины относительно горизонтальной оси, проходящей через их общий центр тяжести перпендикулярно плоскости колебаний, $\text{т} \cdot \text{м}^2$;

h_2 - расстояние от центра тяжести массы m_r до подошвы ростверка, м;

$r_{h,i}$ - расстояние от оси i -й сваи до горизонтальной оси, проходящей через центр тяжести подошвы фундамента перпендикулярно плоскости колебаний.

Для вращательных колебаний свайного фундамента относительно вертикальной оси:

$$m_{\psi,red} = m_{x,red}; \quad (133)$$

$$\theta_{\psi,red} = \theta_{\psi,r} + \beta_x^* \sum_{i=1}^N m_{i,p} r_{v,i}^2 + \sum_{i=1}^N m_{i,0} r_{v,i}^2; \quad (134)$$

$$K_{\psi,red} = \frac{K_{\kappa,red}}{N} \sum_{i=1}^N r_{v,i}^2. \quad (135)$$

В формулах (134), (135):

$\theta_{\psi,r}$ - момент инерции массы ростверка и машины относительно вертикальной оси, проходящей через центр тяжести ростверка, т*м²;

$r_{v,i}$ - расстояние от оси i -й сваи до вертикальной оси, проходящей через центр тяжести ростверка, м.

8.6.4 Относительное демпфирование для свайных фундаментов следует определять, как правило, по результатам испытаний. При отсутствии экспериментальных данных относительное демпфирование ξ_z при вертикальных колебаниях свайных фундаментов допускается принимать равным 0,2 для установившихся колебаний и 0,5 для неустановившихся колебаний. Значения ξ_x , ξ_ϕ , ξ_ψ определяются по формулам 49 - 51.

9 ОСОБЕННОСТИ РАСЧЕТА И ПРОЕКТИРОВАНИЯ ФУНДАМЕНТОВ РАЗЛИЧНЫХ ВИДОВ МАШИН

9.1 Фундаменты машин с вращающимися частями и кривошипно-шатунными механизмами, кузнечных молотов

9.1.1 В состав исходных данных для проектирования фундаментов машин, с вращающимися частями должны входить:

- данные о значениях нагрузок от момента короткого замыкания в электрических машинах и от тяги вакуума в конденсаторах паровых турбин, координаты точек их приложения и размеры площадок передачи этих нагрузок; данные о нагрузках, возникающих при тепловых деформациях машин;
- схемы расположения и нагрузки от вспомогательного оборудования (масло- и воздухоохладителей, масляных баков, насосов, трубопроводов и др.);
- схемы площадок, опирающихся на фундамент, и данные о нормативных значениях нагрузок от них;
- данные для определения монтажных нагрузок, размеры площадок передачи этих нагрузок.

Примечание - При проектировании фундаментов турбоагрегатов мощностью 25 тыс. кВт и более показатели физико-механических свойств грунтов должны определяться на основе непосредственных испытаний в полевых или лабораторных условиях.

9.1.2 Центробежные насосы, агрегируемые на заводе-изготовителе при помощи железобетонных опорных плит с электродвигателями или двигателями внутреннего сгорания мощностью до 400 кВт, допускается устанавливать без фундамента на подстилающий слой пола. Для агрегатов с двигателями мощностью до 50 кВт железобетонные опорные плиты устанавливаются на подстилающий слой пола без специального закрепления на подливку из песчано-цементного раствора толщиной 30 - 50 мм. Для агрегатов с двигателями мощностью свыше 50 кВт крепление железобетонной

опорной плиты к подстилающему слою пола должно осуществляться фундаментными болтами.

9.1.3 На нижние плиты (или ростверки) рамных фундаментов машин, допускается опирать стойки площадок обслуживания машин и перекрытия над подвалом.

В случае устройства под всем машинным залом общей фундаментной плиты допускается непосредственно на этой плите возводить фундаменты машин.

Элементы верхнего строения фундаментов не допускается связывать с элементами и конструкциями здания.

Примечание - В виде исключения на элементы верхнего строения фундаментов машин допускается опирать вкладные участки перекрытия. В этом случае под опорами балок перекрытия необходимо предусматривать изолирующую прокладку, например, из фторопласта или других подобных материалов. Такие прокладки следует предусматривать также под опорами перекрытий и площадок обслуживания, установленных на стойках, опертых на нижние плиты (ростверка) фундаментов машин.

9.1.4 Нормативные динамические нагрузки (вертикальные $F_{n,v}$ и горизонтальные $F_{n,h}$), кН, от машин с вращающимися частями следует принимать по данным задания на проектирование, а при отсутствии этих данных допускается принимать равными:

$$F_{x,v} = F_{x,h} = \mu \sum_{i=1}^s G_i, \quad (136)$$

где μ - коэффициент пропорциональности, устанавливаемый по таблице 10;

s - число роторов;

G_i - вес каждого ротора машины, кН.

9.1.5 Рамные фундаменты машин с вращающимися частями рассчитываются на два вида особых сочетаний нагрузок:

- первое, в которое входят особые нагрузки при коротком замыкании в электрической машине или другие аварийные нагрузки P_a , которые указываются в задании на проектирование (нагрузки, вызываемые резкими нарушениями технологического процесса, временной неисправностью или поломкой оборудования);
- второе, в которое входят сейсмические воздействия.

Таблица 10 - Значения коэффициента пропорциональности μ

Машины	Коэффициент пропорциональности μ
Турбомашины	0,2
Электрические машины с частотой вращения n_r , об/мин:	
менее 500	0,1
от 500 до 750	0,1 - 0,15
от 750 до 1500	0,15 - 0,2
свыше 1500	0,2
Центрифуги (d - диаметр ротора, м)	$\left(\frac{n_r}{1000}\right)^2 d$
Центробежные насосы	0,15
Дымососы и вентиляторы	$0,8 \left(\frac{n_r}{1000}\right)^2$, но не менее 0,2

9.1.6 Динамические нагрузки, создаваемые машинами и определяемые по формуле (49), в особое сочетание нагрузок, в которое входит сейсмическое воздействие, не включаются, а в особых сочетаниях, в которые входят аварийные нагрузки, учитываются только в тех точках, где аварийные нагрузки не заданы.

9.1.7 При расчете фундаментов машин на особое сочетание нагрузок расчетные величины кратковременных нагрузок или соответствующих им усилий должны умножаться на коэффициент сочетаний $n_c = 0,8$, кроме случаев, оговоренных в нормах проектирования зданий и сооружений в сейсмических районах.

Примечание - При проектировании фундаментов особо ответственных машин, к которым предъявляется требование сейсмостойкости, параметры сейсмических колебаний фундамента на уровне опирания машины определяются динамическим расчетом с использованием акселерограмм.

9.1.8 Нормативные нагрузки на фундаменты турбомашин, соответствующие моменту короткого замыкания $M_{n,sc}$, кН·м, и тяги вакуума в конденсаторе при гибком присоединении конденсатора $F_{n,vac}$, кН, следует принимать по заданию на проектирование или определять по формулам:

$$M_{n,sc} = 9,75 \frac{N}{n_r} k_{sc}, \quad (138)$$

$$F_{n,vac} = 100a. \quad (139)$$

В формулах (138), (139):

N - номинальная мощность электрической машины, кВт;

n_r - частота вращения машины, об/мин;

k_{sc} - коэффициент кратности вращающего момента при коротком замыкании, принимаемый по заданию на проектирование; в случае отсутствия в задании на проектирование допускается принимать равным 10;

100 - усилие тяги вакуума на 1 м² сечения трубопровода, кН/м²;

a - площадь поперечного сечения соединительной горловины конденсатора с турбиной, м^2 .

9.1.9 Монтажные нагрузки учитываются в сочетаниях с постоянными сейсмическими нагрузками. В сочетаниях, в которые входят динамические нагрузки от машины, монтажные нагрузки не учитываются.

В отдельных случаях при реконструкции действующих предприятий разрешается снижать величину монтажной нагрузки на верхней плите фундамента, принимая ее по заданию на проектирование, но не менее 10 кПа, о чем должно быть указано в рабочей документации и написано на фундаменте.

9.1.10 Расчет колебаний фундаментов всех видов машин с вращающимися частями сводится к определению максимальной амплитуды горизонтальных (поперечных) колебаний верхней плиты (для рамных фундаментов) или верхней грани фундамента (для массивных и стенчатых фундаментов). Расчет следует производить в соответствии с указаниями подразделов 8.1 и 8.2. Расчет амплитуд вертикальных колебаний при отсутствии требований технического задания, как правило, не производится.

9.1.11 При расчетах колебаний значения расчетных динамических нагрузок следует определять на основании п.5.2.9.

9.1.12 Для массивных и стенчатых фундаментов машин с вращающимися частями с частотой вращения более 1000 об/мин расчет колебаний допускается не производить.

9.1.13 Расчетные значения амплитуд колебаний должны быть не более максимальных предельно допускаемых, установленных в задании на проектирование, а при их отсутствии – по таблице 11.

Задание на проектирование, исходя из технологических требований, может ограничивать значения максимальных предельно допускаемых амплитуд колебаний величинами более низкими, чем приведенные в таблице 11.

В этом случае рекомендуется выполнять расчет фундамента на колебания как в горизонтальном, так и в вертикальном направлениях, с учетом поглощения колебаний в конструкции фундамента и основании.

Таблица 11 - Значения максимальных предельно допускаемых амплитуд колебаний A_{adm}^u

Число оборотов машины $n_{об}$ в 1 мин	Максимальные предельно допускаемые амплитуды колебаний A_{adm}^u , мм
Менее 500	0,2
Менее 750 до 500	0,15
От 1000 до 750	0,1

9.1.14 Для массивных и стенчатых фундаментов выполняется расчет вынужденных колебаний на грунтовом основании. При этом характеристики, определяющие упругие свойства и демпфирование грунтового основания при колебаниях, следует принимать по данным полевых испытаний.

9.1.15 Для рамных фундаментов выполняется расчет вынужденных колебаний пространственной рамы. Расчетная схема принимается в виде стержневой системы с распределенными или сосредоточенными массами.

9.1.16 При наличии в задании на проектирование фундамента технологических требований, ограничивающих перемещения и деформации фундамента из условий сохранения взаимного положения элементов машины и связанного с ней оборудования для обеспечения нормальной их эксплуатации, толщина нижней плиты фундамента определяется расчетом по деформациям в соответствии с указаниями приложения В. В этом случае эксцентриситет центра тяжести площади подошвы фундамента и линии действия равнодействующей статических нагрузок (см. п.5.2.8) не нормируется при следующих дополнительных условиях:

- величины краевых давлений при внецентренном загрузении фундамента не превосходят правой части формулы СНиП РК 5.01-01 более чем на 25 %;
- расчет колебаний ведется с учетом эксцентриситета.

9.1.17 В состав исходных данных для проектирования фундаментов машин с кривошипно-шатунными механизмами, должны входить:

- значения равнодействующих неуравновешенных (возмущающих) сил и моментов первой и второй гармоник от всех частей, места приложения сил и плоскости действия моментов;
- расстояние от оси главного вала машины до верхней грани фундамента;
- характеристика привода (синхронный, асинхронный электродвигатель и т.п.).

9.1.18 Возмущающие нагрузки, действующие на фундаменты многоцилиндровых машин с кривошипно-шатунными механизмами, определяются геометрической суммой возмущающих сил, развиваемых каждым цилиндром, и их моментов, зависящих от расположения машины на фундаменте.

9.1.19 При агрегировании на заводе-изготовителе компрессоров с электродвигателями применяемые для этой цели сборные железобетонные опорные плиты должны учитываться в расчете как верхняя часть фундамента. В случае размещения таких компрессорных агрегатов внутри промышленных зданий при обосновании расчетом допускается их установка на подстилающие слои типовых полов. При этом в расчете амплитуд колебаний должна учитываться масса подстилающего слоя пола как под опорной плитой, так и примыкающей зоны на расстоянии 0,5 м от граней плиты.

9.1.20 Крепление железобетонной опорной плиты к подстилающему слою пола должно осуществляться фундаментными болтами, допускающими глубину заделки в бетон менее 15 диаметров болта (конические болты, болты на эпоксидном клее и др.).

В случае установки агрегированного оборудования на рамный фундамент железобетонную опорную плиту следует учитывать в расчете как верхнюю обвязочную плиту фундамента.

9.1.21 Стенчатые фундаменты надлежит проектировать из следующих элементов: нижней фундаментной плиты, продольных и поперечных стен и верхней горизонтальной железобетонной плиты (или рамы), на которой устанавливают и крепят машину. Конструкция верхней железобетонной плиты (рамы) фундамента должна быть надежно связана со стенами и обеспечивать общую жесткость фундамента в горизонтальной плоскости. Размеры конструктивных элементов стенчатых фундаментов назначают с

учетом требований, содержащихся в задании на проектирование, и в соответствии с данными, введенными в таблице 12.

9.1.22 Машины с кривошипно-шатунными механизмами являются, в основном, низкочастотными, поэтому для них применяются, как правило, фундаменты с дорезонансным режимом колебаний, для которых частоты собственных колебаний превышают наивысшую частоту возмущающих сил. При выборе размеров конструктивных элементов фундаментов следует учитывать, что собственная частота колебаний фундамента может быть увеличена путем увеличения площади подошвы и уменьшения массы фундамента.

9.1.23 Массивные фундаменты объемом более 20 м^3 , кроме того, следует конструктивно армировать по наружным боковым граням фундамента. Армирование производится сетками с квадратными ячейками размерами от 300 до 400 мм из стержней диаметром соответственно от 12 до 16 мм, в зависимости от размеров фундамента.

9.1.24 Массивные фундаменты плитного типа независимо от их объема должны иметь конструктивное армирование по подошве и верхней грани фундамента горизонтальными сетками, такими же, как для фундаментов объемом более 20 м^3 .

Таблица 12 - Размеры элементов стенчатых фундаментов

Нормируемый размер элементов фундамента	Ориентировочные размеры элементов стенчатых фундаментов, м
Толщина стен, $b_{ст}$	от 0,6 и более
Толщина нижней фундаментной плиты $b_{пл}$	от $b_{ст}$ и более
Вылет консольных участков нижней фундаментной плиты	от $2,5 b_{пл}$ и менее
Вылет консольных участков верхней плиты	от 2 и менее
Толщина верхней плиты фундамента	от 0,1 и более

9.1.25 Для уменьшения амплитуд колебаний фундаментов низкочастотных машин с кривошипно-шатунными механизмами могут быть использованы следующие мероприятия:

– увеличение жесткости фундамента путем увеличения размеров его подошвы в направлении действия горизонтальной нагрузки, устройства свайного фундамента (при вертикальных нагрузках), химического закрепления грунта, устройства подушки из более жесткого грунта;

– устройства общего фундамента под несколько машин, устройства присоединенных плит, жестко или упруго связанных с фундаментом и пр.

