

**Сәулет, қала құрылысы және құрылыс
саласындағы мемлекеттік нормативтер
ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫНЫҢ НОРМАТИВТІК–
ТЕХНИКАЛЫҚ ҚҰРАЛЫ**

**Государственные нормативы в области
архитектуры, градостроительства и строительства
НОРМАТИВНО–ТЕХНИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ РЕСПУБЛИКИ
КАЗАХСТАН**

**БОЛАТ КОНСТРУКЦИЯЛАРДЫ ЖОБАЛАУ. КРАНДАРҒА
АРНАЛҒАН КҮШ ТҮСЕТІН КОНСТРУКЦИЯЛАР**

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ СТАЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ. ЧАСТЬ.
НЕСУЩИЕ КОНСТРУКЦИИ ДЛЯ КРАНОВ**

**ҚР НТҚ 03-06.1-2012
(ҚР ҚН EN 1993-6: 2007/2011 әзірленген)
НТП РК 03-06.1-2012
(к СН РК EN 1993-6: 2007/2011)**

Ресми басылым
Издание официальное

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

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

Астана 2015

АЛҒЫ СӨЗ

- 1. ӘЗІРЛЕГЕН:** «ҚазҚСҒЗИ» АҚ, «Астана Строй-Консалтинг» 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. БЕКІТІЛІП, ҚОЛДАНЫСҚА ЕНГІЗІЛДІ:** Қазақстан Республикасы Ұлттық экономика министрлігінің Құрылыс, тұрғын үй-коммуналдық шаруашылық істері және жер ресурстарын басқару комитетінің 2014 жылғы 29-желтоқсандағы № 156-НҚ бұйрығымен 2015 жылғы 1-шілдеден бастап
- 4. ЕНГІЗІЛДІ:** Алғашқы рет

ПРЕДИСЛОВИЕ

- 1. РАЗРАБОТАН:** АО «КазНИИСА», ТОО «Астана Строй-Консалтинг»
- 2. ПРЕДСТАВЛЕН:** Управлением технического регулирования и нормирования Комитета по делам строительства, жилищно-коммунального хозяйства и управления земельными ресурсами Министерства национальной экономики Республики Казахстан
- 3. ПРИНЯТ И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ:** Приказом Комитета по делам строительства, жилищно-коммунального хозяйства и управления земельными ресурсами Министерства Национальной экономики Республики Казахстан от 29.12.2014 № 156-НҚ с 1 июля 2015 года
- 4. ВВЕДЕН:** Впервые

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

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

МАЗМҰНЫ

КІРІСПЕ	VII
1 ЖАЛПЫ ЕРЕЖЕЛЕР.....	1
1.1 Қолдану саласы.....	1
1.2 Нормативтік сілтемелер.....	1
1.3 Қол жетімділік	2
1.4 Қағидалар мен ережелерді қолдану арасындағы айырмашылықтары	2
1.5 Терминдер мен анықтамалар.....	3
1.6 Шартты белгілер мен символдар	3
1.7 Өлшем бірліктер	3
2 ЕСЕПТІҢ НЕГІЗГІ ЕРЕЖЕЛЕРІ	5
2.1 Есепке қойылатын талап.....	5
2.1.1 Негізгі талаптар	5
2.1.2 Сенімділікті басқару	5
2.1.3 Қызмет ету мерзімі, ұзақ қызмет етушілік және сенімділік.....	5
2.3.2 Қызметтің жобалық мерзімі	5
2.2 Шекті жағдай бойынша есептеу принциптері	7
2.3 Негізгі ауыспалылар.....	7
2.3.1 Жүктемелер және әсеретулер.....	7
2.3.2 Материалдар мен бұйымдардың қасиеттері	8
2.4 Сенімділікті жеке коэффициенттер әдісімен тексеру.....	8
2.5 Сынақ негізіндегі есеп	9
2.6 Көпірлі крандарға арналған саңылаулар.....	9
2.7 Аспалы крандар мен электрлік көтергіштерге арналған арқалық (тельферлер).....	10
2.8 Крандарды сынау.....	10
3 МАТЕРИАЛДАР	11
3.1 Жалпы ережелер	11
3.2 Құрылымдық болат	13
3.2.1 Шағын көмірсутекті болат.....	13
3.2.2 Рұксат берулер	13
3.2.3 Соққылы тұтқырлық	13
3.2.4. Илемнің қалыңдығы бағытындағы қасиет	13
3.2.5 Рұксат берулер	16
3.2.6 Материалдардың физикалық сипаттамаларының есептік мағынасы.....	17
3.3 Тоттанбайтын болат	17
3.4 Бекіту элементтері және дәнекерлеу жіктері.....	17
3.5 Тірек элементтері.....	17
3.6 Кран асты құрылымдарына арналған басқа бұйымдар.....	17
3.6.1 Жалпы ережелер	17
3.6.2 Рельстік болат	17
3.6.3 Рельстер үшін арнайы қосылыс элементтері	18
4 ҰЗАҚ ҚЫЗМЕТ ЕТУШІЛІК	19
5 ҚҰРЫЛЫМДАРДЫ ЕСЕПТЕУ.....	21

5.1	Есептеу кезінде құрылымдарды үлгілеу	21
5.1.1	Құрылымдарды үлгілеу және негізгі рұқсаттар	21
5.1.2	Қосылыстарды үлгілеу	21
5.1.3	Құрылымдар мен тіректердің өзара әрекеттесуі	21
5.2	Статистикалық есептеу	22
5.2.1	Құрылымдардың деформацияланған схеманың есепке алуы	22
5.2.2	Каркас орнықтылығы	23
5.3	Жетіспеушіліктер	23
5.3.1	Негізгі ережелер	23
5.3.2	Рамаларды статистикалық есептеу үшін жетіспеушіліктер	23
5.3.3	Байланыстыру жүйелерді есептеудегі жетіспеушіліктер	23
5.3.4	Конструкция элементтеріндегі жетіспеушіліктер	24
5.4	Есептеу әдістері	24
5.4.1	Жалпы ережелер	24
5.4.2	Серпінді кезеңде статистикалық есептеу	24
5.4.3	Пластикалық кезең бойынша статистикалық есептеу	24
5.5	Көлденең қиылыстардың жіктелуі	25
5.6	Кран астындағы арқалықтар	25
5.6.1	Кран жүктемесінен күш түсу	25
5.6.2	Құрылымдық жүйе	25
5.7	Арқалықтың жоғарғы полгіне шүмектің доңғалағын қабырғаға басудан шыққан жергілікті кернеулер	27
5.7.1	Жергілікті тік сығушы әдеттегі кернеулер	27
5.7.2	Жергілікті қатыстық кернеулер	29
5.7.3	Айналмалы күштерден арқалық қабырғасындағы эксцентриситет қолданбасының жергілікті кернеулері	29
5.8	Асулы крандардан арқалықтың төменгі сөрелеріндегі жергілікті қалыпты кернеу	30
5.9	Қарсы келген элементтердегі қосымша сәттер	32
6	КӨТЕРУ ҚАБІЛЕТТІЛІГІ БОЙЫНША ШЕКТІ КҮЙЛЕР	34
6.1	Жалпы ережелер	34
1	МЫСАЛ Жүктемелердің жиыны және есеп айырысу күштері, қолданыстағы арқалықтарға анықтамасы	34
6.2	Беріктік бойынша көлденең қимасының көтергіш қабілеті	47
2	МЫСАЛ Қабылданған қималардың геометриялық сипаттамаларын анықтау, тежеу конструкцияларын есепке алғандағы максималды қалыпты және жанама кернеулері бойынша тексерулер	48
6.3	Кранасты конструкциялардың тұрақтылығы	51
6.3.2.1	Жалпы ережелер	51
6.3.2.2	Дөңгелектің жүктемелерінің есептелу деңгейі	51
6.3.2.3	Тексеру әдістері	52
3	МЫСАЛ Құрамдық қиманың элементтерінің тұрақтылығын тексеру	52
6.4	Құрамдас қиманың тығыздық элементтері	57

6.5 Дөңгелектік жүктемелердің әсері бойынша арқалық қабырғасының көтергіштік қабілеті	58
6.5.1 Жалпы ережелер	58
6.5.2 Қатты тірек ұзындығы	58
4 МЫСАЛІ Бірінші және орта бөліктер бойынша арқалық қабырғасындағы жергілікті кернеулерді анықтау	58
5 МЫСАЛІ Берілген кернеулер бойынша беріктікті тексеру	59
6.6 Тілімшелер беріктігі.....	60
6.7 Доңғалақты жүктемелердің әсері кезінде арқалықтың төменгі сәресінің көтергіш қабілеті	61
7 ПАЙДАЛАНУ ЖАРАМДЫЛЫҒЫ БОЙЫНША ШЕКТІ ЖАЙ-КҮЙІ	64
7.1 Жалпы ережелер	64
7.2 Есеп модельдері	64
7.3 Шекті деформациялар мен жылжытулар	65
7.4 Арқалық қабырғасының ауыспалы иілулеріне шектеулер.....	67
7.5 Белгі ауыспалы жұмыс	68
7.6 Арқалықтың төменші сәресінің вибрациясы	68
8 БЕКІТУ ЭЛЕМЕНТТЕРІ, ДӘНЕКЕРЛІК ЖІКТЕРІ, ТЕЖЕГІШ БІРІКТІРУЛЕР ЖӘНЕ РЕЛЬСТЕР	69
8.1 Бұрандалардағы, тойтармадағы және штиффтегі біріктулер.....	69
8.2 Дәнекерлік біріктулері	69
8.3 Тежегіш біріктулер.....	69
8.4 Кран рельстері.....	71
8.4.1 Кран рельстеріне арналған материал.....	71
8.4.2 Жобалық қызмет мерзімі	71
8.4.3 Кран рельсін таңдау	71
8.5 Рельс бекітулері	71
8.5.1 Жалпы ережелер	71
8.5.2 Қатты бекітулер	72
8.5.3 Тәуелсіз бекітулер	72
8.6 Рельс біріктулері.....	72
9 БОСАҢСУ БЕРІКТІКТІГІН БАҒАЛАУ	74
9.1 Босаңсу беріктіктігін бағалауға қойылатын талаптар	74
9.2 Босаңсу беріктіктігін тексеру үшін жеке сенімділік коэффициенттері	74
9.3 Босаңсу кернеулерінің спектрі	75
9.3.1 Жалпы ережелер	75
9.3.2 Ықшамдалған тәсіл	75
9.3.3 Арқалықтың жоғары сәресіндегі доңғалақты жүктемелерден жергілікті кернеулер.....	76
9.3.4 Тельферден жергілікті кернеу	76
9.4 Босаңсу беріктігін тексеру.....	77
9.4.1 Жалпы ережелер	77
9.4.2 Бірнеше краннан ықпал	77
9.5 Босаңсу беріктігі.....	78

КІРІСПЕ

Осы нормативті-техникалық құралды «Астана Құрылыс-Консалтинг» ЖШС-і «Қазақ құрылыс және сәулет ғылыми-зерттеу және жобалау институты» Акционерлік қоғамымен («ҚазҚСҒЗИ» АҚ) жасаған келісімшарт бойынша дайындаған.

Осы нормативтік-техникалық құрал ҚР ҚН EN 1993-6 «Болат құрылымдарды жобалау- 6-Бөлім: Крандарға арналған көтеруші құрылымдар» ережесін дамыту үшін жасалып, жалпы мақсаттағы көпірлі және аспалы крандар мен электр көтергіш (тельферлер) үшін кран асты көтеруші болат құрылымдарды жобалауға арналған.

Осы нормативтік-техникалық құрал 3-Еврокодқа ұқсас ҚР ҚН EN 1993 Қазақстан Республикасының құрылыс нормаларына нормативтік-техникалық құралдар тобы болып табылады.

ҚР ҚН EN 1993 нормативтік-техникалық құралдар тобы – ол нормативтік-техникалық құжаттар тізбесі, онда: ҚР ҚН EN 1993 Жобалау нормаларына нормативтік-техникалық құралдар тобы Принциптері мен Ережелеріне сәйкес болат құрылымдарды есептеу мен құрылымдауға ұсынымдар; нормативтік сілтеме ақпаратты түсіндіру; есептің сандық мысалдары; қосымша анықтамалық ақпарат.

ҚР ҚН EN 1993 нормативтік-техникалық құралдар ережесі болат құрылымдардың көтерушілік қабілеті, пайдаланушылық жарамдылығы, ұзақ қызмет етушілігі және отқа төзімділік жөніндегі талаптарын ғана қамтиды. ҚР ҚН EN 1993 нормативтік-техникалық құралдарда басқа талаптар көрсетілмеген.

ҚР ҚН EN 1993 нормативтік-техникалық құралдарды келесі нормативтік-техникалық құжаттармен бірлесіп қолданған дұрыс:

- ҚР ҚН EN 1990-ға НТҚ;
- ҚР ҚН EN 1991-ға НТҚ;
- ҚР ҚН EN 1992-ге НТҚ – ҚР ҚН EN 1999, тікелей болат құрылымдарды немесе олардың элементтеріне қатысты бөліктерде;
- EN, ETAG, ETA стандарттары және болат құрылымдарға жататын құрылыс бұйымдарының басқа тиісті стандарттары.

ҚР ҚН EN 1993 нормативтік-техникалық құжаттарын әзірлеу кезіндегі негізін қалайтын құжаттар, ҚР ҚН EN 1993 «Болат құрылымдарды жобалау» 20-бөліктерінен өзге, ҚР ҚН EN 1990, ҚР ҚН EN 1991 және EN 1090 болып табылады.

ҚР ҚН EN 1993 нормативтік-техникалық құралдары тобы 19 құралдан тұрады:

- ҚР ҚН EN 1993-1 нормативтік-техникалық құрал (12 құрал);
- ҚР ҚН EN 1993-2 нормативтік-техникалық құрал (1 құрал);
- ҚР ҚН EN 1993-3 нормативтік-техникалық құрал (1 құрал);
- ҚР ҚН EN 1993-4 нормативтік-техникалық құрал (3 құрал);
- ҚР ҚН EN 1993-5 нормативтік-техникалық құрал (1 құрал);
- ҚР ҚН EN 1993-6 нормативтік-техникалық құрал (1 құрал).

ҚР ҚН EN 1993-1 нормативтік-техникалық құралда арнайы болат ғимараттар мен құрылымдарға қатысты ҚР ҚН EN 1993 бөліктеріне таралатын болат құрылымдарды жобалауға нұсқаулық көрсетілген:

- ҚР ҚН EN 1993-2;

- ҚР ҚН EN 1993-3;
- ҚР ҚН EN 1993-4;
- ҚР ҚН EN 1993-5;
- ҚР ҚН EN 1993-6.

Осы нормативтік-техникалық құралға ҚР ҚН EN 1993-6 берілген:

- ҚР ҚН EN 1993-6 болатын жалпы мақсаттағы көпірлі және аспалы крандар мен электр көтергіш (тельферлер) үшін кран асты көтеруші болат құрылымдарды жобалау принциптері мен ережелеріне арналған.

- ҚР ҚН EN 1993-6 берілген Жобалау принциптері мен ережесін дамытатын ереже;
- ҚР ҚН EN 1993-6 берілген Жобалау принциптері мен ережесін толықтыратын ұсыныстар;
- ҚР ҚН EN 1993-6 жобалау ережесінде ережені қолдануды имитациялайтын сандық есеп мысалдары.

Осы нормативтік-техникалық құралды әзірлеген кезде, ҚР ҚН EN 1993-6 ережелерінен өзге, ескерілді:

- ҚР ҚН EN 1993-6 Ұлттық Қосымшасының ережелері;
- ҚР ҚН EN 1990 тиісті ережелері;
- ҚР ҚН EN 1991 тиісті ережелері.

Осы нормативтік-техникалық құрал 11 бөлімнен тұрады. Осы нормативтік-техникалық құралдың 1 бастап 11 қоса алғандағы бөлімдері ҚР ҚН EN 1993-6 нормативінің құрылымын қайталайды:

- 1-бөлім: Қолдану саласы;
- 2-бөлім: Нормативтік сілтемелер;
- 3-бөлім: Терминдер, анықтама, белгілер және қысқартулар;
- 4-бөлім: Есептің негізгі ережелері;
- 5-бөлім: Материалдар;
- 6-бөлім: Ұзақ қызмет етушілігі;
- 7-бөлім: Құрылымдар есебі;
- 8-бөлім: Көтерушілік қабілеті бойынша шекті жағдай;
- 9-бөлім: Пайдаланушылық жарамдылығы бойынша шекті жағдай;
- 10-бөлім: Бекіту элементтері, пісіру жіктері, тежеуіш қосылыстары мен рельстер;
- 11-бөлім: Босаңсулық беріктікті бағалау.

Осы нормативтік-техникалық құралда ҚР ҚН EN 1993-6 тармақтарының нөмірлері тырнақшада берілген.

Осы нормативтік-техникалық құрал жобалық ұйымның инженерлік-техникалық жұмысшыларына, жобалық өнімге тапсырыс берушілерге, жоғары оқу орындарының мұғалімдері мен студенттеріне арналған.

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫНЫҢ НОРМАТИВТІК – ТЕХНИКАЛЫҚ ҚҰРАЛЫ
НОРМАТИВНО - ТЕХНИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН
БОЛАТ КОНСТРУКЦИЯЛАРДЫ ЖОБАЛАУ. КРАНДАРҒА АРНАЛҒАН КҮШ
ТҮСЕТІН КОНСТРУКЦИЯЛАР

ПРОЕКТИРОВАНИЕ СТАЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ. ЧАСТЬ. НЕСУЩИЕ
КОНСТРУКЦИИ ДЛЯ КРАНОВ.

Енгізілген күні - 2015-07-01

1 ЖАЛПЫ ЕРЕЖЕЛЕР

1.1 Қолдану саласы

1.1.1 ҚР ҚН EN1993-6 осы құрал жалпы мақсаттағы көпірлі және аспалы крандар мен электр көтергіш (тельферлер) үшін кран асты көтеруші болат құрылымдарды жобалауға арналған.

1.1.2 Осы құралды ҚР ҚН EN 1993-6 және онымен байланысатын басқа да стандарттармен бірлесіп қарастырған дұрыс.

1.1.3 Пайдаланудың ерекше жағдайларын есепке алған кезде (құрылыс құрылымдарын есепке алған кездегі сейсмикалық жүктемелердің әсері) ҚР ҚН EN 1998 көзделген талаптарды басшылыққа алу қажет.

1.1.4 Отқа төзімділік талаптары ҚР ҚН EN 1993-1-2 берілген.

1.1.5 Осы құралда крандардың болат құрылымдары мен есептерін есептеу қарастырылмайды. Крандар және олардың жекелеген элементтері EN 13001 қарастырылған.

1.1.6 Кран асты құрылымдарының босаңсулық беріктігін тексеру ҚР ҚН EN 1993-1-9 талаптарына сәйкес жүзеге асырылады.

1.1.7 Кран асты құрылымдарды дайындау EN 1090-2 сәйкес орындалады

1.2 Нормативтік сілтемелер

Осы құралды қолдану үшін жалпы мақсаттағы көпірлі және аспалы крандар мен электр болат (тельферлер) үшін кран асты көтеруші болат құрылымдарды жобалаған кезде келесі нормативтік құжаттар қажет:

- EN 1090-2 «Болат және алюминий құрылымдарын дайындау»;

Бөлім 2 Болат құрылымдарға техникалық талаптар

- EN 1337 «Құрылыс құрылымдарының тірек бөліктері»;

- EN ISO 1461 «Қалайы мен болаттан дайындалған бұйымдардың мырышты жабындары. Техникалық талаптар және сынақ әдістері»;

ҚР ҚН EN 1990 Күш түсетін конструкцияларды жобалаудың негіздері;

ҚР ҚН EN 1991 Еурокод 1. Көтергіш құрылымдарға әсер ету:

Бөлім 1-1. Өз салмағы, ғимараттарға уақытша және тұрақты салмақ түсіру;

Бөлім 1-2. Жалпы әсер ету. Құрылымға өрт кезіндегі әсерлер;

Бөлім 1-4. Жалпы әсер ету. Желдік әсерлер;

Бөлім 1-5. Жалпы әсер ету. Температуралық әсерлер;

Бөлім 1-6. Жалпы әсер ету. Құрылыстық жұмыстар кезіндегі әсерлер;

Бөлім 1-7. Жалпы әсер ету. Апаттық әсерлер;

Бөлім 3. Крандар мен механиканың ықпалынан пайда болған әсерлер;

EN 1993 Еурокод 3. Болат құрылымдарды жобалау:

Бөлім 1-1. Жалпы ережелер және ғимараттар үшін ережелер;

Бөлім 1-2. Өрттік әсерлерін есепке алғандағы құрылымдарды жобалаудың жалпы ережелері;

Бөлім 1-4. Жалпы ережелер. Тот баспайтын болаттың жалпы ережелері;

Бөлім 1-5. Парақ болаттан жасалған құрылымдардың элементтері;

Бөлім 1-8. Құралымдарды жобалау;

Бөлім 1-9. Шектік беріктік.

Бөлім 1-10. Материалдың тұтқырлығы және прокаттың қалыңдығы бойындағы беріктік.

EN 1998 Еурокод 8. Құрылымдарды сейсмөтөзімділігін есепке ала отырып жобалау

- EN 10164 «Бұйымдардың жақсартылған деформацияланған қасиеттеріне ие болат бұйымдар бұйым бетіне перпендикулярлы. Жеткізудің техникалық талаптары»;

- ISO/DIS 11660 «Крандар. Қол жетімділік, қоршау және шектеу құрылғылары: 5-бөлім- Көпірлік және порталды крандар»;

- TS 13001 «Крандар – жалпы жобалау:

3.3-бөлім – Доңғалақты/рельсті қосылыстардың сенімділігін тексерудің шекті жағдайы»

1.3 Қол жетімділік

1.3.1 Еурокод ҚР ҚН EN 1990 жалпы талаптарға қосымша ретінде келесілер қолданылады:

- дайындау және монтаждау EN 1090-2 талаптарын қанағаттандыру қажет.

1.4 Қағидалар мен ережелерді қолдану арасындағы айырмашылықтары

1.4.1 Қағидалар мен ережелерді қолдану арасындағы айырмашылықтарды ҚР ҚН EN 1990 1.4 бөлімшесіне сәйкес пайдалану қажет. Сонымен қатар крандарға арналған көтергіш құрылымдардың есептеудегі басқа да нормативтік құжаттар мен ережелерді қолдану мүмкін, егер де олар ҚР ҚН құрылыс нормаларына сәйкес болса және есептік нәтижелері тең болса.

1.5 Терминдер мен анықтамалар

Осы нұсқаулықта тиісті анықтамалардан тұратын келесі терминдер қолданылады:

1.5.1 Кернеуді тарту: Кранның жұмысына байланысты көлденең серпімді жүктеме және/немесе кран-бағанға қатысты бүйір бағыттағы (бойлықты және көлденең тежеуіш күштер).

ЕСКЕРТПЕ Крандармен генерирленетін көлденең әсер ету кран-балкаға бүйір күштер көрсетеді.

1.5.2 Эластомерлік тірек: Кран рельстерінің астында пайдалануға арналған күшейтілген серпімді эластомерлік төсеу материалы.

1.5.3 Тартқыш байланыстырғыш: Кран-бағаннан кран тартқышына тірекке беретін қосылыс (бойлықтық және көлденең тежеуіш күштерді тірекке беретін қосылыс).

1.5.4 Тартқыш баған (тежеуіш баған немесе ферма): Кран тартқышына қарсылық көрсететін және оны тірекке беретін арқалықтық немесе торлы ферма.

1.5.5 Құрылымдық тірек: Рельс жолының соңына жеткен кранды немесе көтергіш блокты тоқтатуға арналған элемент.

1.5.6 Рама: Әсер етуге қарсы, жалпы құрылым немесе оның бір бөлігі, бір бірімен байланысты элементтерден құралған; бұл термин раманың барлығына қолданылады.

1.5.7 Статикалық есептеу: Құрылымға әсер ететін ішкі күштерін ауытқуын анықтау.

1.5.8 Салмақ түсіретін құрылымның моделі: Статикалық есептеуге арналған нақты есептеу схемасы.

1.6 Шартты белгілер мен символдар

1.6.1 Осы нұсқаулықта ҚР ҚН EN 1993-1-1 1.6 сәйкес жалпы мақсаттағы көпір және аспалы крандар мен электротальдар (тельферді) үшін болат көтергіш кран асты құрылымдарды жобалаған кезде қажет символдар қолданылады. ҚР ҚН EN 1993-1-1 белгіленген немесе жоқ өлшем бірліктер ҚР ҚН EN 1993-6 ұсынылған.

ЕСКЕРТПЕ Осы құжаттағы символдар мен шартты белгілер ISO 3898:1987 алынған

1.7 Өлшем бірліктер

1.7.1 Осы құралда өлшем бірліктері СИ жүйесінде берілген және ISO 1000 стандартына сәйкес қолданылады.

1.7.2 Крандарға арналған болат құрылымдар есебінде келесі өлшем бірліктерін пайдалану ұсынылады:

- мөлшер, габарит және қалыңдығы:	м, см, мм
- жүктеме және күш:	кН, Н
- желілік жүктеме және күш:	кН/м, Н/мм
- өзіндік салмақ:	кН/м ³ Н/мм ³

- кернеу, серпімділік модулі: $\text{Н/мм}^2, \text{кН/см}^2, \text{МПа} (= \text{Н/мм}^2)$
- иілуші сәт: $\text{кН} \cdot \text{м}$
- бұралушы сәт: $\text{кН} \cdot \text{м}$
- көлденең қиманың геометриялық сипаттамалары
- а) инерция сәті: $\text{см}^4, \text{мм}^4$
- б) қарсылық сәті: $\text{см}^3, \text{мм}^3$
- в) жартылай қиманың статистикалық сәті: $\text{см}^3, \text{мм}^3$

2 ЕСЕПТІҢ НЕГІЗГІ ЕРЕЖЕЛЕРІ

2.1 Есепке қойылатын талап

2.1.1 Негізгі талаптар

2.1.1.1 Кран асты құрылымдардың есебі ҚР ҚН EN 1990 мазмұндалған жалпы принциптерге сәйкес орындалуы тиіс.

2.1.1.2 Кран асты құрылымдардың есебі ҚР ҚН EN 1991 берілген жүктемелердің сенімділігі мен үйлесімділіктерінің жеке коэффициенттерін қолдана отырып шекті жағдайлар әдісі бойынша орындау қажет.

2.1.1.3 Крандар үшін көтеруші құрылымдарды жобалаған және есептеген кезде:

- а) талап етілетін көтерушілік қабілетті;
- б) пайдаланушылық жарамдылықты;
- в) ұзақ қызмет етушілікті қамтамасыз ету қажет.

2.1.2 Сенімділікті басқару

Крандар үшін көтеруші құрылымдарды жобалаған және есептеген кезде ҚР ҚН EN 1990 және EN 1090 С-қосымшасына сәйкес сенімділіктің қажетті деңгейін қамтамасыз еткен дұрыс.

2.1.3 Қызмет ету мерзімі, ұзақ қызмет етушілік және сенімділік

2.1.3.1 Жалпы ережелер

2.1.3.1.1 Көтеруші құрылымдардың қызметінің ұзақ қызмет етушілігі мен қызметінің есептік мерзіміне әсер ететін жүктеме мен әсердің түріне қарай (ҚР ҚН EN 1990 қараңыз) қажет:

- а) келесі жолдармен тоттануға тұрақтылықты қамтамасыз ету:
 - металл құрылымдардың беткі жағын тоттанудан қорғау (ISO 12944 «Болат құрылымдарды қорғаныс жабыны жүйесінің тоттануынан сақтауды» қараңыз);
 - атмосфералық тоттануға тұрақты болатты қолдану;
 - тоттанбайтын болатты қолдану (ҚР ҚН EN 1993-1-4 қараңыз);
- б) жеткілікті босансулық ұзақ қызмет етушілікті қамтамасыз ету (ҚР ҚН EN 1993-1-9 қараңыз);

- в) тозуды есепке алу;
- г) құрылымдарды апаттық жүктемелерге шақтау (ҚР ҚН EN 1991-1-7 қараңыз);
- д) қадағалау және қызмет көрсету бойынша іс-шараларды орындау.

2.3.2.1 Қызметтің жобалық мерзімі

2.1.3.2.1 ҚР ҚН EN 1993-6 2.1.3.2 (1)-тармағына сәйкес, кран асты құрылымдары қызметінің жобалық мерзімі олардың функционалдық мақсаты бойынша пайдаланылуы жоспарланатын кезең ретінде анықталады. Құрылымның жобалық мерзімі құжатпен расталуы тиіс, мысалы, кранның техникалық қызмет көрсету жоспарында.

1 ЕСКЕРТПЕ ҚР ҚН EN 1990 Ұлттық ереженің ҰҚ.2.1-кестесіне сәйкес кран асты қызметінің көтерушілік құрылымдары жобалық қызмет мерзімі 10- 25 жылға тең қабылданатын қызметтің жобалық мерзімі бойынша құрылымның екінші санатына жатады.

2 ЕСКЕРТПЕ Пайдаланудың қарқынды емес жағдайдағы (сирек пайдаланылатын немесе жұмыстың жеңіл тәртібіндегі) кран асты құрылымдар үшін 50 жылға тең қызметтің жобалық қызметіне рұқсат етіледі

2.1.3.2.2 ҚР ҚН EN 1993-6 Р 2.1.3.2(2) Тармағына сәйкес, крандардың уақытша көтеруші құрылымдары үшін қызметтің жобалық мерзімі олардың қайтара пайдаланылу мүмкіндігін есепке ала отырып тапсырыс берушімен және мемлекеттік уәкілетті органмен келісілуі тиіс.

2.1.3.2.3 Кран асты құрылымдардың қызметінің жалпы жобалық мерзімінен аз қызмет ету мерзіміне ие құрылымдық элементтер үшін осы құралдың 4-бөліміндегі ұсынысты қолданған дұрыс.

2.1.3.3 Ұзақ қызмет етушілік

2.1.3.3.1 ҚР ҚН EN 1993-6 1 2.1.3.3(1) Тармағына сәйкес, крандарға арналған көтеруші құрылымдар қоршаған ортаның әсеріне есептелуі немесе олардан қорғалуы тиіс.

2.1.3.3.2 Элементтердің механикалық тозуы, тоттанушылық және босаңқылық тозуы тиісті материалдарды (ҚР ҚН EN 1993-1-4 және ҚР ҚН EN 1993-1-10 қараңыз) және құрылымдық шешімдерді (ҚР ҚН EN 1993-1-9 қараңыз) таңдау жолымен есепке алынуы тиіс, құрылымды резервтеуді және тоттанудан қажетті қорғауды пайдалану.

2.1.3.3.3 Егерде құрылымдар алмастырылатын немесе рихтіленетін элементтерден тұратын болса, мұндай іс-шараларды құрылымдау кезінде есепке алу және ауыспалы есептік жағдай ретінде жұмыстың орындалуын олардың мүмкіндіктерін есептеуді тексеру қажет.

2.1.3.3.4 Тоттануға, механикалық тозуға немесе босаңқылық бұзылуға ұшыраған кран асты көтеруші құрылымдардың элементтері үшін әзірленетін жобалық шешімдер пайдалану, жөндеу және қайта құру барысында олардың қаралуын, техникалық қызмет көрсетілу мүмкіндігін қамтамасыз етуі тиіс.

2.1.3.3.5 Егерде жобалық шешімді әзірлеу кезінде барысында олардың қаралуын, техникалық қызмет көрсетілуін қамтамасыз ету мүмкін болмаған жағдайда, онда мұндай

элементтердің қимасын тағайындаған кезде факторлардың (болаттың маркасы, ортаның агрессивтілігі, элементтің кеңістікте бағдарлануы, пайдаланудың температуралық-ылғалды тәртібі және т.б.) кешенді әсер етуімен шартталған тоттанушылық тозуға түсірушілікті қарастыру қажет.

2.1.3.3.6 Ауаның салыстырмалы ылғалдылығы 80 % аспайтын ғимараттар мен құрылымдардың ішінде орналасқан құрылымдар үшін тоттанудан қорғау талап етілмейді.

2.2 Шекті жағдай бойынша есептеу принциптері

2.2.1 Крандарға арналған көтеруші құрылыс құрылымдарын есептеген және жобалаған кезде ҚР ҚН EN 1990 3.3-кіші бөлімінде мазмұндалған және жеңілдетілген есептік модельдерді қолдану үшін материалдың жеткілікті тұтқырлығын көрсеткен сынақ нәтижелеріне негізделген принциптер пайдаланылуы тиіс.

2.3 Негізгі ауыспалылар

2.3.1 Жүктемелер және әсеретулер

2.3.1.1 Осы құралда қаралып отырған құрылым элементтерін есептеген кезде жүктемелердің (әсер етулердің) шекті есептік мағыналарын (есептік) және сипаттамалық мағыналарын (нормативтер) түсініктерін қолданған дұрыс. Кран асты құрылымдары жүктемелерінің сипаттамалық мағыналары ҚР ҚН EN 1991-3 бойынша анықталуы тиіс.

1 ЕСКЕРТПЕ ҚР ҚН EN 1991-3 крандарға арналған көтеруші құрылымдарға кран жеткізушілермен ақпаратпен алмасуды жеңілдету үшін EN 13001-1 және EN 13001-2 берілген ережелерге сәйкес жүктемені анықтауға жол береді.

2 ЕСКЕРТПЕ ҚР ҚН EN 1991-3 крандарға арналған көтеруші құрылымдарға кран үшін көтеруші құрылымдарды есептеу сәтінде кранның ерекшелігі туралы толық ақпараттың қол жетімділігі немесе қол жетпеушілігіне тәуелді түрде жүктемені анықтаудың әртүрлі әдістерін береді.

2.3.1.2 Жалпыға ортақ тәсілге сәйкес, F жүктемесі F_d жүктемесінің шекті есептік мағынасы ретінде анықталады:

$$F_d = \gamma_F \cdot F_{rep}, \quad (2.1a)$$

$$F_{rep} = \psi \cdot F_k, \quad (2.1b)$$

мұндағы

F_k – жүктеменің сипаттамалық мағынасы;

F_{rep} – жүктеменің репрезентативті мағынасы,

γ_F – жүктеменің жағымсыз ауытқулары мүмкіндігін немесе репрезентативті мағынаның әсер етуін есепке алатын жүктеме бойынша сенімділік коэффициенті;

$\psi = 1,00$ немесе ψ_0, ψ_1 немесе ψ_2 – үйлесімділік коэффициенті

2.3.1.3 Крандарға арналған көтеруші құрылыс құрылымдарының қалған жүктемелерін ҚР ҚН EN 1991-1-1, ҚР ҚН EN 1991-1-2, ҚР ҚН EN 1991-1-4, ҚР ҚН EN

1991-1-5, ҚР ҚН EN 1991-1-6 немесе ҚР ҚН EN 1991 -1-7 сәйкес анықтаған дұрыс.

2.3.1.4 Жүктеме бойынша сенімділіктің жеке коэффициенттерін осы құралдың 4.1-кестесіне сәйкес, ал үйлесімділік ережесін АҚР ҚН EN 1991-3 ережесіне сәйкес қабылдаған дұрыс.

2.3.1.5 Монтажды жүктемелер немесе әсер етулерді ҚР ҚН EN 1991-1-6 сәйкес анықтаған дұрыс.

2.3.1.6 Негіздің тұнуынан пайда болған жүктемелерді ҚР ҚН EN 1993-1-1 2.3.1 (3) және (4)-тармақтары бойынша қабылдаған дұрыс.

2.3.2 Материалдар мен бұйымдардың қасиеттері

2.3.2.1 Осы құралда ҚР ҚН EN 1993-1-1 және ҚР ҚН EN 1993-1-12 берілген сипаттамаларға ие болаттан жасалған крандарға арналған көтеруші құрылымдар қаралауда.

ЕСКЕРТПЕ Болаттың басқа маркалары үшін сипаттамалар жоғарыда көрсетілген нормаларға қайшы келмеген жағдайда жеткізушінің деректері бойынша қабылданады.

2.3.2.2 Құрылымдық болат үшін f_y аққыштықтың және f_u уақытша қарсылықтың номиналды (сипаттамалық) мағыналары келесіге тең қабылданады:

а) болат, болаттан жасалған бұйымдар мен дайындамаларға тікелей EN стандарттары бойынша: $f_y = R_{eh}$ и $f_u = R_m$

мұндағы R_{eh} – илемге стандарт бойынша аққыштық шегі;

R_m – илемге стандарт бойынша уақытша қарсылық.

б) осы құралдың 3.1 Кестесі бойынша.

2.3.2.3 Осы құралда металл илемдерінің беріктік сипаттамаларын (илемдеу бағытына тәуелсіз) келесі белгілері қолданылады:

– f_y аққыштық шегі: сынақ кезінде 0,2% стандартты үлгісін салыстырмалы ұзартуға сәйкес номиналды (нормаланатын) кернеу (3.1 Кестені қараңыз),

– созылуға беріктік шегі f_u : металдың бұзылу алдында қабылданатын шекті кернеу шамасына сәйкес дәстүрлі мағына ие. Әртүрлі болат үшін беріктік шегінің номиналды мағынасы 3.1-кестесінде берілген.

2.3.2.4 ҚР ҚН EN 1993-1-1 құрастырылған соққылы тұтқырлық бойынша талаптарды есепке алу үшін 3.1-кестесінде берілген деректерді пайдаланған дұрыс.

Берілген деректердің тоттанбайтын болаттан жобаланған құрылымдарға, сондай-ақ өзінің құрамы мен механикалық қасиеті бойынша кестеде берілген болат маркасының біріне сәйкес болатқа да қолданылатынын атап кеткен дұрыс.

2.3.2.5 Болаттың беріктік сипаттамаларының мағынасы ретінде құрамдық көлденең қиманы (суық илемді жолақ, ыстық илемді жолақ немесе ыстық илемді парақ) қолданған кезде 3.1-кестеде берілген қиманы дайындау үшін пайдаланылған бастапқы илемнің көрсеткіштері қолданған дұрыс.

2.4 Сенімділікті жеке коэффициенттер әдісімен тексеру

2.4.1 Кран үшін көтеруші құрылыс құрылымдарын жобалаған кезде қолданылатын материалдардың қасиеттері және олардың геометриялық өлшемдері, осы стандартта берілген жағдайда ЕТАG немесе ЕТА стандартына сәйкес жауап беруі тиіс.

2.4.2 Тірек құрылыс құрылымдарының статистикалық теңдігін және көтерілімін тексеру үшін жеке коэффициенттер 2.1 Кестеде берілген (ҚР ҚН EN 1991-3 А-қосымшасы А.1-кестені қараңыз).

2.1 Кесте – Жүктеме бойынша жеке коэффициенттер мағынасын ұсынамыз

Жүктемелер	Белгілері	Жай-күйі	
		есептік	уақытша
Кранның тұрақты жүктемелері			
қолайсыз	$\gamma_{G \sup}$	1,35	1,00
қолайлы	$\gamma_{G \inf}$	1,00	1,00
Кранның уақытша жүктемелері			
қолайсыз	$\gamma_{Q \sup}$	1,35	1,00
қолайлы:	$\gamma_{Q \inf}$		
кранмен		1,00	1,00
крансыз		0,00	0,00
Басқа да уақытша жүктемелері	γ_Q		
қолайсыз		1,50	1,00
қолайлы		0,00	0,00
Кездейсоқ жүктемелер	γ_A		1,00

2.5 Сынақ негізіндегі есеп

2.5.1 Көтерушілік қабілеттің сипаттамалық мағыналарын R_k ҚР ҚН EN 1990 D-Қосымшасы бойынша анықтаған дұрыс.

2.5.2 Қауіпсіздіктің жеке коэффициенттерінің тұрақты мағыналары γ_{Mi} түрлерін анықтау үшін R_k көтерушілік қабілеттің сипаттамалық мағыналары мына формула бойынша анықталды:

$$R_k = R_d \gamma_{Mi}$$

мұндағы R_d – ҚР ҚН EN 1990 D Қосымшасы бойынша қабылданатын көтерушілік қабілеттің есептік мағынасы;

γ_{Mi} – қауіпсіздіктің ұсынылатын жеке коэффициенттері.

1 ЕСКЕРТПЕ Ұсынылатын жеке сенімділік коэффициенттерінің сандық мағынасы γ_{Mi} R_k квантильдің сансыз сынақтар үшін шамамен 5 % құрайтындай етіп анықталған.

2 ЕСКЕРТПЕ Босаңқылық беріктік сипаттамалық мағыналары және қауіпсіздіктің жеке коэффициенттерінің мағынасы γ_{Mi} шыдамдылық есебінде (ҚР ҚН EN 1993-1-9 қараңыз).

3 ЕСКЕРТПЕ Сынғыш бұзылуға қарсылықты есепке ала отырып элементтердің көтерушілік

қабілетінің сипаттамалық мағынасы (ҚР ҚН EN 1993-1-10 қараңыз).

2.5.3 [2.5(3) ҚР ҚН EN1993-1-1] R_k құралдарының көтерушілік қабілеттің мүмкіндігі 2.5.2 процедурасының нәтижесімен анықталады.

2.6 Көпірлі крандарға арналған саңылаулар

2.6.1 ҚР ҚН EN 1993-6 2.6(1) Тармағына сәйкес, көпірлі крандар мен крандарға арналған көтеруші құрылыс құрылымдары арасындағы саңылауларды, сондай-ақ жүргізушілер мен қызмет көрсететін персонал үшін көпірлі крандардың барлық тәсілдері габариттері ISO/DIS 11660-5 талаптарына сәйкес қабылдансын.

2.7 Аспалы крандар мен электрлік көтергіштерге арналған арқалық (тельферлер)

2.7.1 Аспалы крандар мен электрлік көтергіштерге арналған арқалық (тельферлер) үшін доңғалақты әсер етуді (жүктемені) тарату тікелей төменгі сөреге жүзеге асырылады, пайдалануға жарамдылығы бойынша шекті жағдайын тексеру қажет. Тексеруді осы құралдың 7-5-ші бөліміне сәйкес орындаған дұрыс.

2.7.2 Мұндай сөрелердің беріктігін осы құралдың 6.7 Бөліміне сәйкес тексерген дұрыс.

2.8 Крандарды сынау

2.8.1 Егерде кранды сынау орындалатын болса, онда крандарға арналған көтеруші құрылымдарды ҚР ҚН EN 1993-6 7.5 Бөліміне сәйкес пайдаланушылық жарамдылығының шекті жай-күйі бойынша тексерген дұрыс. Бұл жағдайда жүктеме ретінде ҚР ҚН EN 1991-3 2.10 Бөліміне сәйкестіісті сынақ крандық жүктемелер қабылданады:

а) жүктеменің динамикалық сынағы – кранның өзіндік жүк көтергіштігінің 110% кем емеске тең қабылданатын жүктеме;

б) статикалық сынақ жүктемесі – кранның өзіндік жүк көтергіштігінің 125% кем емеске тең қабылданатын жүктеме.

ЕСКЕРТПЕ Динамикалық және статикалық сынақ жүктемелерінің түпкілікті мағынасы ҚР аумағында қолданыстағы Жүккөтергіш крандарды немесе басқа да жүк көтергіш механизмдер үшін ұқсас құжаттар дайындау және қауіпсіз пайдалану ережесіне сәйкес қабылданады.

2.8.2 8-бөлімге сәйкес көтерушілік қабылет бойынша шекті жағдайды тексеру тиісті нүктелердегі қоса берілген сынақ жүктемелерінің әрекеті кезінде орындалуы тиіс. Бұл жағдайда жүктеме үшін жеке коэффициент қолданған дұрыс: $\gamma_{F,test} = 1,1$.

3 МАТЕРИАЛДАР

3.1 Жалпы ережелер

3.1.1 ҚР ҚН EN 1993-1-1 3.1(1) Тармағына сәйкес, осы бөлімде берілген болаттың беріктік өлшемдері мағынасын есептеу кезінде сипаттамалық ретінде қабылдаған дұрыс.

3.1.2 Крандар үшін көтеруші құрылыс құрылымдары және олардың сипаттамалары үшін болатты осы құралдың 3.1 Кестесіне сәйкес қабылдаған дұрыс.

ЕСКЕРТПЕ Осы нормалар талаптарына сәйкес басқа болаттың маркасын қолдануға рұқсат етіледі.

3.1 Кесте – Ыстық илемделген болат құрылымы f_y аққыштықтығының және уақытша төтеп берудің f_u созылуға уақытша қарсылының номиналды мағыналары

Болаттың стандарты және маркасы	Элементтің номиналды қалыңдығы t , мм			
	$t \leq 40$		$40 < t \leq 80$	
	f_y , Н/мм ²	f_u , Н/мм ²	f_y , Н/мм ²	f_u , Н/мм ²
EN 10025-2				
S 235	235	360	215	360
S 275	275	430	255	410
S 355	355	510	335	470
S 450	440	550	410	550
EN 10025-3				
S 275 N/NL	275	390	255	370
S 355 N/NL	355	490	335	470
S 420 N/NL	420	520	390	520
S 460 N/NL	460	540	430	540
EN 10025-4				
S 275 M/ML	275	370	255	360
S 355 M/ML	355	470	335	450
S 420 M/ML	420	520	390	500
S 460 M/ML	460	540	430	530
EN 10025-5				
S 235 W	235	360	215	340
S 355 W	355	510	335	490

3.1 Кесте – Ыстық илемделген болат құрылымы f_y аққыштықтығының және уақытша төтеп берудің f_u созылуға уақытша қарсылының номиналды мағыналары (жалғасы)

Болаттың стандарты және маркасы	Элементтің номиналды қалыңдығы t , мм			
	$t \leq 40$		$40 < t \leq 80$	
	f_y , Н/мм ²	f_u , Н/мм ²	f_y , Н/мм ²	f_u , Н/мм ²
EN 10025-6 S 460 Q/QL/QL1	460	570	440	550
EN 10210-1 S 235 H S 275 H S 355 H S 275 NH/NLH S 355 NH/NLH S 420 NH/NHL S 460 NH/NLH	235 275 355 275 355 420 460	360 430 510 390 490 540 560	215 255 335 255 335 390 430	340 410 490 370 470 520 550
EN 10210-1 S 235 H S 275 H S 355 H S 275 NH/NLH S 355 NH/NLH S 420 NH/NHL S 460 NH/NLH	235 275 355 275 355 420 460	360 430 510 390 490 540 560	215 255 335 255 335 390 430	340 410 490 370 470 520 550
EN 10219-1 S 235 H S 275 H S 355 H S 275 NH/NLH S 355 NH/NLH S 460 NH/NLH S 275 MH/MLH S 355 MH/MLH S 420 MH/MLH S 460 MH/MLH	235 275 355 275 355 460 275 355 420 460	360 430 510 370 470 550 360 470 500 530		

3.2 Құрылымдық болат

3.2.1 Шағын көмірсутекті болат

3.2.1.1 Болаттың қасиеттерін ҚР ҚН EN 1993-1-1 3.2.1 Тармағындағы нұсқаулыққа сәйкес қабылдаған дұрыс.

3.2.2 Тұтқырлыққа қойылатын талап

3.2.2.1 ҚР ҚН EN 1993-1-1 3.2.2 Тармағына сәйкес, жобалау кезінде қабылданған болаттың маркасы созылушылық бойынша ең төменгі талаптарға сәйкес келуі тиіс, ол:

а) $f_u/f_y > 1,10$ – созылудың f_u аққыштық шегінің ең аз мағынасына f_y беріктік шегінің ең аз мағынасының қатынасы;

б) үлгінің бұзылуы кезіндегі салыстырмалы ұзындық $5,65 \cdot \sqrt{A_0}$ (мұндағы A_0 – сынақ жүргізгенге дейінгі үлгінің көлденең қимасының ауданы) 15 % кем болмауы тиіс;

в) уақытша қарсылыққа сәйкес $f_u: \varepsilon_u > 15 \cdot \varepsilon_y$ шекті салыстырмалы ұзындық ε_u , мұндағы $\varepsilon_y = f_y/E$ – аққыштықтың шегіне жету кезіндегі салыстырмалы деформациядан тұрады.

ЕСКЕРТПЕ Таблице 3.1 Кестеге сәйкес қабылданған крандарға арналған көтеруші құрылыс құрылымдарының болат маркасы 3.2.2.1 Тармағының талаптарын қанағаттандырады.

3.2.3 Соққылы тұтқырлық

3.2.3.1 ҚР ҚН EN 1993-1-1 3.2.3(2) Тармағына сәйкес, жобалау кезінде қабылданған болат есепті мерзім шегінде кранның көтерушілік құрылымдарының ең төменгі пайдаланушылық жұмыс температурасы кезінде созылмалы элементтерін осал бұзылуды болдырмау үшін жеткілікті соққылы тұтқырлыққа ие болуы тиіс.

3.2.3.2 ҚР ҚН EN 1993 3.2.3(2) Тармағына сәйкес, егерде ҚР ҚН EN 1993-1-10 жүргізілген жағдай ең төмен жұмыс температурасы кезінде орындалатын болса, онда осал бұзылуды есепке ала отырып элементтің беріктігін тексеруді орындау талап етілмейді.

3.2.3.3 Крандарға арналған көтеруші құрылымдардың сығылған элементтері ең төменгі соққылы тұтқырлықты ҚР ҚН EN 1993-1-10 $\sigma_{Ed} = 0,25 \cdot f_y(t)$ кезінде 3.1 Кестесі бойынша қабылдауы тиіс.

3.2.4 Илемнің қалыңдығы бағытындағы қасиет

3.2.4.1 Егерде ҚР ҚН EN 1993-1-10 талаптарына сәйкес қабаттарға бөлінудің алдын алу үшін илемдеу қалыңдығы бағытында кеплідендірілген қасиеттерге ие болатты қолдану қажет болған жағдайда, EN 10164 бойынша Z шамасының талап етілетін мағынасына сәйкес болат маркасын қабылдаған дұрыс. Арқалықтың колонналарға және арқалықтың тірек қабырғаларына қосылысы неғұрлым қолайлы жағдайында болады.

1 ЕСКЕРТПЕ Қабаттарға бөліну – ол материалдағы кпісіруден туатын ақау, әдетте тек

ультрадыбыстық ақау тапқышпен ғана табылады. Қабаттарға бөлінудің негізгі қатері крест тәрізді, Т-тәрізді және бұрыштық қосылыстарда, сонымен қатар толық пісіруі бар пісіру жіктерінде байқалады (болат табақтардың қабатқа бөліну мысалы ҚР ҚН EN 1993-6 3.1 Суретте берілген).

2 ЕСКЕРТПЕ пісіру кезінде қабаттарға бөлінудің алдын алу бойынша басшылықты –EN 1011-2 қараңыз.

3.2.4.2 Кран асты көтеруші құрылымдар үшін 1 сапа класын қабылдаған дұрыс (ҚР ҚН EN 1993-1-10 3.1 Кестені қараңыз).

3.2.4.3 Келесі талапты орындаған кезде қабаттарға бөліну мүмкіндігі болмайды (3.2 Кестені қараңыз):

$$Z_{Ed} \leq Z_{Rd}, \quad (3.1)$$

мұндағы Z_{Ed} – пісіру жігінің балқыған білікшесі арқылы металл отырысының деформациясы анықталатын Z шамасының талап етілетін есептік мағынасы;
 Z_{Rd} – EN 10164, яғни Z15, Z25 немесе Z35 сәйкес материал үшін Z шамасының нақты есептік мағынасы.



3.1 Сурет – Болат табақтардың қабаттарға бөлінуі

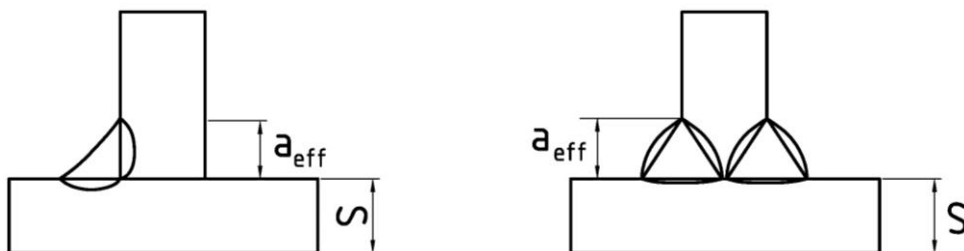
3.2 Кесте - EN 10164 сәйкессапа класын таңдау

EN 1993-1-10 сәйкес Z_{Ed} талап етілетін мағынасы	EN 10164 сәйкес Z_{Rd} нақты мағынасы
≤ 10	-
11 бастап 20 дейін	Z 15
21 бастап 30 дейін	Z25
>30	Z35

3.2.4.4 Талап етілетін шекті мағынаны Z_{Ed} мына формула бойынша анықтауға болады:

$$Z_{Ed} = Z_a + Z_b + Z_c + Z_d + Z_e, \quad (3.2)$$

мұндағы Z_a, Z_b, Z_c, Z_d , және Z_e 3.3-кесте бойынша қабылданады.

3.2 Сурет – Отыру үшін a_{eff} дәнекерлеу жігінің тиімді катеті3.3 Кесте – Z_{Ed} есептік мағынасына әсер ететін өлшемдер

Есептік өлшем	Тиімді катеттік жік a_{eff} (5.2-суретті қараңыз)	Бұрыштық жіктер қалыңдығының мөлшері a	Z_i
Металдың отыруына қарай созылысты түзетін пісіру жігінің биіктігі	$a_{eff} \leq 7$ мм	$a = 5$ мм	$Z_a = 0$
	$7 < a_{eff} \leq 10$ мм	$a = 7$ мм	$Z_a = 3$
	$10 < a_{eff} \leq 20$ мм	$a = 14$ мм	$Z_a = 6$
	$20 < a_{eff} \leq 30$ мм	$a = 21$ мм	$Z_a = 9$
	$30 < a_{eff} \leq 40$ мм	$a = 28$ мм	$Z_a = 12$
	$40 < a_{eff} \leq 50$ мм	$a = 35$ мм	$Z_a = 15$
	$50 < a_{eff}$	$a > 35$ мм	$Z_a = 15$
Крест тәрізді, Т-тәрізді және бұрыштық қосылыстардағы пісіру жіктерінің нысаны және жатысы			$Z_b = -25$
	Бұрыштық қосылыстар		$Z_b = -10$
	Бір қабатты бұрыштық жіктер $Z_a = 0$ немесе төменгі беріктікте балқытылған металмен бұрыштық жіктер $Z_a > 1$		$Z_b = -5$
	Көпқабатты бұрыштық жіктер		$Z_b = 0$
	Отырудың әсерін кеміту үшін жіктің тиісті кезектілігі кезінде		$Z_b = 3$
	Жиі және толық пісірумен жіктер		

3.3 Кесте – Z_{Ed} есептік мағынасына әсер ететін өлшемдер (жалғасы)

Есептік өлшем	Тиімді катеттік жік a_{eff} (5.2-суретті қараңыз)	Бұрыштық жіктер қалыңдығының мөлшері a	Z_i
	Жиі және толық пісірумен жіктер		$Z_b=5$
	Бұрыштық қосылыстар		$Z_b=8$
Материал қалыңдығының s отырудың ұсталып тұруына әсері	$s \leq 10$ мм		$Z_c=2^*$
	$10 < s \leq 20$ мм		$Z_c=4^*$
	$20 < s \leq 30$ мм		$Z_c=6^*$
	$30 < s \leq 40$ мм		$Z_c=8^*$
	$40 < s \leq 50$ мм		$Z_c=10^*$
	$50 < s \leq 60$ мм		$Z_c=12^*$
	$60 < s \leq 70$ мм		$Z_c=15^*$
	$70 < s$		$Z_c=15^*$
Құрылымның басқа бөліктерімен және пісіруден кейінгі отырудың қаашықтатылған ұсталып тұруы	Ұсталып тұрудің төмендігі: еркін ұсталу мүмкін (мысалы, Т-қосылыс)		$Z_d=0$
	Орташа ұсталып тұру: еркін ұсталу шектелген (мысалы, қорапты қимадағы диафрагма)		$Z_d=3$
	Ұсталып тұрудың жоғарылығы: еркін ұсталу мүмкін емес (мысалы, ортотропты плиталардағы бойлықты арқалықтар)		$Z_d=5$
Алдын ала қыздырудың әсері	алдын ала қыздырмастан		$Z_e=0$
	$\geq 100^\circ\text{C}$		$Z_e=8$

ЕСКЕРТПЕ илемнің қалыңдығы бағытында статикалық жүктемелермен сығылған материал үшін 50 % азайтылуы мүмкін.

3.2.5 Рұқсат берулер

3.2.5.1 ҚР ҚН EN 1993-1-1 3.2.5(1) Тармағына сәйкес, илемді профилдердің массасы және мөлшері бойынша рұқсат берулер, крандар үшін көтеруші құрылыс құрылымдарын жобалаған кезде неғұрлым қатты рұқсат берулер орнатылмаған болса, өнімге, ETAG немесе ETA стандарттарына сәйкес келуі тиіс.

3.2.5.2 ҚР ҚН EN 1993-1-1 3.2.5(2) Тармағына сәйкес, пісіру элементтері үшін рұқсат берулерді EN1090 ұсыныстарына сәйкес қабылдаған дұрыс.

3.2.5.3 ҚР ҚН EN 1993-1-1 3.2.5(3) Тармағына сәйкес, крандар үшін көтеруші құрылыс құрылымдарын орындаған кезде геометриялық мөлшердің номиналды белгілерін қолданған дұрыс.

3.2.6 Материалдардың физикалық сипаттамаларының есептік мағынасы

3.2.6.1 ҚР ҚН EN 1993-1-1 3.2.6(1) Тармағына сәйкес, крандар үшін көтеруші құрылыс құрылымдарын есептеген кезде қолданылатын құрылымдық болат үшін материалдардың физикалық сипаттамалары мына мағынаға тең:

- серпімділік модулі $E = 210\,000\text{ Н/мм}^2$;
- қозғалыс модулі $G = \frac{E}{2 \times (1 + \nu)} \approx 81000\text{ Н/мм}^2$;
- Пуассон коэффициенті $\nu = 0,3$;
- желілік термиялық кеңею коэффициенті $\alpha = 12 \times 10^{-6} \cdot \text{К}^{-1}$ ($T < 100^\circ\text{C}$ кезінде).

3.3 Тоттанбайтын болат

3.3.1 [3.3(1)] Тоттанбайтын болатты пайдалану шарттары мен талаптары ҚР ҚН EN 1993-1-4 берілген.

3.4 Бекіту элементтері және дәнекерлеу жіктері

3.4.1 ҚР ҚН EN 1993-1-1 3.3.1(1) Тармағына сәйкес, бұрандалы қосылыс элементтеріне қойылатын талаптар ҚР ҚН EN 1993-1-8 берілген.

3.4.2 Пісіру қосылыстары материалдарына қойылатын талаптар ҚР ҚН EN 1993-1-8 берілген (ҚР ҚН EN 1993-1-1 3.3.2(1) Тармағын қараңыз).

3.5 [3.5] Тірек элементтері

3.5.1 Крандар үшін көтеруші құрылымдардың тірек элементтері EN 1337 талаптарына сәйкес келуі тиіс.

3.6 Кран асты құрылымдарына арналған басқа бұйымдар

3.6.1 Жалпы ережелер

3.6.1.1 [3.6.1(1)] Крандар үшін көтеруші құрылымдардың есебінде қолданылатын кез-келген жартылай немесе толық дайын құрылымдық бұйым бұйымның тиісті стандарты ЕТАГ немесе ЕТА талаптарына жауап беруі тиіс.

3.6.2 Рельстік болат

3.6.2.1 Арнайы мақсаттағы кран асты және темір жол рельстері 500 бастап 1200 Н/мм² дейінгі шекте созылу кезінде берілген ең аз беріктікпен арнайы рельстік

болаттардан дайындалуы тиіс.

3.6.2.2 Рельс ретінде пайдаланылатын тік бұрышты және басқа көлденең профилдер илемі сонымен қатар 3.1-кестеге сәйкесқұрылымдық болаттан дайындалуы мүмкін.

3.6.3 Рельстер үшін арнайы қосылыс элементтері

3.6.3.1 Рельстерге арналған қосылу элементтері және крандардың көтеруші құрылыс құрылымдарына рельстерді бекіту құрылғысы, соның ішінде арнайы бекіту бұйымдары мен эластикалық тірек төсемшелері, бұйымның тиісті ерекшелігіне сәйкес қолданылуға жарамды болуы тиіс.

ЕСКЕРТПЕ EN стандарттарына сәйкес арнайы қосу құрылғыларына тиісті ерекшеліктер болмаған жағдайда бұйымға ұлттық стандарттар қолданылуы мүмкін.

4 ҰЗАҚ ҚЫЗМЕТ ЕТУШІЛІК

4.1 Осы құралдың аталған бөлімі ҚР ҚН EN 1990 және ҚР ҚН EN 1993-1-1 болат құрылымдардың ұзақ қызмет етушілігін қамтамасыз ету жөніндегі негізгі ережелермен толықтырады.

ЕСКЕРТПЕ Ұзақ қызмет етушілік – техникалық қызмет көрсетудің тиісті деңгейі кезінде пайдаланудың барлық есептік мерзімі кезінде болат құрылымның немесе оның элементінің жұмысқа қабілетін сақтау қабілеті.

4.2 Кран үшін көтергіш құрылымдардың ұзақ қызмет етушілігін қамтамасыз ету ҚР ҚН EN 1990 2.4 Тармағының ережелерін негізге алады.

4.3 Болат құрылымдарды пайдаланудың есептік мерзімі осы құралдың 4.1 Кестесі бойынша анықталатын пайдаланудың есептік мерзімі класымен анықталады.

4.1 Кесте – Пайдаланудың есептік мерзімінің сыныптамасы

Пайдаланудың есептік мерзімі класы	Пайдаланудың есептік мерзімі (жылдарда)	Мысал
1	10	Пайдалану мерзімі шектелген көтерушілік құрылым ^{a)}
2	10 бастап 25 дейін	Көтеруші құрылымның учаскелерін ауыстырады, мысалы, кран асты арқалықтары, тіректер
3	15 бастап 30 дейін	Ауылшаруашылық құрылымдар және солар тектес

4.1 Кесте – Пайдаланудың есептік мерзімінің сыныптамасы

Пайдаланудың есептік мерзімі класы	Пайдаланудың есептік мерзімі (жылдарда)	Мысал
4	50	Ғимараттар және де басқа да қурылымдар
5	100	Монументті ғимараттар, көпірлер және басқа да инженерлік құрылымдар

^{a)} Қайтара пайдалану мақсатында демонстрацияланатын көтеруші құрылымдар немесе көтеруші құрылымдардың бөліктері пайдаланудың уақыты шектелген көтеруші құрылымдар ретінде қарастырылмауы тиіс.

4.4 Крандарға арналған көтеруші құрылымдарды дайындау, монтажы және оларды қорғаныстық өңдеу EN 1090 талаптарына сәйкес келуі тиіс.

4.5 Крандарға арналған көтеруші құрылымдардың босаңқылығын бағалау осы құралдың 11-бөліміне сәйкес орындалуы тиіс.

4.6 Осы құралдың 7.6.2 Тармағына сәйкес егерде кран рельстері кран асты арқалығының қимасы құрамына енгізілетін болса, құрамдас көлденең қиманың қасиетін анықтаған кезде тозудың тиісті рұқсаттарын есепке алу қажет.

4.7 Негіздің отыруы немесе аумақтың сейсмикалық белсенділігінен туындаған жүктеме пайда болған кезде, тік және көлденең деформация үшін есептік рұқсаттар кран жеткізушілермен келісілуі және тексеру жоспары мен техникалық қызмет көрсетуге енгізілуі тиіс.

4.8 Осы әсерлерден деформацияның күтілетін мағыналары рихтілеуді орындау мүмкіндігін қамтамасыз етудің қосылыстарын құрылымдаған кезде ескерілуі тиіс.

4.9 Крандарға арналған көтеруші құрылымдар қызметінің барлық есептік мерзімі ішінде сенімділіктің жеткілікті дәрежесіне ие емес құрылымдық элементтер (компенсаторлар, кран рельстер және олардың бекітулері, эластикалық төсемшелер және тежеуішті қосылыстар) шекті рұқсат берілетін тозуға жеткен кезде ауысытырлуы тиіс.