9.1.26 При необходимости ограничить распространение колебаний от компрессорного агрегата, смонтированного на железобетонной опорной плите, в подстилающем слое пола, на который она устанавливается, должен устраиваться деформационный шов шириной 2–3 см на всю толщину пола на расстоянии 1 м от граней опорной плиты.

9.1.27 В состав исходных данных для проектирования фундаментов кузнечных молотов должны входить:

- чертежи габаритов молота с указанием типа молота (штамповочный, ковочный) и его марки;
- номинальная и действительная (с учетом массы верхней половины штампа) масса падающих частей; высота их падения;
- масса шабота и станины;
- размеры подошвы шабота и отметки ее относительно пола цеха, а также размеры опорной плиты станины;
- значение коэффициента восстановления скорости удара при штамповке изделий из цветных металлов или их сплавов;
- внутренний диаметр цилиндра и рабочее давление пара или воздуха (или энергия удара).

9.1.28 Деревянные подшаботные прокладки следует изготавливать из дубовых брусьев; для молотов с массой падающих частей до 1 т подшаботную прокладку допускается изготавливать из лиственницы или сосны.

Деревянные прокладки следует предусматривать из пиломатериалов 1-го сорта по ГОСТ 2695 и ГОСТ 8488-86 Е.

При обосновании расчетом и по согласованию с заводом - изготовителем машины допускается заменять деревянные подшаботные прокладки на резинотканевые.

При устройстве общей плиты под несколько молотов и при нескольких отдельно стоящих фундаментах в цехе амплитуды вертикальных колебаний фундамента следует определять с учетом указаний п. 8.1.9.

9.1.29 Толщина подшаботной части фундамента должна быть не менее указанной в таблице 13.

Таблица 13 - Толщина подшаботной части фундамента

Номинальная масса падающих частей молота m_0 , т	Толщина подшаботной части фундамента, м, не менее	Число арматурных сеток в верхней части фундамента
$m_0 \leq 1$	1	2
$1 < m_0 \leq 2$	1,25	3
$2 < m_0 \leq 4$	1,75	3
$4 < m_0 \leq 6$	2,25	4
$6 < m_0 \leq 10$	2,6	5
$m_0 > 10$	Свыше 3	Свыше 5

9.1.30 Фундаменты кузнечных молотов должны иметь конструктивное армирование в соответствии с требованиями п.5.2.15.

Верхнюю часть фундамента, примыкающую к подшаботной прокладке, следует армировать горизонтальными сетками с квадратными ячейками размерами 100×100 мм из стержней диаметром 10 - 12 мм; сетки следует располагать рядами с расстоянием между

ними по вертикали 100 - 120 мм в количестве, принимаемом по таблице 13 и зависящем от массы падающей части молота m_0 .

Часть фундаментов ковочных молотов, расположенную под подошвой станины молота, следует армировать горизонтальными сетками с квадратными ячейками из стержней диаметром 12 - 16 мм с шагом в продольном и поперечном направлениях 200 - 300 мм. Аналогичные арматурные сетки следует устанавливать у граней выемки для шабота всех видов кузнечных молотов, причем вертикальные стержни этих сеток необходимо доводить до подошвы фундамента.

9.1.31 Деревянные подшаботные прокладки следует изготавливать из дубовых брусев; для молотов с массой падающих частей до 1 т подшаботную прокладку допускается изготавливать из лиственницы или сосны.

Деревянные прокладки следует предусматривать из пиломатериалов 1-го сорта по нормативным документам по пиломатериалам.

При обосновании расчетом и по согласованию с заводом - изготовителем машины допускается заменять деревянные подшаботные прокладки на резинотканевые.

9.1.32 Амплитуды вертикальных колебаний фундаментов молотов при центральной установке a_z , м, следует определять по формуле (97), в которой импульс вертикальной силы J_z , кН·с, определяется по формуле:

$$J_z = m_0 v, \quad (139)$$

где m_0 - масса падающих частей молота, т;

v - скорость падающих частей молота в начале удара, м/с, принимаемая по заданию на проектирование или, при отсутствии таких данных, определяемая по формулам:

для молотов, свободно падающих (фрикционных и одностороннего действия),

$$v = 0,9 \sqrt{2gh_0}; \quad (140)$$

для молотов двойного действия

$$v = 0,65 \sqrt{2gh_0 \left(\frac{p_m A_p}{m_0 g} + 1 \right)} \quad (141)$$

$$\text{или} \quad v = \sqrt{\frac{2E_{sk}}{m_0}}. \quad (142)$$

В формулах (140) - (142):

h_0 - рабочая высота падения ударяющих частей молота, м;

A_p - площадь поршня в цилиндре, м²;

p_m - среднее давление пара или воздуха, кПа;

E_{sk} - энергия удара, кДж;

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

Коэффициент восстановления скорости удара ε в формуле (97) следует принимать: при штамповке стальных изделий для молотов штамповочных $\varepsilon = 0,5$; для ковочных молотов $\varepsilon = 0,25$; при штамповке изделий из цветных металлов и их сплавов коэффициент ε следует принимать по заданию на проектирование.

9.1.33 Амплитуду вертикальных колебаний фундамента при установке молота с эксцентриситетом следует определять по формулам (98) - (100), в которых значение ε - то же, что в 68, а значение импульса момента J_ϕ определяется по формуле:

$$J_\phi = J_z e, \quad (143)$$

где e - эксцентриситет удара, м.

При устройстве общей плиты под несколько молотов и при нескольких отдельно стоящих фундаментах в цехе амплитуды вертикальных колебаний фундамента следует определять с учетом указаний п.8.1.7.

9.1.34 Сумма статического и динамического давлений на подшаботную прокладку не должна превышать расчетного сопротивления древесины при сжатии поперек волокон.

Расчетное динамическое давление на подшаботную прокладку σ , кПа, вычисляется по формуле:

$$\sigma = 1,6 m_0 v \sqrt{\frac{E_w}{m'_1 A_1 t}}, \quad (144)$$

где E_w - модуль упругости материала подшаботной прокладки, кПа;

m'_1 - суммарная масса шабота и станины для штамповочных молотов и масса шабота для ковочных молотов, т;

A_1 - опорная площадь шабота, м²;

t - толщина прокладки, м.

9.2 Фундаменты формовочных машин литейного производства и производства сборного железобетона

9.2.1 В состав исходных данных для проектирования фундаментов формовочных машин литейного производства, должны входить:

- нормативные статические нагрузки, передаваемые на фундамент основными механизмами (встряхивающим, поворотным, приемным и пр.), и точки приложения этих нагрузок;
- грузоподъемность машин (суммарная масса опоки и формовочной смеси), масса падающих частей и станины встряхивающего механизма;
- рабочая высота падения встряхивающих (падающих) частей машины;
- размеры в плане, толщина и материал надфундаментной упругой прокладки.

9.2.2 При отсутствии данных о весе падающих частей суммарное значение веса падающих частей Q_0 , кН, определяется по формуле:

$$Q_0 = 0,8 d^2 P_c, \quad (145)$$

где d — диаметр поршня встряхивающего механизма, м;

P_c – рабочее давление сжатого воздуха, кПа.

9.2.3 Для устройства надфундаментной упругой прокладки следует предусматривать брусья из дуба и листовую резину. Для встряхивающих формовочных машин грузоподъемностью менее 5 т допускается применение брусьев из лиственницы или сосны. Деревянные брусья следует изготавливать из древесины, отвечающей требованиям, норм.

9.2.4 Высота фундамента под встряхивающим механизмом и расстояние от дна каналов, тоннелей и выемок до подошвы фундамента должны быть не менее, указанных в таблице 14.

9.2.5 Армирование фундаментов формовочных машин и их отдельных элементов необходимо производить в соответствии с требованиями, приведенными в п.5.2.15, с учетом следующих указаний.

Верхнюю часть фундамента непосредственно под станиной встряхивающего механизма следует армировать горизонтальными сетками, число которых назначается в зависимости от грузоподъемности механизма, т:

до 5	1 - 2 сетки
от 5 до 15	2 - 3 сетки
св. 15	3 - 4 сетки

Таблица 14 – Значение высота фундамента под встряхивающим механизмом и расстояние от дна каналов, тоннелей и выемок до подошвы фундамента

Грузоподъемность машины m_c , т	Высота фундамента под встряхивающим механизмом, м, не менее	Расстояние от дна каналов, тоннелей и выемок до подошвы фундамента, м, не менее
$m_c \leq 1,5$	1	0,2
$1,5 < m_c \leq 2,5$	1,25	0,3
$2,5 < m_c \leq 5$	1,5	0,4
$5 < m_c \leq 10$	1,8	0,5
$10 < m_c \leq 20$	2	0,7
$m_c > 20$	2,25	0,9

9.2.6 Наружные железобетонные стены, ограждающие формовочную машину, следует армировать двойными сетками, используя в качестве вертикальной арматуры стержни диаметром 12 - 14 мм при грузоподъемности машин до 15 т и диаметром 16 - 20 мм при большей грузоподъемности. В качестве продольной арматуры следует предусматривать стержни диаметром 10 - 12 мм с шагом соответственно 300 - 400 мм. Сетки следует соединять между собой поперечными стержнями диаметром 10 - 12 мм через 600 - 800 мм в горизонтальном и вертикальном направлениях.

Наружные боковые грани фундамента следует армировать арматурными сетками, выполненными для фундаментов объемом 80 м^3 и менее с вертикальными стержнями диаметром 12 - 14 мм и шагом 200 мм, а для фундаментов объемом более 80 м^3 - диаметром 16 - 20 мм с тем же шагом.

9.2.7 Амплитуды вертикальных колебаний фундаментов формовочных машин следует определять в зависимости от соотношения угловой частоты ω , с^{-1} , свободных вертикальных колебаний подвижных частей машины на упругой надфундаментной прокладке и угловой частоты λ'_z , с^{-1} , свободных вертикальных колебаний всей установки на грунте, определяемых по формулам:

$$\omega = \sqrt{\frac{k}{m_0 + m_1}}; \quad (146)$$

$$\lambda'_z = \sqrt{\frac{K_z}{m'}}, \quad (147)$$

где k - суммарный коэффициент жесткости упругой надфундаментной прокладки, кН/м, определяемый по формуле:

$$k = \frac{A_1 E_w E_r}{t_r E_w + t_w E_r}, \quad (148)$$

здесь A_1 - площадь станины встряхивающего механизма, м^2 ;

E_w - модуль упругости деревянной прокладки, кПа;

E_r - модуль упругости резиновой прокладки, принимаемый в зависимости от твердости;

t_r - толщина резиновой прокладки, м;

t_w - толщина деревянной прокладки, м;

m' - масса установки, т, определяемая по формуле:

$$m' = m_0 + m_1 + m; \quad (149)$$

m_0 - суммарная масса падающих частей машины, включая массу опоки и формовочной смеси, т;

m_1 - масса станины встряхивающего механизма, т;

m - общая масса фундамента, неподвижных частей машины и грунта над обрезами фундамента, т.

9.2.8 При условии $\omega > 0,7\lambda'_z$ амплитуды вертикальных колебаний a_z и a_v фундаментов формовочных машин следует определять по формулам (97) - (100), в которых ε - коэффициент восстановления скорости удара, принимаемый равным нулю; J_z - импульс вертикальной силы, кН·с, определяемый по формуле (140); J_ϕ - импульс момента сил относительно горизонтальной оси, кН·с·м, определяемый по формуле (144); v - скорость падающих частей формовочной машины, м/с, определяемая по формуле (145), в которой h_0 - рабочая высота падения встряхивающих частей машины, м.

Вместо значений λ_z и m в формуле (97) следует принимать значения соответственно λ'_z и m' , вычисленные по формулам (147) и (148), а вместо значений λ_ϕ и $\theta_{\phi 0}$ в формуле (100) - значения λ'_ϕ и $\theta'_{\phi 0}$; значение λ'_ϕ определяется по формуле:

$$\lambda'_\phi = \sqrt{\frac{K_\phi}{\theta'_{\phi 0}}}, \quad (150)$$

где $\theta'_{\phi 0}$ - момент инерции массы всей установки, включая массу подвижных частей, относительно оси, проходящей через центр тяжести подошвы фундамента перпендикулярно плоскости колебаний, т·м².

9.2.9 При условии $\omega \leq 0,7\lambda'_z$ амплитуду вертикальных колебаний a_v фундаментов формовочных машин следует определять по формуле (89), в которой a_z - амплитуда вертикальных колебаний общего центра тяжести фундамента и неподвижных частей машины, определяемая по формуле (90); a'_z - амплитуда вертикальной составляющей вращательных колебаний фундамента и неподвижных частей машины относительно горизонтальной оси, проходящей через их общий центр тяжести перпендикулярно плоскости колебаний. Для фундаментов машин с центральным приложением динамической нагрузки (встряхивающие столы и формовочные машины со штифтовым съемом) $a'_z = 0$. В случае приложения динамической нагрузки с эксцентриситетом (формовочные машины с поворотнo-перекидным механизмом) a'_z определяется по формуле (92).

9.2.10 В формулах (90) и (92) динамическую нагрузку на фундамент формовочной машины F_v , кН, следует вычислять по формуле:

$$F_v = m_0 v \sqrt{\frac{k}{m_0 + m_1}}, \quad (151)$$

Вместо угловой частоты вращения машины ω следует принимать угловую частоту свободных вертикальных колебаний подвижных частей машины на упругой над фундаментной прокладке, определяемую по формуле (146).

9.2.11 Для уменьшения вращательных колебаний фундаментов формовочных машин с поворотнo-перекидным механизмом эксцентриситет приложения динамической нагрузки следует ограничивать до 5 - 10 % размера стороны подошвы фундамента, в направлении которой происходит смещение точки приложения ударной нагрузки.

9.2.12 Расчетное значение амплитуды вертикальных колебаний фундаментов формовочных машин должно удовлетворять условию п.9.2.7

Амплитуду вертикальных колебаний фундаментов формовочных машин с поворотнo-перекидным механизмом, определенную для торцовых граней фундамента, допускается увеличивать на 20 %.

9.2.13 При основании, сложенном мелкими или пылеватыми водонасыщенными песками, для машин грузоподъемностью 10 т и более следует, как правило, предусматривать виброизоляцию фундаментов.

9.2.14 В состав исходных данных для производства сборного железобетона, кроме материалов, перечисленных в подразделе 9.2.1, должны входить:

- масса подвижных частей площадки;
- схема расположения, тип и жесткость упругих опор;
- число оборотов в минуту и амплитуда возмущающих сил вибратора, момент эксцентриков вибратора;
- значение безынерционной пригрузки;
- высота падения ударной части площадки;
- расположение и размеры рабочих мест, если технологическим процессом производства не предусматривается дистанционное управление работой данной формовочной машины.