5 ҚҰРЫЛЫМДАРДЫ ЕСЕПТЕУ

5.1 Есептеу кезінде құрылымдарды үлгілеу

5.1.1 Құрылымдарды үлгілеу және негізгі рұқсаттар

5.1.1.1 ҚР ҚН EN 1993-1-1, 5.1.1(1)Р Тармағына сәйкес, крандарға арналған тасушы құрылымдардың үлгілері қарастырылып отырған шекті күйге сәйкес келуі керек.

5.1.1.2 ҚР ҚН EN 1993-1-1, 5.1.1(2) Тармағына сәйкес, көлденең қиылыстар, элементтер, қосылыстар мен тіректердің қабылданған жұмыс түрлері мен қажетті дәлдікпен белгілі бір шекті күйде құрылымдардың жұмыстарына сәйкес келуі керек.

5.1.1.3 ҚР ҚН EN 1993-1-1, 5.1.1(3)Р Тармағына сәйкес, құрылымдарды есептеу кезінде қолданылатын әдіс, есептік алғышарттармен өзара келісілуі керек.

5.1.1.4 Есептік үлгі мен негізгі рұқсаттар қиылысу жазық элементтерінің шығыны мен жылжуының әсерін ескеру керек. (ҚР ҚН EN 1993-1-5).

ЕСКЕРТПЕ «Жылжудың кідіруі» (shear lag) жолақ шеттерінен кернеу мәндерін азайта отырып арқалықтар жолақтарының енін бойлай қалыпты кернеулерді тегіс емес үлестіруді білдіреді.

5.1.2 Қосылыстарды үлгілеу

5.1.2.1 ҚР ҚН EN 1993-1-1, 5.1.2(2) Тармағына сәйкес конструкциядағы ішкі күштер және моменттері және жағдайдағы конструкцияның жиынтық деформацияларына үлестірілуге Қосу деформацияларының ықпалымен менсінбеуге болады, онда ол есептеуде ескеруі керек, бірақ мұндай ықпал егер (жартылай қатты Қосулардың жағдайында қалай) айтарлықтай болады.

5.1.2.2 ҚР ҚН EN 1993-1-1, 5.1.2(2) сәйкес, түйіндердің деформацияларының ықпалы есептеуде тиісті орнатып, есепке алыну, түйіндердің келесі үш түрлері танып білу үшін: - түйін болуы мүмкін мүмкін июші моменттерді алып бермеген тұрып қал; - түйіннің деформациясы болуы мүмкін мүмкін есептеу нәтижелерге ықпалы тимайтын қатты; - түйіннің деформациясында есептеуде еленуі керек болатын жартылай қаттысы.

5.1.2.3 ҚН ҚР EN 1993-1-1 5.1.2(3) Тармағына сәйкес, түрлі қосылыстарға қойылатын талаптар ҚН ҚР EN 1993-1-8 келтірілген.

5.1.2.4 ҚН ҚР EN 1993-6 5.1.2(2) Тармағына сәйкес, шаршау пайда болған қосылыстарды үлгілеу ұзақ мерзімділікті қамтамасыз етуі керек ол келесі құжатта анықталады ҚН ҚР EN 1993-1-9.

ЕСКЕРТПЕ Тіреуіш құрылымдарда крандар үшін болттар, өзіне жүктік әсер етуді қабылдайтын берік болттармен бекітілуі қажет (Категория С ҚН ҚР EN 1993-1-8).

5.1.3 Құрылымдар мен тіректердің өзара әрекеттесуі

5.1.3.1 Мысалы, ішкі күштеріне крандар үшін көтеруші құралымдар тіректерінің деформацияларының ықпалы керекті жағдайда есепке алу керек (мысалы, кесілмейтін кран астындағы арқалықтарды есептеуде).

ЕСКЕРТПЕ Конструкциядағы негіздің деформацияларының ықпалын есептеуінің әдістемесі СН ҚР EN 1997-1 келтірілген.

5.2 Статистикалық есептеу

5.2.1 Құрылымдардың деформацияланған схеманың есепке алуы

5.2.1.1 ҚР ҚН EN 1993-1-1 5.2.1(1) Тармағына сәйкес, крандар үшін жүк көтергіш құрылыс құралымдарындағы күштерін (көлденең күш және бұгуші момент) келесі әдістер арқылы анықтауға болады:

а) конструкцияның бастапқы геометриясын қолданатын бірінші әдіс теориясы бойынша есептеу;

б) конструкцияның деформацияларының ықпалын есепке алатын екінші әдіс теориясы бойынша есептеу.

5.2.1.2 ҚР ҚН EN 1993-1-1 5.2.1(2) Тармағына сәйкес, деформацияланған схеманың ықпалын, егер ол көлденең қимадағы күшті едәуір үлкейтсе, немесе конструкцияның жұмысын едәуір өзгертсе, есепке алу керек.

5.2.1.3 ҚР ҚН EN 1993-1-1 5.2.1(3) Тармағына сәйкес, бірінші әдіс теориясы бойынша есептеу, егер конструкцияның деформациясы нәтижесінде пайда болған ішкі күштердің өзгерістері болмашы және оған назар аударуға болмайтын жағдайда конструкция үшін қолданылады.

Егер келесі критерий сақталса, осы шарт орындалған болып есептеледі:

$$\begin{aligned}\alpha_{cr} = \frac{F_{cr}}{F_{Ed}} &\geq 10 - \text{серпінді кезеңдегі есептеуде,} \\ \alpha_{cr} = \frac{F_{cr}}{F_{Ed}} &\geq 15 - \text{пластикалық кезеңдегі есептеуде,}\end{aligned}\tag{5.1}$$

мұндағы α_{cr} - жанында ортақ серпімді орнықсыздықтың күйіне жететін есепті жүктеменің арту коэффициенті (кор коэффициенті);

F_{Ed} – конструкцияға жүктеменің есепті сипаттамасы;

F_{cr} – бастапқы серпімді қаттылықтың негізінде анықталған серпімді кезеңде ортақ орнықтылықтың жоғалтуында сынды жүктеме.

ЕСКЕРТПЕ Жоғарырақ мән α_{cr} пластикалық кезеңде есептеу үшін қабылданған, өйткені конструкцияның жұмысына сынды шекті күйіндегі материалдардың сызықты емес қасиеттері түбегейлі ықпалын тигізе алады (мысалы, моменттердің қайта бөлумен рамадағы пластикалық топсаларды құрастыру кезінде немесе жартылай қатты қосулардан түбегейлі сызықты емес деформациялардың пайда болу кезінде).

5.2.2 Каркас орнықтылығы

Каркасты конструкциялардың орнықтылықғын статикалық есептеуде ҚР ҚН EN 1993-1-1 5.2.2 Тармағының нұсқауларын негізге алу керек.

5.3 Жетіспеушіліктер

5.3.1 Негізгі ережелер

5.3.1.1 ҚР ҚН EN 1993-1-1 5.3.1(1) Тармағына сәйкес, жетіспеушіліктер параметрлердің тиісті мәндерін, мысалы: қалдық кернеулер, тік және сызықтықтан ауытқу түріндегі геометриялық жетіспеушіліктер, қалыптастырудың жоқтығы, эксцентриситеттер, есепті сұлбада ескеру керек, егер олар EN 1090-2 орнатылған жасауларға рұқсаттардан асса.

5.3.1.2 ҚР ҚН EN 1993-1-1 5.3.1(2) Тармағына сәйкес, баламалы геометриялық жетіспеушіліктерді (ҚР ҚН EN 1993-6 5.3.2 және 5.3.3 Тармағын қараңыз) жетіспеушіліктердің барлық түрлерінің мүмкін ықпалын көрсететін мәндермен есепке алу керек, ҚР ҚН EN 1993-6 5.3.4 Тармағына сәйкес элементтің беріктігін тексеру формулаларына қосылғандарды қоспағанда.

5.3.1.3 ҚР ҚН EN 1993-1-1 5.3.1(3) Тармағына сәйкес, көтеруші конструкцияларын есептеу кезінде рамалардың жалпы жетіспеушіліктерін, сонымен бірге, жеке элементтердің жергілікті жетіспеушіліктерін есепке алу керек.

5.3.2 Рамаларды статикалық есептеу үшін жетіспеушіліктер

5.3.2.1 Статикалық есептеуде есепке алу керек ететін рамалардың жетіспеушіліктері ҚР ҚН EN 1993-1-1 5.3.2 Тармағында келтірілген.

5.3.2.2 Крандар үшін көтеруші конструкцияларын статикалық есептеуде ғимараттың каркастардың рамаларының ауытқулары кранның доңғалағынан тік жүктеменің қосымшасының эксцентриситетімен бірге есепке алынбауы тиіс $e_y = 0,25 \cdot b_r$ (осы құралдың 5.5 суретіне қараңыз), онда b_r – рельс басының ені (ҚР ҚН EN 1991-3 2.5.2.1 (2) Тармағын қараңыз).

5.3.3 Байланыстыру жүйелерді есептеудегі жетіспеушіліктер

5.3.3.1 Жазықтықтан кран астындағы арқалықтардың орнықтылығын қамтамасыз ететінденең тежеу фермаларын немесе басқа қысылған элементтерін есептеуінде, жетіспеушіліктер ҚР ҚН EN 1993-1-1 (5.12) Формуласы арқылы анықталатын арқалықтың баламалы геометриялық майысуының кіріспесі арқылы есепке алынады:

$$e_0 = \frac{\alpha_m \cdot L}{500} \quad (5.1a)$$

мұндағы L – байланыс элементінің геометриялық ұзындығы;

$$\alpha_m = \sqrt{0,5 \cdot \left(1 + \frac{1}{m}\right)} - \text{коэффициенті};$$

$m = 1$ немесе 2 – бекітілетін элементтер саны.

5.3.3.2 Геометриялық ауытқуларды ҚР ҚН EN 1993-1-1 5.3.3(2) Тармағының

нұсқаулары арқылы анықтылатын баламалы көлденең күштермен алмастыруға болады.

5.3.4 Конструкция элементтеріндегі жетіспеушіліктер

5.3.4.1 Жергілікті майысулар (ҚР ҚН EN 1993-1-1 5.3.4(1) Тармағын қараңыз) ҚР ҚН EN 1993-1-1 6.3 Бөлімшесіне сәйкес орындалатын орнықтылықты тексеретін формулаларда есепке алынады.

5.3.4.2 Элементтердің жетіспеушіліктері кранның доңғалағынан эксцентриситетімен бірге есепке алынбау керек (осы құралдың 5.3.2.2 Тармағын қараңыз).

5.4 Есептеу әдістері

5.4.1 Жалпы ережелер

5.4.1.1 Күштер және июші моменттер топсалардың пайда болуын есепке алуымен жұмыстың серпімді кезеңінде де, сонымен қатар, пластикалық кезеңде де статикалық есептеудің орындауымен анықталады.

5.4.1.2 Күштер және июші моменттерді анықтауында ҚР ҚН EN 1993-1-1 5.4.1 Тармақтың нұсқауларын негізге алу керек.

5.4.1.3 Қажу қиратудың басты факторы болып табылатын крандар үшін жүк көтергіш құрылыс конструкцияларды серпімді кезеңде есептеу керек. Егер көтергіш қабілеті бойынша шекті күйлерін тексерулерді жүргізу үшін пластикалық кезеңде есептеу қолданылса, онда ҚР ҚН EN 1993-6 7.5 Бөлімшенің нұсқауларына сәйкес қолдану кезіндегі жарамдылықтың шекті күйлеріне арналған тексеруді жүргізу керек.

5.4.2 Серпінді кезеңде статикалық есептеу

5.4.2.1 Серпімді кезеңдегі конструкциялардың статикалық есептеуді ҚР ҚН EN 1993-1-1 5.4.2 Тармағының нұсқауларына сәйкес орындау керек.

5.4.3 Пластикалық кезең бойынша статикалық есептеу

5.4.3.1 Пластикалық топсалардың дамытуын есепке алумен пластикалық кезең бойынша статикалық есептеу күштердің конструктивтік жүйесіндегі үлестірілуіне материалдың физикалық сызықты емес жұмысының ықпалын есепке алады. Есептеуді 5.4.3 Тармақтың және ҚР ҚН EN 1993-1-1 5.6 Бөлімшенің нұсқауларына сәйкес орындау керек.

5.5 Көлденең қиылыстардың жіктелуі

5.5.1 Көлденең қиылыстардың элементтері мен құрылым элементтерінің көлденең қиылыстары 4 класқа бөлінеді (ҚР ҚН EN 1993-1-1 5.5 Бөлікшесін қараңыз):

– 1 класты көлденең қиылыс – жазықтық топсасы пайда болуы мүмкін қиылыстар, сонымен бірге тасушы қабілеттіліктерді төмендетусіз күшті үлестіру мен пластикті есеп

үшін талап етілетін бұрышқа қиылыстарды бұру рұқсат етіледі;

– 2 класты көлденең қиылыстар – қиылыс элементтерінің жергілікті тұрақтылығының шығынын жоғалту нәтижесінде шектеулі бұрышпен пластикті өзгерулер пайда болуы мүмкін;

– 3 класты көлденең қиылыстар – кернеуді қатты үлестіру кезіндегі қиылыстың аса қысылған талшықтарында кернеу ағын шегіне жете алады, бірақ жергілікті тұрақтылық шығыны пластикті өзгерістің дамуына кедергі келтіреді.

– 4 класты көлденең қиылыстар- жергілікті тұрақтылық шығыны көлденең қиылыстың бір немесе бірнеше аймақтарында шегіне жеткенге дейін болады.

ЕСКЕРТПЕ Пластикті топсадағы көршілес қиылыстардың бұрылу мүмкіндігі тұрақтылықты жоғалту немесе үзіліс кезінде элементтің бұзылуысыз айналмалы (өзгеру) қабілеттілігі деп аталады (rotation capacity).

5.5.2 қабырғалар мен арқалық сөрелерін жіктеу ҚР ҚН EN 1993-1-1 5.2 Кестесінде келтірілген Элементтер жіктегіші негізінде барлық көлденең қиылыстың жіктемесі. ҚР ҚН EN 1993-1-1 5.5.2 Тармағының негізінде орындалады.

5.6 Кран астындағы арқалықтар

5.6.1 Кран жүктемесінен күш түсу

ҚР ҚН EN 1993-6, 5.6.1.1 Тармағына сәйкес кран жүктеме пайда болатын келесі күштер кран астындағы арқалықтарды есептеуде есепке алуға керек:

– (бүйірлеу) тік және көлденең көлденең жүктемелерденгі екі жазықтықтарындағы айналма;

– көлденең ұзына бойына жүктемеден қысу немесе созылу;

– (арқалықтың қабырғасымен жоғарғы белдеуді қосу) жылжудың ортасы туралы көлденең көлденең жүктемелердің эксцентриситетінен бұрау; – тік және бүйірлеу көлденең жүктемелерден көлденең күштер.

5.6.1.2 Кран дөңгелектерінен жергілікті жүктемелер кран астындағы арқалықтарды есептеу кезінде ескерілуі керек.

5.6.2 Құрылымдық жүйе

ҚР ҚН EN 1993-6 5.6.2.1 Тармағына сәйкес,кран рельсін жоғарғы сөреге тығыз қиюластыру немесе С категориялы беріктігі жоғары санатты болт (ҚР ҚН EN 1993-1-8 3.4.1 Тармағын қараңыз) көмегімен қатты бекіту жағдайында немесе дәнекерлеудің көмегімен кран рельсі арқалыққа қосылады. Берілген қосылыстар ұзына бойына жылжитын тік және көлбеу жүктемелер салдарынан бүгілген күштерді есепке алуы керек,сонымен қатар ұзына бойына созылған көлбеу кран жүктемелерінің күштерінен де.

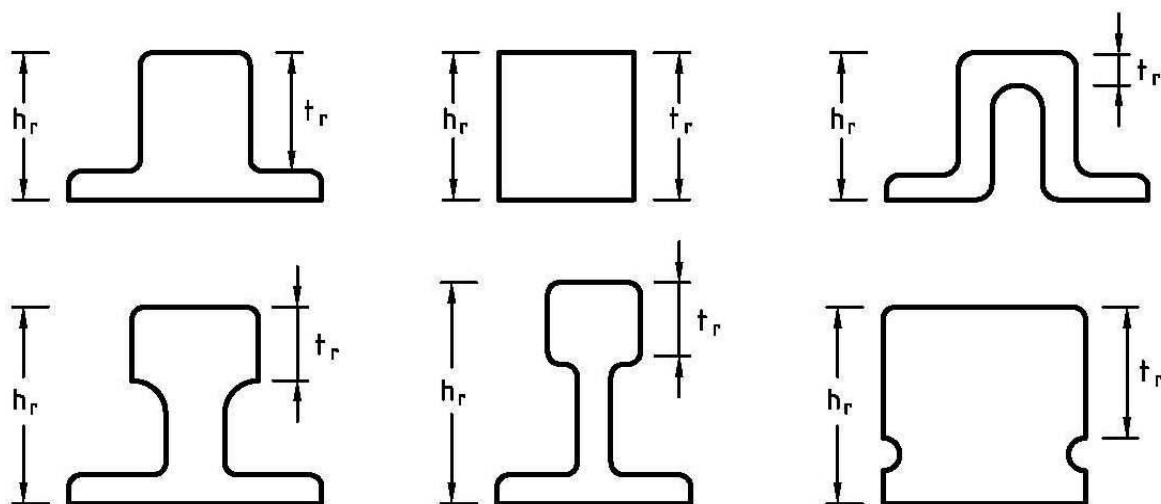
5.6.2.2 Егер техникалық күтім жоспарында (регламент) басқадай ақпарат болмаса ҚР ҚН EN 1993-6 5.6.2(2) Тармағына сай, көлденең қима құрылымының геометриялық

белгілерін анықтауда кран рельсі басының номиналды биіктігін есептеу үшін, бет жағының ең төменгі номиналды жуандығы t_r төменде ұшыралатын тозуына байланысты 25 %ке азайту керек. Кран рельстерінің әр түрлі түрлерінің ең төменгі номиналды жуандықтарының белгісі 5.1 Суретінде көрсетілген.

5.6.2.3 Берілген әдістеменің 5.6.2.2-ші Тармағы белгілегендей, шаршаған беріктікті бағалау барысында есеп айырысу негізінде асыра пайдаланудан 50%-н қабылдайды.

5.6.2.4 ҚР ҚН EN 1993-6 5.6.2(4) Тармағына сәйкес, қорапты көлденең қиманың кран асты құрылымдарын қоспағанда кез келген басақалай жағдайлардың барлығында, кран жүктемелерін төмендегіше қабылдайды:

- а) шүмектің доңғалақтарынан тік түскен жүктеме кран астындағы аралықты толықтай қабылдайды;
- б) көпірлі жүккөтергіштерден бүйір жүктемелер аралықтың жоғарғы сөресі немесе тежегіш аралық(бар болу оны жанында) қабылдайды;
- в) аспалы крандардың бүйір жүктемелерінен немесе болат электрлі аралықтың төменгі сөресімен қабылдайды;
- г) төменгі және жоғарғы арқалықтың полктеріне көлденең әсер ететін бұрау сәті, жұп түрінде күштер ретінде қабылданады.



5.1 Сурет - t_r дың ең төменгі жуандығы төменде тозуға ұшыралатын кран рельсінің бет жағынан төмен болады.

5.6.2.5 ҚР ҚН EN 1993-1-1 6.2.7 Тармағы белгілегендей, ішкі күштер сонымен қатар бұраумен де анықталады.

5.6.2.6 ҚР ҚН EN 1993-6 тармағына сай, F_w желді қолдану кезіндегі жүктемелер және $H_{T,3}$ бүйір көлбеу кран жүктемелері тоқтатудан немесе кранның жүк арбасының жеделдетуі екі қабырғалы доңғалақтарды пайдалануда олардың бүйір қаттылықтарына пропорционал келетін кранның екі жағында да орналасқан кран-асты арқалықтарының арасына үлестіріледі. Күшті бағдарлаушы роликтердің шүмегіне қолдану жағдайында шүмек көпірінің бір жағынанның арқалықтарына қоса тіркейді.

5.7 Арқалықтың жоғарғы полгіне шүмектің доңғалағын қабырғаға басудан шыққан жергілікті кернеулер

5.7.1 Жергілікті тік сығушы әдеттегі кернеулер

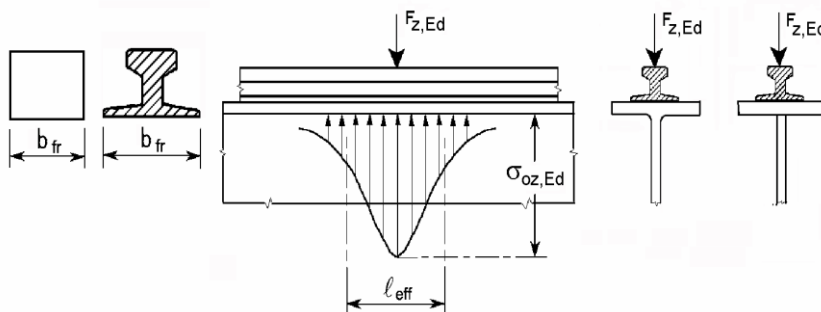
5.7.1.1 Жергілікті доңғалақ қысымының жоғарғы сөресінен арқалық қабырғасының жоғарғы аймағына дейін $\sigma_{oz,Ed}$ жергілікті сығушы тік кернеулері (5.2 Суретін қараңыз)мына формуламен анықталады:

$$\sigma_{oz,Ed} = \frac{F_{z,Ed}}{l_{eff} \cdot t_w} \quad (5.1c)$$

мұндағы $F_{z,Ed}$ – зейін қойылған кран доңғалағы күшінің есептік мәні;

l_{eff} - түсірілген күш қолданбасының есептік;

t_w - арқалық қабырға бетінің.



5.2 Сурет - l_{eff} қолданба күшінің есептік ұзындығы

5.7.1.4 ҚР ҚН EN 1993-6 [5.7.1(4)] Тармағына сәйкес, l_{eff} қосымша жүктемесінің есептік ұзындығы $\sigma_{oz,Ed}$ арқылы жергілікті қалыпты күштерді біртегіс орналасытыру қабылданады, арқалыққа крандық рельстің бекітілу тәсіліне байланысты 5.1 Кестесі бойынша анықталады. Осы әдістеменің 5.6.2.2 және 5.6.2.3 Тармақтарында белгіленген жөн-жобаларына сәйкес ,кран рельсінің тозуын есептеуді ескеру керек.

5.7.1.5 Тіректерден алшақталған $\sigma_{oz,Ed}$ жергілікті қалыпты кернеулер есептік ұзындыққа еселікті төмендететін коэффициентті пайдаланумен анықталады:

$$l_{eff} \cdot \left(1 - 2 \frac{z}{h_w}\right), \quad (5.1d)$$

мұндағы h_w – арқалық қабырғасының биіктігі

z – арқалықтың төменгі мен жоғарғы сөрелерінің (x7.3 суретін қараңыз).

5.7.1.6 Тіректерге жақын жерлерде жергілікті тік қалыпты кернеулерді соған ұқсас қарсы жауапты тірек беруден және $\sigma_{oz,Ed}$ кернеулеріне көбірек көңіл аударудан бөле алу керек

5.1 Кесте - I_{eff} күші қолданбасының есептік ұзындығы

Жағдай	Суреттемесі	I_{eff} күші қолданбасының есептік ұзындығы
(a)	Кран рельсі қатты (қозғалмай) арқалықтың сөресімен жалғанған	$I_{eff} = 3,25 \cdot [I_{rf}/t_w]^{1/3}$
Жағдай	Суреттемесі	I_{eff} күші қолданбасының есептік ұзындығы
(b)	Кран рельсі қатты емес (жылжымалы) арқалық сөресімен жалғанған	$I_{eff} = 3,25 \cdot [(I_r + I_{f,eff})/t_w]^{1/3}$
(c)	кран рельсі кемінде 6 мм жуан болатын серпімді - илемді астардың үстіне орнатылған	$I_{eff} = 4,25 \cdot [(I_r + I_{f,eff})/t_w]^{1/3}$

ЕСКЕРТПЕ 1 $I_{f,eff}$ - жоғарғы сөренің b_{eff} есеп айырысу арқалығының көлбеу центрлік осінің инерция мезеті;

I_r – кран рельсінің көлбеу центрлік оське қатысты инерция мезеті;

I_{rf} – жоғарғы сөренің b_{eff} есеп айырысу арқалығының құрмалас көлбеу центрлік осінің инерция мезеті;

t_w – арқалық қабырға қалыңдығы;

$b_{eff} = b_{fr} + h_r + t_f$, алайда $b_{eff} \leq b$,

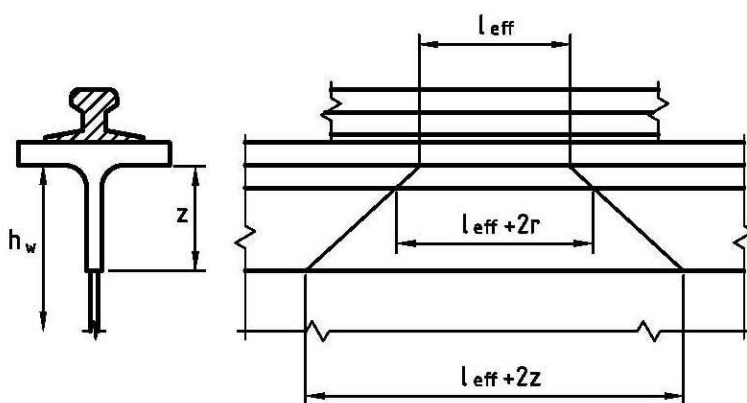
мұндағы b – жоғарғы сөре арқалығының ортақ ені;

b_{fr} – рельс өкшесінің ені (7.2 суретінде);

h_r – рельс биіктігі (7.1с суретінде);

t_f – арқалық сөресінің қалыңдығы.

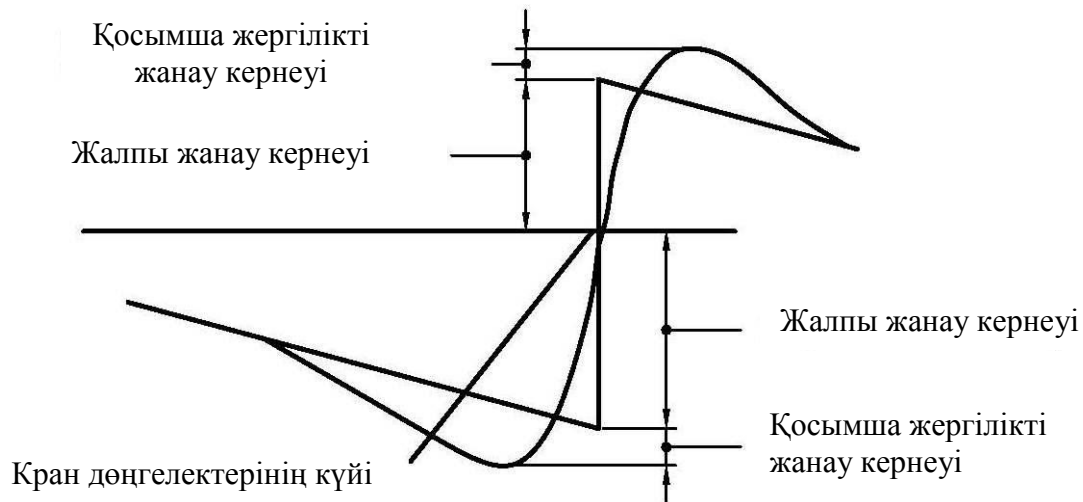
ЕСКЕРТПЕ 2 Кран рельсінің тозуға жіберілуін I_r , I_{rf} и h_r мағыналарын анықтағанда ескеру қажет (осы әдістеменің 5.6.2.2 және 5.6.2.3 тармақтарын қараңыз).

5.3 Сурет - I_{eff} есептік ұзындығының бұрыштарынан 45° та кернеудің таралуы

5.7.2 Жергілікті қатыстық кернеулер

5.7.2.1 ҚР ҚН EN 1993-6 тармағына сай, кран доңғалағынан жергілікті жанамалық кернеулердің максималь мәнін $\tau_{\sigma_{xz},Ed}$ арқалық қабырғаның қазіргі деңгейінде жергілікті қалыпты кернеулермен $\sigma_{\sigma_{xz},Ed}$ 20 % тең деп қабылдау керек.

5.7.2.2 ҚР ҚН EN 1993-6 тармағы бойынша, кез-келген нүктеде жергілікті жанамакернеулер $\tau_{oxz,Ed}$ сол жүктемені негізгі жанамакернеулерге ұзарту керек 5.4 суретінде. $\tau_{oxz,Ed}$ жергілікті жанамакернеулерін арқалық қабырға $z = 0,2 \cdot h_w$, где h_w и z төмен болатын деңгейлерінде ескермеуге рұқсат етіледі.



5.4 Сурет - Айналымы күштің жергілікті және негізгі жанамакернеулері

5.7.3 Айналымы күштерден арқалық қабырғасындағы эксцентриситет қолданбасының жергілікті кернеулері

5.7.3.1 ҚР ҚН EN 1993-6 тармағына сәйкес, Иілу мезеті әсерінен туындайтын қалыпты иілуші кернеулер $\sigma_{T,Ed}$, қатандық қырларымен арқалық қабырғасында келесі формуламен анықталады:

$$\sigma_{T,Ed} = \frac{6T_{Ed}}{a \cdot t_w^2} \eta \cdot th(\eta) \quad (5.2)$$

кезінде,

$$\eta = \left[\frac{0,75a \cdot t_w^3}{I_t} \cdot \frac{\sin^2(\pi h_w/a)}{\sin(2\pi h_w/a) - 2\pi h_w/a} \right]^{0,5} \quad (5.3)$$

мұндағы a – көлденең қатандық қырлар арасындағы;

h_w – арқалық қабырға сөрелерінің биіктігі;

I_t – арқалық сөресін айналдыру инерция мезеті(рельсті де қоса, егер ол сөреге нығын бекітілген болса).

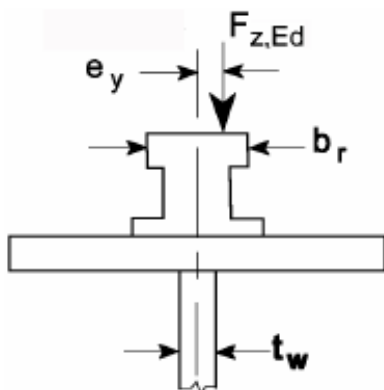
5.7.3.2 ҚР ҚН EN 1993-6 тармағына сай, кран доңғалағынан $F_{z,Ed}$ эксцентриситет қолданбасына түсірілген күш себебінен туындаған айналу мезеті T_{Ed} 5.5 Суретінде, келесідей формуламен анықталады:

$$T_{Ed} = F_{z,Ed} \cdot e_y \quad (5.4)$$

мұндағы e_y – кран доңғалағынан эксцентриситет e қолданбасына тік түсірілген күш

5.3.2.1 Тармағын қараңыз), эксцентриситета мәні $0,5 \cdot t_w$ аспау керек

t_w – қабырға қалыңдығы.



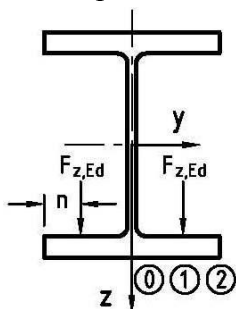
5.5 Сурет Арқалықтың жоғарғы сөресін айналдыру

5.8 Асулы крандардан арқалықтың төменгі сөрелеріндегі жергілікті қалыпты кернеу

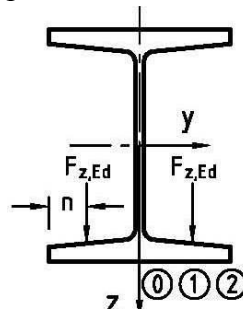
5.8.1 ҚР ҚН EN 1993-6 тармағына сай, осы әдіс кран жолын арқалықтың төменгі сөресіне аспалы шығырындардың доңғалақты жүктемелерінің әрекетінен ойып жасалған арқалықтың төменгі сөресіне қалыпты жергілікті кернеулерді анықтау үшін қолданылуы мүмкін.

5.8.2 ҚР ҚН EN 1993-6 тармағына сай, арқалық қырынан b -дан аса аралықта қойылған, мұнда b -сөре ені, айналмалы күштен қалыпты иілмелі кернеулер қолдағы әдістеменің 5.6 суретінде көрсетілген үш нүктеде анықталады:

- 0 нүктесі – арқалық қабырғасынан сөреге өтетін нүкте;
- 1 нүктесі – кран доңғалағынан көлденең осьті күште орналасқан нүкте;
- 2 нүктесі – арқалық қабырғасының астындағы бос орын.



Параллель шекті сөрелері бар қоставрлі арқалық



Ішке бағытталған шекті сөрелері бар қоставрлі арқалық

5.6 Сурет – Доңғалақты жүктемемен шақырылатын кернеулер анықтамасының нүктесі

5.8.3 ҚР ҚН EN 1993-6 5.8(3) Тармағына сай, егер көрші доңғалақты жүктемелердің арасындағы қашықтық x_w артық әлде $1,5 \cdot b$ тең болса (b – арқалықтың төменгі сөресінің ені) онда жергілікті ұзына бойына $\sigma_{ox,Ed}$ және көлденең $\sigma_{oy,Ed}$ арқалықтың шетінен b -дан аса қашықтықта доңғалақты жүктемелердің әрекетінен төменгі сөренің қалыпты июші кернеулері мына формула бойынша анықталады:

$$\sigma_{ox,Ed} = c_x \cdot F_{z,Ed} / t_1^2 \quad (5.5)$$

$$\sigma_{oy,Ed} = c_y \cdot F_{z,Ed} / t_1^2 \quad (5.6)$$

мұндағы $F_{z,Ed}$ – кран доңғалағынан көлденең есепті күш;

t_1 – 1 нүктеге негізделген арқалық сөресінің қалыңдығы (әдістеменің 5.8.2 Тармағын қараңыз).

Кернеу	Еселік	Сөрелердің қатарлас қырларымен орналасқан арқалық		Сөрелердің ішкі көлбеуімен орналасқан арқалық
		□□□□□ □□□	□□□□□□□ □	□□□□□□□□
Ұзына бойындағы қалыпты кернеулер $\sigma_{ox,Ed}$	C_{x0}	0,2	0,2	0,2
	C_{x1}	2,3	2,1	2,0
	C_{x2}	2,2	1,7	2,0
Көлденең қалыпты кернеулер $\sigma_{oy,Ed}$	C_{y0}	–1,9	–1,8	–0,9
	C_{y1}	0,6	0,6	0,6
	C_{y2}	0,0	0,0	0,0
<p>1 ЕСКЕРТПЕ c_{xi} және c_{yi} еселіктерінің оң белгілері арқалықтың сөрелерінің төменгі бет жағында созылу кернеулері үшін қолданылады.</p> <p>2 ЕСКЕРТПЕ Ішкі сөрелерінің көлбеуі бар еселіктері 14 % немесе 8□ келтірілген. Аталған еселіктер сөрелерінің үлкен көлбеулері бар арқалықтарға қолданылған. Сөрелерінің кішкене көлбеуі бар арқалықтары үшін қатарлас қырларымен орналасқан сөрелер сияқты еселіктер қолданылады. Аралық мағыналар үшін сызықты интерполяцияны пайдаланулары мүмкін.</p>				

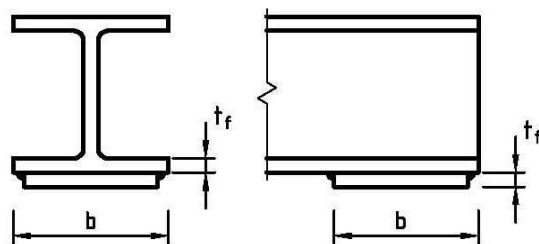
5.8.6 ҚР ҚН EN 1993-6 бөліміне сәйкес, жергілікті қалыпты кернеулер туралы дәл мәліметтер жоқ болған жағдайда $\sigma_{oy,end,Ed}$ арқалықтың үдетілмеген төменгі сөресінде мына формула бойынша анықталады:

$$\sigma_{oy,end,Ed} = (5,6 - 3,225\mu - 2,8\mu^3) \cdot F_{z,Ed} / t_f^2 \quad (5.8)$$

Бұл жерде t_f – Арқалық сөресінің орташа қалыңдығы.

5.8.7 ҚР ҚН EN 1993-6 бөліміне сәйкес, барлық ен бойымен жуандық тақтаның дәнекерлеуі арқалықтың төменгі сөрелерін күшейтуде b және ұзындығы бойынша кем емес b (5.7-суретті қараңыз), жергілікті қалыпты кернеу $\sigma_{oy,end,Ed}$, осы әдістеменің 5.8.3 немесе 5.8.5 бөліміндегі $\sigma_{ox,Ed}$ және $\sigma_{oy,Ed}$ асырмайды.

5.8.8 ҚР ҚН EN 1993-6 бөліміне сәйкес, x_w көршілес дөңгелектер арасындағы арақашықтық $1,5 \cdot b$ кем болса, онда әр кранның дөңгелегінен келетін кернеу жинақталады. Кернеулерді анықтау үшін арнаулы тәсілдер қолданыла алады, мысалғы, 2.5 ҚР ҚН EN 1993-6 бөліміндегі көрсетілген нұсқау бойынша орындалған тәжірибелік зерттеулер.



5.7 Сурет – Арқалықтың төменгі сөресінің шеткі бөлігінде мүмкін болатын күшейту

5.9 Қарсы келген элементтердегі қосымша сәттер

5.9.1 ҚР ҚН EN 1993-6 бөліміне сәйкес, торлы арқалықтар, торлы тежегіш арқалықтардың түйіндерінің қаттылығы және байланыстарының салдарынан пайда болатын қосымша сәттерді ҚР ҚН EN 1993-1-9 4(2) Бөлімінің нұсқаулығымен сәйкес келетін k_1 еселіктері арқылы есептеген дұрыс.

5.9.2 ҚР ҚН EN 1993-6 бөліміне сәйкес, ашылған қиманың элементтері үшін 5.4 Кестеде көрсетілген k_1 еселігін қолданған дұрыс.

5.4 Кесте - Ашылған қима элементтеріндегі қосымша кернеулері үшін k_1 еселіктері

а) Жүктемелердің торапты қосымшасымен торлы арқалығы			
Мағыналардың ауқымы L/y	$L/y \leq 20$	$20 < L/y \leq 50$	$L/y \geq 50$
Белдеулік элементтер Тірек және ішкі элементтер	1,57	$\frac{1,1}{0,5 + 0,01 \cdot L/y}$	1,1
Қосалқы элементтер, ескертуді қараңыз	1,35	1,35	1,35
б) Белдеулерге жүктемелерінің түйіннен тыс қосымшасымен торлы арқалығы			
Мағыналардың ауқымы L/y	$L/y \leq 15$	$L/y > 15$	
Белдеулердің жүктелген элементтері	$\frac{1,1}{0,5 + 0,01 \cdot L/y}$	1,0	
Белдеулердің жүктелмеген элементтері Қосалқы элементтер, ескертуді қараңыз	1,35	1,35	
Тірек элементтер	2,50	2,50	
Ішкі элементтер	1,65	1,65	

1 ЕСКЕРТПЕ y – оның тиісті жиегіндегі элемент центрлік осьтардан оның жазықтығында дейінгі қашықтық, олар келесі жолдар арқылы өлшенген:

– қысылған белдеу: жүктеме басылған бағытында;

- созылған белдеу: жүктеме басылған бағытында;
- басқа элементтер: көбіне өлшенген қашықтықтар

2 ЕСКЕРТПЕ Қосалқы элементтер есептік ұзындықтарды кішірейту немесе түйіндерде жүктемелерді беруі үшін өздеріне элемент қосады. Қосалқы элементтерде күштің топсалы сұлбасы бойымен есептердегі басқа түйін қоса тіркелетін жүктемелерге бағынышты болмайды, бірақ, шынында, оларда түйіндердің қаттылығы қосымша күштер салдарынан пайда болады.

5.9.3 ҚР ҚН EN 1993-6 бөліміне сәйкес, дәнекерленген торапты қосындылары бар түйық қиманың элементтері үшін 5.5 Кестесінде және ҚР ҚН EN 1993-1-9 5.6 Бөлімінде көрсетілген k_1 еселігін қолданған дұрыс.

5.5 Кесте - k_1 коэффициенті ферма тегістігіне жүктеме кезіндегі дөңгелек қиюдағы пол профелі

Жалғау түрлері		Белбеу	Тұрақ	Қилықтар
Саңылаулармен жалғау	К-тип	1,5	1,0	1,3
	N-тип/КТ-тип	1,5	1,8	1,4
Жабынқы жалғаулар	К-тип	1,5	1,0	1,2
	N-тип/КТ-тип	1,5	1,65	1,25

5.6 Кесте - k_1 коэффициенті ферма тегістігіне жүктеме кезіндегі тікбұрышты қиюдағы пол профелі

Жалғау түрлері		Белбеу	Тұрақ	Қилықтар
Саңылаулармен жалғау	К-тип	1,5	1,0	1,5
	N-тип/КТ-тип	1,5	2,2	1,6
Жабынқы жалғаулар	К-тип	1,5	1,0	1,3
	N-тип/КТ-тип	1,5	2,0	1,4
Ескертпе — Жалғау типтерін анықтау үшін EN 1993-1-8 қарау				

6 КӨТЕРУ ҚАБІЛЕТТІЛІГІ БОЙЫНША ШЕКТІ КҮЙЛЕР

6.1 Жалпы ережелер

6.1.1 Сенімділік еселіктерінің бөлінділері γ_M 6.1 Кестеге сәйкес көтеру қабілеттілігі әртүрлі сипаттамалық мәндер үшін қолданылылады (ҚР ҚН EN 1993-6 ұлттық қосымшасын қараңыз).

6.1 Кесте - Көтеру қабілеттілігі үшін еселік бөлінділер

Қолдану облысы	Белгі	Мағына
1 элемент көтеру қабілеттілігі және көлденең қима		
а) орнықтылықтың ысырабын қоса (аққыштық шегіне) беріктік бойымен көлденең қималарды көтеру қабілеттілігінің анықтамасында	γ_{M0}	1,00
б) орнықтылық арналған элементті көтеру қабілеттілігінің анықтамасында	γ_{M1}	1,00
в) беріктік шегі бойымен созылған көлденең қималарды көтеру қабілеттілігінің анықтамасында	γ_{M2}	1,25
2 қосынды көтеру қабілеттілігі		
а) болт көтеру қабілеттілігі б) тойтарма көтеру қабілеттілігі в) беріктік бойымен өс көтеру қабілеттілігі г) пісіру жіктерін көтеру қабілеттілігі д) жаншылу тақталарын көтеру қабілеттілігі	γ_{M2}	1,25
е) көтеру қабілеттілігі түйіспелі бет жақтарының жылжуында:		
– (С санат) көтеру қабілеттілігі бойымен шекті күй	γ_{M3}	1,25
– (В санат) қолдану кезіндегі жарамдылық бойымен шекті күй	$\gamma_{M3,ser}$	1,10
ж) жаншылуға инъекция болттарын көтеру қабілеттілігі	γ_{M4}	1,00
и) торлы құралымдардағы тұйық қиманың элементтерінің қосындыларын көтеру қабілеттілігі	γ_{M5}	1,00
к) қолдану кезіндегі жарамдылық бойымен өс көтеру қабілеттілігі	$\gamma_{M6,ser}$	1,00
л) беріктігі жоғары болт көтеру қабілеттілігі	γ_{M7}	1,10

1 МЫСАЛ Жүктемелердің жиыны және есеп айырысу күштері, қолданыстағы арқалықтарға анықтамасы

T1.1 Бастапқы мәліметтер

T1.1.1 Өндірістік ғимараттың параметрлері

Екі көпірлі жүккөтергіш жабдықталған бір аралықты бір қабатты өндірістік ғимарат.

Ғимараттың аралығы – $L = 30,0$ м.

Алып жүретін бағаналардың қадамы – $B = 12,0$ м.

Кран астындағы арқалықтарды өзара бекіту – топсалы.

Негізгі бағаналарға кран астындағы арқалықтарды бекіту – топсалы.

T1.1.2 Құрылымдардың материалы

Материалдың физикалық сипаттамаларының мағынасын (Пуассонның серпімділік модулі, еселігі және т.б.) 3.2.6 ҚР ҚН EN 1993-1-1 бөліміне сәйкес қолданамыз.

Құрылымдардың материалы – беріктіктің табын қабылданған болат жобалауын есептеу үшін С 235, ГОСТу 27772-88 келісілген, онда:

- элементтің номиналды жуандығы $t \leq 20$ мм:

а) аққыштық шегінің номиналды мағынасы $-f_y = \sigma_T = 235$ Н/мм²;

б) созылуға уақытша қарсыласудың номиналды мәні $-f_u = \sigma_B = 360$ Н/мм²;

- при номинальной толщине элемента $40 < t \leq 100$ мм

ЕСКЕРТПЕ Аққыштық шегінің мағынасы және созылуға уақытша қарсыласуы ҚР ҚН EN 1993-1-1 3.1 Кестесі бойымен қабылданған.

M1.1.3 Көпірлі жүккөтергіштің сипаттамасы

ГОСТ 20278 қолдану 1 с көтерілуімен 18,0 м басты крюка бойынша аса ауыр жұмыстарды жасауға арналған. Иілгіш қосымша жарықпен жабдықтаған.

Кранның жүк көтергіштігі – $Q_h = 1000/200$ кН.

Безбенсіз негізгі кранның өз салмағы – $Q_c = 1720$ кН.

Кранның негізгі арбасының салмағы – $Q_c^T = 580$ кН.

Кранның мінездемелік статикалық құрайтын жүктемесі:

$$F_{k1} = 300 \text{ кН}, \quad F_{k2} = 320 \text{ кН}.$$

Еселік – $\psi = 1,0$.

Көтергіш жабдықтың тобы – HC4; S-класс – S8 (B Қосымшаны қараңыз ҚР ҚН EN 1991-3).

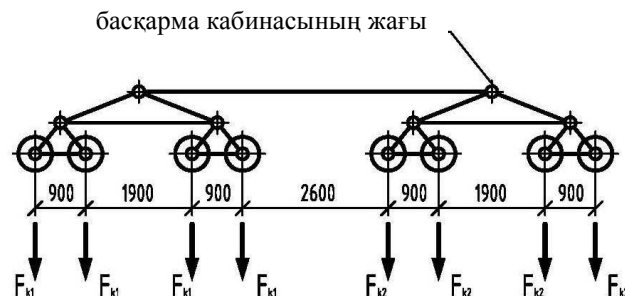
Спектр жүктемесінің класы U_8 барлық циклдың саны: $2,00 \times 10^6 < C \leq 4,00 \times 10^6$.

Кранның жеткізушісімен таныстырылған құжаттамаға сәйкес, динамикалық еселігі $\varphi_5 = 1,5$. Кранның жеткізушісі туралы құжаттамада мәліметтің жоқтығы жағдайында - ҚР ҚН EN 1991-3 2.6 Кестеге байланысты келісу керек.

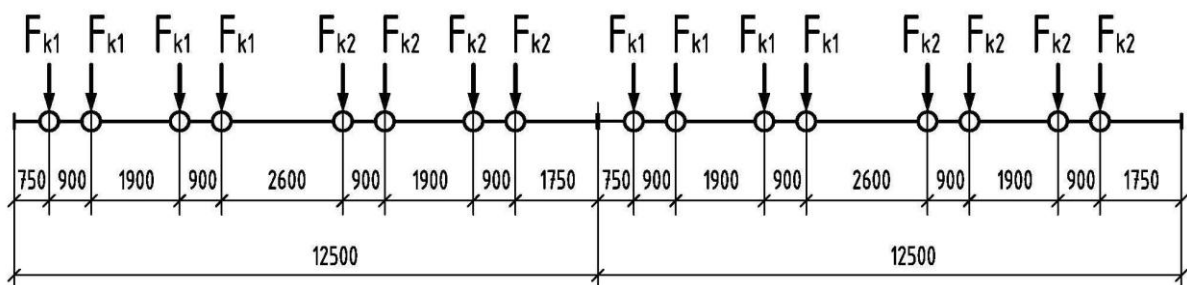
Крандық рельс – КР120 по ГОСТ 4121.

Кранның аралығы – $L_K = 27,5$ м.

1.1 және 1.2 Суреттерінде кранның арасындағы қашықтықта доңғалаққа түсетін салмақты орналастыру сұлбасы және екі жанасып тұру сұлбасы көрсетілген.



1 Сурет – Доңғалақтар арасындағы қашықтық және жүктемелердің қосымшасының сұлбасы



2 Сурет – Екі жанасып тұрған кранның құралған кран пойызының сұлбасы

T1.2 Кран астындағы арқалыққа жүктемелерінің жиыны

T1.2.1 Кранның доңғалақтарынан тік түскен жүктеме

Кран тік түскен жүктеме динамикалық құрайтын сипаттамалық мына формула бойыншы анықталады: $F_{\varphi_{ik}} = \varphi_i \cdot F_k$,

Бұл жерде φ_1 – динамикалық еселік, 2.1 Кестесі бойынша қолданылады ҚР ҚН EN 1991-3;

F_k – мінездемелік статикалық кранды құрайтын жүктемесі, принимается Кранның құжаттамасына сәйкес. Кранның төлқұжатына сәйкес:

$$F_{k1} = 300 \text{ кН}, \quad F_{k2} = 320 \text{ кН}.$$

Тік түскен жүктеменің есептіктік мәні

$$F_{z,Ed} = \gamma_f \cdot F_{rep}$$

Бұлай болған жағдайда

$$F_{rep} = \psi \cdot F_{\varphi_1 k},$$

Бұл жерде F_{rep} – жүктеменің мағынасы анықтаушы;

ψ – тең мағыналарды қабылдайды 1,0 немесе ψ_0 , ψ_1 и ψ_2 ; есептеу шарттарына сәйкес – $\psi = 1,0$;

γ_f – сипаттамалық мән жүктеменің ауытқуының қолайсыз қарым-қатынасының мүмкіндігі катысты ескеретін жүктемелер үшін жеке қауіпсіздіктің коэффициенті (А.1 Кестесінде қолданылады ҚР ҚН EN1991-3).

Тұрақты және кран жүктемесінің уақытша қолайсыз ауытқулары жеке қауіпсіздік коэффициенті орнықты күйде γ_f құрайды:

$$\gamma_{Gsup} = 1,35, \quad \gamma_{Qsup} = 1,35.$$

Динамикалықты құрайтын жүктемелер үшін динамикалық коэффициентті анықтаймыз.

4.1 кестеге сәйкес, тік кран жүктемелері үшін келесі динамикалық коэффициенттер қабылдау керек, олар 2.4 Кестеде қарастырылады ҚР ҚН EN 1991-3:

- φ_1 – кранның өз салмағына қолданамыз; жеткізуші техникалық шарттар бойымен – $\varphi_1=1,0$;

- φ_2 – жүк көтергіштікке қолданамыз және ол құрайды:

$$\varphi_2 = \varphi_{2,min} + \beta_2 \cdot V_h,$$

Бұл жерде $V_h = 0,125$ м/сек – жүк тұрақты көтеру жылдамдығы;

$\varphi_{2,min}$ и β_2 – 2.5Кестеге сәйкес қолданылады ҚР ҚН EN 1991-1-3 оның класына байланысты болып келеді;

НС4 болған жағдайда (Т 1.1.3бөлімді қараңыз) – $\varphi_{2,min} = 1,20$, $\beta_2 = 0,68$.

Демек:

$$\varphi_2 = 1,20 + 0,68 \cdot 0,125 = 1,285.$$

- φ_3 - жүк көтергіштікке қолданамыз;

$$\varphi_3 = 1 - \frac{\Delta m}{m} \cdot (1 + \beta_3) = 1,$$

Бұл жерде Δm - босатылған немесе көтерілетін жүкті алып тасталған бөлік;

m - көтерілетін жүктің ортақ массасы;

$\beta_3 = 0,5$ – басып алуға аранлған крандар үшін;

$\Delta m=0$ – сұйық металмен жұмыс жасайтын крандар үшін;

- φ_4 - кранның өз салмағына және жүк көтергіштігіне қолданамыз; $\varphi_4 = 1$ - ҚР ҚН EN 1993-6 сәйкес - рельс жолдарына рұқсаттарды сақтаудың жағдайында.

Төменде топтық жүктемелер үшін қолданылатын динамикалық коэффициенттер кестелік пішінде берілген: (2.2 Кестесінен алынған ҚР ҚН EN 1991-3):

1 Кесте – Топты жүктемелер және динамикалық коэффициенттер

	Белгі	Топты жүктемелер							
		Алғашқы шекті күй							Екінші шекті күй
		1	2	3	4	5	6	7	8
1 Кранның өз салмағы	Q_c	φ_1	φ_1	1	φ_4	φ_4	φ_4	1	φ_1
2 Жүккөтергіштігі	Q_h	φ_2	φ_3	-	φ_4	φ_4	φ_4	$\eta^{1)}$	-
3 Кранның эстакадасының жеделдетуі	H_L, H_T	φ_5	φ_5	φ_5	φ_5	-	-	-	φ_5
4 Кранның эстакадасының қиғаштануы	H_S	-	-	-	-	1	-	-	-
5 Жеделдету немесе арбаның токтатуы	H_{T3}	-	-	-	-	-	1	-	-
6 Буферлік күш	H_B	-	-	-	-	-	-	-	-

Олай болса:

- кран мостының өзіндік салмағы мен арбаша салмағының жүктемелері үшін $\varphi_{ic} = 1,0$ динамикалық коэффициент қолданылады ;

- уақытша жүктемелер үшін (кранның жүккөтергіштігі) – $\varphi_{ih} = 1,285$.

Кран жүктемесінің сипаттамалық сымбаттылық құрамдас бөлігінің ауқымы F_k кран мостының өзіндік салмағының жүктемесінен, арбаша салмағы мен жүккөтергіштіктен тұрады. Кран мостының сымбаттылық құрамдас бөлігінің үлес салмағы F_k тең:

$$F_{Q_c} = \frac{Q_c}{n} = \frac{1720}{16} = 107,5 \text{ кН},$$

Мұндағы n – кранның екі жағындағы дөңгелектерінің жалпы саны.

Арба салмағы мен жүккөтергіштіктің құрамдас бөліктері:

$$F_1 = F_{k1} - F_{Q_c} = 300 - 107,5 = 192,5 \text{ кН},$$

$$F_2 = F_{k2} - F_{Q_c} = 320 - 107,5 = 212,5 \text{ кН}.$$

Арба салмағы мен жүккөтергіштіктің шамасының қатынасында

$$Q_c^T / Q_h = 580 / 1000 \text{ аламыз}$$

- Арба салмағының құрамдас бөлігі:

$$Q_{c1}^T = 70,66 \text{ кН},$$

$$Q_{c2}^T = 78,00 \text{ кН};$$

- кранның жүккөтергіштігінің құрамдас бөліктері:

$$Q_{h1} = F_1 - Q_{c1}^T = 192,5 - 70,66 = 121,84 \text{ кН},$$

$$Q_{h2} = F_2 - Q_{c2}^T = 212,5 - 78,00 = 134,5 \text{ кН}.$$

Олай болса, кранның жүктемесінің вертикалдық есептік мәні $F_{z,Ed}$:

$$F_{z1,Ed} = Q_{h1} \cdot \varphi_{ih} \cdot \psi \cdot \gamma_{Qsup} + (Q_{c1}^T + F_{Q_c}) \cdot \varphi_{ic} \cdot \psi \cdot \gamma_{Gsup},$$

$$F_{z2,Ed} = Q_{h2} \cdot \varphi_{ih} \cdot \psi \cdot \gamma_{Qsup} + (Q_{c2}^T + F_{Q_c}) \cdot \varphi_{ic} \cdot \psi \cdot \gamma_{Gsup},$$

$$F_{z1,Ed} = 121,84 \times 1,285 \times 1 \times 1,35 + (107,5 + 70,66) \times 1 \times 1 \times 1,35 = 451,87 \text{ кН},$$

$$F_{z2,Ed} = 134,5 \times 1,285 \times 1 \times 1,35 + (107,5 + 78,00) \times 1 \times 1 \times 1,35 = 483,75 \text{ кН}.$$

T1.2.2 Көлденең жүктемелер

Көлденең жүктемелердің сипаттамалық мәндері кранды жеткізіп берушінің тапсырысы немесе ҚР ҚН РК EN 1991-3 2.7.2 – 2.7.5 Тармақтарына сәйкес анықталады.

Т.1.2.2.1 Кранды жеделдету және тежеу нәтижесінде пайда болған ұзына бойлық $H_{L,i}$ және көлденең қималық күштері $H_{T,i}$,

Ұзына бойлық күштің сипаттамалық мәні $H_{L,i}$ келесі формула бойынша анықталады:

$$H_{L,i} = \varphi_5 \cdot K \cdot \frac{1}{n_r} = 1,5 \times 0,2 \times 590,4 \cdot \frac{1}{2} = 88,56 \text{ кН},$$

мұндағы n_r – кран астындағы жолдың арқалықтарының саны; $n_r = 2$;

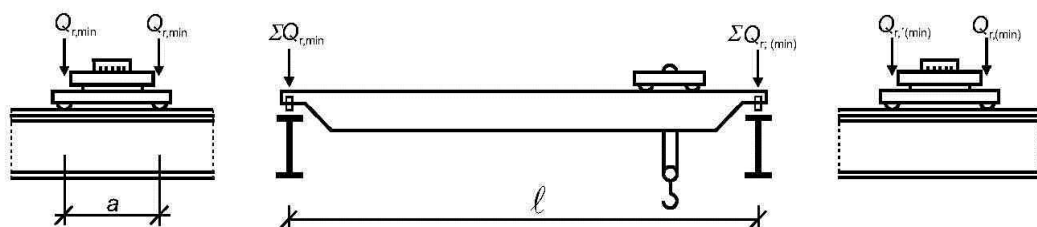
φ_5 – кранды жеткізіп беруші мәліметтеріне немесе ҚР ҚН EN 1991-1-3 2.6 Кестесіне сәйкес алынатын динамикалық коэффициенті; кранды жеткізіп беруші мәліметтері– $\varphi_5 = 1,5$;

K – ҚР ҚН EN 1991-3 2.7.3 Тармағына сәйкес қозғаушы күш ; K мәні кранды жеткізіп берушінің тарапынан ұсынылуы тиіс. Олай болмаған жағдайда – ҚР ҚН EN 1991-1-3 формуласы (2.5) бойынша анықталады:

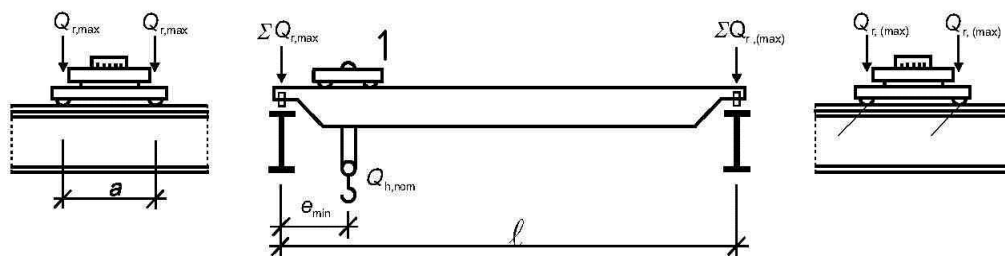
$$K = K_1 + K_2 = \mu \cdot \sum Q_{r,min},$$

$\mu = 0,2$ – болат болат материалдарының жанасуы үшін үйкеліс коэффициенті;

$\sum Q_{r,min}$ - жүктемесіз кранның кран асты жолы минимальдық жүктемелерінің мөлшері $Q_{r,min}$.



3 Сурет - Кранасты жолдарының арқалықтарына түсірілетін максималдық жүктемеге жету мақсатымен ілмектегі жүгіне түсетін жүктеменің таралуы



4 Сурет - Кранасты жолдарының арқалықтарына түсірілетін минималдық жүктемеге жету мақсатымен жүгі жоқ ілмектегі жүктеменің таралуы

Кран дөңгелектерінің құрамдас жүктемелері:

- кран мостының салмағынан:

$$F_{Q_{C,Ed}} = F_{Q_C} \cdot \varphi_{ic} \cdot \psi \cdot \gamma_{Gsup} = 107,5 \times 1 \times 1 \times 1,35 = 145,13 \text{ кН};$$

- кран арбашасының салмағынан:

$$F_{Q_{C1,Ed}}^T = Q_{C1}^T \cdot \varphi_{ic} \cdot \psi \cdot \gamma_{Gsup} = 70,66 \times 1 \times 1 \times 1,35 = 95,39 \text{ кН};$$

$$F_{Q_{C2,Ed}}^T = Q_{C2}^T \cdot \varphi_{ic} \cdot \psi \cdot \gamma_{Gsup} = 78,00 \times 1 \times 1 \times 1,35 = 105,3 \text{ кН};$$

- кран жүккөтергіштігінен:

$$F_{Q_{C1,Ed}}^T = Q_{h1} \cdot \varphi_{ih} \cdot \psi \cdot \gamma_{Qsup} = 121,84 \times 1,285 \times 1 \times 1,35 = 213,4 \text{ кН};$$

$$F_{Q_{C2,Ed}}^T = Q_{h2} \cdot \varphi_{ih} \cdot \psi \cdot \gamma_{Qsup} = 134,5 \times 1,285 \times 1 \times 1,35 = 233,3 \text{ кН}.$$

Кранасты жолдарына арбашаның салмағынан түсетін оның кран мостының қарама қарсы жағында орналасқан жағдайындағы минималды жүктеме

$$\frac{580 - 8 \times 70,66}{8} = 1,83 \text{ кН.}$$

Олай болса:

$$Q_{r,\min} = (107,5 + 1,83) \times 1 \times 1 \times 1,35 = 147,6 \text{ кН.}$$

Құю краны алдыңғы дөңгелектеріне түсірілетін төрт бөлек тартпалармен жабдықталған. Бұл жағдайда

$$\sum Q_{r,\min}^* = m_w \cdot Q_{r,\min} = 4 \times 147,6 = 590,4 \text{ кН,}$$

m_w – бір дөңгелекке түсірілетін тартпа саны болғанда, $m_w = 4$.