9.2.15 Фундаменты под формовочные машины для производства сборного железобетона следует проектировать массивными в виде плит или блоков. Армирование фундаментов должно производиться в соответствии с требованиями п.п. 5.2.15 – 5.2.18. При этом для армирования следует применять сетки из стержней диаметром 12–16 мм класса А-III (А400) с шагом в обоих направлениях соответственно 200–300 мм.

9.2.16 В качестве упругих опор вибрационных площадок следует применять винтовые стальные пружины и другие упругие элементы, обеспечивающие необходимую виброизоляцию; упругие опоры виброударных площадок должны выполняться из слоев резины.

9.2.17 Между фундаментами формовочных машин и смежными фундаментами строительных конструкций зданий или оборудования следует предусматривать сквозной зазор. Между бетонным полом цеха и фундаментами формовочных машин по всему периметру должна устраиваться прокладка из досок толщиной не менее 25 мм, установленных на ребро (ширина досок должна соответствовать толщине конструкции бетонного пола).

9.2.18 Размещения рабочих мест непосредственно на фундаментах машин следует, по возможности, избегать. В случаях, когда по расчету вибрации фундамента не будут превышать пределов, установленных санитарными нормами, рабочие места проектируются без виброизоляции в виде жестких постаментов, не имеющих настила из гибких элементов (дошчатых, из рифленой стали и др.). В противном случае обязательным является применение пассивной виброизоляции рабочих мест.

9.2.19 При формовании изделий в высоких формах (например, кассетных) обслуживающие площадки вокруг форм (кассет) не допускается опирать на фундаменты формовочных машин и соединять с ними.

9.2.20 Эксцентриситет равнодействующей возмущающих сил вибратора или линии действия ударов по отношению к центру тяжести площади подошвы фундамента не должен превышать: для вибрационных площадок и стационарных виброштампов 3 %, а для виброударных и ударных площадок 1 % размера стороны подошвы фундамента, в направлении которой смещается равнодействующая.

9.2.21 Амплитуды вертикальных колебаний a_v фундаментов под вибрационные площадки на упругих опорах следует определять по формулам (89) - (92), в которых динамическую нагрузку на фундамент F_v , кН, следует вычислять по формуле:

$$F_v = \frac{M_{exc} K}{m_0 g}, \quad (152)$$

где M_{exc} - момент эксцентриков вибратора, кН·м, принимаемый по заданию на проектирование;

m_0 - масса подвижных частей площадки вместе с формуемым изделием, т, которая не учитывается при определении массы всей установки m (п.8.2.5);

K - суммарный коэффициент жесткости опор, кН/м, принимаемый по заданию на проектирование.

9.2.22 Для фундаментов виброударных и ударных площадок следует предусматривать, как правило, виброизоляцию.

Расчет амплитуд вертикальных колебаний a_z невиброизолированных фундаментов следует производить по формуле (97), в которой $J_z = m_0 v$, коэффициент восстановления скорости удара принимают $\varepsilon = 0,5$; скорость удара v , м/с, следует вычислять для ударных площадок по формуле (140), а для виброударных - по формуле:

$$v = \frac{F_v}{m_0 \omega}, \quad (153)$$

где F_v - расчетное значение возмущающей силы вибратора, кН;

m_0 - масса подвижных частей, включая массу формы с бетоном, т;

ω - угловая частота вращения, с⁻¹.

9.2.23 Амплитуды вертикальных колебаний a_v фундаментов виброштампов следует определять по формуле (89), в которой величины a_z и a'_z , м, следует вычислять по формулам:

$$a_z = \frac{0,64 F_v [3(\lambda_z / \omega)^3 + 1]}{m \omega^2}; \quad (154)$$

$$a'_z = \frac{0,32 F_v e l [3(\lambda_\phi / \omega)^3 + 1]}{\theta_\phi \omega^2}, \quad (155)$$

где F_v - расчетное значение вертикальной составляющей возмущающих сил машины, кН;

e - эксцентриситет ее приложения, м, принимаемый для стационарных виброштампов равным нулю;

m - масса фундамента, засыпки грунта на его обрезах, неподвижных частей машины и формуемого изделия, т;

θ_ϕ - момент инерции массы фундамента, засыпки грунта на его обрезах, неподвижных частей машины и формуемого изделия относительно оси, проходящей через общий центр тяжести перпендикулярно плоскости колебаний, т·м²;

λ_ϕ - угловая частота вращательных колебаний фундамента, с⁻¹, определяемая по формуле (83), в которой $\theta_{\phi 0}$ - момент инерции массы фундамента, засыпки грунта на его обрезах, неподвижных частей машины и формуемого изделия относительно оси,

проходящей через центр тяжести подошвы фундамента перпендикулярно плоскости колебаний, $\text{т} \cdot \text{м}^2$;

ω, λ_z, l - то же, что и в формулах подраздела 8.2.

9.3 Фундаменты оборудования копровых бойных площадок и дробилок

9.3.1 В состав исходных данных для проектирования фундаментов оборудования копровых бойных площадок, кроме материалов, указанных в подразделе 5.1, должны входить:

- масса ударной части копра, т , и высота ее падения, м ;
- размеры в плане площади, на которой производится разбивка (разделка) скрапа; данные о расположении копра по отношению к существующим и проектируемым зданиям и сооружениям.

9.3.2 Ориентировочно параметры бойных площадок, предназначенных для разделки металлолома на ваграночный габарит, могут приниматься по таблице 15.

Таблица 15 - Параметры бойных площадок, предназначенных для разделки металлолома на ваграночный габарит

Вид сырья	Масса ударной части копра, тс	Высота падения, м	Площадь бойной площадки, м^2
Машинный лом, скрап	1–8	7–20	5–20
Отбракованные изложницы, поддоны, козлы и т. п. массой до 10 тс	8–12	20–25	12–30
То же, массой более 10 тс	10–15	25–35	20–50

При переработке лома на мартеновский габарит необходимо площадь бойной площадки увеличивать в 2–3 раза по сравнению с указанной в таблице 15.

9.3.3 В корытообразных фундаментах подшаботную прокладку целесообразно выполнять из трех слоев.

Защитный слой предназначен для предохранения от разрушения поверхности бетона в приемке фундамента. Он выполняется в виде нескольких щитов из дубовых брусьев общей толщиной до 80 см , уложенных непосредственно на днище железобетонной части.

Амортизирующий слой, расположенный поверх защитного, представляет собой в свою очередь многослойную конструкцию, состоящую из чередующихся слоев чугуновой стружки, разделенных между собой стальными листами толщиной не менее 20 мм . Толщина каждого слоя стружки не должна превышать 100 мм .

9.3.4 Поверх амортизирующего слоя укладываются броневые плиты толщиной 80–100 мм и на них размещаются стальные блямсы, предназначенные для увеличения приведенной массы шабота и распределения давления на него.

Для улучшения контакта нижней поверхности шаботов с верхним слоем блюмсов между ними конструктивно размещается тонкая прослойка чугунной стружки, смешанной с битумом.

9.3.5 От толщины слоев чугунной стружки зависит величина динамической нагрузки, передаваемой на железобетонную часть фундамента при ударе по шаботу. Общая толщина всех слоев чугунной стружки b_c , м, определяется по формуле:

$$b_c = \frac{3,5Q_0^2 h E_c}{Q_{np} F_1 \sigma_o^2}, \quad (156)$$

где Q_0 – вес ударной части копра, кН ;

h – высота падения ударной части копра, м;

E_c – модуль упругости чугунной стружки, принимается равным 25 МПа;

Q_{np} – приведенный вес шабота, равный весу шабота с добавлением веса блюмсов, расположенных между шаботом и чугунной стружкой, кПа;

F_1 – площадь шабота, м²;

σ_o – расчетное сопротивление сжатию дубовых брусьев поперек волокон, кПа.

9.3.6 Боковые стенки железобетонных ограждений следует защищать по всей поверхности изнутри и поверху стальными плитами толщиной не менее 50 мм, уложенными по деревянным брускам сечением не менее 150X150 мм.

Для уменьшения разлета осколков разбиваемого лома стенки железобетонных ограждений выше уровня шабота (на высоту не менее половины наибольшего размера в плане) следует устраивать наклоненными внутрь на 7°–10°.

9.3.7 В качестве мероприятий по укреплению основания копровых бойных площадок рекомендуется использовать уплотнение грунта тяжелыми трамбовками, вибрацией и т.д. или использовать свайное основание.

9.3.8 При проверке по формуле (83) среднего статического давления p_{cp} по подошве фундаментов строительных конструкций в соответствии с таблицей 7 коэффициент условий работы грунтов основания γ_c следует принимать для водонасыщенных мелких и пылеватых песков $\gamma_c = 0,8$, для всех остальных видов и состояний грунтов – $\gamma_c = 1$.

9.3.9 Минимальные расстояния от копровых бойных устройств до фундаментов строительных конструкций зданий и сооружений следует принимать по таблице 16.

9.3.10 В состав исходных данных для проектирования фундаментов дробилок, должны входить:

- значения горизонтальной и вертикальной составляющих равнодействующей динамических нагрузок F_n и их места приложения соответственно относительно верхней грани фундамента дробилок и вертикальной оси, проходящей через центр тяжести дробильной установки;
- частота вращения вала эксцентрика для конусных дробилок или главного вала для других видов дробилок;
- масса вращающихся частей; число и масса молотков, расстояние от оси вращения до центра тяжести молотка для молотковых дробилок;
- масса корпуса дробилок, масса заполнения.

Таблица 16 - Минимальные расстояния от копровых бойных устройств до фундаментов строительных конструкций

Грунты основания	Расстояние от копровых бойных устройств до фундаментов строительных конструкций, м (не менее), при массе ударной части копра m_0 , т		
	$m_0 \leq 3$	$3 < m_0 < 7$	$m_0 \geq 7$
Скальные и полускальные	15	20	30
Крупнообломочные, песчаные сухие, глинистые с показателем текучести $I_L < 0$ (в том числе лессовидные)	30	40	60
Песчаные влажные, глинистые с показателем текучести $0 < I_L < 1$	40	60	80
Песчаные водонасыщенные, глинистые с показателем текучести $I_L > 1$	50	80	100
Примечание - При возведении копровых установок на водонасыщенных песчаных и текучей консистенции глинистых грунтах следует искусственно укреплять основания фундаментов строительных конструкций (копровых цехов и скрапоразделочных баз), расположенных на расстояниях, меньших указанных в таблице 12.			

9.3.11 Данные по п.9.3.10 необходимы для аналитического определения гармонической нагрузки P^H в том случае, когда значения этих нагрузок не входят в состав задания на проектирование фундаментов. Значения горизонтальной составляющей гармонической динамической нагрузки P_n^s для некоторых типов конусных и щековых дробилок приведены в таблицах 17 и 18.

Групповые фундаменты при двухъярусном расположении дробилок при установке в верхнем ярусе дробилок с расчетной горизонтальной составляющей возмущающих сил P_z менее 30кН рекомендуется проектировать рамными.

9.3.12 Конструктивные схемы и основные размеры фундаментов дробилок следует назначать с учётом следующих требований:

– подошве отдельных фундаментов конусных дробилок следует придавать, как правило, квадратную форму, а фундаментам дробилок остальных видов – прямоугольную, вытянутую в направлении действия динамической нагрузки;

– при проектировании толщину нижней плиты следует принимать не менее наименьшего размера сечения колонн рамы для рамных фундаментов и не менее 0,7 толщины стен для стенчатых фундаментов.

Таблица 17 - Значения горизонтальной составляющей гармонической динамической нагрузки P_n^s для конусных дробилок

Конусные дробилки	Вес дробилки без электродвигателя F , кН	Число оборотов n , об/мин	Горизонтальная составляющая гармонической динамической нагрузки P_n^e , кН	Расстояние по вертикали от верхней грани фундамента до линии действия силы P_n^e , h , м
ККД-1200/150	2400	120	75	3,7
ККД-1500/300	6100	82	125	3,7
КСД-2200 Гр	970	242	150	1,8
КСД-3000 Т	2000	185	120	2
КСД-3000 Гр	2000	185	120	2
КМД-2200 Гр	90,50	242	150	1,8
КМД-3000 Т	2000	185	120	2

Таблица 18 - Значения горизонтальной составляющей гармонической динамической нагрузки P_n^e для щековых дробилок

Размеры загрузочной щели щековых дробилок, мм	Число оборотов n , об/мин	Горизонтальная составляющая гармонической динамической нагрузки P_n^e , кН
1200□900	170	60
1500□1200	140	90
2100□1500	100	120

9.3.13 Фундаменты дробилок допускается сооружать на общей железобетонной плите – днище подземных сооружений, устраиваемых в опускных колодцах.

Фундаменты дробилок, возводимые на крупнообломочных грунтах, допускается соединять с фундаментами конструкций здания.

9.3.14 Армирование фундаментов дробилок следует предусматривать в соответствии с требованиями нормативов, при этом для общего конструктивного армирования стенчатых фундаментов следует применять сетки из стержней диаметром 12–16 мм класса А-III(А400) с шагом в обоих направлениях соответственно 200–300 мм.

9.3.15 Расчет колебаний фундаментов дробилок сводится к определению наибольшей амплитуды горизонтальных колебаний верхней грани фундамента. Расчет выполняют в соответствии с требованиями п.п.8.2.1 – 8.2.4 для рамных фундаментов и п.п.8.2.5 – 8.2.7 – для массивных и стенчатых фундаментов. Определение амплитуды горизонтальных колебаний верхней грани массивных и стенчатых фундаментов щековых и конусных дробилок A_{adm}^e , м, допускается производить по приближенной формуле:

$$A_{adm}^z = \frac{P_z \left(\rho_1 \frac{h_1}{h_2} + 1 \right) (1 + \chi \rho_1)}{K_x \sqrt{K_1^2 \left[1 - \left(\frac{\omega}{\lambda_1} \right)^2 \right]^2 + 4 \xi_x^2 \left[(1 - \rho_1)^2 + \rho_1^2 \frac{\xi_\varphi}{\xi_x} \frac{K_\varphi}{K_x h_2^2} \right]^2}}, \quad (157)$$

$$\text{где} \quad K_1 = (1 - \rho_1)^2 + \rho_1^2 \frac{K_\varphi}{K_x h_2^2}; \quad (158)$$

P_z ; K_x ; K_φ ; h_1 ; h_2 ; χ ; λ_1 ; ω ; ξ_x ; ξ_φ – то же, что и в формулах (55) – (71).

ρ_1 – то же, что и в формуле (151).

9.3.16 Расчет колебаний фундаментов конусных дробилок, имеющих прямоугольную форму подошвы, следует производить в плоскости, совпадающей с направлением меньшего размера подошвы.