Көлденең күшінің кран дөңгелегіне түсіретін сипаттамалық мәні:

- кран мостынан жүктеме:

$$F_{Q_{c,Ed}} = F_{Q_c} \cdot \varphi_{ic} \cdot \psi \cdot \gamma_{G \sup} = 107,5 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,35 = 145,12 \text{ кН;}$$

- кран арбасынан жүктеме:

$$F_{Q_{c1,Ed}^T} = Q_{c1}^T \cdot \varphi_{ic} \cdot \psi \cdot \gamma_{G \sup} = 70,66 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,35 = 95,39 \text{ кН;}$$

$$F_{Q_{c2,Ed}^T} = Q_{c2}^T \cdot \varphi_{ic} \cdot \psi \cdot \gamma_{G \sup} = 78,00 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,35 = 105,3 \text{ кН;}$$

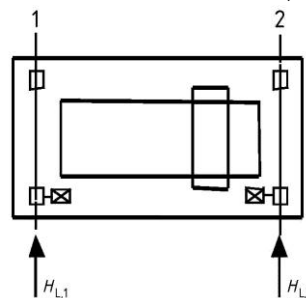
- кран жүккөтергіштігінен:

$$F_{Q_{c1,Ed}^T} = Q_{h1} \cdot \varphi_{ic} \cdot \psi \cdot \gamma_Q = 121,84 \cdot 1,285 \cdot 1 \cdot 1,5 = 234,85 \text{ кН;}$$

$$F_{Q_{c2,Ed}^T} = Q_{h2} \cdot \varphi_{ic} \cdot \psi \cdot \gamma_Q = 134,5 \cdot 1,285 \cdot 1 \cdot 1,5 = 259,25 \text{ кН.}$$

Көлденең күшті $H_{T,i}$ келесі формуламен анықталады ҚР ҚН EN 1991-3 :

$$H_{T,1} = \varphi_5 \cdot \xi_2 \cdot \frac{M}{a} = 1,5 \cdot 0,217 \cdot \frac{918,96}{10,0} = 29,91 \text{ кН,}$$



1 - рельс $i=1$;

2 - рельс $i=2$

T1.5 Сурет - Ұзына бойына көлденең күшінің анықтамасына $H_{L,i}$

$$\xi_1 = \frac{\sum Q_{r,\max}}{\sum Q_r} = \frac{3940,12}{5032,5} = 0,783,$$

$$\xi_2 = 1 - \xi_1 = 1 - 0,783 = 0,217,$$

$$\begin{aligned} \sum Q_r &= \sum Q_{r,\max} + \sum Q_{r,(max)} = Q_{h,Ed} + (Q_{c,Ed} + Q_{t,Ed}) = \\ &= 1000 \cdot 1,285 \cdot 1 \cdot 1,5 + (1720 + 580) \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,35 = 5032,5 \text{ кН,} \end{aligned}$$

болғанда

$\sum Q_{r,\max}$ – жүк салынған кранның кранасты жолына түсірілетін максималдық жүктеменің жиынтығы $Q_{r,\max}$ болғанда,

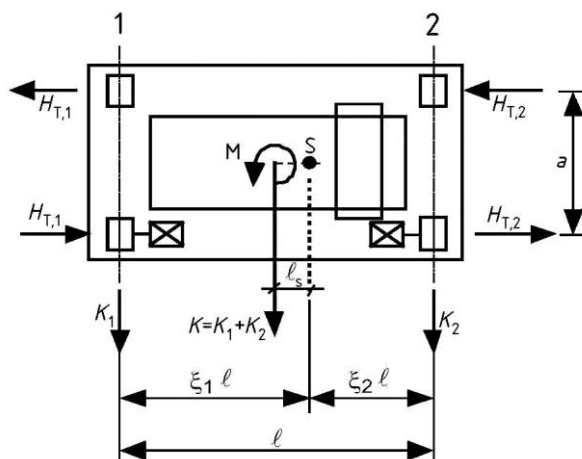
$$\sum Q_{r,(max)} = \sum Q_r - \sum Q_{r,\max} = 5032,5 - 3940,2 = 1092,38 \text{ кН;}$$

a – ребордасын қоса алғандағы алдыңғы дөңгелектер аралығындағы қашықтық, $a = 10$ м (см. Сурет Т.1.1);

$$M = K \cdot l_s = (0,2 \cdot 590,4) \cdot 7,7825 = 918,96 \text{ кН} \cdot \text{м,}$$

$$l_s = (\xi_1 - 0,5) \cdot l = (0,783 - 0,5) \cdot 27,5 = 7,7825 \text{ м,}$$

1 - кран мостының аралығы.



1 - рельс $i = 1$; 2 - рельс $i = 2$

Т1.6 Сурет - Ұзына бойы көлденең күшінің анықтамасына $H_{T,i}$

Т1.1.2.2.2 Кран ауытқуы нәтижесінде пайда болған көлденең күш $H_{S,i,j,k}$ және бағыттаушы күш S ,

Крандарға арналған шынайы есептер жаңа крандарға арналған құрылыс конструкцияларын жобалау үшін жүргізілетін болғандықтан, осы мысалда келтірілген жүктемелердің есебі есептелмейді, олай болса, дәл қазіргі уақытта кранның ауытқуы және элементтердің тозуы болмауы тиіс.

Т1.1.2.2.3 Арбашаны жылдамдату немесе тежеу нәтижесінде пайда болған көлденең күш $H_{T,3}$,

Көлденең күш $H_{T,3}$ ҚР ҚН EN 1991-3 2.11.2 Тармағына сәйкес көтерілген жүк шамасының 10% (жүккөтергіштік Q_h) және кран арбашасының салмағына байланысты Q_T анықталады. Олай болса

$$H_{T,3} = 0,1 \cdot (Q_h + Q_T) = 0,1 \cdot (1000 \cdot 1,285 \cdot 1 \cdot 1,5 + 580 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,35) = 271,05 \text{ кН.}$$

Т1.1.2.2.4) Тұйықтықтық тіреуішке соғылғандағы жүктеме (буферлік күш)

Кран қозғалысына байланысты пайда болатын кранның көлденең жүктемесінің сипаттамалық мәні (буферлік күш) төмендегі формула бойынша анықталады:

$$H_{B,1} = \varphi_7 \cdot \vartheta_1 \cdot \sqrt{m_c \cdot S_B},$$

Мұндағы φ_7 – динамикалық коэффициенті, принимаемый по Таблице ҚР ҚН EN 1991-3 2.10 Кестесі бойынша буфердің сипаттамасына байланысты алынған, буфердің сипаттамасын жасағанда (жеткізіп берушінің берілгендері бойынша) $0,0 \leq \xi \leq 0,5$, $\varphi_7 = 1,25$;

$$\vartheta_1 = 0,7 \cdot \vartheta = 0,7 \times 1,0 = 0,7 \text{ м/с;}$$

$\vartheta = 1,0 \text{ м/сек}$ – кран қозғалысының тұрақты жылдамдығы кран паспортының сипаттамасы бойынша анықталады;

m_c – кран салмағы және жүккөтергіштік (в кг) $m_c = [(1720000 + 580000) + 1000000] / 9,80665 = 336506 \text{ кг;}$

S_B – буфердің динамикалық қаттылығы (крандық тіреуіш), Н/м; жеткізіп берушінің берілгендері бойынша алынады, $S_B = 250 \text{ кН/м.}$

Олай болса, кран қозғалысымен байланысты көлденең кран жүктемесі сипаттамалық мәнінің динамикалық құрамдас бөлігі:

$$H_{B,1} = 1,25 \cdot 0,7 \cdot \sqrt{336506 \cdot 250000} = 253790 \text{ Н} = 253,79 \text{ кН.}$$

Т1.2.3 Босаңсулық жүктемелер

Кранасты арқалыққа түсетін босаңсулық жүктеме (4) ҚР ҚН EN 1991-3 2.12 Тармағына сай төмендегі формула бойынша анықталады:

$$Q_e = \varphi_{fat} \cdot \lambda_i \cdot Q_{max,i},$$

где $Q_{max,i}$ – i – е дөңгелегіне түсетін тікелей жүктеменің максималды сипаттамалық мәні, $Q_{max,1} = 300$ кН, $Q_{max,2} = 320$ кН;

φ_{fat} – динамикалық әсер ету болғандағы баламалылық қирау коэффициенті;

$$\varphi_{fat1} = \frac{1 + \varphi_1}{2} = \frac{1 + 1}{2} = 1,$$

$$\varphi_{fat2} = \frac{1 + \varphi_2}{2} = \frac{1 + 1,285}{2} = 1,1425;$$

$\lambda_i = \lambda_{1,i} \cdot \lambda_{2,i}$ – босаңсу жүктемесіне сай келетін спекторге жөндеулер енгізуге үшін баламалылық қирау коэффициенті және $N = 2,0 \cdot 10^6$ циклдеріне қатысты күш түсіру циклдерінің абсолюттік саны; ҚР ҚН EN 1991-1-3 2.12 Кестесіне сай кранды классификациялауға байланысты λ_i мәні алынады. S_8 класы болғандағы қалыпты кернеулері үшін:

– $\lambda_i = 1,260$;

– жанама кернеу үшін – $\lambda_i = 1,149$.

Олай болса:

– қалыпты кернеулерді есептегенде

$$Q_{e1} = \varphi_{fat1} \cdot \varphi_{fat2} \cdot \lambda_i \cdot Q_{max,1} = 1 \times 1,1425 \times 1,260 \times 300 = 431,87 \text{ кН};$$

$$Q_{e2} = \varphi_{fat1} \cdot \varphi_{fat2} \cdot \lambda_i \cdot Q_{max,2} = 1 \times 1,1425 \times 1,260 \times 320 = 460,66 \text{ кН};$$

– жанама кернеулерді есептегенде

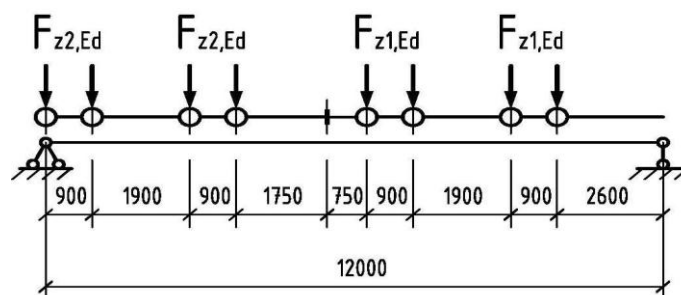
$$Q_{e1} = \varphi_{fat1} \cdot \varphi_{fat2} \cdot \lambda_i \cdot Q_{max,1} = 1 \times 1,1425 \times 1,149 \times 300 = 393,82 \text{ кН}.$$

$$Q_{e2} = \varphi_{fat1} \cdot \varphi_{fat2} \cdot \lambda_i \cdot Q_{max,2} = 1 \times 1,1425 \times 1,149 \times 320 = 420,07 \text{ кН}.$$

T1.3 Екі жақындастырылған крандардың кранасты арқалақтарының күштерін анықтау

T1.3.1 Кранасты балка астындағы кран дөңгелектерінің орналасуының есептеуін анықтау

Кранасты арқалығына габариттік өлшемдер бойынша екі краннан алынған максималды дөңгелектер санын орналастырамыз (берілген жағдайда – 8 дөңгелек) және түсірілген күштен түскен ауырлық центрінің орнын анықтаймыз (тең әсерлі R).



T1.7 Сурет - Кранның есептелген дөңгелектерінің қалпының анықтамасына

$$x = \frac{\sum F_{zi,Ed} \cdot x_i}{\sum F_{zi,Ed}} = \frac{509,67 \cdot (0,9 + 2,8 + 3,7) + 475,36 \cdot (6,2 + 7,1 + 9,0 + 9,9)}{4 \cdot 509,67 + 4 \cdot 475,36} = 4,842 \text{ м},$$

$\sum F_{ki} \cdot x_i$ – кранасты арқалығында орналасқан кранға түсірілген күштердің мәндерінің суммасы, i – дөңгелегі арқалығының сол жақ тірегінен арақашықтығы болғанда;

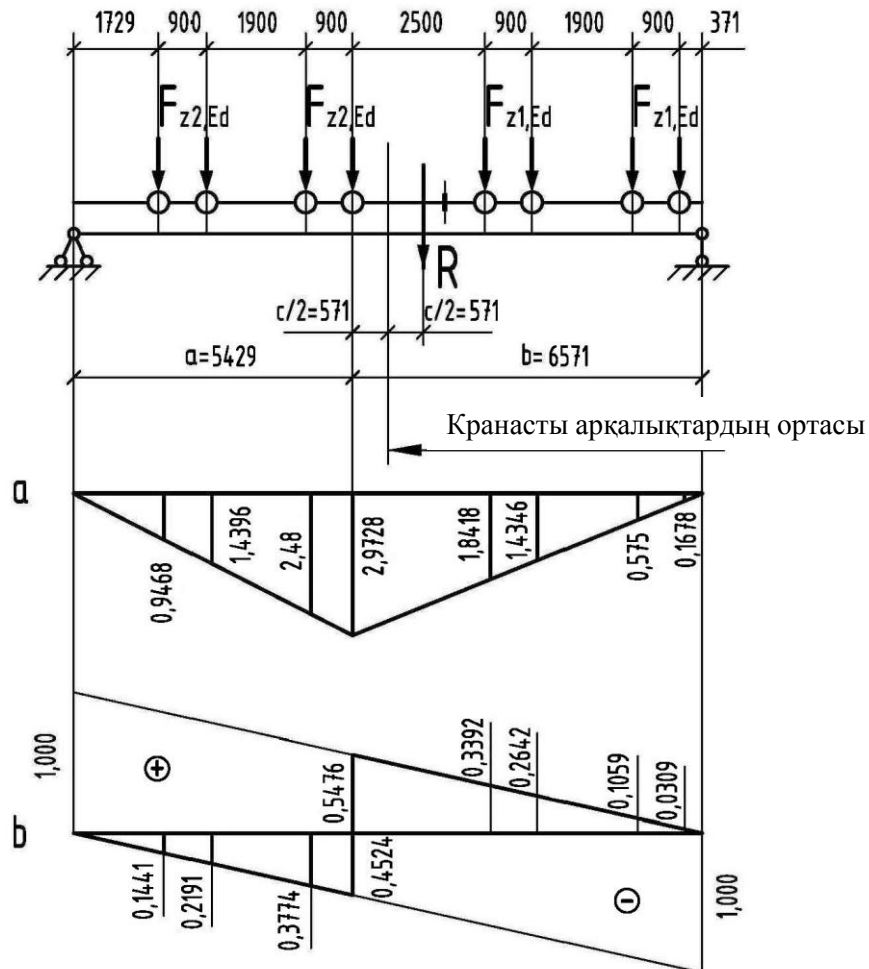
$\sum F_{ki}$ – кранасты арқалығының астында орналасқан кран дөңгелегінен түскен салмақ суммасы.

Кранасты арқалықтарына түсірілетін барлық тең әсерлі жүктемелердің орналасу координатасынан бастап кран дөңгелектеріне түсірілетін жүктемеге дейінгі қашықтық (сынау жүгі):

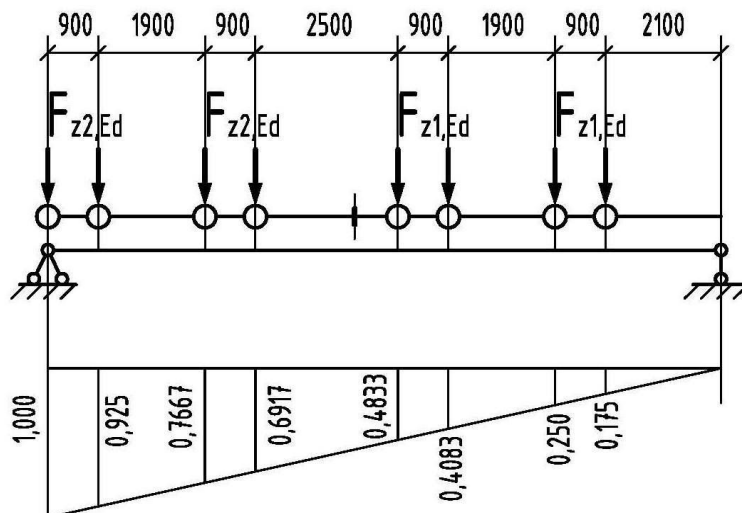
$$c = 4,842 - (0,9 + 1,9 + 0,9) = 1,142 \text{ м.}$$

Сол тіректен сынау жүгіне дейінгі қашықтық:

$$a = \frac{L}{2} - \frac{c}{2} = \frac{12,0}{2} - \frac{1,142}{2} = 5,429 \text{ м} = 5429 \text{ мм.}$$

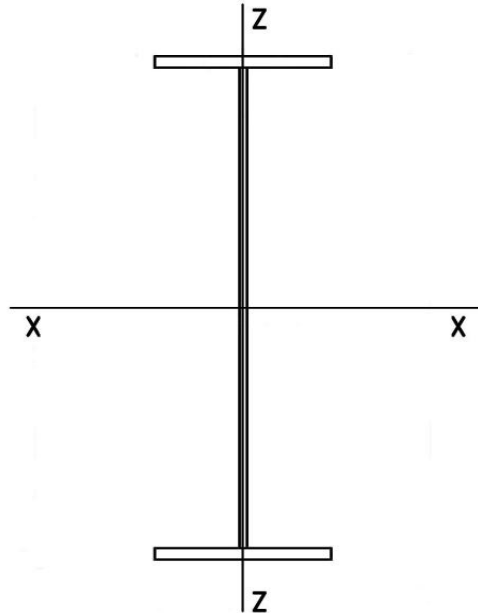


Т1.8 Сурет - Екі краннан түсірілетін көлденең (b) және максималды майысу сәтіне (a) сәйкес келетін күшін анықтауға арналған крандардың қондырғысы



Т1.9 Сурет - Екі краннан көлденең түсірілетін максималды күшті анықтауға арналған крандардың қондырғысы

Т1.3.2 Екі жақындастырылған крандардың кранасты арқалықтарының күштері
Әсер ету сызығы бойынша максималды майысу сәті (қараңыз Сурет П1.8а):



Сурет Т1.10 – Кранасты балканың осін есептеу

$$M_{y,Edmax} = \sum F_{zi,Ed} \cdot y_i = 509,67 \cdot (0,9468 + 1,4396 + 2,48 + 2,9728) + \\ + 475,36 \cdot (1,8418 + 1,4346 + 0,575 + 0,1678) = 5906 \text{ кН} \cdot \text{м.}$$

Әсер ету сызықтарының бойында кездесетін көлденең күш (қараңыз Сурет П1.8b):

$$V_{z,Ed} = \sum F_{zi,Ed} \cdot y_i = 475,36 \cdot (0,3392 + 0,2642 + 0,1059 + 0,0309) - \\ + 509,67 \cdot (-0,4524 - 0,3774 - 0,2191 - 0,1441) = -256,2 \text{ кН.}$$

Әсер ету сызықтарының бойында кездесетін максималды көлденең күш (қараңыз Сурет Т1.9):

$$V_{z,Edmax} = \sum F_{zi,Ed} \cdot y_i = 509,67 \cdot (-1,000 - 0,925 - 0,7667 - 0,6917) + \\ + 475,36 \cdot (-0,4833 - 0,4083 - 0,250 - 0,175) = -2350,28 \text{ кН.}$$

Өз салмағын қоса алғандағы кранасты арқалықтарының күштерінің есептік мәні:

- майыстыру сәті:

$$M_{y,Ed} = 1,05 \cdot 5906 = 6201,3 \text{ кН} \cdot \text{м;}$$

- ілеспелі көлденең күш:

$$V_{z,Ed} = 1,05 \cdot (-256,2) = -269,01 \text{ кН;}$$

- тіректегі максималды көлденең күш:

$$V_{z,Ed} = 1,05 \cdot (-2350,28) = -2467,79 \text{ кН.}$$

Максималды майыстыру сәтінің сипаттамалық мәні:

$$M_{k,max} = \sum F_{ki} \cdot y_i = 320 \cdot (0,9468 + 1,4396 + 2,48 + 2,9728) + \\ + 300 \cdot (1,8418 + 1,4346 + 0,575 + 0,1678) = 3714,3 \text{ кН} \cdot \text{м.}$$

Әсер ету сызықтарының бойына кран жанынан түсірілетін қысымының майыстыру сәті (см.

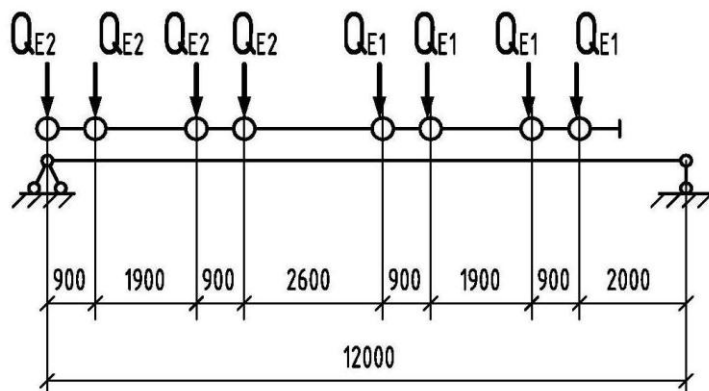
Сурет Т1.8а):

$$M_{z,Ed} = \sum H_{T,i} \cdot y_i = 107,93 \cdot (0,9468 + 1,4396 + 2,48 + 2,9728) + \\ + 20,91 \cdot (1,8418 + 1,4346 + 0,575 + 0,1678) = 966,3 \text{ кН} \cdot \text{м}.$$

Т1.4 Бір краннан түсірілетін кранасты арқалықтарының есептеу күштерінің анықтау

Т1.4.1 Кранасты арқалықтарында орналасқан кран дөңгелектерінің есептік орнын анықтау

Кранасты арқалығына габариттік өлшемдер бойынша екі краннан алынған максималды дөңгелектер санын орналастырамыз (берілген жағдайда– 8 дөңгелек) және түсірілген күштен түскен ауырлық центрінің орнын анықтаймыз (тең әсерлі R).



10 Сурет – Кран дөңгелектерінің есептелген орналасуын анықтау

$$x = \frac{\sum Q_{ei} \cdot x_i}{\sum Q_{ei}} = \frac{460,66 \times (0,9 + 2,8 + 3,7) + 431,87 \times (6,3 + 7,2 + 9,1 + 10,0)}{4 \cdot 431,87 + 4 \cdot 460,66} = 4,898 \text{ м},$$

где $\sum Q_{ei} \cdot x_i$ – кранасты арқалығында орналасқан кранға түсірілген күштердің мәндерінің суммасы, i – дөңгелегі арқалығының сол жақ тірегінен арақашықтығы болғанда;

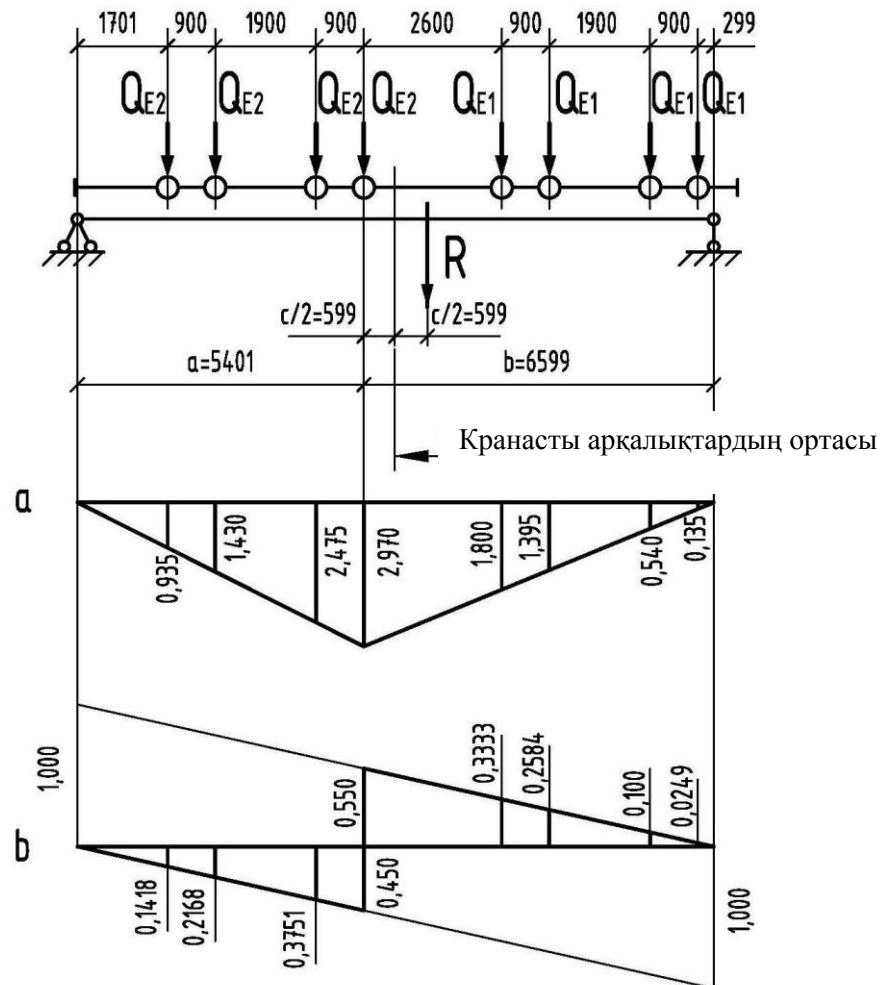
$\sum Q_{ei}$ – кранасты арқалықтарында орналасқан кран дөңгелектерінің жүктемелерінің суммасы;

Кранасты арқалықтарына түсірілетін барлық тең әсерлі жүктемелердің орналасу координатасынан бастап кран дөңгелектеріне түсірілетін жүктемеге дейінгі қашықтық (сынау жүгі):

$$c = 4,898 - (0,9 + 1,9 + 0,9) = 1,198 \text{ м}.$$

Со жақ тіректен сынау күшіне дейінгі қашықтық:

$$a = \frac{L}{2} - \frac{c}{2} = \frac{12,0}{2} - \frac{1,198}{2} = 5,425 \text{ м} = 5401 \text{ мм}.$$



Сурет Т1.12 – Екі краннан түсірілетін көлденең (b) және максималды майысу сәтіне (a) сәйкес келетін күшін анықтауға арналған крандардың қондырғысы

Т1.4.2 Кранасты аралықтарына бір краннан түсетін күш

Кранасты арқалықтарының өзіндік салмағын қоса есептегенде әсер ету сызықтарының максималды майысу сәті (Сурет Т1.12 қараңыз)

$$M_{y,Ed}^1 = 1,05 \cdot \sum Q_{ei} \cdot y_i = 1,05 \cdot [460,66 \cdot (0,935 + 1,43 + 2,475 + 2,97) + 431,87 \cdot (1,8 + 1,395 + 0,54 + 0,135)] = 5532,55 \text{ кН};$$

Әсер ету сызықтары бойынша ілеспелі көлденең күш (Сурет 1.12b қараңыз||)

$$V_{z,Ed}^1 = 1,05 \cdot \sum Q_{ei} \cdot y_i = 1,05 \cdot [460,66 \cdot (-0,45 - 0,3751 - 0,2168 - 0,1418) + 399,88 \cdot (0,3333 + 0,2584 + 0,1 + 0,0249)] = -272,91 \text{ кН}.$$

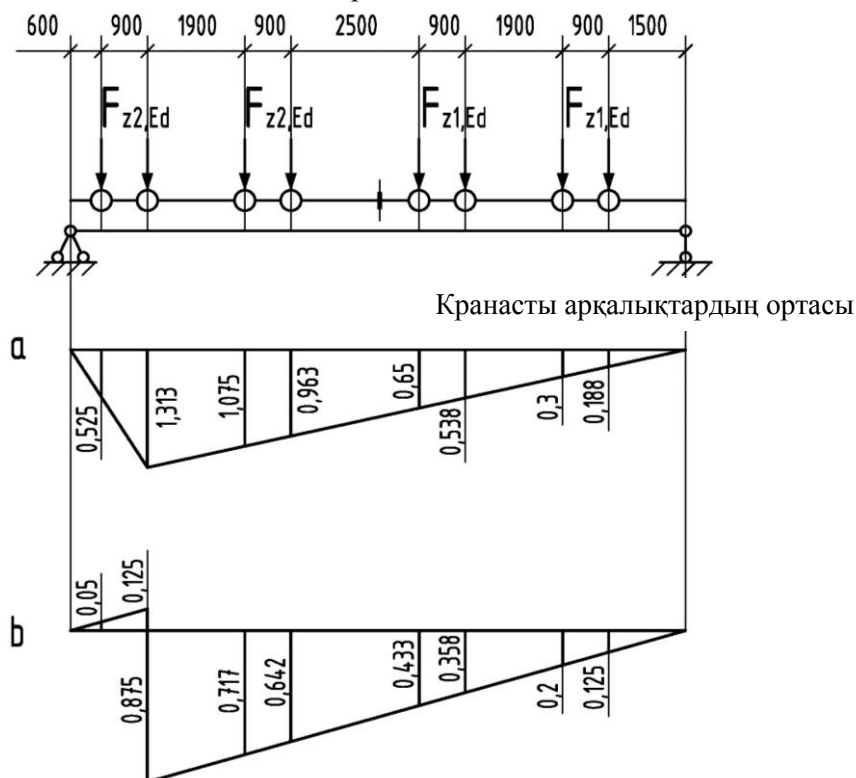
Максималдық майысу сәтінің сипаттамалық мәні:

$$M_{k,max}^1 = 1,05 \cdot \sum F_{ki} \cdot y_i = 1,05 \cdot [320 \cdot (0,902 + 1,403 + 2,46 + 2,961) + 300 \cdot (1,855 + 1,455 + 0,612 + 0,212)] = 3712,52 \text{ кН} \cdot \text{м}.$$

Кранның қысымның әсер ету сызығының бүйірінен түсетін майысу сәті (6.2.5.2.2(3) ҚР ҚН EN1991-3)

$$M_{z,Ed} = \frac{0,1 \cdot 3712,52}{1,05} = 353,6 \text{ кН} \cdot \text{м}.$$

Т1.5 Екі жақындастырылған кранасты арқалықтарының бірінші біліктерінің күштерін анықтау. № Балкаларды 8 бөлікке бөлеміз, бөлік ұзындығы 1500 мм



Сурет Т1.13 – Бірінші біліктегі екі краннан түсірілетін көлденең (b) және максималды майысу сәтіне (a) сәйкес келетін күшін анықтауға арналған крандардың қондырғысы

Арқалықтың өзіндік салмағын қоса есептегенде әсер етуші сызықтар бойынша майысу сәті (Сурет Т1.13а қараңыз)

$$M_{y,Ed}^1 = 1,05 \cdot \sum F_{zi,Ed} \cdot y_i = 1,05 \cdot [509,67 \cdot (0,525 + 1,3125 + 1,075 + 0,9625) + 475,36 \cdot (0,65 + 0,5375 + 0,3 + 0,1875)] = 2909,76 \text{ кН} \cdot \text{м}.$$

Әсер ету сызықтары бойынша ілеспелі көлденең күш (қараңыз Сурет Т1.13b):

$$V_{z,Ed}^1 = 1,05 \cdot \sum F_{zi,Ed} \cdot y_i = 1,05 \cdot [509,67 \cdot (-0,05 + 0,875 + 0,7167 + 0,6417) + 475,36 \cdot (0,4333 + 0,3583 + 0,2 + 0,125)] = 1725,78 \text{ кН}.$$

6.2 Беріктік бойынша көлденең қимасының көтергіш қабілеті

6.2.1 [6.2(1)] Кранасты конструкцияларының беріктік бойынша көлденең қимасының көтергіш қабілетінің тексеруді ҚР ҚН EN 1993-1-1 6.2 Бөліміне сәйкес жүргізген дұрыс.

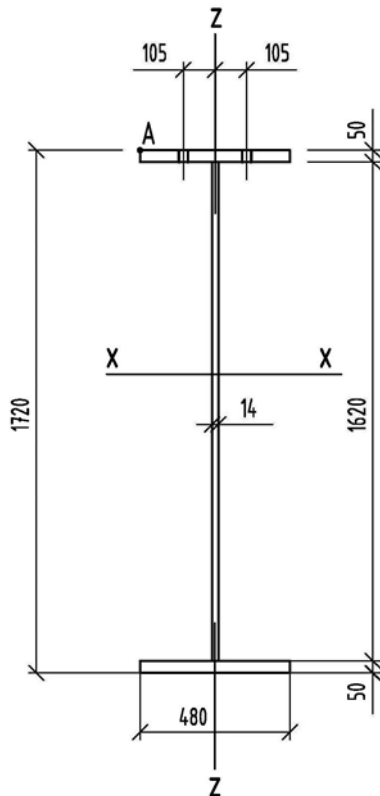
МЫСАЛ 2 Қабылданған қималардың геометриялық сипаттамаларын анықтау, тежеу конструкцияларын есепке алғандағы максималды қалыпты және жанама кернеулері бойынша тексерулер

T2.1 Есептеуге арналған негізгі мәліметтер

Негізгі мәліметтерді 1 мысал бойынша қабылдау.

T2.2 Кранасты арқалықтарының қимасы және геометриялық сипаттамаларын анықтау

Кранасты арқалық ретінде сөрелардың қималарымен қоса қоставрлы дәнекерлік арқалық —480x50 мм және қабырғалары— 1620x14 мм. алынған. Астында T2.1 Суретте кранасты арқалықтарының көлденең қимасы көрсетілген:



Сурет П2.1 – Кранасты арқалығының көлденең қимасы

Кранасты арқалықтарының көлденең қимасының инерция сәті:

$$I_x = \frac{1,4 \times 162^3}{12} + 2 \times \left[\frac{48 \times 5^3}{12} + 48 \times 5 \times \left(\frac{162}{2} + \frac{5}{2} \right)^2 \right] = 3843692 \text{ см}^3$$

Рельсті арқалыққа болттармен бекіту үшін ойықтары Ø 25 мм болғандағыны қоса есептегенде үстіңгі сөре арқалықтарының қималарының инерция сәті:

$$I_x = 3843692 - 2 \times 2,5 \times 5 \cdot \left(\frac{172}{2} - \frac{5}{2} \right)^2 = 3669385 \text{ см}^4.$$

Қиманың қарсыласу сәті:

$$W_x^A = \frac{I_y}{h_6/2} = \frac{3669385}{172/2} = 42667 \text{ см}^3.$$

T2.3 Арқалықтың тежеу қимасы және геометриялық сипаттамаларды анықтау

Арқалықтың тежеу қимасы —480x50 мм —(үстіңгі сөре) табақтарынан, —1270x10 мм(тежеу табағы) № 20 швеллерден алынған. Тежеу табақшасының қаттылығын қамтамасыз ету үшін табақшаның астынан қаттылықтың көлденең қабырғасына табақшаны —100x10 мм және 300 мм аралығында тігінен дәнекерлеу керек.

Арқалық қимасының ауырлық центрінің орны:

$$x_0 = \frac{\sum A_i \times x_i}{\sum A_i} = \frac{23,4 \times (150 - 2 - 2,07) + 127 \times 1 \times \left(\frac{127}{2} + 19 \right)}{23,4 + 127 \times 1 + 48 \times 5} = 35,58 \text{ см.}$$

Қима инерциясының сәті:

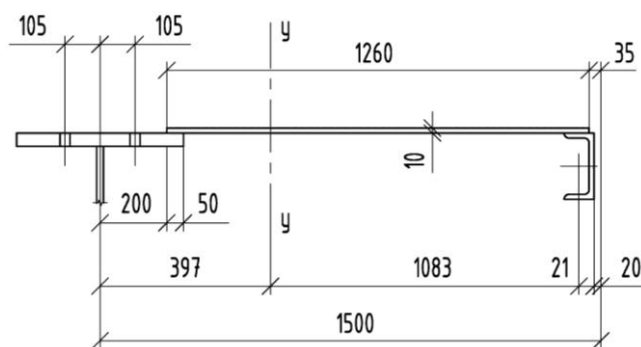
$$I_{z_0} = (113 + 23,4 \times 110,35^2) + \left[\frac{1 \cdot 127^3}{12} + 1 \cdot 127 \cdot \left(\frac{127}{2} + 19 - 35,58 \right)^2 \right] + \left[\frac{5 \cdot 48^3}{12} + 48 \cdot 5 \cdot 35,58^2 \right] = 1085250 \text{ см}^3.$$

Қима ойықтарының босаңсуын есепке алғандағы инерция сәті:

$$I_{z_0} = 1085250 - 2,5 \times 5 \times (25,08^2 + 46,08^2) = 1050845 \text{ см}^4.$$

Арқалық қималарының шеткі нүктелерінің қарсыласу сәттері:

$$W_{z_0}^A = \frac{1050845}{(35,58 + 24)} = 17727 \text{ см}^3.$$



Сурет Т2.2 - Тежеу арқалығының көлденең қимасы

Т2.4 Тежеу конструкциясын есепке алғандағы максималды қалыпты және жанама кернеулеріне жүргізілетін тексерулер

Т2.4.1 Кранасты арқалықтарының орташа ойығы үшін көтергіштік қабілетін жоғалту бойынша шектік қалпы.

Екі максималды жақындатылған крандардың жұмыстары кезінде тігінен түсірілетін жүктемелердің әсерінен арқалықта пайда болатын қалыпты кернеулер

$$\sigma_{Ed}^A = \frac{M_{x,Ed}}{W_x^A} + \frac{M_{z,Ed}}{W_{z_0}^A} = \frac{6201,3 \times 100 \times 10}{42667} + \frac{966,3 \times 100 \times 10}{17727} = 199,85 \frac{\text{Н}}{\text{мм}^2} (\text{МПа}),$$

$M_{z,Ed}$ – тігінен орналасқан жазықтықтың максималды майысатын сәт (см. П.1.3.2 Мысал 1) болғанда;

Көлденең күштерге байланысты вертикалды жуктемелер

$$\tau_{(Ed)} = \frac{V_{(z,Ed)} \times S_x}{I_x \cdot t_{ct}} = \frac{269,01 \times 10 \times 20040}{3669385 \times 1,4} = 10,49 \frac{\text{Н}}{\text{мм}^2} (\text{МПа}),$$

S_x – орталық оське байланысты белбеудің статикалық моменті

$$S_x = 48 \times 5 \times \left(\frac{162}{2} + \frac{5}{2} \right) = 20040 \text{ см}^3;$$

$V_{(z,Ed)}$ – сәйкес көлденең күш

Тиісті көлденең күштен пайда болатын жанама тік кернеу

$$\tau_{Ed} = \frac{V_{z,Ed} \cdot S_x}{I_x \cdot t_{ct}} = \frac{2467,79 \times 10 \times 23320,5}{3669385 \times 1,4} = 112,03 \frac{\text{Н}}{\text{мм}^2} (\text{МПа}).$$

S_y – орталық оське қатысты белдіктің тұрақтылық сәті болғанда,

$$S_{f1} = b_f \cdot t_f \cdot \left(\frac{h_w}{2} + \frac{t_f}{2} \right) = 50 \times 4 \times \left(\frac{162}{2} + \frac{4}{2} \right) = 16600 \text{ см}^3;$$

$V_{(z,Ed)}$ – тиісті көлденең күш.

Максималды көлденең күштен пайда болатын жанама тік кернеулер

$$\tau_{Ed} = \frac{V_{z,Ed} \cdot S_x}{I_x \cdot t_{ct}} = \frac{2467,79 \times 10 \times 23320,5}{3669385 \times 1,4} = 112,03 \frac{\text{Н}}{\text{мм}^2} (\text{МПа}).$$

S_y – орталық оське қатысты қиманың қозғалтқыш бөлігінің тұрақты сәті болғанда

$$S_x = 48 \times 5 \times \left(\frac{162}{2} + \frac{5}{2} \right) + \frac{162^2}{8} = 23320,5 \text{ см}^3.$$

Т2.4.2 Кранасты арқалықтың бірінші ойығындағы көтергіштік қабылетті жоғалту бойынша шектік қалыптар

Екі жақындатылған крандардың жұмыстары кезінде тігінен түсірілетін жүктемелердің әсерінен арқалықта пайда болатын қалыпты кернеулер

$$\sigma_{Ed}^A = \frac{M_{x,Ed}^1}{W_x^A} = \frac{2909,76 \times 100 \times 10}{42667} = 68,2 \frac{\text{Н}}{\text{мм}^2} (\text{МПа}),$$

$M_{y,Ed}^1$ – кранасты арқалықтың бірінші ойығындағы есептелген майыстыру сәті.

Тиісті көлденең күштен пайда болатын жанама тік кернеулер

$$\tau_{(Ed)}^1 = \frac{V_{(z,Ed)}^1 \cdot S_x}{I_x \cdot t_{ct}} = \frac{1725,78 \times 10 \times 20040}{3669385 \times 1,4} = 67,32 \frac{\text{Н}}{\text{мм}^2} (\text{МПа}).$$

Т2.4.3 Максималды кернеулер бойынша беріктікті тексеру

Кранасты конструкцияларының беріктік бойынша көлденең қимасының көтергіш қабілетінің тексеруді ҚР СН EN 1993-1-1 6.2 бөліміне сәйкес жүргізген дұрыс:

$$\frac{M_{y,Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1,$$

$$M_{c,Rd} = \frac{W_{\text{eff,min}} \cdot f_y}{\gamma_{M0}},$$

$W_{\text{eff,min}} = W_x^A = 36964 \text{ см}^3$ –тігінен орналасқан жазықтықта;

$W_{1,2\text{min}} = 15591 \text{ см}^3$ –көлденең орналасқан жазықтықта.

Екі жазықтықтағы жүктемелердің бірлесіп әсер етуінен (6.2) осылай түрленеді

$$\frac{M_{x,Ed}}{M_{xc,Rd}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{zc,Rd}} = \frac{6201,3}{10026,7} + \frac{966,3}{4165,8} = 0,85 \leq 1,$$

$$M_{xc,Rd} = \frac{42667 \times 10^3 \times 235}{1} \times 10^{-6} = 10026,7 \text{ кН} \cdot \text{м},$$

$$M_{zc,Rd} = \frac{17727 \times 10^3 \times 235}{1} \times 10^{-6} = 4165,8 \text{ кН} \cdot \text{м},$$

$$M_{x,Ed} = 6201,3 \text{ кН} \cdot \text{м},$$

$$M_{z,Ed} = 966,3 \text{ кН} \cdot \text{м}.$$

Шарт орындалады.

Максималды жанама кернеулердің беріктігін (Формула 6.19) ҚР СН EN 1993-1-1 6.2 бойынша орындаймыз:

$$\frac{\tau_{Ed}}{f_y / (\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0})} \leq 1,$$

Тұрақсыздықтың шектік номиналдық мәні f_y S 235 маркалы болат үшін EN 10025-2 бойынша, $e f_y = 235 \frac{\text{Н}}{\text{мм}^2}$ тең болғанда.

γ_{M0} – жеке қауіпсіздік коэффициенті ҚР ҚН EN 1993-68.1.кестесіне сай, $\gamma_{M0} = 1$ тең

болғанда

$$\frac{112,03}{235 / (\sqrt{3} \cdot 1)} = 0,826 \leq 1,00.$$

Шарт орындалады.

6.3 Кранасты конструкциялардың тұрақтылығы

6.3.1 Жалпы ережелер

Тұрақтылыққа қатысты есептеулер ҚР ҚН EN 1993-1-1 6.3 Бөліміне сай жүргізіледі

6.3.2 Тұрақтылықты жоғалтудың бүгілу иірімділік формасы

6.3.2.1 Жалпы ережелер

6.3.2.1.1 Тұрақтылықты жоғалтудың бүгілу иірімділік формасы жағдайында кранасты арқалықтарының тұрақтылығын тексеру кезінде қима центріне қатысты тігінен және жанынан көлденеңнен түсірілген эксцентриситеттері жүктемелердің әсерінен пайда болған иірімділік сәттерін есепке алған дұрыс (бүгілу жазықтығын), себебі ҚР ҚН EN 1993-1-1 6.3 Бөлігіндегі тапсырмаларды есептеу әдістемесі иірілу сәттерінің жұмысын есепке алмайды.

Ескертпе ҚР ҚН EN 1993-1-1 6.3 Бөлімінде көрсетілген есептеу тәсілі айналма сәттерін ескертпейді

6.3.2.2 Дөңгелектің жүктемелерінің есептелу деңгейі

6.3.2.2.1 Егер краннан түсетін дөңгелектік жүктемелер майысқақ астарсыз рельс арқылы әсер ететін болса дөңгелектерден рельске тігінен түсірілетін иірілу нүктесінде пайда болатын көлденең жылжудың тұрақтандырғыш эффектін есепке алуға болады. Егер арқалықтың көлденең қимасы жалпақ және бүгілген элементтерден жасалған екітаврлық түрінде болса, онда нақтырақ есептеу болмаған жағдайда тік дөңгелектік күш қиманың орталық осінің деңгейінде түсетін болады.

6.3.2.2.2 Егер краннан түсетін дөңгелектік жүктемелер майысқақ астарға сүйенетін рельс арқылы әсер ететін болса, немесе тікелей кранасты арқалығының үстіңгі сөресына әсер ететін болса, берілген оқу құралының 6.3.2.2.2 Тармағындағы жеңлдетулер қолданылмайды, және де дөңгелектен тігінен түсірілетін күш арқалықтың үстіңгі сөресының деңгейінде болуы тиіс.

6.3.2.2.3 Аспалы краннан немесе электротальдерден (тельферлерден) түсірілетін дөңгелектік жүктемелер кезінде арқалықтың төменгі сөресіне түсірілетін жүктемелердің тұрақтандырғыш эффектін есепке алған жөн. Көтерілетін жүктердің мүмкін боларлық тербеліс эффектсіне байланысты тік реакция төменгі сөрелардың үстіңгі бетінің деңгейінен төмен емес болуы керек.

6.3.2.3 Тексеру әдістері

6.3.2.3(1) пунктiне сәйкес, статикалық анықталатын қранасты арқалығының тік қабілеті тұрақтылықты жоғалтудың майыстыру иірілімдік формасы бойынша қиманың есептеу жолымен анықталады, яғни оған арқалықтың жоғарғы белдеуі және сығылған элемент ретіндегі қабырға биіктігінің бестен бір бөлігі кіреді. Бұл кима осьтық, яғни белдеулер осьтерінің арасындағы қашықтыққа бөлінген вертикалды жүктеменің сәтіне тең болатын қысым түсіруші күштің әсеріне тексерілуі тиіс. Сонымен қатар жанынын көлденең әсер ететін жүктеменің иілу сәтін және айналдыру әсерін де есепке алу керек.

ЕСКЕРТПЕ ҚР ҚН EN 1993-6 Ұлттық қосымша ҚР ҚН EN 1993-6 А қосымшасында келтірілген көтергіштік қабілеттің альтернативтік әдістерін қолдануды ұсынады.

3 МЫСАЛ Құрамдық қиманың элементтерінің тұрақтылығын тексеру

Т3.1 Есептеуге арналған бастапқы мәліметтер

Бастапқы мәліметтерді 1 және 2 мысалдар бойынша алу керек.

Т3.2 Жоғары белдеудің тұрақтылығын тексеру

Т3.2.1 Қозғалудың кешігуінің тиімділігін ҚР ҚН EN 1993-1-5 3.1 (1) Тармағына сәйкес есептеу қажеттілігін тексеру (сөренің ені бойынша қалыпты кернеулердің біртегіс болмауы):

$$b_0 = 23,3 \text{ см} < \frac{L_e}{50} = \frac{1200}{50} = 24 \text{ см}$$

Мұндағы b_0 – сөренің ауырлығы;

L_e – кескіш арқалықтың ұзындығына тең нольдік сәттер мен нүктелердің арақашықтығы;

Қозғалыстың кешігуінің тиімділігін есепке алмауға болады.

М.3.2.2 Сөренің иілімділігі (ҚР ҚН EN 1993-1-5 4.3 Формула)

$$\bar{\lambda}_p = \sqrt{\frac{f_y}{\sigma_{cr}}} = \frac{\bar{b}/t}{28,4\varepsilon \cdot \sqrt{k_\sigma}} = \frac{23,3/5}{28,4 \cdot 1 \cdot \sqrt{0,43}} = 0,25,$$

Мұндағы $\bar{b} = c = 23,3 \text{ см}$ – сөренің қалқасы

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{23,5}{f_y}} = \sqrt{\frac{23,5}{23,5}} = 1 - \text{болаттың беріктігін есепке алатын параметр};$$

k_σ – ҚР ҚН EN 1993-1-5 бойынша 4.2 Кестесіне сай анықталады, кернеулерге байланысты $\psi = \sigma_2/\sigma_1$ кернеу асимметриясының коэффициенті және сөренің шеткі жақтарынан σ_2 и σ_1 байланысты анықталады; белдеу біртегіс қысылған деген есеппен, яғни $\sigma_2 = \sigma_1$, қабылдаймыз $\psi = 1$, $k_\sigma = 0,43$ и $b_{eff} = \rho \cdot b$ болғанда;

$t = t_f = 4,0 \text{ см}$ – сөренің қалыңдығы.

Т3.2.3 Пластинаның тұрақтылығы жоғалған жағдайда негізгі алаңқайды төмендетуші коэффициент (4.3 Формула ҚР ҚН EN 1993-1-5)

$$\rho = 1,0 \quad \text{для } \bar{\lambda}_p \leq 0,748$$

Т3.2.4 Қиманың есептеу аймағы (4.1 Формула ҚР ҚН EN 1993-1-5)

$$A_{c,eff} = \rho A_c = 1,0 \cdot 48 \cdot 5 = 240 \text{ см}^2$$

$A_c = b \cdot t = 48 \cdot 5,0 = 240 \text{ см}^2$ болғанда

Т3.2.5 Жоғарғы белбеудегі сығылу күші екі жаққа күш түсіру жолымен анықталады

$$N_{Ed} = \frac{M_{Ed,max}}{(h - t_f)} = \frac{620130}{(172 - 5)} = 0,3713 \cdot 10^4 \text{ кН},$$

$M_{Ed,max}$ – сәт болғанда;

h – сөренің ені;

t_f – сөренің қалыңдығы.

2.6) Тұрақтылықты тексеру (4.14 Формула ҚР ҚН EN 1993-1-5)

$$\eta_1 = \frac{N_{Ed}}{f_y \cdot A_{ceff}} = \frac{1,28 \times 10^4}{23,5 \times 200/1} = 2,724,$$

$\gamma_{M0} = 1,0$ – жеке қауіпсіздік коэффициенті болғанда.

Т3.3 Төмендетілген кернеулер әдісі бойынша қабырғаның тұрақтылығын есептеу (ҚР ҚН EN 1993-1-5 Бөлім 10)

Т3.3.1 Ұсынылған кернеу сипаттамалары бойынша минималды коэффициент (Формула 10.3 ҚР ҚН EN 1993-1-5)

Учаске 1

$$\begin{aligned} \frac{1}{\alpha_{ult,k}^2} &= \left(\frac{\sigma_{x,Ed}}{f_y} \right)^2 + \left(\frac{\sigma_{z,Ed}}{f_y} \right)^2 - \left(\frac{\sigma_{x,Ed}}{f_y} \right) \cdot \left(\frac{\sigma_{z,Ed}}{f_y} \right) + 3 \cdot \left(\frac{\tau_{Ed}}{f_y} \right)^2 \\ &= \left(\frac{6,42}{23,5} \right)^2 + \left(\frac{16,78}{23,5} \right)^2 - \left(\frac{6,42}{23,5} \right) \times \left(\frac{16,78}{23,5} \right) + 3 \times \left(\frac{6,73}{23,5} \right)^2 = 0,635 \\ \alpha_{ult,k}^1 &= \sqrt{\frac{1}{0,635}} = 1,255 \end{aligned}$$

мұндағы $\sigma_{x,Ed}$, $\sigma_{z,Ed}$ и τ_{Ed} – шекті жағдайлар бойынша көтергіштік қабілетті есептеудің пластинаның кернеуленген күйінің компоненттері.

$$\sigma_{x,Ed} = \frac{M_{x,Ed}}{W_x^{ст.}} = \frac{2909,76 \times 100}{45301} = 6,42 \frac{\text{кН}}{\text{см}^2}; \quad W_x^{ст.} = \frac{3669385}{162/2} = 45301 \text{ см}^3;$$

4-ші мысалды қарау Т4.2:

$$\begin{aligned} \sigma_{z,Ed} &= \sigma_{oz,Ed} = 16,78 \frac{\text{кН}}{\text{см}^2}; \\ \tau_{Ed} &= \frac{V_{z,Ed} \times S_x}{I_x \cdot t_{ст}} = \frac{1725,78 \times 20040}{3669385 \times 1,4} = 6,73 \frac{\text{кН}}{\text{см}^2}. \end{aligned}$$

Учаске 4

$$\begin{aligned} \frac{1}{\alpha_{ult,k}^2} &= \left(\frac{\sigma_{x,Ed}}{f_y} \right)^2 + \left(\frac{\sigma_{z,Ed}}{f_y} \right)^2 - \left(\frac{\sigma_{x,Ed}}{f_y} \right) \cdot \left(\frac{\sigma_{z,Ed}}{f_y} \right) + 3 \cdot \left(\frac{\tau_{Ed}}{f_y} \right)^2 \\ &= \left(\frac{13,69}{23,5} \right)^2 + \left(\frac{7,232}{23,5} \right)^2 - \left(\frac{13,69}{23,5} \right) \times \left(\frac{7,232}{23,5} \right) + 3 \times \left(\frac{1,47}{23,5} \right)^2 = 0,266 \\ \alpha_{ult,k}^1 &= \sqrt{\frac{1}{0,266}} = 1,939 \end{aligned}$$

$$\sigma_{x,Ed} = \frac{M_{x,Ed}}{W_x^{ст.}} = \frac{6201,3 \times 100}{45301} = 13,69 \frac{\text{кН}}{\text{см}^2}; \quad W_x^{ст.} = \frac{3669385}{162/2} = 45301 \text{ см}^3;$$

4-ші мысалды қарау М4.1:

$$\begin{aligned} \sigma_{z,Ed} &= \sigma_{oz,Ed} = 7,232 \frac{\text{кН}}{\text{см}^2}; \\ \tau_{Ed} &= \frac{V_{z,Ed} \times S_x}{I_x \cdot t_{ст}} = \frac{269,01 \times 20040}{3669385 \times 1,4} = 1,47 \frac{\text{кН}}{\text{см}^2} \end{aligned}$$

мұндағы $\sigma_{x,Ed}$, $\sigma_{z,Ed}$ и τ_{Ed} – шекті жағдайлар бойынша көтергіштік қабілетті есептеудің

пластинаның кернеуленген күйінің компоненттері.

Т3.3.2 Серпінді сынаулы кернеулер бойынша қордың минималдық коэффициенті (Тармақ 10 (6) ҚР ҚН EN 1993-1-5).

Т3.3.2.1 Бойлық қалыпты кернеулер

а) Кернеулердің асимметрияларының коэффициент $\psi_x = \sigma_2/\sigma_1$, где σ_2 и σ_1 – қабырғаның шеттері бойынша кернеулер; иілу сәті әсер еткен кезде $\sigma_2 = -\sigma_1$, сондықтан $\psi_x = -1$, онда $k_\sigma = 23,9$ (Кесте 4.1 ҚР ҚН EN 1993-1-5).

Екіжақты қаттылық қабырғалары. Қаттылық қабырғаларының қадамы 150 см, қабырға өлшемі 100x8 мм.

б) Сынау кернеулері (Формула 4.8 ҚР ҚН EN 1993-1-5)

$$\sigma_{cr,x} = \frac{\pi^2 E t^2}{12 \cdot (1 - \nu^2) \cdot a^2} = \frac{3,14^2 \cdot 2,1 \cdot 10^4 \cdot 1,4^2}{12 \cdot (1 - 0,3^2) \cdot 150^2} = 1,65 \frac{\text{кН}}{\text{см}^2}$$

мұндағы $a = 150$ см – Ұзына бойлық бағыттағы пластинка ұзындығы;

$\nu = 0,3$ – Пуассон коэффициент;

$t = t_w = 1,4$ см – қабырға қалыңдығы.

в) Кернеулердің қатынас коэффициенті:

Учаске 1

$$\alpha_{cr,x} = \frac{\sigma_{cr,x}}{\sigma_{x,Ed}} = \frac{1,65}{6,42} = 0,257$$

Учаске 4

$$\alpha_{cr,x} = \frac{\sigma_{cr,x}}{\sigma_{x,Ed}} = \frac{1,65}{13,69} = 0,121$$

мұндағы $\sigma_{x,Ed} = -$ қабырғаның жоғарғы нүктесінде қалыпты есептеу кернеулері (Формула (10.3) қараңыз).

Т3.3.2.2 Жанама кернеулер

а) Қабырға тұрақтылығын тексеру қажеттігін тексеру (ҚР ҚН EN 1993-1-5 Тармақ 5.1 (2) 5):

$$\frac{h_w}{t_w} = \frac{162}{1,4} = 115,7 > \frac{31}{\eta} \varepsilon \sqrt{k_\tau} = \frac{31}{1,2} \cdot 1 \cdot \sqrt{10,228} = 82,62$$

мұндағы $\eta = 1,2$ – коэффициент болғанда;

ε – болаттың беріктігін есепке алатын параметр:

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{23,5 \text{ кН/см}^2}{f_y}} = \sqrt{\frac{23,5}{23,5}} = 1$$

k_τ – жанама кернеулердің әсерінен тұрақтылықты жоғалту коэффициенті. Поскольку $h_w / h_w = 150/162 = 0,926 < 1$, болғандықтан, коэффициентті формула бойынша анықтаймыз (Формула А.5 ҚР ҚН EN 1993-1-5)

$$k_\tau = 4,00 + 5,34(h_w/a)^2 = 4,00 + 5,34(162/150)^2 = 10,228$$

Қорытынды: тұрақтылықты тексерген кезде жанама кернеулерді есепке алу керек.

б) Сынау кернеулері (Формула 5.4 ҚР ҚН EN 1993-1-5)

$$\tau_{cr} = k_\tau \sigma_E = 10,228 \cdot 1,416 = 14,483 \frac{\text{кН}}{\text{см}^2}$$

Мұндағы σ_E – Серпінді сынау кернеулері ҚР ҚН EN 1993-1-5 А.1 Формула бойынша анықталады.

$$\sigma_E = \frac{\pi^2 E t^2}{12 \cdot (1 - \nu^2) \cdot b^2} = \frac{3,14^2 \cdot 2,1 \cdot 10^4 \cdot 1,4^2}{12 \cdot (1 - 0,3^2) \cdot 162^2} = 1,416 \frac{\text{кН}}{\text{см}^2},$$

где $b = h_w = 162$ см – пластинканың ені ;

$\nu = 0,3$ – Пуассон коэффициенті;

$t = t_w = 1,4$ см – қабырға қалыңдығы.

в) Кернеудің қатынас коэффициенті:

Учаске 1

$$\alpha_{cr,\tau} = \frac{\tau_{cr}}{\tau_{Ed}} = \frac{14,483}{6,73} = 2,152$$

Учаске 4

$$\alpha_{cr,\tau} = \frac{\tau_{cr}}{\tau_{Ed}} = \frac{14,483}{1,47} = 9,852$$

Мұндағы τ_{Ed} – есептелетін орташа жанама кернеулер (қараңыз. Формула (10.3) ҚР ҚН EN 1993-1-5).

Т3.3.2.3 Көлденең (тігінен) қалыпты кернеулер

а) Кернеулердің асимметриясының коэффициенті $\psi_z = \sigma_2 / \sigma_1$, где σ_2 и σ_1 – Тік пластинкалардық шеттері бойынша кернеулер; жергілікті күшт тішінен әсер еткенде $\sigma_2 = \sigma_1$, сондықтан $\psi_z = 1$, онда $k_\sigma = 4,0$ (Кесте 4.1 ҚР ҚН EN 1993-1-5).

б) Сынау кернеулері (Формула 4.8 ҚР ҚН EN 1993-1-5)

$$\sigma_{cr,z} = \frac{\pi^2 E t^2}{12 \cdot (1 - \nu^2) \cdot a^2} = \frac{3,14^2 \cdot 2,1 \cdot 10^4 \cdot 1,4^2}{12 \cdot (1 - 0,3^2) \cdot 162^2} = 1,416 \frac{\text{кН}}{\text{см}^2}$$

Мұндағы $a = 162$ см – тігінен бағытталған пластинканың ұзындығы;

$\nu = 0,3$ – Пуассон коэффициенті;

$t = t_w = 1,4$ см – қабырға қалыңдығы.

в) Кернеу қатынасының коэффициенті:

Учаске 1

$$\alpha_{cr,z} = \frac{\sigma_{cr,z}}{\sigma_{z,Ed}} = \frac{1,416}{16,78} = 0,084$$

Учаске 4

$$\alpha_{cr,z} = \frac{\sigma_{cr,z}}{\sigma_{z,Ed}} = \frac{1,416}{7,232} = 0,196$$

Мұндағы $\sigma_{z,Ed} = \sigma_{oz,Ed}$ – қабырғаның жоғарғы нүктесінде есептелетін тік қалыпты кернеулер (қараңыз. Формула (10.3) ҚР ҚН EN 1993-1-5).

Т3.3.2.4 Серпінді сынау кернеулері бойынша қордың минималдық коэффициенті (Формула 10.6 ҚР ҚН EN 1993-1-5)

Учаске 1

$$\begin{aligned} \frac{1}{\alpha_{cr}} &= \frac{1 + \psi_x}{4\alpha_{cr,x}} + \frac{1 + \psi_z}{4\alpha_{cr,z}} + \left[\left(\frac{1 + \psi_x}{4\alpha_{cr,x}} + \frac{1 + \psi_z}{4\alpha_{cr,z}} \right)^2 + \frac{1 - \psi_x}{2\alpha_{cr,x}^2} + \frac{1 - \psi_z}{2\alpha_{cr,z}^2} + \frac{1}{\alpha_{cr,\tau}^2} \right]^{1/2} \\ &= \frac{1 - 1}{4 \cdot 0,257} + \frac{1 + 1}{4 \cdot 0,084} \\ &\quad + \left[\left(\frac{1 - 1}{4 \cdot 0,257} + \frac{1 + 1}{4 \cdot 0,084} \right)^2 + \frac{1 + 1}{2 \cdot 0,257^2} + \frac{1 - 1}{2 \cdot 0,084^2} + \frac{1}{2,152^2} \right]^{1/2} = \frac{1}{0,076} \end{aligned}$$

Учаске 4

$$\begin{aligned}\frac{1}{\alpha_{cr}} &= \frac{1 + \psi_x}{4\alpha_{cr,x}} + \frac{1 + \psi_z}{4\alpha_{cr,z}} + \left[\left(\frac{1 + \psi_x}{4\alpha_{cr,x}} + \frac{1 + \psi_z}{4\alpha_{cr,z}} \right)^2 + \frac{1 - \psi_x}{2\alpha_{cr,x}^2} + \frac{1 - \psi_z}{2\alpha_{cr,z}^2} + \frac{1}{\alpha_{cr,\tau}^2} \right]^{1/2} \\ &= \frac{1 - 1}{4 \cdot 0,121} + \frac{1 + 1}{4 \cdot 0,196} \\ &+ \left[\left(\frac{1 - 1}{4 \cdot 0,121} + \frac{1 + 1}{4 \cdot 0,196} \right)^2 + \frac{1 + 1}{2 \cdot 0,121^2} + \frac{1 - 1}{2 \cdot 0,196^2} + \frac{1}{9,852^2} \right]^{1/2} = \frac{1}{0,089}\end{aligned}$$

Т3.3.3 Қабырғаның иілгіштігі (Формула 10.2 ҚР ҚН EN 1993-1-5)

Учаске 1

$$\bar{\lambda}_p = \sqrt{\frac{\alpha_{ult,k}}{\alpha_{cr}}} = \sqrt{\frac{1,255}{0,076}} = 4,064$$

Учаске 4

$$\bar{\lambda}_p = \sqrt{\frac{\alpha_{ult,k}}{\alpha_{cr}}} = \sqrt{\frac{1,939}{0,089}} = 4,668$$

Т3.3.4 Төмендеу коэффициенттер

Т 3.3.4.1 Ұзына бойына қалыпты кернеудің әсерінен пластинаның тұрақтылығы жоғалған жағдайда төмендеу коэффициенті (Формула 4.2 ҚР ҚН EN 1993-1-5)

Учаске 1

$$\begin{aligned}\bar{\lambda}_p &= 4,064 > 0,5 + \sqrt{0,085 - 0,055\psi_x} = 0,5 + \sqrt{0,085 + 0,055 \cdot 1} = 0,874 \\ \rho_x &= \frac{\bar{\lambda}_p - 0,055 \cdot (3 + \psi_x)}{\bar{\lambda}_p^2} = \frac{4,064 - 0,055 \cdot (3 - 1)}{4,064^2} = 0,239 \leq 1,0\end{aligned}$$

$\rho_x = 0,239$ аламыз

Учаске 4

$$\begin{aligned}\bar{\lambda}_p &= 4,668 > 0,5 + \sqrt{0,085 - 0,055\psi_x} = 0,5 + \sqrt{0,085 + 0,055 \cdot 1} = 0,874 \\ \rho_x &= \frac{\bar{\lambda}_p - 0,055 \cdot (3 + \psi_x)}{\bar{\lambda}_p^2} = \frac{4,064 - 0,055 \cdot (3 - 1)}{4,064^2} = 0,239 \leq 1,0\end{aligned}$$

$\rho_x = 0,239$

Учаске 4

$$\begin{aligned}\bar{\lambda}_p &= 4,668 > 0,5 + \sqrt{0,085 - 0,055\psi_x} = 0,5 + \sqrt{0,085 + 0,055 \cdot 1} = 0,874 \\ \rho_x &= \frac{\bar{\lambda}_p - 0,055 \cdot (3 + \psi_x)}{\bar{\lambda}_p^2} = \frac{4,668 - 0,055 \cdot (3 - 1)}{4,668^2} = 0,209 \leq 1,0\end{aligned}$$

$\rho_x = 0,209$ аламыз

Т3.3.4.2 Ұзына бойына қалыпты кернеудің әсерінен пластинаның тұрақтылығы жоғалған жағдайда төмендеу коэффициенті (Формула 4.2 ҚР ҚН EN 1993-1-5)

Учаске 1

$$\begin{aligned}\bar{\lambda}_p &= 4,064 > 0,5 + \sqrt{0,085 - 0,055\psi_z} = 0,5 + \sqrt{0,085 - 0,055 \cdot 1} = 0,673 \\ \rho_z &= \frac{\bar{\lambda}_p - 0,055 \cdot (3 + \psi_z)}{\bar{\lambda}_p^2} = \frac{4,064 - 0,055 \cdot (3 + 1)}{4,064^2} = 0,233 \leq 1,0\end{aligned}$$

$\rho_z = 0,233$ аламыз

Учаске 4

$$\bar{\lambda}_p = 4,668 > 0,5 + \sqrt{0,085 - 0,055\psi_x} = 0,5 + \sqrt{0,085 - 0,055 \cdot 1} = 0,673$$

$$\rho_z = \frac{\bar{\lambda}_p - 0,055 \cdot (3 + \psi_z)}{\bar{\lambda}_p^2} = \frac{4,668 - 0,055 \cdot (3 + 1)}{4,668^2} = 0,204 \leq 1,0$$

$\rho_z = 0,204$ аламыз

Т3.3.4.3 Жанама кернеулер үшін төмендеу коэффициенті

а) қабырғаның иілгіштігі (Формула 5.3 ҚР ҚН EN 1993-1-5)

$$\bar{\lambda}_w = 0,76 \sqrt{\frac{f_{yw}}{\tau_{cr}}} = 0,76 \sqrt{\frac{23,5}{14,483}} = 0,968.$$

б) қатты емес тірек түйіні үшін $\bar{\lambda}_w = 1,0$ болғанда ҚР ҚН EN 1993-1-5 5.1 Кестеге сай коэффициенттің мәні $\chi_w = 0,83 / \bar{\lambda}_w = 0,83 / 0,968 = 0,857$

Т3.3.5 Тұрақтылықты тексеру ҚР ҚН EN 1993-1-5 10.5 Формула бойынша беріктік коэффициенті $\gamma_{M1} = 1$ болғанда

Учаске 1

$$\begin{aligned} & \left(\frac{\sigma_{x,Ed}}{\rho_x \cdot f_y / \gamma_{M1}} \right)^2 + \left(\frac{\sigma_{z,Ed}}{\rho_z \cdot f_y / \gamma_{M1}} \right)^2 - \left(\frac{\sigma_{x,Ed}}{\rho_x \cdot f_y / \gamma_{M1}} \right) \cdot \left(\frac{\sigma_{z,Ed}}{\rho_z \cdot f_y / \gamma_{M1}} \right) + 3 \cdot \left(\frac{\tau_{Ed}}{\chi_w \cdot f_y / \gamma_{M1}} \right)^2 \\ &= \left(\frac{6,42}{0,239 \cdot 23,5/1} \right)^2 + \left(\frac{16,78}{0,233 \cdot 23,5/1} \right)^2 - \left(\frac{6,42}{0,239 \cdot 23,5/1} \right) \cdot \left(\frac{16,78}{0,233 \cdot 23,5/1} \right) + 3 \\ & \cdot \left(\frac{6,73}{0,857 \cdot 23,5/1} \right)^2 = 7,53 \leq 1 \end{aligned}$$

Шарт орындалмайды.