Расчет колебаний групповых фундаментов под несколько дробилок выполняют в соответствии с подпунктом 5.1. При этом амплитуда горизонтально-вращательных колебаний фундамента при работе i -й дробилки A_{iadm} , м, определяется по формуле:

$$A_{iadm} = A_{xi} + A_{\psi i} L_{\max}, \quad (159)$$

где L_{\max} – расстояние по горизонтали от центра тяжести всей установки до подшипника наиболее удаленной машины, м;

A_{xi} – амплитуда горизонтальных колебаний фундамента, м, при работе i -й дробилки, определяемая для массивных и стенчатых фундаментов по формуле (55) или по формуле (158), для рамных – по формуле (161);

$A_{\psi i}$ – амплитуда вращательных колебаний фундамента, м (угол поворота, рад) при работе

i -й дробилки относительно вертикальной оси, проходящей через центр тяжести всей установки, определяемая для массивных и стенчатых фундаментов по формуле:

$$A_{\psi i} = \frac{P_n e_i}{K_\psi \sqrt{\left[1 - \left(\frac{\omega}{\lambda'_\psi} \right)^2 \right]^2 + 4 \xi_\psi^2 \left(\frac{\omega}{\lambda'_\psi} \right)^2}}; \quad (160)$$

для рамных фундаментов по формуле (6), в которой

$$A_{\psi}^{cm} = \frac{P_{zi} e_i}{S_{\psi}} \quad (161)$$

где e_i – расстояние по горизонтали от центра тяжести всей установки до линии действия силы P_z'' ;

λ'_ψ – круговая частота вращательных колебаний массивного или стенчатого фундамента относительно вертикальной оси, проходящей через центр тяжести всей установки, определяемая по формуле:

$$\lambda'_\psi = \sqrt{\frac{K_\psi}{\theta_\psi}}, \quad (162)$$

где θ_ψ – момент инерции масс всей установки относительно той же оси;

K_ψ, S_ψ – то же, что в формуле (157);

P_z, ω – то же, что в формуле (158).

9.3.17 Максимально допускаемая амплитуда колебаний фундаментов дробилок принимается равной $A_{adm}'' = 0,3$ мм.

9.3.18 Рамные фундаменты дробилок следует рассчитывать по прочности на действие веса всех элементов установки с учетом веса заполнения и силы F_d , заменяющей динамическое действие машины, в соответствии с указаниями п.п.5.2.8 и 5.2.9.

Значение F_d следует определять по формуле (2), в которой нормативное значение динамической нагрузки F_n устанавливается по заданию на проектирование, а коэффициент надежности по нагрузке и коэффициент динамичности следует принимать по таблице 3.

Нормативное значение динамической нагрузки F_n , кН, для молотковых дробилок при отсутствии данных завода-изготовителя допускается определять по формуле:

$$F_n = m_0 e \omega^2, \quad (163)$$

где m_0 – масса вращающихся частей дробилки, т;

e – эксцентриситет массы m_0 , принимаемый равным 0,001 м;

ω – угловая частота вращения массы m_0 , с^{-1} .

9.3.19 При расчете прочности фундаментов молотковых дробилок следует производить проверку на отрыв молотка, при этом нормативное значение динамической нагрузки следует определять по формуле (163), принимая в ней массу m_0 равной массе одного молотка, а эксцентриситет e – расстоянию от оси вращения до центра тяжести молотка.

9.4 Фундаменты мельничных установок и прессов

9.4.1 В состав исходных данных для проектирования фундаментов мельничных установок, кроме материалов, указанных в подразделе 5.1, должны входить:

- моменты инерции масс барабана и ротора электродвигателя, крутильная жесткость вала и передаточное число зубчатой передачи;
- расстояние от оси вращения барабанов мельничных установок до верхней грани фундамента;
- полная масса корпуса мельничных установок, масса заполнения.

9.4.2 Амплитуды горизонтальных колебаний верхней грани массивных, стенчатых и рамных фундаментов мельничных установок от действия случайной динамической нагрузки следует определять по формулам подраздела 8.4.

9.4.3 Собственная угловая частота колебаний фундаментов мельниц должна отличаться не менее чем на 25 от % собственной угловой частоты λ_{sh} крутильных колебаний вала электродвигателя, определяемой по формуле:

$$\lambda_{sk} = \sqrt{\frac{K \cdot (\theta_1 + \theta_2 i^2)}{\theta_1 \theta_2}}, \quad (164)$$

где θ_1 - момент инерции массы барабана с загрузкой относительно его оси вращения, т·м²;

θ_2 - момент инерции массы ротора электродвигателя относительно его оси вращения, т·м²;

K - крутильная жесткость вала, соединяющего ротор двигателя с приводной шестерней, кН·м/рад;

i - передаточное число зубчатой пары (шестерни и зубчатого венца барабана).

9.4.4 Расчет прочности элементов конструкций фундаментов мельниц надлежит производить с учетом действия следующих нагрузок:

расчетного значения веса элементов конструкций и частей мельницы с учетом веса заполнения;

горизонтальной составляющей расчетной динамической нагрузки F_d , кН, приложенной к данной опоре и определяемой по формуле (2), в которой значения коэффициентов надежности по нагрузке и динамичности следует принимать в соответствии с таблицей 3, а величину F_n - равной: для трубчатых мельниц $0,2G_m$; для мельниц с коротким барабаном $0,1G_m$, где G_m - часть нормативного значения веса мельницы (без мелющих тел и заполнения), приходящаяся на данную опору, кН.

9.4.5 Армирование фундаментов мельничных установок следует предусматривать в соответствии с требованиями, изложенными в подпункте 5.2; при этом для общего конструктивного армирования массивных и стенчатых фундаментов следует применять сетки из стержней диаметром 12–16 мм класса А-III (А400) с шагом в обоих направлениях соответственно 200–300 мм.

9.4.6 Нагрузка вызывается перемещением частиц измельчаемого материала и мелющих тел внутри барабана. При этом на барабан действует система импульсов,

которые нерегулярны во времени и имеют случайную величину. Совместные действия большого числа импульсов формируют случайную стационарную нагрузку типа «белого шума», которая через опоры барабана передается на фундамент.

Количественной характеристикой случайной нагрузки служит ее интенсивность B , $\text{кН} \cdot \text{с}^{1/2}$, определяемая по формуле (166).

Нагрузка может приниматься в виде сосредоточенной силы, приложенной в середине длины барабана на уровне оси его вращения перпендикулярно к ней.

9.4.7 Амплитуды горизонтальных колебаний верхней грани массивных и стенчатых фундаментов мельничных установок A_{adm}^e , м, рассчитываемых на случайные динамические нагрузки, следует определять по формуле:

$$A_{adm}^e = \frac{B}{\lambda_x^2 m_n} \sqrt{\frac{\lambda_x}{2\xi_x} \left[\frac{v_1^2}{\xi_1} \left(1 + \frac{h_1}{h_2} \rho_1 \right)^2 + \frac{v_2^2}{\xi_2} \left(1 + \frac{h_1}{h_2} \rho_2 \right)^2 \right]}, \quad (165)$$

где B – интенсивность случайной нагрузки, $\text{кН} \cdot \text{с}^{1/2}$, определяемая по формуле:

$$B = \alpha m' \omega d \sqrt{\omega \left[1 - \left(\frac{\omega^2 d}{20} \right)^2 \right]}; \quad (166)$$

$$v_{1,2} = \frac{1 + \frac{h_0}{h_2} \rho_{1,2}}{\left(\frac{\lambda_{1,2}}{\lambda_x} \right)^{3/2} \left(1 + \rho_{1,2}^2 \frac{1}{\beta} \right)}; \quad (167)$$

$$\rho_{1,2} = 1 - \left(\frac{\lambda_{1,2}}{\lambda_x} \right)^2; \quad (168)$$

$$\xi_{1,2} = \frac{\left(\frac{\lambda_{1,2}}{\lambda_x} \right)^4 + \frac{\xi_\varphi}{\xi_x} \left(\frac{\lambda_\varphi}{\lambda_x} \right)^2 \frac{1 + \beta}{\beta} \rho_{1,2}^2}{\left(\frac{\lambda_{1,2}}{\lambda_x} \right)^4 + \left(\frac{\lambda_\varphi}{\lambda_x} \right)^2 \frac{1 + \beta}{\beta} \rho_{1,2}^2}; \quad (169)$$

h_0 – расстояние от центра тяжести установки до оси вращения барабана мельницы, м;

m' – масса загрузки барабана мельницы, $\text{кН} \cdot \text{с}^2/\text{м}$;

ω – круговая частота вращения барабана, с^{-1} ;

d – диаметр барабана, м;

α – коэффициент, зависящий от типа машины (мельницы) и принимаемый для стержневых мельниц $\alpha = 0,015$, для остальных типов мельниц $\alpha = 0,001$;

h_1, h_2 – расстояния от центра тяжести установки, м, соответственно до верхней грани фундамента и до подошвы фундамента;

ξ_x, ξ_φ – коэффициенты относительного демпфирования соответственно для горизонтальных и вращательных колебаний, определяемые по формулам (96) и (97);

m_n – масса установки, кНс²/м, включающая массу фундамента с засыпкой грунта и массу машины;

$$\beta = \frac{m_n h_2^2}{\theta};$$

θ – момент инерции массы установки (фундамента с засыпкой грунта на его обрезах и выступах и машины), кНм/с², относительно оси, проходящей через общий центр тяжести перпендикулярно плоскости колебаний;

$\lambda_x, \lambda_\varphi$ – круговые частоты собственных колебаний фундамента, с⁻¹, соответственно горизонтальных и вращательных относительно горизонтальной оси, проходящей через центр тяжести подошвы фундамента, определяемые по формулам (66) и (67);

λ_1, λ_2 – первая и вторая собственные частоты установки, с⁻¹, определяемые по формулам (71).

9.4.8 Для предварительных расчетов амплитуду горизонтальных колебаний допускается определять по упрощенной формуле:

$$A_{adm}^e = \frac{B v_1}{\lambda_x^2 m_n} \left(1 + \frac{h_1}{h_2} \rho_1 \right) \sqrt{\frac{\lambda_x}{2 \xi_x \xi_1}}. \quad (170)$$

9.4.9 При групповой установке мельниц на одном фундаменте интенсивность случайной нагрузки B следует определять по формуле:

$$B = \sqrt{\sum_{i=1}^j B_i^2}, \quad (171)$$

где B_i – интенсивность случайной динамической нагрузки от i -й мельницы, определяемая по формуле (167);

j – число мельниц.

9.4.10 Амплитуды горизонтальных колебаний рамных фундаментов машин (мельниц) A_{adm}^e , м, рассчитываемых на случайные динамические нагрузки, следует определять по формуле:

$$A_{adm}^r = A_x + A_\varphi \ell_{max}, \quad (172)$$

где ℓ_{max} – расстояние от центра тяжести верхней части фундамента до оси наиболее удаленного подшипника мельницы, м;

A_x, A_ψ – амплитуды соответственно горизонтальных колебаний верхней плиты, м, и вращательных колебаний относительно вертикальной оси, проходящей через центр тяжести плиты, рад, определяемые по формулам:

$$A_x = \frac{B}{S_x} \sqrt{\frac{\lambda_x}{2\xi_x'}}; \quad (173)$$

$$A_\psi = \frac{Be}{S_\psi} \sqrt{\frac{\lambda_\psi}{2\xi_\psi'}}, \quad (174)$$

B – интенсивность случайной нагрузки, $\text{кНс}^{1/2}$, определяемая по формуле (16);

e – расстояние в плане от центра тяжести верхней части фундамента до середины длины барабана, м;

S_x, S_ψ – коэффициенты жесткости конструкции фундамента соответственно при поступательных (горизонтальных), кНм , и вращательных, $\text{кН}\cdot\text{м}$, колебаний, определяемые по формулам (60), (61);

λ_x, λ_ψ – круговые частоты, с^{-1} , поступательных (горизонтальных) и вращательных колебаний фундамента относительно вертикальной оси, проходящей через центр тяжести верхней плиты, определяемые по формулам (52) и (53);

ξ_x', ξ_ψ' – коэффициенты относительного демпфирования системы «фундамент – грунт», определяемые по формулам (50) и (51).

9.4.11 Собственная круговая частота колебаний фундаментов мельниц должна отличаться не менее чем на 25 % от собственной круговой частоты λ_θ крутильных колебаний вала электродвигателя, определяемой по формуле:

$$\lambda_\theta = \sqrt{\frac{K(\theta_1 + \theta_2 i^2)}{\theta_1 \theta_2}}; \quad (175)$$

где θ_1 – момент инерции массы барабана с загрузкой относительно оси вращения барабана, $\text{кН}\cdot\text{м}\cdot\text{с}^2$;

θ_2 – момент инерции массы ротора электродвигателя относительно оси его вращения, $\text{кН}\cdot\text{м}\cdot\text{с}^2$;

K – крутильная жесткость вала, соединяющего ротор двигателя с приводной шестерней, $\text{тс}\cdot\text{м}/\text{рад}$;

i – передаточное число зубчатой пары (шестерни и зубчатого венца барабана).

9.4.12 Вычисление параметров, входящих в формулу (175), допускается производить по следующим приближенным формулам:

$$\theta_1 = 0,25 \overline{md}^2, \quad (176)$$

где \overline{m} – масса барабана мельницы с загрузкой, кН·с²/м;
 d – значение то же, что и в формуле (175);

$$\theta_2 = \frac{GD^2}{40}, \quad (177)$$

где GD^2 – маховый момент электродвигателя, кН/м², определяемый по каталогу:

$$K = \frac{0,1G'd_{\epsilon}^4}{\ell_{\epsilon}}, \quad (178)$$

где $G' = 8,1 \cdot 10^7$ кПа – модуль сдвига стали;

$\ell_{\epsilon}, d_{\epsilon}$ – соответственно длина и диаметр вала, соединяющего электродвигатель с приводной шестерней, м.

9.4.13 Максимальная предельно допускаемая амплитуда колебаний фундаментов мельничных установок принимается равной $A_{adm}^u = 0,1$ мм.

9.4.14 В состав исходных данных для проектирования фундаментов прессов, должны входить:

- габаритные чертежи пресса с указанием вида выполняемых им технологических операций (штамповка, ковка, вырубка);

- масса поступательно движущихся рабочих частей пресса; момент инерции вращающихся рабочих масс винтового пресса относительно оси винта; главные моменты инерции пресса;

- скорости поступательного и вращательного движения рабочих частей пресса в момент соприкосновения ползуна с упаковкой; полная деформация поковки в прессе штамповки иликовки, определяемая из графика рабочих нагрузок типовой поковки.

9.4.15 Верхнюю часть фундамента, примыкающую к станине пресса, следует армировать двумя горизонтальными сетками из стержней диаметром 12 мм А-III с квадратными ячейками размером 100 мм.

9.4.16 Фундаменты винтовых прессов, предназначенных для штамповки иликовки, следует рассчитывать с учетом импульса вертикальной силы и крутящего момента относительно вертикальной оси следующим образом:

а) амплитуду вертикальных колебаний a_z , м, фундамента следует определять по формуле (97), в которой значение коэффициента восстановления скорости удара ϵ следует принимать: при холодной штамповке и ковке $\epsilon = 0,5$, при горячей штамповке и ковке $\epsilon = 0,25$, а значение импульса вертикальной силы J_z , кН·с, определяется по формуле:

$$J_z = m_0 v', \quad (179)$$

где m_0 – масса поступательно движущихся рабочих частей пресса, т;

v' – скорость поступательного движения рабочих частей пресса в момент удара, м/с;

б) амплитуды горизонтальных колебаний $a_{h,\psi}$, м, фундамента следует определять по формулам (102) и (103); при этом значение ε то же, что в 9.4.18, а импульс момента J_ψ принимается равным:

$$J_\psi = \theta_{0z} \omega, \quad (180)$$

где θ_{0z} - момент инерции вращающихся рабочих масс пресса, $\text{т} \cdot \text{м}^2$, относительно оси винта;

ω - угловая частота вращения винта в момент удара, с^{-1} , принимаемая по заданию на проектирование.

9.4.17 Амплитуды вертикальных a_v , м, и горизонтальных $a_{h,\phi}$, м, колебаний фундаментов кривошипных прессов при операциях штамповки следует определять по формулам (98) - (101), в которых значение коэффициента $\varepsilon = 0$; импульс вертикальной силы J_z определяется экспериментальным путем; при отсутствии опытных данных допускается импульс вертикальной силы определять по формуле (179), умножая его значение на коэффициент η , который учитывает влияние жесткости поковки и наличие люфтов в кинематических парах кривошипно-шатунного механизма; при $10^4 \text{ кН} \leq F_{\text{ном}} < 6,3 \cdot 10^4 \text{ кН}$ допускается принимать $\eta = F_{\text{ном}}/6,3 \cdot 10^4$, а при $F_{\text{ном}} > 6,3 \cdot 10^4$ коэффициент η следует принимать равным 1; импульс момента J_ϕ принимается равным импульсу крутящего момента от замедления вращения рабочих частей пресса, возникающего при выполнении штамповки, и определяется экспериментальным путем; при отсутствии опытных данных значение J_ϕ , $\text{кН} \cdot \text{м} \cdot \text{с}$, допускается определять по формуле:

$$J_\phi = 0,1 \frac{F_{\text{ном}} \delta}{\omega_0}, \quad (181)$$

где $F_{\text{ном}}$ - номинальное усилие пресса, кН;

δ - полная деформация поковки в процессе штамповки, м, определяемая из типового графика рабочих нагрузок для рассматриваемой модели пресса (рабочий ход ползуна);

ω_0 - угловая частота вращения кривошипа, с^{-1} , принимаемая по заданию на проектирование.

При операциях вырубки амплитуду вертикальных колебаний фундамента a_z , м, следует определять по формуле (97), в которой коэффициент $\varepsilon = 0$, а значение импульса J_z следует определять экспериментальным путем; при отсутствии опытных данных допускается значение импульса J_z определять по формуле:

$$J_z = \frac{0,3 F'_{\text{ном}}}{\omega_1}, \quad (182)$$

где $F_{\text{ном}}$ - номинальное усилие пресса, кН, при операции вырубки;

ω_1 - угловая частота свободных колебаний станины, с^{-1} , определяемая по формуле:

$$\omega_1 = \sqrt{\frac{K_m}{m_t}}, \quad (183)$$

где K_m - коэффициент вертикальной жесткости станины, кН/м, принимаемый по заданию на проектирование;

m_t - масса верхней части пресса, расположенной выше середины высоты станины, т.

9.4.18 Фундаменты гидравлических прессов, предназначенных для штамповки иликовки, следует рассчитывать на действие импульса вертикальной силы. При этом амплитуду вертикальных колебаний фундамента a_z следует определять по формуле (97), принимая в ней коэффициент $\varepsilon = 0$, а значение импульса J_z - по формуле (179), в которой v - максимальная скорость опускания подвижной траверсы, м/с.

9.5 Фундаменты прокатного оборудования и металлорежущих станков

9.5.1 В состав исходных данных для проектирования фундаментов прокатного оборудования, кроме материалов, указанных в подразделе 5.1, должны входить:

- план основных осей оборудования с привязкой к осям здания, а также основные отметки оборудования; план и разрезы помещений технического подвала или этажа;
- данные о расположении лотков для гидравлического смыва окалины и возможные входы в траншеи лотков, а также данные о расположении мест возможного появления производственных вод;
- указания о расположении мест, где необходимо устройство лестниц, монтажных проемов, ограждений и перекрытий;
- данные для определения значений монтажных нагрузок, располагаемых в пределах перекрытия подвала и возле него, в виде плана, на котором указываются следующие основные зоны действия нагрузок: от стационарного технологического оборудования, от временно размещаемого сменного оборудования при ремонтах с указанием веса, габаритов, числа монтажных единиц и минимальных проходов для наиболее тяжелого оборудования (сменные клетки, валки с подушками и т.п.); данные для определения временных нагрузок от подвижного транспорта, содержащие характеристики и количество транспортных средств; данные для определения нагрузок в местах складирования металла (веса и размеры типовых вариантов штабелей, пирамид и т.п. с указанием проходов между ними); временную нагрузку от остального оборудования допускается задавать в виде сплошной равномерно распределенной нагрузки.

9.5.2 Армирование фундаментов следует производить в соответствии с указаниями подраздела 5.2. При этом верхнюю арматуру массивных фундаментов следует укладывать только под станинами оборудования с динамическими нагрузками.

Диаметры стержней нижней арматуры следует принимать не менее 16 мм для фундаментов длиной до 30 м и 20 мм - длиной свыше 30 м.

9.5.3 Фундаменты винтовых прессов, предназначенных для штамповки иликовки, следует рассчитывать с учетом импульса вертикальной силы и импульса крутящего момента относительно вертикальной оси следующим образом:

- а) амплитуды вертикальных колебаний A_{adm}^z , м, фундамента следует определять по формуле:

$$A_{adm}^z = \frac{(1 + \varepsilon) S g}{(1 + 1,67 \xi_z) \lambda_z Q}, \quad (184)$$

где Q – расчетное значение общего веса установки (фундамента и прессы), кН, определяемое с учетом указаний п.4.4.3;

ξ_z – коэффициент относительного демпфирования при вертикальных колебаниях фундамента, определяемый согласно указаниям п.8.1.6;

ε – коэффициент восстановления скорости удара, значение которого следует принимать: при холодной штамповке и ковке $\varepsilon = 0,5$, при горячей штамповке и ковке $\varepsilon = 0,25$;

λ_z – круговая частота свободных вертикальных колебаний установки, c^{-1} , определяемая по формуле:

$$\lambda_z = \sqrt{\frac{K_z g}{Q}}; \quad (185)$$

K_z – коэффициент жесткости основания при упругом равномерном сжатии, кН/м, определяемый согласно указаниям п.4.5.17;

S – импульс вертикальной силы, кНс, определяемый по формуле:

$$S = \frac{Q_0 V}{g}; \quad (186)$$

Q_0 – расчетное значение веса поступательно движущихся рабочих частей прессы, кН;

V – скорость поступательного движения рабочих частей прессы в момент удара, м/с;

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

Значения количества движения $\frac{Q_0 V}{g}$, развиваемого некоторыми моделями прессов,

приведены в таблице 19.

Таблица 19 - Значения количества движения

Модель прессы	ФБ 1732	Ф 1734	Ф 1736	Ф 1738	Ф 1740	ФА 2738	ФА 2740
Количество движения, кН□с	0,60	0,95	2,20	3,40	6,60	8,80	13,00

б) амплитуды горизонтальных колебаний A_{adm}^e , м, фундамента следует определять по формуле:

$$A_{adm}^e = A_{\psi} L, \quad (187)$$

где L – расстояние от центра тяжести установки до наиболее удаленной точки фундамента, м;

A_{ψ} – амплитуда (угол поворота), рад, вращательных колебаний фундамента относительно вертикальной оси, проходящей через центр тяжести установки, определяемая по формуле:

$$A_{\psi} = \frac{(1 + \varepsilon)\theta_{0z}\omega}{(1 + 1,67\xi_{\psi})\theta_z\lambda_{\psi}}; \quad (188)$$

θ_{0z} – момент инерции вращающихся рабочих масс пресса, кНм/с², относительно оси винта;

ω – круговая частота вращения винта в момент удара, с⁻¹, принимаемая в соответствии с заданием на проектирование.

9.5.4 Значения момента количества движения $\theta_{0z}\omega$, развиваемого некоторыми моделями прессов, приведены в таблице 20.

Таблица 20 - Значения момента количества движения $\theta_{0z}\omega$

Модель пресса	ФБ 1732	Ф 1734	Ф 1736	Ф 1738	Ф 1740	ФА 2738	ФА 2740
Момент количества движения, кН□м□с	0,075	0,105	0,370	0,500	1,45	0,650	1,64

θ_z – момент инерции масс установки (фундамента и пресса), кН□м□с², относительно вертикальной оси, проходящей через центр тяжести;

λ_{ψ} – круговая частота свободных вращательных колебаний установки относительно вертикальной оси, с⁻¹, определяемая по формуле:

$$\lambda_{\psi} = \sqrt{\frac{K_{\psi}}{\theta_z}}; \quad (189)$$

K_{ψ} – коэффициент жесткости основания при упругом неравномерном сдвиге, тс□м, определяемый согласно указаниям п. 8.1.5;

ξ_{ψ} – коэффициент относительного демпфирования при вращательных колебаниях фундамента относительно вертикальной оси, проходящей через центр тяжести установки, определяемый согласно указаниям п. 8.1.17;

ε – то же, что в формуле (184).

Фундаменты горизонтальных винтовых прессов на действие динамических нагрузок допускается не рассчитывать.

9.5.5 Амплитуды вертикальных A_{adm}^e , м, и горизонтальных A_{adm}^a , м, колебаний фундаментов кривошипных прессов при операциях штамповки следует определять по формулам:

$$A_{adm}^e = A_{adm}^z + A_{\varphi}L; \quad (190)$$

$$A_{adm}^a = A_{\varphi}h, \quad (191)$$

где A_{adm}^e – амплитуда перемещений центра тяжести установки, м, определяемая по формуле (184), в которой коэффициент $\varepsilon = 0$; импульс вертикальной силы допускается

определять по формуле (186), в которой скорость поступательного движения ползуна в момент удара может быть вычислена по формуле:

$$V = 1,15\omega_0\sqrt{\delta(S_n - \delta)}, \quad (192)$$

S_n – ход ползуна, м;

ω_0 – круговая частота вращения кривошипа, с^{-1} ;

δ – полная деформация поковки, м, в процессе штамповки (изменение толщины поковки);

L – то же, что в формуле (187);

h – расстояние от подошвы до верхней грани фундамента, м;

A_φ – амплитуда (угол поворота), рад, вращательных колебаний фундамента относительно горизонтальной оси, проходящей через центр тяжести подошвы фундамента перпендикулярно плоскости колебаний, определяемая по формуле:

$$A_\varphi = \frac{S_m}{(1 + 1,67\xi_\varphi)\theta_y\lambda_\varphi}, \quad (193)$$

θ_y – момент инерции масс установки относительно горизонтальной оси, проходящей через центр тяжести подошвы фундамента перпендикулярно плоскости колебаний, кНмс^2 ;

λ_φ – круговая частота свободных вращательных колебаний установки относительно горизонтальной оси, проходящей через центр тяжести подошвы фундамента перпендикулярно плоскости колебаний, с^{-1} , определяемая по формуле:

$$\lambda_\varphi = \sqrt{\frac{K_\varphi - Qh_2}{\theta_y}}; \quad (194)$$

K_φ – коэффициент жесткости основания при упругом неравномерном сжатии, кН/м , определяемый согласно указаниям п.8.1.5;

h_2 – расстояние от подошвы фундамента до центра тяжести установки, м;

ξ_φ – коэффициент относительного демпфирования при вращательных колебаниях фундамента относительно горизонтальной оси, проходящей через центр тяжести подошвы перпендикулярно плоскости колебаний, определяемый согласно указаниям п.8.1.7;

S_m – величина импульса крутящего момента от замедления вращения рабочих частей пресса, возникающего при выполнении штамповки, кН/мс , значение которого допускается определять по формуле:

$$S_m = \frac{0,1P_n\delta}{\omega_0}; \quad (195)$$

P_n – номинальное усилие прессы при выполнении им соответствующей технологической операции, кН;

δ – полная деформация поковки в процессе штамповки, м;

ω_0 – круговая частота вращения кривошипа, с^{-1} , принимаемая в соответствии с заданием на проектирование.

9.5.6 При операциях вырубки амплитуду вертикальных колебаний фундамента следует определять по формуле (185), в которой коэффициент $\varepsilon = 0$, а величину импульса S следует определять по формуле:

$$S = \frac{0,3P_n}{\omega_1}; \quad (196)$$

где ω_1 – круговая частота свободных колебаний станины, с^{-1} , определяемая по формуле:

$$\omega_1 = \sqrt{\frac{K_{cm}g}{Q_v}}; \quad (197)$$

K_{cm} – коэффициент вертикальной жесткости станины, кН/м, принимаемый в соответствии с заданием на проектирование;

Q_v – расчетное значение веса верхней части прессы, расположенного выше середины высоты станины, кН.

В формуле (197) значение веса Q_v допускается принимать равным половине веса прессы, а значение коэффициента K_{cm} допускается определять по приближенной эмпирической формуле:

$$K_{cm} = 17000\sqrt{P_n}. \quad (198)$$

9.5.7 Фундаменты гидравлических прессов, предназначенных для штамповки иликовки, следует рассчитывать на действие импульса вертикальной силы. При этом амплитуду вертикальных колебаний фундамента следует определять по формуле (184), принимая в ней коэффициент $\varepsilon = 0$, величину импульса S по формуле (186), в которой V – максимальная скорость опускания подвижной траверсы, м/с.

Фундаменты горизонтальных гидравлических прессов на действие динамических нагрузок допускается не рассчитывать.

9.5.8 Максимальная предельно допускаемая амплитуда колебаний фундаментов прессов $A_{adm}^u = 0,25$ мм.

По согласованию с заводом–изготовителем прессы, предельно допускаемая амплитуда колебаний фундаментов прессов может быть увеличена, но не более чем до 0,5 мм.

9.5.9 При проверке по формуле (83) среднего статического давления p_{cp} на основание следует принимать значение коэффициента условий работы $m_0 = 1$ и коэффициента условий работы грунтов основания $\gamma_c = 1$.