Учаске 4

$$\begin{aligned} & \left(\frac{\sigma_{x,Ed}}{\rho_x \cdot f_y / \gamma_{M1}} \right)^2 + \left(\frac{\sigma_{z,Ed}}{\rho_z \cdot f_y / \gamma_{M1}} \right)^2 - \left(\frac{\sigma_{x,Ed}}{\rho_x \cdot f_y / \gamma_{M1}} \right) \cdot \left(\frac{\sigma_{z,Ed}}{\rho_z \cdot f_y / \gamma_{M1}} \right) + 3 \cdot \left(\frac{\tau_{Ed}}{\chi_w \cdot f_y / \gamma_{M1}} \right)^2 \\ &= \left(\frac{13,69}{0,209 \cdot 23,5/1} \right)^2 + \left(\frac{7,232}{0,204 \cdot 23,5/1} \right)^2 - \left(\frac{13,69}{0,209 \cdot 23,5/1} \right) \cdot \left(\frac{7,232}{0,204 \cdot 23,5/1} \right) + 3 \\ & \cdot \left(\frac{1,47}{0,857 \cdot 23,5/1} \right)^2 = 5,856 \leq 1 \end{aligned}$$

Шарт орындалмайды. Сол себепті, қабырғаны күшейту керек немесе кранасты арқалықтың қабырғасын қалыңдығын ұлғайту керек, немесе арқалықты жағалай қабырғалармен күшейтіп қайта есептеу

6.4 Құрамдас қиманың тығыздық элементтері

6.4.1 [6.4(1)] Құрамдас көлденең қиманың тығыздық элементтерінің есептеулері бойынша нұсқаулықтар ҚР ҚН EN 1993-1-16 4 Бөлімінде келтіріледі.

6.5 Дөңгелектік жүктемелердің әсері бойынша арқалық қабырғасының көтергіштік қабілеті

6.5.1 Жалпы ережелер

6.5.1.1 ҚР ҚН EN 1993-6 6.5.1(1) Тармағына сәйкес, мост крандары үшін кран дөңгелектерінің тік күштерінің әсерінен болатын көтергіштік қабілетін қамтамасыз ету үшін кранасты арқалықтарының қабырғасы тексерілуі тиіс

6.5.1.2 ҚР ҚН EN 1993-6 6.5.1(2) Тармағына сәйкес, осы тексеруді орындау кезінде доңғалақ жүктемелерінің бүйір жақ эксцентриситет ықпалын ескермеуге болады.

6.5.1.3 ҚР ҚН EN 1993-6 6.5.1(3) Тармағына сәйкес, тік күштердің арқалықтың жоғары сөресіне ықпалынан прокат немесе дәнекерлеу кран асты арқалығының көтергіш қабілеті ҚР ҚН EN 1993-1-5 6 Тарауына сәйкес тексерілуі тиіс.

6.5.1.4 6.5.1(4) ҚР ҚН EN 1993-6 тармағына сәйкес, сәттермен және осьтік күштермен тік күштердің өзара іс-қимыл есебін ҚР ҚН EN 1993-1-5 7.2 бөлімшесіне сәйкес орындаған жөн.

6.5.2 Қатты тірек ұзындығы

6.5.2.1 ҚР ҚН EN 1993-6 [6.5.2(1)] тармағына сәйкес, рельс арқылы кран жүктерін қосқан кездегі арқалықтың жоғары сөресінің үстіңгі қабатындағы s_s қатты тірек ұзындығы мынадай формула бойынша анықталады:

$$s_s = l_{eff} - 2 \cdot t_f \quad (6.1)$$

мұнда l_{eff} – 5.1 кестеден жоғары сөренің төменгі жағындағы қосымшаның есеп ұзындығы;

t_f – жоғары сөре қалыңдығы.

4 МЫСАЛ Бірінші және орта бөліктер бойынша арқалық қабырғасындағы жергілікті кернеулерді анықтау

Т4.1 Кран асты арқалығының орта бөлігін

Кран жоңғалағынан қалыпты жергілікті кернеу ҚР ҚН EN 1993-6 5.7 сәйкес анықталады.

$$\sigma_{oz,Ed} = \frac{F_{z,Ed}}{l_{eff} \cdot t_w} = \frac{509,67}{50,335 \cdot 1,4} = 7,232 \frac{\text{кН}}{\text{см}^2};$$

мұнда $F_{z,Ed}$ – доңғалақты жүктеудің есептік мәні, $F_{z,Ed} = 509,67$ кН,

t_w – арқалық қабырғасының қалыңдығы, $t_w = 1,4$ мм;

l_{eff} – кран жүктемесі қосымшасының есептік ұзындығы (ҚР ҚН EN 1993-6 5.1 Кестені қараңыз), $l_{eff} = 3,25 \cdot [(I_r + I_{f,eff})/t_w]^{\frac{1}{3}} = 3,25 \cdot [(4794,79 + 406,25)/1,4]^{\frac{1}{3}} = 50,335$ см;

I_r – оның көлденең орталық оське қатысты кран рельсі инерциясының сәті, $I_r = 4794,79$ см⁴;

$I_{f,eff}$ – оның көлденең орталық осіне қатысты b_{eff} тиімді енімен жоғары сөренің инерция сәті,

$$I_{f,eff} = \frac{b_{eff} \cdot t_f^3}{12} = \frac{39 \cdot 5^3}{12} = 406,25 \text{ см}^4,$$

мұнда $b_{eff} = b_{fr} + h_r + t_f = 17 + 17 + 5 = 39$ см $\leq b_f = 48$ см,

b_{fr} – рельс табанының ені, КР120 үшін - $b_{fr} = 17$ см;

h_r – рельс биіктігі, КР120 үшін - $h_r = 17$ см.

Жергілікті жанасу кернеуі $\tau_{0xz,Ed}$ ҚР ҚН EN 1993-6 5.7.2 қабырғаның осы деңгейінде $\sigma_{0z,Ed}$ барынша жоғары жергілікті тік кернеу көлемінен 20 %-ға тең деп қабылданады. Нәтижесінде:

$$\tau_{0xz,Ed} = 0,2 \cdot \sigma_{0xz,Ed} = 0,2 \cdot 13,69 = 2,738 \frac{\text{кН}}{\text{см}^2}.$$

Т4.2 Кран асты арқалығының бірінші бөлігіндегі жергілікті кернеу

Қалыпты тік жергілікті кернеу

$$\sigma_{0z,Ed}^1 = \frac{F_{z,Ed}}{l_{eff1} \cdot t_w} = \frac{509,67}{21,694 \cdot 1,4} = 16,78 \frac{\text{кН}}{\text{см}^2},$$

мұндағы l_{eff1} – χ_F төмендетуші коэффициентін ескере отырып тіректегі кран жүктемесінің есеп ұзындығы (ҚР ҚН EN 1993-1-5 6.4 қараңыз),

$$l_{eff1} = \chi_F \cdot l_{eff},$$

$$l_{eff1} = 0,431 \cdot 50,335 = 21,694 \text{ см},$$

$$\chi_F = \frac{0,5}{\lambda_f} = \frac{0,5}{1,159} = 0,431 \leq 1,0,$$

$$\lambda_f = \sqrt{\frac{l_{eff} \cdot t_w \cdot f_y}{F_{cr}}} = \sqrt{\frac{50,335 \cdot 1,4 \cdot 23,5}{1233,154}} = 1,159,$$

$$F_{cr} = 0,9 \cdot k_F \cdot E \cdot \frac{t_w^3}{h_w} = 0,9 \cdot 3,852 \cdot 2,1 \cdot 10^4 \cdot \frac{1,4^3}{162} = 1233,154 \text{ кН},$$

$$k_F = 2 + 6 \cdot \left(\frac{s_s + c}{h_w} \right)^2 \leq 6,$$

ҚР ҚН EN 1993-1-5 6.1 Сурет (түрі),

$$k_F = 2 + 6 \times \left(\frac{90 + 0}{162} \right)^2 = 3,852 \leq 6,$$

Жергілікті жанасу кернеуі мынаны құрайды

$$\tau_{0xz,Ed}^1 = 0,2 \cdot \sigma_{0xz,Ed}^1 = 0,2 \cdot 16,78 = 3,356 \frac{\text{кН}}{\text{см}^2}.$$

5 МЫСАЛ Берілген кернеулер бойынша беріктікті тексеру

Т5.1 Кран асты арқалығының орташа бөлігінде

Берілген кернеулер бойынша икемді сатыдағы беріктікті тексеру:

$$\left(\frac{\sigma_{x,Ed}}{f_y / \gamma_{M0}} \right)^2 + \left(\frac{\sigma_{z,Ed}}{f_y / \gamma_{M0}} \right)^2 + \left(\frac{\sigma_{x,Ed}}{f_y / \gamma_{M0}} \right) \cdot \left(\frac{\sigma_{z,Ed}}{f_y / \gamma_{M0}} \right) + 3 \times \left(\frac{\tau_{Ed}}{f_y / \gamma_{M0}} \right)^2 \leq 1,$$

мұнда γ_{M0} - жеке қауіпсіздік коэффициенті, мынаған тең деп қабылданады: $\gamma_{M0} = 1$, ҚР ҚН EN 1993-6 6.1 кесте бойынша

$\sigma_{x,Ed}$ – қабырғаның жоғары аймағындағы қалыпты кернеу,

$$\sigma_{x,Ed} = 13,69 \frac{\text{кН}}{\text{см}^2};$$

$\sigma_{z,Ed}$ – зерттеу учаскесіндегі қалыпты жергілікті кернеу,

$$\sigma_{z,Ed} = 7,232 \frac{\text{кН}}{\text{см}^2},$$

τ_{Ed} – зерттелетін қиылысу орнындағы тиісті және жергілікті кернеулерден кернеуді қамтитын жиынтық жанасу кернеуі,

$$\tau_{Ed} = \tau_{(Ed)} + \tau_{0xz,Ed} = 1,47 + 2,438 = 3,908 \frac{\text{кН}}{\text{см}^2}.$$

Онда,

$$\left(\frac{13,69}{23,5/1}\right)^2 + \left(\frac{7,232}{23,5/1}\right)^2 - \left(\frac{13,69}{23,5/1}\right) \cdot \left(\frac{7,232}{23,5/1}\right) + 3 \cdot \left(\frac{3,908}{23,5/1}\right)^2 = 0,338 \leq 1.$$

Орта бөлікте берілген кернеулер бойынша беріктікті тексеру шарты орындалуда.

Т5.2 Кран асты арқалығының бірінші бөлігінде

Берілген кернеулер бойынша икемді сатыдағы беріктікті тексеру:

$$\left(\frac{\sigma_{x,Ed}}{f_y/\gamma_{M0}}\right)^2 + \left(\frac{\sigma_{z,Ed}}{f_y/\gamma_{M0}}\right)^2 + \left(\frac{\sigma_{x,Ed}}{f_y/\gamma_{M0}}\right) \cdot \left(\frac{\sigma_{z,Ed}}{f_y/\gamma_{M0}}\right) + 3 \cdot \left(\frac{\tau_{Ed}}{f_y/\gamma_{M0}}\right)^2 \leq 1,$$

мұнда γ_{M0} - жеке қауіпсіздік коэффициенті, мынаған тең деп қабылданады: $\gamma_{M0} = 1$, 6.1 ҚР ҚН EN 1993-6 кесте бойынша

$\sigma_{x,Ed}$ – қабырғаның жоғары аймағындағы қалыпты кернеу,

$$\sigma_{x,Ed} = 6,42 \frac{\text{кН}}{\text{см}^2};$$

$\sigma_{z,Ed}$ – зерттеу учаскесіндегі қалыпты жергілікті кернеу,

$$\sigma_{z,Ed} = 16,78 \frac{\text{кН}}{\text{см}^2},$$

τ_{Ed} – зерттелетін қиылысу орнындағы тиісті және жергілікті кернеулерден кернеуді қамтитын жиынтық жанасу кернеуі,

$$\tau_{Ed} = \tau_{(Ed)} + \tau_{oxz,Ed} = 6,73 + 3,356 = 10,086 \frac{\text{кН}}{\text{см}^2}.$$

Онда

$$\left(\frac{6,42}{23,5/1}\right)^2 + \left(\frac{16,78}{23,5/1}\right)^2 - \left(\frac{6,42}{23,5/1}\right) \cdot \left(\frac{16,78}{23,5/1}\right) + 3 \cdot \left(\frac{10,086}{23,5/1}\right)^2 = 0,942 \leq 1.$$

Бірінші бөлікте берілген кернеулер бойынша беріктікті тексеру шарты орындалуда.

6.6 Тілімшелер беріктігі

6.6.1 ҚР ҚН EN 1993-6 6.6(1) Тармағына сәйкес, қиманың жалпақ элементтерінің беріктік есебін ҚР ҚН EN 1993-1-5 баяндалған ережелер бойынша орындаған жөн.

6.6.2 ҚР ҚН EN 1993-6 6.6(2) Тармағына сәйкес, көтергіш қабілетінің шекті жай-күйі бойынша жалпақ элементтердің беріктігін тексеру мынадай әдістердің бірі арқылы орындалуы тиіс:

а) қалыпты кернеулер, жанасу кернеулері мен тік күш әсері кезінде тиімді қималарды пайдалана отырып көтергіш қабілет бойынша, ол ҚР ҚН EN 1993-1-8 стандартының 4, 5 және 6 (тиісінше) Бөлімдеріне сәйкес анықталады. Содан кейін ҚР ҚН EN 1993-1-8 7-бөлім бойынша бірлескен факторлар әсері ескерілетін болады;

б) 10 ҚР ҚН EN 1993-1-5 10 Бөліміне сәйкес беріктікті жоғалту шарттарымен шектеулі кернеумен 3-сыныпты қималардың көтергіш қабілеті бойынша.

6.6.3 ҚР ҚН EN 1993-6 6.6(3) Тармағына сәйкес, бекітілген тілімшелердің сығымдалған қабырғаларын, тілімше жазықтығындағы тік жүктемелерден қабылдаушы қосымша иілу сәттерін ҚР ҚН EN 1993-1-1 6.3.3 Тармағының талаптарына сәйкес тексерген жөн.

6.7 Доңғалақты жүктемелердің әсері кезінде арқалықтың төменгі сөресінің көтергіш қабілеті

6.7.1 ҚР ҚН EN 1993-6 6.7(1) Тармағына сәйкес, аспалы краннан немесе электротальдың байланыс ролигінен (тельфер) $F_{z,Ed}$ доңғалақты жүктеме әсері кезінде арқалықтың төменгі сөресінің $F_{f,Rd}$ көтергіш қабілеті (6.1 Сурет) мынадай формула бойынша анықталады:

$$F_{f,Rd} = \frac{l_{eff} \cdot t_f^2 \cdot f_y / \gamma_{M0}}{4m} \left[1 - \left(\frac{\sigma_{f,Ed}}{f_y / \gamma_{M0}} \right)^2 \right] \quad (6.2)$$

мұнда l_{eff} – доңғалақты жүктемені қабылдайтын жүктемі қосымшасының есеп ұзындығы (осы оқулықтың 6.7.3 Тармағы);

m – күштердің ішкі буының иіні, яғни, доңғалақты жүктемеден сөре басына дейінгі арақашықтық (осы оқулықтың 6.7.2 Тармағын қараңыз);

t_f – сөре қалыңдығы;

$\sigma_{f,Ed}$ – арқалық қимасындағы негізгі иілу сәтінен арқалықтың орта линиясындағы қалыпты кернеу.

6.7.2 ҚР ҚН EN 1993-6 6.7(2) Тармағына сәйкес, доңғалақты жүктемеден m ішкі күш иіні мынадай түрде анықталуы тиіс:

а) прокатты қима үшін: $m = 0,5 \cdot (b - t_w) - 0,8 \cdot r - n$ (6.3)

б) дәнекерлеу қимасы үшін: $m = 0,5 \cdot (b - t_w) - 0,8 \cdot \sqrt{2a} - n$ (6.4)

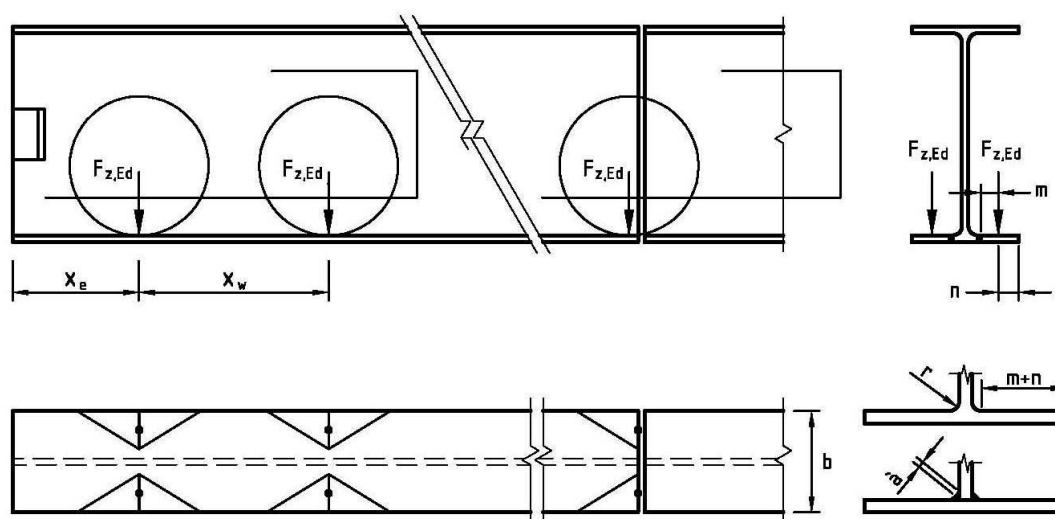
мұндағы a – бұрыштық дәнекерлеу жігінің барынша аз катеті;

b – арқалық сөренің ені;

n – доңғалақ күшінің әсер осінен арқалық жиегіне дейінгі арақашықтық;

r – дөңгелектеу радиусы;

t_w – арқалық қабырғасының қалыңдығы.



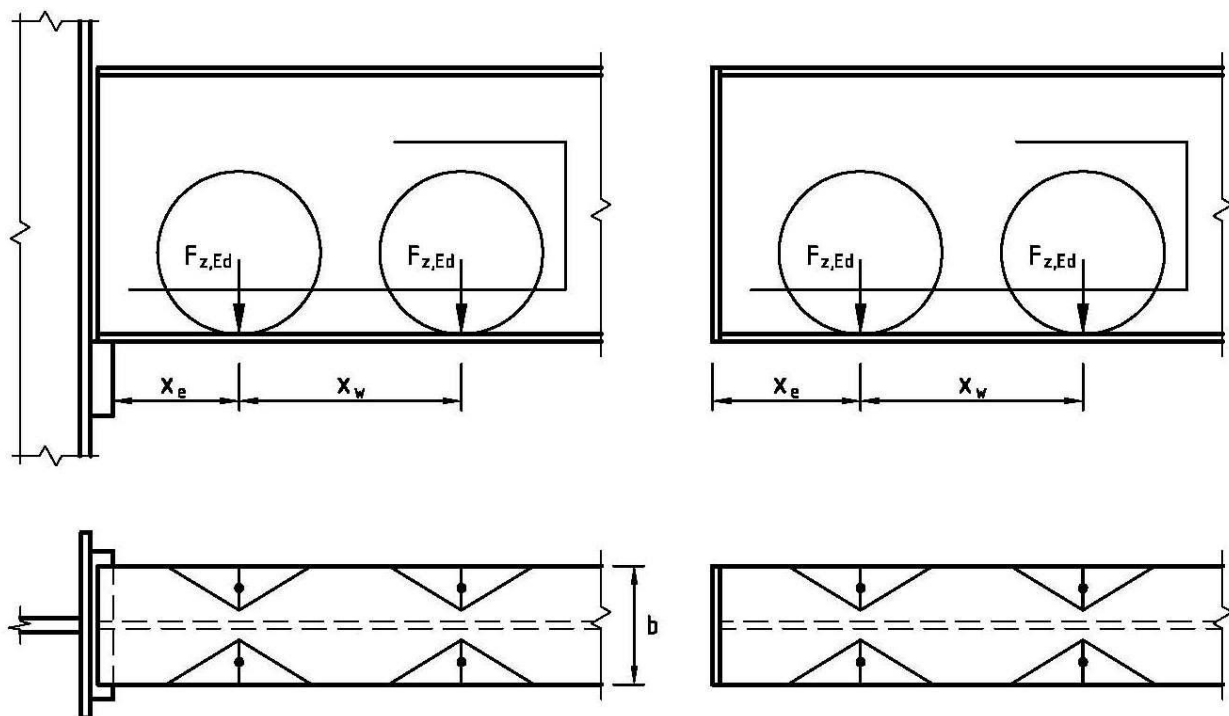
6.1 Сурет – Арқалық шетінен қашықтықтағы күшейтілмеген төменгі сөренің майысуы

6.7.3 ҚР ҚН EN 1993-6 6.7(3) Тармағына кранның бір доңғалағынан жүктеме

қабылданатын сәйкес, l_{eff} сөрелің есеп ұзындығы 6.2 кесте бойынша анықталады.

6.2 Кесте – l_{eff} есеп ұзындығы

Жағдай	Кран доңғалағының жай-күйі	Есеп ұзындығы l_{eff}
(a)	Күшейтілмеген топсалас түйін жанындағы доңғалақ	$2 \cdot (m + n)$
(b)	Арқалық шетінен қашықтықтағы доңғалақ	$4 \times \sqrt{2} \cdot (m + n), x_w < 4 \times \sqrt{2} \cdot (m + n)$ үшін
		$2 \times \sqrt{2} \cdot (m + n) + 0,5 \cdot x_w, x_w < 4 \times \sqrt{2} \cdot (m + n)$ үшін
(c)	Арқалық шетінен $x_e \leq 2\sqrt{2}(m + n)$ арақашықтықта орналасқан соңғы терек	$2 \cdot (m + n) \cdot \left[\frac{x_e}{m} + \sqrt{1 + \left(\frac{x_e}{m}\right)^2} \right]$, бірақ $\leq \sqrt{2} \cdot (m + n) + x_e$, $x_w \geq 2 \times \sqrt{2} \cdot (m + n) + x_e$ үшін
		$2 \cdot (m + n) \cdot \left[\frac{x_e}{m} + \sqrt{1 + \left(\frac{x_e}{m}\right)^2} \right]$ бірақ $\leq \sqrt{2} \cdot (m + n) + \frac{x_w + x_e}{2}$, $x_w \leq 2 \times \sqrt{2} \cdot (m + n) + x_e$ үшін
(d)	Астынан бекітілетін және арқалық қабығынан $x_e \leq 2\sqrt{2}(m + n)$ арақашықтықта дөңесті тілімшіге қабысатын арқалық шетіндегі доңғалақ (6.2. суретті қараңыз)	$\leq 2 \times \sqrt{2} \cdot (m + n) + x_e + \frac{2 \cdot (x_w + x_e)^2}{x_e}$, $x_w \geq 2 \times \sqrt{2} \cdot (m + n) + x_e + \frac{2 \cdot (x_w + x_e)^2}{x_e}$ үшін
		$\sqrt{2} \cdot (m + n) + \frac{(x_w + x_e)}{2} + \frac{(m + n)^2}{x_e}$, $x_w < 2 \times \sqrt{2} \cdot (m + n) + x_e + \frac{2 \cdot (x_w + x_e)^2}{x_e}$ үшін
ЕСКЕРТПЕ Кестедегі белгілер: x_c – арқалық шетінен доңғалақ осіне дейінгі арақашықтық; x_w - доңғалақтар арасындағы арақашықтық.		



6.2 Сурет – Бекітілген арқалық шетіндегі төменгі сөрелің майысу

7 ПАЙДАЛАНУ ЖАРАМДЫЛЫҒЫ БОЙЫНША ШЕКТІ ЖАЙ-КҮЙІ

7.1 Жалпы ережелер

7.1.1 ҚР ҚН EN 1993-6 7.1(1) Тармағына сәйкес, көтергіш қабілетін жоғалту бойынша шекті жай-күй критерийлеріне қосымша пайдалану жарамдылығы бойынша шекті жай-күйлердің критерийлері орындалуы тиіс, бұл үшін мыналар шектелуі тиіс:

а) деформация және жылжытулар (ҚР ҚН EN 1993-6 7.3 Бөлімшесін қараңыз):

- арба, кран жұмысымен немесе кранның жылжытылуымен туындаған елеулі ауытқуларды болдырмау үшін кран асты арқалықтың тік деформациялары;
- кранның иілуін болдырмау үшін кран асты арқалықтың тік деформациясы;
- кранның айтарлықтау иілуі болдырмау үшін қарама-қарсы арқалықтың тік деформацияларының әртүрлілігі;
- кранның ауытқуын азайту үшін арқалықтың көлденең деформациясы;
- қаңқа вибрациясының айтарлықтай амплитудасын болдырмау үшін кран доңғалағы деңгейінде тіректі бағандар немесе фермалардың бүйір жақ жылжуы;
- кран көпірлерінің ауытқуы және мүмкін болатын деформациясына әкелетін кран жолдарының көлденең жай-күйінің күрт өзгеруін болдырмау үшін іргелес бағандар мен рамалардың бүйір жақ жылжуының әртүрлілігі;
- доңғалақты реборд, рельс бекітулері немесе кран құрылымдарының бұзылуы болдырмау үшін қарама-қарсы кран асты жұп арқалықтар арасындағы арақашықтықты өзгертетін бүйір жақ қозғалыстар,

б) жалпақтыққа байланысты тілімшенің көрінетін көлденең майысуын немесе

арқалық қабырғасының ауыспалы деформациясын болдырмау мақсатында тілімшенің икемділігі (ҚР ҚН EN 1993-6 7.4 Бөлімшені қараңыз);

в) ауыспалы кернеулердің мүмкіндігін қамтамасыз ету мақсатындағы кернеу (осы оқулықтың 9.5 бөлімін қараңыз):

- арқалық сөресіне кран доңғалағының тірелу учаскелерінде (ҚР ҚН EN 1993-6 2.7 Бөлімшені қараңыз);

- сынақ жүктемелерінің қосымшасы кезінде (ҚР ҚН EN 1991-3 2.8 және 2.10 Бөлімшелерін қараңыз);

- көтергіш қабілет бойынша шекті жай-күйлерді тексеру үшін пластикалық сатыдағы статикалық есеп орындалатын учаскелерде (ҚР ҚН EN 1993-6 5.4.1 Тармақ).

7.2 Есеп модельдері

7.2.1 ҚР ҚН EN 1993-6 7.1(1) пайдалану жарамдылығы бойынша шекті жай-күйлер үшін кернеу мен деформациялар тармағына сәйкес, ҚР ҚН EN 1993-1-1 нұсқаулықтарына сәйкес линиялық серпінді есеп негізінде анықталуы тиіс.

ЕСКЕРТПЕ Ықшамдалған есеп модельдері егер бұл қор болған жағдайда кернеулерді анықтау үшін пайдаланылуы мүмкін.

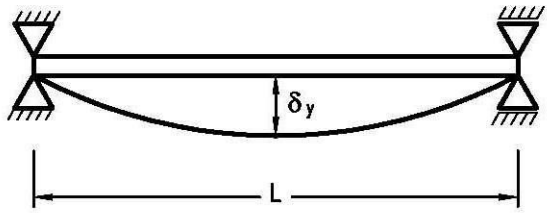
7.3 Шекті деформациялар мен жылжытулар

7.3.1 ҚР ҚН EN 1993-6 7.3(1) Тармағына сәйкес, олар үшін жүктелім үйлесімдері енгізілетін деформация мен жылжытуларға ерекше шектеуле әрбір жоба үшін келісілуі тиіс.