9.5.10 В состав исходных данных для проектирования фундаментов металлорежущих станков, кроме материалов, указанных в подразделе 5.1, должны входить:

- чертеж опорной поверхности станины станка с указанием опорных точек, рекомендуемых способов установки и крепления станка;

- данные о значениях нагрузок на фундамент: для станков с массой до 10 т - общая масса станка, а для станков с массой более 10 т - схема расположения статических нагрузок, передаваемых на фундамент;

- для станков, требующих ограничения упругого крена фундамента, - данные о предельно допустимых изменениях положения центра тяжести станка в результате установки тяжелых деталей и перемещения узлов станка (или максимальные значения масс деталей, массы подвижных узлов и координаты их перемещения), а также данные о предельно допустимых углах поворота фундамента относительно горизонтальной оси;

- данные о классе станков по точности, а также о жесткости станины станков, о необходимости обеспечения жесткости за счет фундамента и о возможности частой перестановки станков;

- для высокоточных станков - указания о необходимости и рекомендуемом способе их виброизоляции: кроме того, в особо ответственных случаях для таких станков (например, при установке высокоточных тяжелых станков или при установке высокоточных станков в зоне интенсивных колебаний оснований) в исходных данных для проектирования должны содержаться результаты измерений колебаний грунта в местах, предусмотренных для установки станков, и другие данные, необходимые для определения параметров виброизоляции (предельно допустимые амплитуды колебаний фундамента или предельно допустимые амплитуды колебаний элементов станка в зоне резания и т.п.).

9.5.11 Для одиночных фундаментов станков нормальной и повышенной точности с массой до 30 т высоту фундамента следует принимать в соответствии с данными, приведенными в таблице 13, а для станков с массой более 30 т - назначать из условия обеспечения необходимой жесткости станины за счет фундамента, а также из конструктивных соображений (в частности, в зависимости от глубины приямков).

9.5.12 Высоту общих фундаментов станков нормальной и повышенной точности следует определять по результатам расчета фундамента по прочности и жесткости с учетом минимально необходимой высоты, обеспечивающей требуемую жесткость станины отдельных станков, а также из конструктивных соображений, особенностей данного вида станка и условий его обслуживания.

9.5.13 Фундаменты станков следует армировать сетками из стержней диаметром 8 - 10 мм с квадратными ячейками размером 300 мм, укладываемыми на расстоянии 20 - 30 мм от верхней и нижней граней фундамента.

9.5.14 На полу цеха следует устанавливать станки весом до 100 кН (а при соответствующем обосновании до 150 кН) нормальной и повышенной точности с жесткими или средней жесткости станинами, для которых отношение $\ell/h < 8$ (где ℓ – длина, м, h – высота сечения станины станка, м), а также высокоточные, виброизоляцию

которых допускается осуществлять при помощи упругих опор, расположенных непосредственно под станиной станка.

На устраиваемые в полу цеха утолщения в виде ленты допускается устанавливать станки весом до 300 кН.

9.5.15 Возможность установки станков на бетонную плиту пола или на утолщенную бетонную ленту при заданной толщине плиты или ленты проверяется расчетом на прочность – в соответствии с требованиями СНиП 2.03.01 и для станков с длинными сплошными станинами – на жесткость.

9.5.16 Расчет на жесткость проводят так же, как для случаев установки станков на массивных фундаментах, при этом плиту пола или ленточный фундамент рассматривают как балку, лежащую на упругом основании и имеющую приведенную ширину B_{np} и длину L_{np}

$$B_{np} = B + 13h; \quad L_{np} = 3,464 \sqrt{\frac{EI(1 - \mu_0^2)}{E_0}}, \quad (199)$$

где B – ширина станины, м;

h – толщина плиты пола или ленточного фундамента, м;

EI – жесткость на изгиб в вертикальной плоскости, кНм², системы «станина-фундамент» при рассмотрении фундамента как балки шириной B_{np} ;

μ_0, E_0 – коэффициент поперечной деформации и модуль деформации грунта, кПа.

При $L_{np} < L$, где L – длина станины, принимается $L_{np} = L$.

9.5.17 На специально проектируемые фундаменты следует устанавливать станки следующих видов:

а) с нежесткими станинами с отношением $\ell/h \geq 8$ и с составными станинами, в которых требуемая жесткость обеспечивается за счет фундамента;

б) весом более 100 кН, размещенные в помещениях с толщиной плиты пола, недостаточной для установки станков данного веса;

в) высокоточные, для виброизоляции которых необходима установка специальных фундаментов.

Специально проектируемые фундаменты используются для виброизоляции, главным образом, высокоточных тяжелых станков и станков, располагаемых в зоне интенсивных колебаний основания.

9.5.18 Для высокоточных станков, устанавливаемых на виброизолированных фундаментах и требующих периодической юстировки, целесообразно использовать комбинированные упруго-жесткие опорные элементы, позволяющие переходить от упругой установки фундамента, обеспечивающей его виброизоляцию, к жесткой.

При проектировании виброизолированных фундаментов станков на резиновых ковриках должны быть предусмотрены средства, обеспечивающие возможность смены этих ковриков.

Для возможности перехода от упругой установки фундамента к жесткой, кроме упругих опорных элементов, например пружин, должны быть предусмотрены регулируемые жесткие опоры, например винты, которые при упругом опирании

фундаментного блока выводятся из контакта с основанием, а при жестком – вводятся в контакт и воспринимают значительную часть нагрузки.

9.5.19 Высоту общих фундаментов станков нормальной и повышенной точности следует определять по результатам расчета фундамента по прочности и жесткости с учетом минимально необходимой высоты, обеспечивающей требуемую жесткость станины отдельных станков, а также из конструктивных соображений, особенностей данного вида станка и условий его обслуживания.

Расчет на жесткость общих фундаментов производится также, как для плиты цеха, по их приведенной ширине и длине.

9.5.20 При проектировании фундаментов станков, для которых требуется ограничение упругого крена фундамента, выбор типа следует производить с учетом результатов расчета основания по деформациям.

9.6 Фундаменты вращающихся печей

9.6.1 В состав исходных данных для проектирования фундаментов вращающихся печей, кроме материалов, указанных в подразделе 5.1, должны входить:

- чертежи корпуса печи с указанием толщин стальной оболочки, размеров бандажей и толщины футеровки;
- данные о числе зубьев венцовой шестерни; значения нагрузок на фундаменты от опорных рам и роликов, а также на опору приводного оборудования от механизмов привода;
- частота вращения корпуса печи в эксплуатационном режиме;
- значение максимального усилия в гидроупоре для печей, снабженных гидроупорами.

9.6.2 При проектировании опор коэффициенты их жесткости в горизонтальном направлении, перпендикулярном оси печи, следует принимать не менее коэффициентов жесткости корпуса печи, причем для крайних опор не менее коэффициентов жесткости корпуса печи в месте расположения соседних с ним опор.

Примечание - Под коэффициентом жесткости корпуса печи следует понимать реакцию неразрезной балки в месте расположения рассматриваемой опоры при ее горизонтальном единичном смещении поперек оси печи.

9.6.3 Нормативные горизонтальные нагрузки на опоры $F_{n,b}$, кН, действующие вдоль оси печи, следует определять по формуле:

$$F_{n,t} = \frac{F_{n,v} k_f}{\cos \alpha}, \quad (200)$$

где $F_{n,v}$ - нормативная вертикальная нагрузка, кН, определяемая по соответствующему сочетанию (по п.9.6.9);

k_f - коэффициент трения подбандажной обечайки по опорным роликам, принимаемый равным 0,2;

α – угол между вертикалью и прямой, соединяющей ось корпуса с осью опорного ролика.

9.6.4 Расчетные горизонтальные нагрузки на опоры T , кН, действующие вдоль оси печи, следует определять по формуле:

$$T = \frac{P K}{\cos \alpha}, \quad (201)$$

где P – расчетная вертикальная нагрузка, кН;

K – коэффициент трения подбандажной обечайки по опорным роликам, принимаемый равным 0,2;

α – угол между вертикалью и прямой, соединяющей ось корпуса печи с осью опорного ролика (рисунок 1).

9.6.5 Горизонтальные нагрузки на опоры, действующие вдоль оси печи, при соответствующем обосновании допускается передавать на опору приводного оборудования стальными распорками, связывающими опоры в уровне их верха. При расчёте распорок следует учитывать усилия, возникающие в них от температурных воздействий.

9.6.6 Максимальные расчетные нагрузки, кН, вертикальную P_{max} и горизонтальную H_{max} , действующую на опору перпендикулярно оси печи, от веса печи, теплообменных устройств, футеровки и обжигаемого материала, монтажных и температурных деформаций корпуса печи следует определять, принимая максимальное значение реакции, получаемое на опоре при эксцентриситете оси корпуса печи, равном 20 мм, задаваемом поочередно на каждой опоре в вертикальном и горизонтальном направлениях.

К величине горизонтальной нагрузки H для крайних опор следует вводить коэффициент перегрузки $n = 2$, а для средних опор $n = 1$.

Максимальные расчетные нагрузки печи с количеством опор не более четырех допускается определять при эксцентриситете оси корпуса печи равном 10 мм.

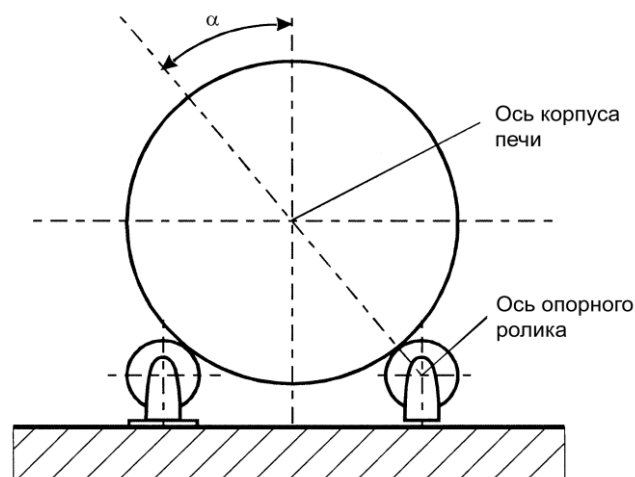


Рисунок 1 – Схема для определения угла между вертикалью и прямой, соединяющей с осью опорного ролика

9.6.7 Расчет фундаментов и основания необходимо производить при следующих сочетаниях нагрузок:

$$P = P_{\max}; \quad H = 0; \quad T = \frac{P_{\max} K}{\cos \alpha}; \quad (202)$$

$$P = P_c; \quad H = H_{\max}; \quad T = \frac{P_c \cdot K}{\cos \alpha}, \quad (203)$$

где P_{\max} и H_{\max} – максимальное значение соответственно вертикальной и горизонтальной нагрузок на рассматриваемую опору, кН; определяемое в соответствии с п.9.6.6;

K – коэффициент трения подбандажной обечайки по опорным роликам, принимаемый равным 0,2.

Для опор, оборудованных гидроупорами, в качестве расчетного значения горизонтальной нагрузки, направленной вдоль оси печи T , кН, следует принимать наибольшее из двух ее значений, определённых по формуле (201) и по усилию в гидроупоре.

Расчет опор на второе сочетание нагрузок следует производить с учетом момента, действующего в горизонтальной плоскости от нагрузки T , кН, приложенной только к одному из роликов опоры печи.

9.6.8 Расчет распорок необходимо производить на следующие нагрузки:

$$\text{– в крайних пролетах} \quad T = T_{\max} + T_i; \quad (204)$$

$$\text{– в средних пролетах} \quad T = T_{\text{сум}} + T_i, \quad (205)$$

где T_{\max} – максимальное значение нагрузки T , кН, на крайней опоре, определяемое по формуле (202);

$T_{\text{сум}}$ – суммарное значение усилий T , кН, определяемых по формуле (203), для опор, расположенных от рассматриваемого пролета в сторону, противоположную приводной опоре;

T_i – значение нагрузки T , кН, возникающее в распорках от среднегодового перепада температур.

9.6.9 Фундаменты под печи следует проектировать таким образом, чтобы значения частот собственных вертикальных и горизонтальных колебаний установки, определяемые в соответствии с расчетной схемой (п. 9.6.4, рисунок 1), отличались не менее чем на 25 % от значения частоты зацепления зубьев привода ω , с⁻¹, вычисленной по формуле:

$$\omega = 0,105 N n_{об}, \quad (206)$$

где N – число зубьев венцовой шестерни;

$n_{об}$ – число оборотов печи в 1 мин.

При вычислении частот собственных вертикальных и горизонтальных колебаний установку допускается представлять в виде неразрезной балки с сосредоточенными и распределенными массами.

Сосредоточенные массы вводятся в местах расположения опор и включают в себя массу верхней плиты, оборудования и 30 % массы стен (стоек). За равномерно распределенную массу принимается масса стальной оболочки печи, футеровки, теплообменных устройств, обжигаемого материала и т.п. Равномерно распределенную массу допускается заменять эквивалентно сосредоточенными массами.

9.6.10 Расчет железобетонных элементов опор на выносливость следует производить на нагрузки, принимая коэффициент перегрузки $n = 0,8$, вводимый только к максимальным значениям нагрузок, т.е. к величинам P_{max} и H_{max} .

9.6.11 Элементы железобетонных опор, в которых возможно образование трещин от знакопеременных усилий, рекомендуется выполнять предварительно напряженными.

9.6.12 Площадь подошвы опоры следует определять из условия допустимости ее отрыва от основания на величину, не превышающую 25 % ширины подошвы.

Приложение А
(обязательное)

**РАСЧЕТ КОЛЕБАНИЙ ФУНДАМЕНТОВ МАШИН С ПЕРИОДИЧЕСКИМИ
НАГРУЗКАМИ**

Рамные фундаменты

А.1 Амплитуды горизонтально-вращательных колебаний относительно вертикальной оси верхней плиты рамных фундаментов $a_{h,\psi}$, м, следует определять по формуле:

$$a_{h,\psi} = a_x + a_\psi l_b, \quad (\text{A.1})$$

где a_x - амплитуда горизонтальных колебаний центра тяжести верхней плиты, м, вычисляемая по формуле:

$$a_x = \frac{a_{x,st}}{\sqrt{\left[1 - (\omega / \lambda_x)^2\right]^2 + 4(\xi'_x)^2 (\omega / \lambda_x)^2}}; \quad (\text{A.2})$$

a_ψ - амплитуда (угол поворота), рад, вращательных колебаний верхней плиты относительно вертикальной оси, проходящей через ее центр тяжести, определяемая по формуле:

$$a_\psi = \frac{a_{\psi,st}}{\sqrt{\left[1 - (\omega / \lambda_\psi)^2\right]^2 + 4(\xi'_\psi)^2 (\omega / \lambda_\psi)^2}}; \quad (\text{A.3})$$

ω - частота вращения машины, с^{-1} , $\omega = 0,105 n_r$;

n_r - частота вращения машины, об/мин;

$a_{x,st}$ - соответственно перемещение, м, и угол поворота, рад, центра

тяжести верхней плиты при статическом действии силы F_h и момента M_z , определяемые по формулам:

$$a_{x,st} = \frac{F_h}{S_x}; \quad (\text{A.4})$$

$$a_{\psi,st} = \frac{M_z}{S_\psi}; \quad (\text{A.5})$$

здесь F_h - расчетное значение горизонтальной составляющей динамической нагрузки, кН(тс), определяемое по соответствующим разделам с учетом указаний п.1.23;

M_z - расчетное значение возмущающего момента относительно вертикальной оси, проходящей через центр тяжести верхней плиты, кН·м(тс·м), для машин с вращающимися частями следует принимать $M_z = F_h l_b / 2$;

S_x, S_ψ - коэффициенты жесткости системы фундамент - основание соответственно в горизонтальном направлении, перпендикулярном оси вала машины, кН/м(тс/м), и при повороте в горизонтальной плоскости, кН·м(тс·м), определяемые по формулам (А.6) и (А.7) настоящего приложения;

ξ'_x, ξ'_ψ - относительные коэффициенты демпфирования системы фундамент - основание, определяемые по формулам А.12 и А.13 настоящего приложения;

λ_x, λ_ψ - угловые частоты горизонтальных и вращательных колебаний фундамента относительно вертикальной оси, проходящей через центр тяжести верхней плиты, с^{-1} , определяемые по формулам А.14 и А.15;

l_b - расстояние от центра тяжести верхней плиты до оси наиболее удаленного подшипника машины, м.

А.2 Коэффициенты жесткости конструкции фундамента с учетом упругости основания S_x , кН/м(тс/м), и S_ψ , кН·м(тс·м), следует вычислять по формулам:

$$S_x = \frac{1}{(1/K_x) + (h^2/K_\varphi) + (1/S_x^o)}; \quad (\text{А.6})$$

$$S_\psi = \frac{1}{(1/K_\psi) + (1/S_\psi^o)}; \quad (\text{А.7})$$

В формулах (А.6) и (А.7):

h - высота фундамента, м;

K_x, K_ψ, K_φ - коэффициенты жесткости основания соответственно при упругом равномерном K_x и неравномерном K_ψ сдвиге и неравномерном сжатии K_φ , определяемые в соответствии с требованиями п.9.1.5;

S_x^o - сумма коэффициентов жесткости всех поперечных рам фундамента в горизонтальном направлении, перпендикулярном оси вала машины, кН/м(тс/м) (N - число поперечных рам), определяемая по формуле:

$$S_x^o = \sum_{i=1}^N S_i; \quad (\text{А.8})$$

S_ψ^o - сумма коэффициентов жесткости всех поперечных рам при повороте верхней плиты в горизонтальной плоскости относительно ее центра тяжести, кН·м(тс·м), определяемая по формуле:

$$S_\psi^o = \sum_{i=1}^N S_i e_i^2, \quad (\text{А.9})$$

где e_i - расстояние от плоскости i -й поперечной рамы до центра тяжести верхней плиты, м.

Коэффициент жесткости одноэтажных поперечных рам с жесткими узлами S_i , кН/м(тс/м), следует определять по формуле:

$$S_i = \frac{2E_b I_{h,i} (1 + 6k_i)}{h_i^3 (2 + 3k_i)}; \quad (\text{А.10})$$

где E_b - модуль упругости материала рам верхнего строения, кПа (тс/м²);

$$k_i = \frac{h_i I_{l,i}}{l_i I_{h,i}}; \quad (\text{A.11})$$

$I_{h,i}, I_{l,i}$ - моменты инерции поперечных сечений соответственно стойки и ригеля рамы, м^4 .

h_i, l_i - соответственно расчетная высота стойки и расчетный пролет ригеля i -й поперечной рамы, м.

Примечание - Допускается принимать расчетную высоту стойки h_i равной расстоянию от верхней грани нижней плиты до оси ригеля (проходящей через центр тяжести площади его сечения), в расчетный пролет ригеля равным 0,9 расстояния между осями колонн.

А.3 Относительное демпфирование системы фундамент - основание ξ'_x , и ξ'_ψ следует определять по формулам:

$$\xi'_x = S_x \left(\xi_x \frac{1}{K_x} + \xi_\phi \frac{h^2}{K_\phi} + \frac{\gamma}{2S_x^o} \right); \quad (\text{A.12})$$

$$\xi'_\psi = S_\psi \left(\xi_\psi \frac{1}{K_\psi} + \frac{\gamma}{2S_\psi^o} \right); \quad (\text{A.13})$$

где ξ_x, ξ_ϕ - относительное демпфирование для горизонтальных ξ_x и вращательных ξ_ϕ и ξ_ψ колебаний фундамента на грунте, определяемое в соответствии с требованиями п. 9.1.7;

γ - коэффициент поглощения энергии при колебаниях, принимаемый для железобетонных конструкций равным 0,06, для стальных конструкций - 0,02.

А.4 Угловые частоты колебаний фундамента λ_x и λ_ψ , с^{-1} , следует определять по формулам:

$$\lambda_x = \sqrt{\frac{S_x}{m}}; \quad (\text{A.14})$$

$$\lambda_\psi = \sqrt{\frac{S_\psi}{\bar{\theta}_\psi}}; \quad (\text{A.15})$$

В формулах (А.14), (А.15):

\bar{m} - масса системы, включающая массу всей машины, верхней плиты, продольных балок и поперечных ригелей рам, примыкающих к верхней плите, и 30 % массы всех колонн фундамента, $\text{т}(\text{тс} \cdot \text{с}^2/\text{м})$;

$\bar{\theta}_\psi$ - момент инерции массы \bar{m} относительно вертикальной оси, проходящей через центр тяжести верхней плиты (горизонтальной рамы), $\text{т} \cdot \text{м}^2(\text{тс} \cdot \text{м} \cdot \text{с}^2)$; величину $\bar{\theta}_\psi$ допускается определять по формуле:

$$\bar{\theta}_\psi = 0,1 \bar{m} l^2, \quad (\text{A.16})$$

где l - длина верхней плиты, м.

Массивные и стенчатые фундаменты

А.5 Амплитуды горизонтально-вращательных колебаний верхней грани массивных и стенчатых фундаментов относительно горизонтальной оси $a_{h,\varphi}$, м, следует определять по формуле:

$$a_{h,\varphi} = \frac{F_h}{K_x} \sqrt{\frac{\psi_1^2 + 4\xi_x^2 (\omega/\lambda_x)^2 \psi_2^2}{\Omega_1^2 + 4\xi_x^2 (\omega/\lambda_x)^2 \Omega_2^2}}, \quad (\text{A.17})$$

$$\text{где } \psi_1 = S_1 + \beta \frac{h_1}{h_2} S_3; \quad (\text{A.18})$$

$$\psi_2 = S_2 + \beta \frac{h_1}{h_2} S_4, \quad (\text{A.19})$$

здесь

$$S_1 = (1 + \beta) \left(\frac{\lambda_\varphi}{\lambda_x} \right)^2 + \beta(1 + x) - \left(\frac{\omega}{\lambda_x} \right)^2; \quad (\text{A.20})$$

$$S_2 = (1 + \beta) \frac{\lambda_\varphi}{\lambda_x} \frac{\xi_\varphi}{\xi_x} + \beta(1 + x); \quad (\text{A.21})$$

$$S_3 = 1 + x \left[1 - \left(\frac{\omega}{\lambda_x} \right)^2 \right]; \quad (\text{A.22})$$

$$S_4 = 1 + x; \quad (\text{A.23})$$

$$\Omega_1 = \left(\frac{\omega}{\lambda_x} \right)^4 + (1 + \beta) \left\{ \left(\frac{\lambda_\varphi}{\lambda_x} \right)^2 - \left(\frac{\omega}{\lambda_x} \right)^2 \cdot \left[1 + \left(\frac{\lambda_\varphi}{\lambda_x} \right)^2 + 4\xi_x \xi_\varphi \frac{\lambda_\varphi}{\lambda_x} \right] \right\}; \quad (\text{A.24})$$

$$\Omega_2 = (1 + \beta) \left\{ \left(\frac{\lambda_\varphi}{\lambda_x} \right)^2 + \frac{\lambda_\varphi}{\lambda_x} \frac{\xi_\varphi}{\xi_x} - \left(\frac{\omega}{\lambda_x} \right)^2 \left(1 + \frac{\lambda_\varphi}{\lambda_x} \frac{\xi_\varphi}{\xi_x} \right) \right\}; \quad (\text{A.25})$$

$$\beta = \frac{h_2^2 m}{\theta_\varphi}; \quad (\text{A.26})$$

$$x = \frac{M}{F_h h_2}, \quad (\text{A.27})$$

$\lambda_x, \lambda_\varphi$ - угловые частоты колебаний фундамента, с^{-1} , соответственно горизонтальных и вращательных относительно горизонтальной оси, проходящей через центр тяжести подошвы фундамента перпендикулярно плоскости колебаний, определяемые по формулам:

$$\lambda_x = \sqrt{\frac{K_x}{m}}; \quad (\text{A.28})$$

$$\lambda_\varphi = \sqrt{\frac{\bar{K}_\varphi}{\theta_{\varphi 0}}}; \quad (\text{A.29})$$

$$\bar{K}_\varphi = K_\varphi - mgh_2; \quad (\text{A.30})$$

K_x и K_φ - коэффициенты жесткости основания, кН/м(тс/м) и кН·м (тс·м), определяемые согласно указаниям п.8.1.5 ;

$\theta_{\varphi 0}$ - момент инерции массы всей установки относительно оси, проходящей через центр тяжести подошвы фундамента перпендикулярно плоскости колебаний, т·м²(тс·м·с²), определяется по формуле:

$$\theta_{\varphi 0} = \theta_\varphi + mh_2^2 \quad (\text{A.31})$$

θ_φ - момент инерции массы всей установки (фундамента с засыпкой грунта на его обрезах и выступах и машины) относительно оси, проходящей через общий центр тяжести перпендикулярно плоскости колебаний, т·м²(тс·м·с²);

m - масса всей установки (фундамента с засыпкой грунта на его обрезах и выступах и машины), т(тс·с²/м);

F_h - расчетная горизонтальная составляющая возмущающих сил машины, кН(тс), определяемая по соответствующим разделам с учетом указаний п. 8.1.1;

M - расчетное значение возмущающего момента, кН·м(тс·м), равного сумме моментов от горизонтальных составляющих возмущающих сил при приведении их к оси, проходящей через центр тяжести установки перпендикулярно плоскости колебаний, и возмущающему моменту машины;

h_1, h_2 - расстояния от общего центра тяжести установки соответственно до верхней грани фундамента и до подошвы фундамента, м.

А.6 Главные собственные частоты колебаний установки $\lambda_{1,2}$, с⁻¹, следует определять из соотношения:

$$\left(\frac{\lambda_{1,2}}{\lambda_x} \right)^2 = \frac{Z}{2} \mp \sqrt{\left(\frac{Z}{2} \right)^2 - (1 + \beta) \left(\frac{\lambda_\varphi}{\lambda_x} \right)^2}, \quad (\text{A.32})$$

$$\text{где } Z = (1 + \beta) \left[1 + \left(\frac{\lambda_\varphi}{\lambda_x} \right)^2 \right], \quad (\text{A.33})$$

А.7 Амплитуды горизонтальных a_x , м, и вращательных a_φ , рад, колебаний массивный и стенчатых фундаментах следует определять по формуле (А.17) настоящего приложения, принимая $S_3 = S_4 = 0$ (при определении a_x) и $S_1 = S_2 = 0$, $h_1 = 1$ (при определении a_φ).

А.8 Амплитуды горизонтально-вращательных колебаний верхней грани фундамента $a_{h,\varphi}$, м, при действии только момента $M(F_h = 0)$ следует определять по формуле:

$$a_{h,\varphi} = \frac{M\beta}{K_x h_2} \cdot \sqrt{\frac{\{1 + (h_1 / h_2) [1 - (\omega / \lambda_x)^2]\}^2 + 4\xi_x^2 (\omega / \lambda_x)^2 [1 + (h_1 / h_2)]^2}{\Omega_1^2 + 4\xi_x^2 (\omega / \lambda_x)^2 \Omega_2^2}}. \quad (\text{A.34})$$

А.9 Амплитуды вертикальных колебаний массивных и стенчатых фундаментов a_v , м, с учетом вращения относительно горизонтальной оси, перпендикулярной плоскости колебаний, следует определять по формуле:

$$a_v = a_z + a'_z, \quad (\text{A.35})$$

где

$$a_z = \frac{F_v}{K_z \sqrt{[1 - (\omega / \lambda_z)^2]^2 + 4\xi_z^2 (\omega / \lambda_z)^2}}; \quad (\text{A.36})$$

a'_z - амплитуда вертикальной составляющей вращательных колебаний фундамента относительно горизонтальной оси, проходящей через центр тяжести установки перпендикулярно плоскости колебаний, определяемая при действии горизонтальных сил F_h и моментов M , включая моменты от вертикальных и горизонтальных сил, по формуле:

$$a'_z = a_\varphi I_f, \quad (\text{A.37})$$

а при отсутствии горизонтальных сил ($F_h=0$) по формуле:

$$a'_z = \frac{M I_f \beta}{K_x h_2^2} \sqrt{\frac{[1 - (\omega / \lambda_x)^2]^2 + 4\xi_x^2 (\omega / \lambda_x)^2}{\Omega_1^2 + 4\xi_x^2 (\omega / \lambda_x)^2 \Omega_2^2}}; \quad (\text{A.38})$$

a_φ - амплитуда (угол поворота), рад, вращательных колебаний фундамента относительно горизонтальной оси, определяемая по указаниям п. А.7 настоящего приложения;

F_v - расчетная вертикальная составляющая возмущающих сил машины, кН(тс);

M - расчетное значение возмущающего момента, включающее моменты от вертикальных и горизонтальных сил, кН·м(тс·м);

K_z - коэффициенты жесткости основания, кН/м (тс/м), определяемый согласно указаниям п. 9.1.5;

λ_z - угловая частота собственных вертикальных колебаний фундамента, с^{-1} , определяемая по формуле:

$$\lambda_z = \sqrt{\frac{K_z}{m}}; \quad (\text{A.39})$$

ξ_z - относительное демпфирование при вертикальных колебаниях фундамента, определяемое согласно указаниям п. 8.1.6;

I_f - расстояние от вертикальной оси, проходящей через центр тяжести установки, до края верхней грани фундамента в направлении действия сил и моментов, м.

А.10 Амплитуды горизонтальных колебаний массивных и стенчатых фундаментов при вращении относительно вертикальной оси $a_{h,\psi}$, м, следует определять по формуле:

$$a_{h,\psi} = a_{\psi} l_{max}, \quad (\text{A.40})$$

где l_{max} - расстояние от вертикальной оси, проходящей через центр тяжести установки, до наиболее удаленной точки фундамента, м;

a_{ψ} - амплитуда (угол поворота), рад, вращательных колебаний фундамента относительно вертикальной оси, проходящей через центр тяжести установки, определяемая по формуле:

$$a_{\psi} = \frac{M_{\psi}}{K_{\psi} \sqrt{\left[1 - (\omega / \lambda_{\psi})^2\right]^2 + 4\xi_{\psi}^2 (\omega / \lambda_{\psi})^2}}, \quad (\text{A.41})$$

здесь M_{ψ} - расчетное значение возмущающего момента, кН·м(тс·м), относительно вертикальной оси, проходящей через центр тяжести установки;

K_{ψ} - коэффициент жесткости основания при упругом неравномерном сдвиге, кН·м(тс·м), определяемый в соответствии с требованиями п. 8.1.5;

ξ_{ψ} - относительное демпфирование для вращательных колебаний фундамента относительно вертикальной оси, определяемое в соответствии с требованиями п. 8.1.7;

λ_{ψ} - угловая частота вращательных колебаний фундамента относительно вертикальной оси, проходящей через центр тяжести установки, с^{-1} , определяемая по формуле:

$$\lambda_{\psi} = \sqrt{\frac{K_{\psi}}{\theta_{\psi}}}, \quad (\text{A.42})$$

где θ_{ψ} - момент инерции масс всей установки (фундамента с засыпкой грунта на его обрезах и выступах и машины) относительно вертикальной оси, проходящей через центр тяжести установки, $\text{т} \cdot \text{м}^2(\text{тс} \cdot \text{м} \cdot \text{с}^2)$.

Примечание - Формулы используются при расчёте колебаний фундаментов оппозитных компрессоров.

Приложение Б
(обязательное)

**РАСЧЕТ КОЛЕБАНИЙ ФУНДАМЕНТОВ МАШИН С ИМПУЛЬСНЫМИ
НАГРУЗКАМИ**

Б.1 Амплитуду вертикальных колебаний фундамента при центральной установке машины a_z , м, следует определять по формуле:

$$a_z = \frac{(1 + \epsilon) J_z}{(1 + 1,67 \xi_z) \lambda_z m}, \quad (\text{Б.1})$$

где ϵ - коэффициент восстановления скорости удара, значение которого следует принимать по указаниям соответствующих разделов;

J_z - импульс вертикальной силы, кН·с(тс·с), определяемый по указаниям соответствующих разделов;

m, λ_z - то же, что в формулах обязательного приложения А.

Б.2 Амплитуду вертикальных колебаний фундамента с учетом вращения относительно горизонтальной оси, перпендикулярной плоскости колебаний, a_v , м, следует определять по формуле:

$$a_v = a_z + a'_z, \quad (\text{Б.2})$$

в которой a_z определяется по формуле (1) настоящего приложения, а a'_z - по формуле:

$$a'_z = a_\phi l_f, \quad (\text{Б.3})$$

где l_f - расстояние от вертикальной оси фундамента до края верхней грани в направлении действия импульса, м;

a_ϕ - амплитуда (угол поворота), рад, вращательных колебаний фундамента относительно горизонтальной оси, перпендикулярной плоскости колебаний, определяемая по формуле:

$$a_\phi = \frac{(1 + \epsilon) J_\phi}{(1 + 1,67 \xi_\phi) \lambda_\phi \theta_{\phi\phi}}, \quad (\text{Б.4})$$

здесь J_ϕ - импульс момента сил относительно горизонтальной оси фундамента, перпендикулярной плоскости колебаний, кН·с·м(тс·с·м), определяемый по указаниям соответствующих разделов;

$\theta_{\phi\phi} \lambda_\phi$ - то же, что в п. А.5 обязательного приложения А.

Б.3 Амплитуды горизонтальной составляющей горизонтально-вращательных колебаний фундамента $a_{h,\phi}$, м, и вращательных $a_{h,\psi}$, м, соответственно, относительно горизонтальной и вертикальной осей, проходящих через центр тяжести установки перпендикулярно плоскости колебаний, следует определять по формулам:

$$a_{h,\phi} = a_\phi h; \quad (\text{Б.5})$$

$$a_{h,\psi} = a_{\psi} l_{max}, \quad (\text{Б.6})$$

где h - расстояние от подошвы до верхней грани фундамента, м;

a_{ψ} - амплитуда (угол поворота), рад, вращательных колебаний фундамента относительно вертикальной оси, определяемая по формуле:

$$a_{\psi} = \frac{(1 + \epsilon) J_{\psi}}{(1 + 1,67 \xi_{\psi}) \lambda_{\psi} \theta_{\psi}}; \quad (\text{Б.7})$$

J_{ψ} - импульс момента относительно вертикальной оси, проходящей через центр тяжести установки, кН·с·м(тс·с·м), определяемый по указаниям соответствующих разделов;

$\lambda_{\psi}, \theta_{\psi}, l_{max}$ - то же, что в п. А.10 обязательного приложения А.

Приложение В
(обязательное)

**РАСЧЕТ КОЛЕБАНИЙ ФУНДАМЕНТОВ МАШИН НА СЛУЧАЙНЫЕ
ДИНАМИЧЕСКИЕ НАГРУЗКИ**

В.1 Амплитуды горизонтальных колебаний верхней грани массивных и стенчатых фундаментов машин (например, мельниц) $a_{h,\varphi}$, м, рассчитываемых на случайные динамические нагрузки, следует определять по формуле:

$$a_{h,\varphi} = \frac{\sqrt{\pi S_q} [1 + (h_1 / h_2) p_1] [1 + (h_o / h_2) p_1]}{m \lambda_1 \sqrt{2 \xi_x \lambda_1 [1 + (p_1^2 / \beta)] \zeta}}, \quad (\text{B.1})$$

где S_q - спектральная плотность случайной нагрузки, $\text{кН}^2 \cdot \text{с} (\text{тс}^2 \cdot \text{с})$, определяемая по формуле:

$$S_q = \frac{(\alpha m' d)^2 \omega^3}{\pi} \left[1 - \left(\frac{\omega^2 d}{2g} \right)^2 \right]; \quad (\text{B.2})$$

$$\zeta = \left(\frac{\lambda_1}{\lambda_x} \right)^2 + \frac{\xi_\varphi}{\xi_x} p_1 \left(1 + \frac{p_1}{\beta} \right); \quad (\text{B.3})$$

$$p_1 = 1 - \left(\frac{\lambda_1}{\lambda_x} \right)^2; \quad (\text{B.4})$$

h_o - расстояние от центра тяжести установки до оси вращения барабана мельницы, м;

m' - масса загрузки барабана мельницы, т ($\text{тс} \cdot \text{с}^2 / \text{м}$);

ω - угловая частота вращения барабана, с^{-1} ;

d - диаметр барабана, м;

α - коэффициент, зависящий от типа машины (мельницы) и принимаемый:

для стержневых мельниц $\alpha = 0,015$;

для остальных типов мельниц $\alpha = 0,001$;

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

Обозначения β , m , h_1 , h_2 , λ_x , λ_1 - те же, что и в формулах п.п. А.5, А.6 обязательного приложения А.

В.2 Амплитуды горизонтальных колебаний рамных фундаментов машин (например, мельниц) $a_{h,\psi}$, м, рассчитываемых на случайные динамические нагрузки, следует определять по формуле:

$$a_{h,\psi} = a_x + a_\psi l_b, \quad (\text{B.5})$$

где l_b - расстояние от центра тяжести верхней части фундамента до оси наиболее удаленного подшипника мельницы, м;

a_x, a_ψ - амплитуды соответственно горизонтальных колебаний верхней части фундамента, м, и вращательных колебаний относительно вертикальной оси, проходящей через центр тяжести верхней части фундамента, рад, определяемые по формулам:

$$a_x = \frac{1}{S_x} \sqrt{\frac{\pi \lambda_x S_q}{2 \xi'_x}}; \quad (\text{B.6})$$

$$a_\psi = \frac{e}{S_\psi} \sqrt{\frac{\pi \lambda_\psi S_q}{2 \xi'_\psi}}; \quad (\text{B.7})$$

S_q - определяется по формуле (2) настоящего приложения;

e - расстояние в плане от центра тяжести верхней части фундамента до середины длины барабана м.

Обозначения $S_x, S_\psi, \lambda_x, \lambda_\psi, \xi'_x, \xi'_\psi$ - те же, что и в формулах п.п. А.1 - А.4 обязательного приложения А.

Приложение Г
(обязательное)

**РАСЧЕТ КОЛЕБАНИЙ МАССИВНЫХ И СТЕНЧАТЫХ ФУНДАМЕНТОВ
МАШИН ПРИ КИНЕМАТИЧЕСКОМ ВОЗБУЖДЕНИИ**

Г.1 Амплитуду горизонтально-вращательных колебаний верхней грани фундамента-приемника при кинематическом возбуждении от одного фундамента-источника следует определять по формуле:

$$a_{h,\varphi}^{kin} = a_{s,x} \sqrt{\frac{\left[\Phi_x + (h_1 / h_2) \beta \Phi_\varphi\right]^2 + 4\xi_x^2 (\omega / \lambda_x)^2 \left[\psi_x + (h_1 / h_2) \beta \psi_\varphi\right]^2}{\Omega_1^2 + 4\xi_x^2 (\omega / \lambda_x)^2 \Omega_2^2}}, \quad (\text{Г.1})$$

$$\text{где } \Phi_x = S_1(x_1) - 4\xi_x^2 \left(\frac{\omega}{\lambda_x}\right)^2 S_2(x_2);$$

$$\psi_x = S_2(x_1) + S_1(x_2); \quad (\text{Г.2})$$

$$\Phi_\varphi = S_3(x_1) - 4\xi_x^2 \left(\frac{\omega}{\lambda_x}\right)^2 S_4(x_2);$$

$$\psi_\varphi = S_4(x_1) + S_3(x_2);$$

Значения $S_1(x_k)$, $S_2(x_k)$, $S_3(x_k)$, $S_4(x_k)$, для $k=1; 2$ вычисляется по формулам (А.20) - (А.23) обязательного приложения А при значениях:

$$x_1 = x \frac{\lambda_\varphi}{\lambda_x} - 1; \quad x_2 = x \frac{\xi_\varphi}{\xi_x} - 1; \quad (\text{Г.3})$$

$$x = th_2 \frac{1 + \beta \frac{\lambda_\varphi}{\lambda_x} \frac{a_{s,\varphi}}{a_{s,x}}}{\beta}. \quad (\text{Г.4})$$

Расчет следует выполнять для каждого из значений $\pm x$.

В формулах (Г.1) - (Г.4):

$a_{s,x}$ - амплитуда горизонтальных колебаний точек поверхности грунта в месте установки фундамента-приемника от горизонтальных колебаний фундамента источника, определяемая в соответствии с указаниями п. 8.2.9;

$$a_{s,x} = \frac{a_{s,z}^{(1)} - a_{s,z}^{(2)}}{l_{inf}}, \quad (\text{Г.5})$$

где $a_{s,z}^{(1)}$, $a_{s,z}^{(2)}$ - амплитуды вертикальных колебаний поверхности грунта в точках, соответствующих крайним точкам стороны фундамента-приемника l_{inf} от вертикальных колебаний фундамента источника, определяемые в соответствии с указаниями п. 8.2.9;

l_{inf} - размер стороны подошвы фундамента-приемника, в направлении которой рассматриваются горизонтальные колебания;

ω - угловая частота колебаний фундамента-источника.

Обозначения $h_1, h_2, \beta, \Omega_1, \Omega_2, \lambda_\phi, \lambda_x$ - те же, что в формулах п. А.5 обязательного приложения А.

Г.2 Амплитуду вертикальных колебаний фундамента-приемника с учетом вращения при кинематическом возбуждении от одного фундамента-источника следует определять по формуле:

$$a_v^{kin} = a_z^{kin} + a_z^{/kin}, \quad (\text{Г.6})$$

$$\text{где } a_z^{kin} = a_{s,z} \sqrt{\frac{1 + 4\xi_z^2 (\omega / \lambda_z)^2}{[1 - (\omega / \lambda_z)^2]^2 + 4\xi_z^2 (\omega / \lambda_z)^2}}; \quad (\text{Г.7})$$

$$a_z^{/kin} = \frac{\beta l_f a_{s,x}}{h_2} \sqrt{\frac{\Phi_\phi^2 + 4\xi_x^2 (\omega / \lambda_x)^2 \psi_\phi^2}{\Omega_1^2 + 4\xi_x^2 (\omega / \lambda_x)^2 \Omega_2^2}}; \quad (\text{Г.8})$$

$$\text{здесь } a_{z,s} = \frac{a_{s,z}^{(1)} + a_{s,z}^{(2)}}{2}; \quad (\text{Г.9})$$

λ_z, l_f - обозначения те же, что в п. А.9 обязательного приложения А.

При расчете колебаний фундамента-приемника от кинематического возбуждения нескольких фундаментов-источников следует суммировать значения $a_{h\phi}^{kin}$ (или a_v^{kin}), вычисляемые соответственно по формулам (Г.1) или (Г.6) для каждого источника колебаний.

УДК 691.32 (624.15)**МКС 91.020**

Ключевые слова: динамические нагрузки, амплитуда колебаний, скорости продольных и поперечных упругих волн, среднее статическое давление под подошвой фундамента, расчётное сопротивление грунта основания, коэффициент жёсткости основания, подземное сооружение или подземная часть сооружения, основание сооружения, осадка основания сооружений, допустимые деформации.

Ресми басылым

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ИНДУСТРИЯ ЖӘНЕ ИНФРАҚҰРЫЛЫМДЫҚ ДАМУ
МИНИСТРЛІГІ ҚҰРЫЛЫС ЖӘНЕ ТҰРҒЫН ҮЙ-КОММУНАЛДЫҚ ШАРУАШЫЛЫҚ
ІСТЕРІ КОМИТЕТІ

**Қазақстан Республикасының
ЕРЕЖЕЛЕР ЖИНАҒЫ**

ҚР ЕЖ 5.01-106-2013*

ДИНАМИКАЛЫҚ ЖҮКТЕМЕЛЕРІ БАР МАШИНАЛАРДЫҢ ІРГЕТАСТАРЫ

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 И ЖИЛИЩНО-КОММУНАЛЬНОГО
ХОЗЯЙСТВА МИНИСТЕРСТВА ИНДУСТРИИ И ИНФРАСТРУКТУРНОГО РАЗВИТИЯ
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

**СВОД ПРАВИЛ
Республики Казахстан**

СП РК 5.01-106-2013*

ФУНДАМЕНТЫ МАШИН С ДИНАМИЧЕСКИМИ НАГРУЗКАМИ

Ответственные за выпуск: АО «КазНИИСА»

050046, г. Алматы, ул. Солодовникова, 21
Тел./факс: +7 (727) 392-76-16 – приемная