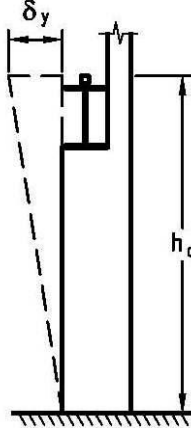
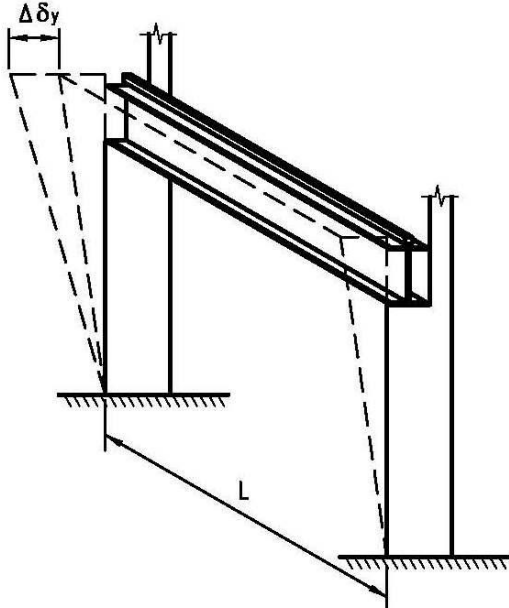
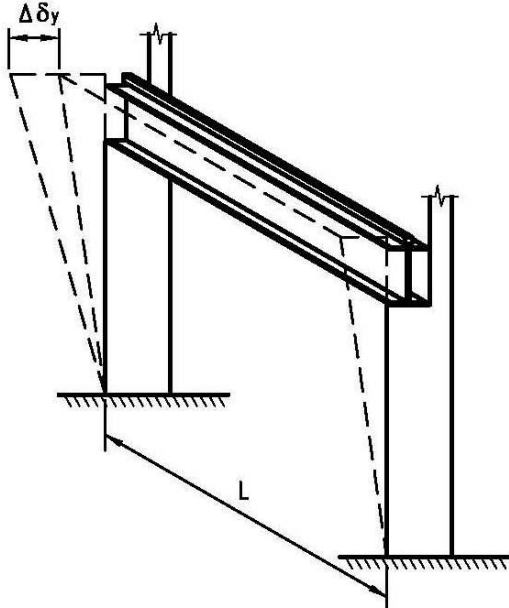
7.3.2 ҚР ҚН EN 1993-6 7.3(2) Тармағына сәйкес, сипатты мәндерімен жүктемелер үйлесімділігі үшін көлденең ауытқулардың шекті мәндері 7.1 Кестеде берілген.

7.3.3 ҚР ҚН EN 1993-6 7.3(3) Тармағына сәйкес, тік деформациялардың шекті мәндері қарқындылық коэффициенттерін ескерместен сипатты мәндерімен жүктемелер үйлесімділігі үшін 7.2 Кестеде берілген.

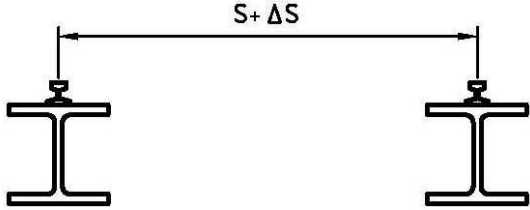
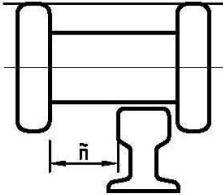
7.1 Кесте – Көлденең ауытқулардың шекті мәндері

Ауытқулар сипаты (деформация немесе жылжу)	Сұлбалар (эскиздер)
<p>а) кран рельсінің жоғары деңгейінде өлшенген δ_y арқалықтың көлденең деформациясы:</p> $\delta_y \leq L/600$	

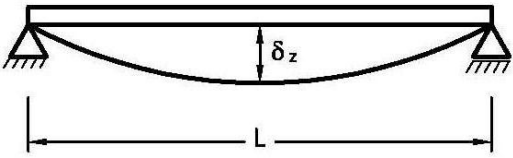
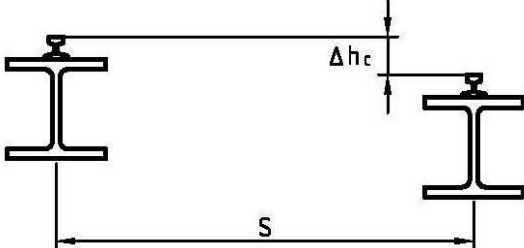
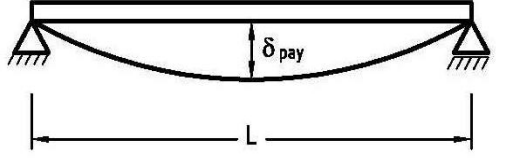
7.1 Кесте – Көлденең ауытқулардың шекті мәндері (жалғасы)

Ауытқулар сипаты (деформация немесе жылжу)	Сұлбалар (эскиздер)
<p>б) кран жүктемелерінен кран тірегі деңгейінде δ_y раманың (немесе бағанның) көлденең жылжуы:</p> $\delta_y \leq h_c/400$ <p>мұнда h_c - кранның тірелу деңгейіне дейінгі биікті (рельске немесе арқалық сөресіне)</p>	
<p>с) ашық кран эстакаданың арқалықтары тірелетін іргелес рамалардың (немесе бағандардың) көлденең жылжулары арасындағы $\Delta\delta_y$ айырмашылығы:</p> $\Delta\delta_y \leq L/600$	
<p>д) ашық кран эстакаданың арқалықтары тірелетін іргелес рамалардың (немесе фермалардың) көлденең жылжулары арасындағы $\Delta\delta_y$ айырмашылығы: кранның жұмыс істеу кезіндегі кранның бүйір жүктемелері мен жел жүктемелерінің үйлесімділігінен:</p> $\Delta\delta_y \leq L/600$ <p>□□□кран жұмыс істемей тұрғандағы жел жүктемесінен:</p> $\Delta\delta_y \leq L/400$	

7.1 Кесте – Көлденең ауытқулардың шекті мәндері (жалғасы)

Ауытқулар сипаты (деформация немесе жылжу)	Сұлбалар (эскиздер)
<p>е) температуралық деформацияларды ескере отырып кран рельстерінің бастарының ортасы арасында өлшенген рельс ізінің Δ_x тарылуы немесе кеңеюі:</p> <p>$\Delta_x \leq 10 \text{ мм}$ (ескертуді қараңыз)</p>	
<p>ЕСКЕРТПЕ Кран рельстерінің көлденең ауытқулары мен деформациялары кранды есептеу кезінде бірлесе қарастырылады. Ауытқулар мен жол берулер құрылымдық шешімдерге және бағыттаушы үшін рұқсатты саңылауларға байланысты. Егер кран доңғалақтары мен кран рельстерінің ребордтары арасындағы арақашықтық (немесе басқа бағыттаушы және кран арқалығы арасындағы) қажетті саңылауларды қамтамасыз ету үшін жеткілікті болса, кран жеткізушісі мен тапсырыс берушінің келісімі бойынша әрбір жоба үшін біршама жоғары шекті ауытқуларды қабылдауға рұқсат етіледі.</p>	

7.2 Кесте – Тік ауытқулардың шекті мәндері

Ауытқулар сипаты (деформация немесе жылжу)	Сұлбалар (эскиздер)
<p>а) Кран асты арқалығының тік деформациясы:</p> <p>$\delta_z \leq L/600$ и $\delta_z \leq 25 \text{ мм}$</p> <p>$\delta_z$ тік деформация А1.1 ҚР ҚН EN 1990 суреттегі δ_{\max} сияқты мүмкін болатын алдын ала иілуден минус тік жүктемелерден толық деформация ретінде қабылдануы тиіс.</p>	
<p>б) $\square h_c$ кран рельсі басының белгілер айырмашылығы бір көлденең қимада:</p> <p>$\square h_c \leq s/600$</p>	
<p>с) пайдалы жүктемеден оның тірегіне қатысты электротальдың монорельсінен арқалықтың $\delta_{\text{рай}}$ тік деформациясы:</p> <p>$\delta_{\text{рай}} \leq L/500$</p>	

7.4 Арқалық қабырғасының ауыспалы иілулеріне шектеулер

7.4.1 ҚР ҚН EN 1993-6 7.4(1) Тармағына сәйкес, арқалық қабырғасы тілімшенің икемділігі қабырғаның айтарлықтай ауыспалы иілуін болдырмау үшін шектелуі тиіс, ол сөремен немесе жапсарлас учаскелермен арқалық қабырғасының босансу бұзуларына әкелуі мүмкін.

7.4.2 ҚР ҚН EN 1993-6 7.4(2) Тармағына сәйкес, қабырға панельдері үшін айтарлықтай ауыспалы иілулер ҚР ҚН EN 1990 нұсқаулығына сәйкес анықталған жиі кездесетін үйлесімдер үшін (7.1) Формуласының шарттарын орындау кезінде ескермеуге болады:

$$\sqrt{\left(\frac{\sigma_{x,Ed,ser}}{k_{\sigma} \cdot \sigma_E}\right)^2 + \left(\frac{1,1 \cdot \tau_{Ed,ser}}{k_{\tau} \cdot \sigma_E}\right)^2} \leq 1,1 \quad (7.1)$$

мұндағы b - қабырға панелінің барынша аз көлемі;

k_{σ} , k_{τ} – ҚР ҚН EN 1993-1-5 бойынша анықталатын линиялық икемді көлденең майысу коэффициенттері;

$\sigma_E = 190000(b/t_w)^2$, Н/мм²;

b - қабырға панелінің ең кіші размері;

t_w – қабырға қалыңдығы;

$\sigma_{x,Ed,ser}$ - қабырға панеліндегі қалыпты кернеулер;

$\tau_{Ed,ser}$ – қабырға панеліндегі жанама кернеулер.

7.4.3 ҚР ҚН EN 1993-6 7.4(3) Тармағына сәйкес, айтарлықтай ауыспалы иілулерге егер қабырға қалыңдығына сөре енінің b/t_w арақатынасы 120 төменді құраса, қатаңдықтың көлденең қабырғаларынсыз қабырға панельдері үшін ескермеуге болады.

7.5 Белгі ауыспалы жұмыс

7.5.1 ҚР ҚН EN 1993-6 7.5(1) Тармағына сәйкес, иілімді сатыда кран асты құрылымдарының белгі ауыспалы жұмыстарын қамтамасыз ету үшін жүктемелердің сипатты мәндерінің тиісті үйлесімдерінен немесе сынау жүктемелерінен (жылжу немесе деформациядан қосымша күштердің кешігуін ескере отырып) $\sigma_{Ed,ser}$ және $\tau_{Ed,ser}$ кернеу мәндері мынадай түрде шектелуі тиіс:

$$\sigma_{Ed,ser} \leq f_y / \gamma_{M,ser} \quad (7.2a)$$

$$\tau_{Ed,ser} \leq \frac{f_y}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M,ser}} \quad (7.2b)$$

$$\sqrt{(\sigma_{x,Ed,ser})^2 + 3 \cdot (\tau_{Ed,ser})^2} \leq f_y / \gamma_{M,ser} \quad (7.2c)$$

$$\sqrt{(\sigma_{x,Ed,ser})^2 + (\sigma_{y,Ed,ser})^2 - (\sigma_{x,Ed,ser}) \cdot (\sigma_{y,Ed,ser}) + 3 \cdot (\tau_{Ed,ser})^2} \leq f_y / \gamma_{M,ser} \quad (7.2d)$$

$$\sqrt{(\sigma_{x,Ed,ser})^2 + (\sigma_{z,Ed,ser})^2 - (\sigma_{x,Ed,ser}) \cdot (\sigma_{z,Ed,ser}) + 3 \cdot (\tau_{Ed,ser})^2} \leq f_y / \gamma_{M,ser} \quad (7.2e)$$

мұнда $\sigma_{x,Ed,ser}$ – көлденең бағыттағы қалыпты кернеу;

$\sigma_{y,Ed,ser}$ – көлденең бағыттағы қалыпты кернеу;

$\sigma_{z,Ed,ser}$ – тік бағыттағы қалыпты кернеу;

$\tau_{Ed,ser}$ – тиісті жанама кернеулері;

$\gamma_{M,ser} = 1,00$ – жеке сенімділік коэффициенті.

7.5.2 ҚР ҚН EN 1993-6 7.5(2) Тармағына сәйкес, $\sigma_{x,Ed,ser}$ және $\tau_{Ed,ser}$ жалпы кернеулеріне қосымша көпір крандарының кран асты арқалықтары үшін номиналды кернеу арқалық қабырғасында $\sigma_{oz,Ed,ser}$ жергілікті тік қалыпты кернеулерді қамтуы тиіс (ҚР ҚН EN 1993-6 5.7.1. тармағын қараңыз). Доңғалақты жүктеме қосымшасының эксцентристиінен $\sigma_{T,Ed}$ қалыпты кернеуді ескермеуге болады (ҚР ҚН EN 1993-6 8.7.3 Тармағын қараңыз).

7.5.3 ҚР ҚН EN 1993-6 7.5(3) Тармағына сәйкес, электроболат астындағы арқалықтар немесе аспа крандар үшін қалыпты кернеу $\sigma_{x,Ed,ser}$ және $\tau_{Ed,ser}$ негізгі кернеулерге қосымша төменгі арқалықта $\sigma_{ox,Ed,ser}$ және $\sigma_{oy,Ed,ser}$ жергілікті кернеулерді қамтуы тиіс (ҚР ҚН EN 1993-6 5.8 Бөлімшесін қараңыз).

7.6 Арқалықтың төменші сөресінің вибрациясы

7.6.1 Кран жұмысы кезінде тірекке топсалас тіреумен кран асты арқалықтарының бүйір жақ көлденең вибрацияларының пайда болуын болдырмау қажет (статикалық анықталған).

7.6.2 Егер төменгі сөренің L/i_z икемділік коэффициентінің мәні 250 аспайтын болса, вибрация болмайды, мұнда i_z - тік оське қатысты төменгі сөре инерциясының радиусы; L - төменгі сөре бойынша көлденең байланыстар аралығындағы арақашықтық.

8 БЕКІТУ ЭЛЕМЕНТТЕРІ, ДӘНЕКЕРЛІК ЖІКТЕРІ, ТЕЖЕГІШ БІРІКТІРЛЕУ ЖӘНЕ РЕЛЬСТЕР

8.1 Бұрандалардағы, тойтармадағы және штифттегі біріктірулер

8.1.1 Материалдардың физикалық қасиеттері және болат тойтармалар үшін шектер 4-топтың сілтеме стандарттарының талаптарына жауап беруі тиіс (ҚР ҚН EN 1993-1-8 1.2.6 Тармағын қараңыз).

8.1.2 Материалдардың физикалық қасиеттері және болат тойтармалар үшін шектер 6-топтың сілтеме стандарттарының талаптарына жауап беруі тиіс (ҚР ҚН EN 1993-1-8 1.2.6 Тармағын қараңыз).

8.1.3 3.13 ҚР ҚН EN 1993-1-8 3.13 Бөлімшесіне сәйкес штифтітағы біріктірулер қабылдануы тиіс.

8.1.4 ҚР ҚН EN 1993-1-8 3 және 4 Бөлімдерінің нұсқаулықтарына сәйкес бұрандалардағы, тойтарма мен штифттардағы біріктірулер есебі орындалуы тиіс.

8.1.5 ҚР ҚН EN 1993-6 8.1(2) Тармағына сәйкес, егер біріктіруде иілу сәті болса, осы біріктірудегі ішкі күштер айналу орталығынан тікелей пропорционалды біріктіруде болады.

8.2 Дәнекерлеу біріктірулері

8.2.1 Біріктірулерде пайдаланылатын дәнекерлеу жіктеріне қойылатын талаптар ҚР ҚН EN 1993-1-8 4-Бөлімде келтіріледі.

8.2.2 ҚР ҚН EN 1993-6 8.2(2) Тармағына сәйкес, крандар үшін көтергіш құрылыс құрылымдарындағы үзікті бұрыштық дәнекерлеу жіктері коррозиялы тозуға бейім жабық жазықтықты құратын жерлерде пайдаланылмауы тиіс.

ЕСКЕРТПЕ Үзікті дәнекерлеу жіктерін қолдану біріктірулері қорапты құрылым ішінде, ауа-райы шартынан қорғалған жерде мүмкін болады.

8.2.3 ҚР ҚН EN 1993-6 8.2(3) Тармағына сәйкес, үзікті бұрыштық дәнекерлеу жіктері жіктердің доңғалақты жүктемелерден жергілікті кернеу ықпалына ұшырайтын арқалық сөресімен қабырғаларды біріктіру үшін пайдаланылмауы тиіс.

8.2.4 ҚР ҚН EN 1993-6 8.2(4) Тармағына сәйкес, айтарлықтай босаңсу әсерін туғызатын кран кластары үшін қатаңдықтың көлденең қабырғасы немесе басқа да элементтер кран асты арқалықтарының жоғары сөрелеріне дәнекерленбеуі тиіс.

ЕСКЕРТПЕ Оларға ҚР ҚН EN 1991-3 В қосымшасына сәйкес S7 бастап S9 аралығындағы кран кластары жатқызылады.

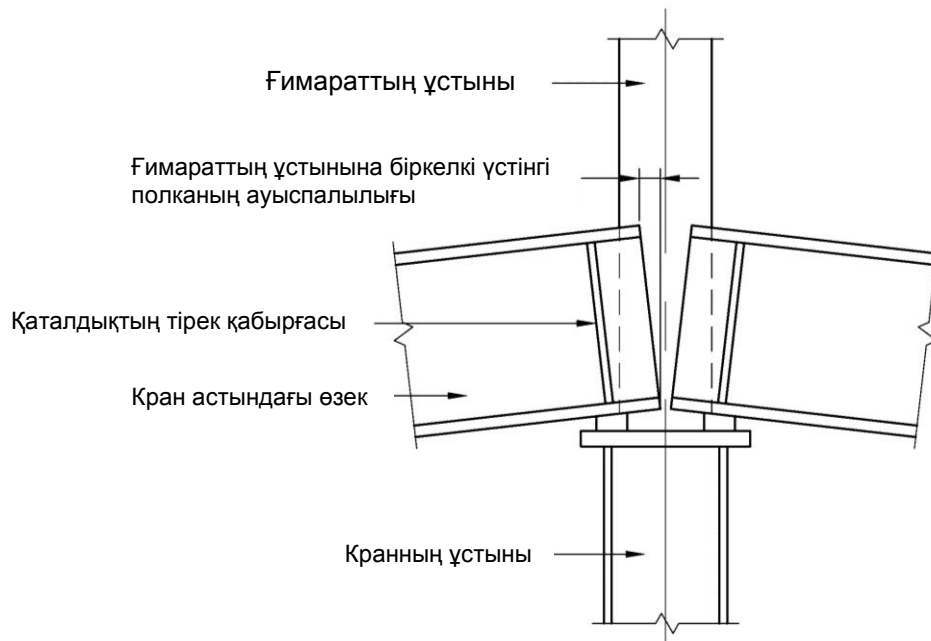
8.3 Тежегіш біріктірулер

8.3.1 ҚР ҚН EN 1993-6 8.3(1) Тармағына сәйкес, кран асты арқалығының жоғары сөресін тіректі құрылымға бекітетін тежегішті біріктірулер мыналарды қабылдауы тиіс:

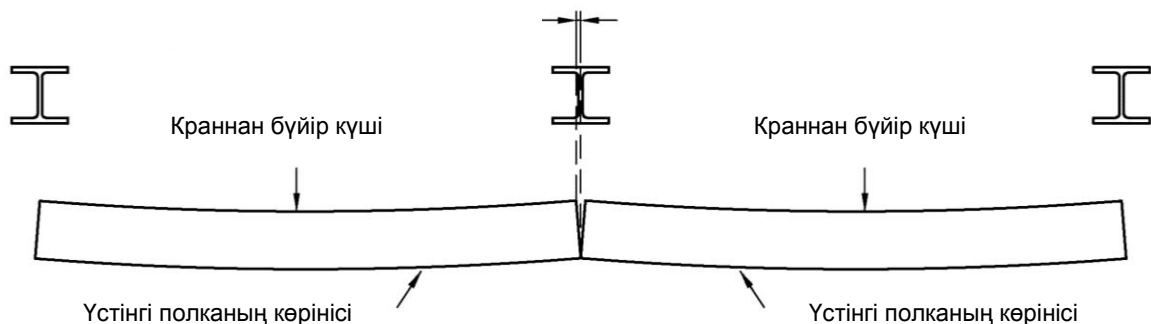
а) тік кран жүктемесінен туындаған кран асты арқалығының тіректі қима бұрылысынан жылжу (осы оқулықтың 10.1 Суретін қараңыз);

б) кранның бүйір жақ күштерінен туындаған көлденең жалпақтықтағы кран асты арқалығының тіректі қима бұрылысынан жылжу (осы оқулықтың 10.2 Суретін қараңыз);

в) кран асты арқалығы мен оның тірегінен тік қапсырудан тік жылжулар, тозу және кран асты арқалықтың тірек тұнбалары.



8.1 Сурет – Тік жазықтықтағы кран асты арқалықты тіректі қимасының бұрылысы



8.2 Сурет – Көлденең жазықтықтағы кран асты арқалықтың тіректі қимасының бұрылысы

8.3.2 ҚР ҚН EN 1993-6 8.3(2) Тармағына сәйкес тежегіш біріктірулер мен олардың бекітулерін құрылымдау кезінде кран асты арқалығы қабырғасының орталығына қатысты рельс жай-күйіне рұқсаттарды ескере отырып кран жолдарын тегістеу үшін тік және көлденең жазықтықтарда түзету мүмкіндігін қарастыру қажет.

8.3.3 ҚР ҚН EN 1993-6 8.3(3) Тармағына сәйкес, тежегіш біріктірулер пайдаланылмайтын көтергіш құрылымдар, кран асты арқалығы мен оны бекітулері кран доңғалағынан тірекке дейін барлық тік және көлденең күштерді беру үшін есептелуі тиіс.

8.4 Кран рельстері

8.4.1 Кран рельстеріне арналған материал

8.1.2 Рельс болаты осы оқулықтың 5.6.2 Тармағының талаптарын қағнағаттандыруы тиіс.

8.4.2 Жобалық қызмет мерзімі

8.4.2.1 ҚР ҚН EN 1993-6 8.4(1) Тармағына сәйкес, рельс болаты L_r рельстің тиісті жобалау қызмет мерзімін қамтамасыз ету шартынан алынуы тиіс. Егер кран рельсінің жобалау қызмет мерзімі арқалықтың жобалау қызмет мерзімінен аз болған жағдайда (осы оқулықтың 4.1.3.2 Тармағын қараңыз) ҚР ҚН EN 1993-6 8.5 Бөлімшесінің нұсқаулықтарына сәйкес рельс бекітулерін іріктеу кезінде рельстерді алмастыру қажеттілігін ескеру қажет.

8.4.3 Кран рельсін таңдау

8.4.3.1 ҚР ҚН EN 1993-6 8.4.3(1) Тармағына сәйкес, кран рельстерін таңдау кезінде мыналарды ескеру қажет:

- а) рельс материалы;
- б) кран доңғалағынан жүктемелер;
- в) кран доңғалағының материалы;
- г) кран доңғалағының диаметрі;
- д) кран жұмысының режимі.

8.4.3.2 ҚР ҚН EN 1993-6 8.4.3(2) Тармағына сәйкес, байланыс қысымы (Герц тіректі қысым) мынадай мақсаттарда тиісті мәндермен шектелуі тиіс:

- а) үйкелуді азайту;
- б) кран рельсінің қатты тозуын болдырмау;
- в) кран доңғалағының қатты тозуын болдырмау.

8.4.3.3 ҚР ҚН EN 1993-6 8.4.3(3) Тармағына сәйкес, кран рельсін таңдауды ISO 16881-1 стандартында берілген әдістеме бойынша орындаған жөн.

8.5 Рельс бекітулері

8.5.1 Жалпы ережелер

8.5.1.1 ҚР ҚН EN 1993-6 8.5.1(1) Тамаққа сәйкес қабылданған біріктіру элементтеріне байланысты кран рельстерін бекіту қатты немесе тәуелсіз, яғни жылжымалы ретінде жіктеледі.

8.5.1.2 ҚР ҚН EN 1993-6 8.5.1(2) Тармағына сәйкес, әрбір рельс бекітулері кранның бір доңғалағынан барынша көп бүйір жақ көлденең күшке есептелуі тиіс. Егер кран

доңғалақтары арасындағы арақашықтық кран рельсінің бекітулері арасындағы бекітулерден аз болса, онда рельс бекітулерінің көтергіш қабілеті тиісінше көбейтілуі тиіс.

8.5.2 Қатты бекітулер

8.5.2.1 ҚР ҚН EN 1993-6 8.5.2(1) Тармағына сәйкес, қатаң болып кран асты арқалығының жоғары белдеуіне кран рельстерінің бекіту түрлері есептеледі:

- а) кран асты арқалықтарға дәнекерленген рельстер,
- б) кран рельсінің сөресі арқылы өтетін тойтарма арқылы немесе алдын ала тартуларымен бұрандалар, тығыз отырғызылған бұрандалар арқылы арқалыққа рельстердің бекітілуі кезінде.

8.5.2.2 ҚР ҚН EN 1993-6 8.5.2(2) Тармағына сәйкес, қатты рельс бекітулерімен кран рельстері кран асты арқалықты көлденең қимасы ретінде қабылданады. Бұл ретте ҚР ҚН EN 1993-6 5.6.2 (2) және (3) Тармақтарының нұсқауларына сәйкес кран рельстерінің тозуын ескеру қажет.

8.5.2.3 ҚР ҚН EN 1993-6 8.5.2(3) Тармаққа сәйкес, қатаң рельс бекітуі кран доңғалағынан көлденең күштер мен рель және арқалық арасындағы көлденең күштерді қабылдауға есептелуі тиіс.

8.5.2.4 ҚР ҚН EN 1993-6 8.5.2(4) тармағына сәйкес, қатты рельс бекітулері үшін ҚР ҚН EN 1993-1-9 (см.) талаптарына сәйкес төзімділігіне тексеруді орындау қажет.

8.5.3 Тәуелсіз бекітулер

8.5.3.1 ҚР ҚН EN 1993-6 8.5.3(1) Тармағына сәйкес қатты бекітулерге жатқызылмайтын барлық рельс бекітулері тәуелсіз, яғни, еркін болып табылады.

8.5.3.2 ҚР ҚН EN 1993-6 8.5.3(2) Тармағына сәйкес тәуелсіз рельс бекітулері кран доңғалақтарынан көлденең күштерге есептелуі тиіс.

8.5.3.3 ҚР ҚН EN 1993-6 8.5.3(3) Тармаққа сәйкес, кран астындағы арқалықтарымен тәуелсіз бекітулерімен кран рельстері икемді төсемдерге салынуы мүмкін.

8.6 Рельс біріктірулері

8.6.1 ҚР ҚН EN 1993-6 8.6(1) Тармаққа сәйкес, рельстер:

- а) кран асты арқалықтары арқылы өтетін бөлінбеген (үздіксіз) болуы мүмкін;
- б) температуралық жік құрылғыларымен кесілетін болуы мүмкін.

8.6.2 ҚР ҚН EN 1993-6 8.6(2) Тармаққа сәйкес, кесілмеген рельстер жағдайында кран үшін есеп мыналарды қамтамасыз ету үшін рельс бекітулері мен тіректі элементтердің қасиеттерінің тиісті мәндеріне негізделуі тиіс:

- а) еркін температуралық деформациялар;
- б) кран рельсінен кран асты арқалыққа кранды күшейту немесе тежеу күштерін беру.

8.6.3 ҚР ҚН EN 1993-6 8.6(3) Тармаққа сәйкес, рельс жіктерін кран доңғалағынан соққы әсерін барынша азайтатындай етіп құрылымдау қажет. Бұл үшін арқалық жіктеріне қатысты жылжытумен қиғаш жіктер пайдаланылуы тиіс - 8.3 Суретті қараңыз.



8.3 Сурет – Кран рельсінің қиғаш жігі

9 БОСАҢСУ БЕРІКТІГІН БАҒАЛАУ

9.1 Босаңсу беріктігін бағалауға қойылатын талаптар

9.1. ҚР ҚН EN 1993-6 9.1(1) Тармағына сәйкес босаңсу беріктігін тексеру (төзімділігін тексеру) ҚР ҚН EN 1993-1-9 сәйкес барлық сыни нүктелер үшін орындалуы тиіс.

9.1.2 ҚР ҚН EN 1993-6 9.1(2) Тармағына сәйкес, егер 50% номиналды жүк көтергішпен жүктеулердің циклдар саны $C_0 = 10^4$ жүктеулер циклдарының шекті санынан аспайтын болса крандар үшін көтергіш құрылымдардың босаңсу беріктігін тексеру орындалмайды.

9.1.3 ҚР ҚН EN 1993-6 9.1(3) Тармағына сәйкес, босаңсу беріктігін тексеруді тік кран жүктемелерінен ауыспалы кернеу туындайтын көтергіш кран асты құрылымдарының элементтерінде орындаған жөн.

ЕСКЕРТПЕ Краннан келденең жүктемелермен туындаға ауыспалы кернеулер әдетте болмашы. Бірақ, бірқатар жағдайларда арқалықтардың тежегіш біріктірулері бүйір жақ кран жүктемелерімен туындаған босаңсу әсеріне ұшырауы мүмкін. Бұдан басқа, кран үшін көтергіш құрылымдардың кейбір жекелеген типтерінде босаңсу жүк арбасының көптеген жылдамдатулары және тежеулерінің салдарынан болуы мүмкін.

9.1.4 ҚР ҚН EN 1993-6 9.1(4) Тармағына сәйкес, жел жүктемелерінен вибрациялық әсерге ұшыраған крандар үшін көтергіш құрылымдардың элементтерін төзімділікке тексерген жөн.

9.2 Босаңсу беріктігін тексеру үшін жеке сенімділік коэффициенттері

9.2.1 ҚР ҚН EN 1993-6 9.2(1) Тармағына сәйкес, босаңсу құбылыстарын туғызатын жүктемелер үшін жеке сенімділік коэффициенті γ_{Ff} ретінде белгіленеді және 1,0 тең деп қабылданады.

9.2.2 ҚР ҚН EN 1993-6 9.2(10) Тармағына сәйкес, төзімділік бойынша көтергіш қабілет үшін жеке сенімділік коэффициенті γ_{Mf} ретінде белгіленеді және 11.1 кесте бойынша қабылданады.

9.1 Кесте – γ_{mf} төзімділік бойынша көтергіш қабілеті үшін жеке коэффициенттер мәні

Босаңсу беріктігін тексеру әдісі	Бұзылу салдарлары	
	болмашы	Көп
Бұзылғандар кезіндегі жұмысқа қабілеттілік	1,00	1,15
Қауіпсіз ресурс	1,15	1,35

9.3 Босаңсу кернеулерінің спектрі

9.3.1 Жалпы ережелер

9.3.1.1 ҚР ҚН EN 1993-6 9.3.1(1) Тармағына сәйкес босаңсу беріктігін тексеруде пайдаланылатын σ_p және τ_p кернеуі негізгі және жергілікті кернеулерді қамтиды және серпінді есептен анықталады.

9.3.1.2 ҚР ҚН EN 1993-6 9.3.1(2) Тармағына сәйкес, егер есептеу кезінде кран жұмысы туралы және крандар туралы барлық деректер болған жағдайда, босаңсу кернеулерінің диаграммаларын (тарихы) ҚР ҚН EN 1993-1-9 А қосымшасына сәйкес әрбір сыни элемент үшін анықтаған жөн.

9.3.1.3 ҚР ҚН EN 1993-6 9.3.1(3) Тармағына сәйкес, осындай ақпарат болмаған жағдайда және ықшамдатылған тәсілді пайдалану кезінде кран жұмыстарынан босаңсу әсерлерін ҚР ҚН EN 1991-3 2.12.1 Тармағы бойынша қабылдаған жөн.

9.3.1.4 ҚР ҚН EN 1993-6 9.3.1(4) Тармағына сәйкес, есептеу кезінде осы оқулықтың 7.9 Тармағында анықталғандай түйін қоспалары, тор арқалықтардағы, торлы тежегіш арқалықтар мен байланысты тор панельдеріндегі белдеу элементтерінің бөлінбеуі ықпалынан қосымша (қайталама) сәттерді ескерген жөн.

9.3.2 Ықшамдалған тәсіл

9.3.2.1 ҚР ҚН EN 1993-6 9.3.2(1) Тармағына сәйкес, ҚР ҚН EN 1991-3 2.12.1 (4) Тармақта берілген ықшамдалған босаңсу әсерін пайдалану кезінде есеп кернеулерінің диапазонын анықтауды төмендегі әдістерін пайдалануға болады.

ЕСКЕРТПЕ ҚР ҚН EN 1991-3 алынған $Q_e = \varphi_{fat} \cdot \lambda \cdot Q_{max,i}$ ықшамдалған босаңсу жүктемесі 2×10^6 жүктеу циклдарына сәйкес келеді.

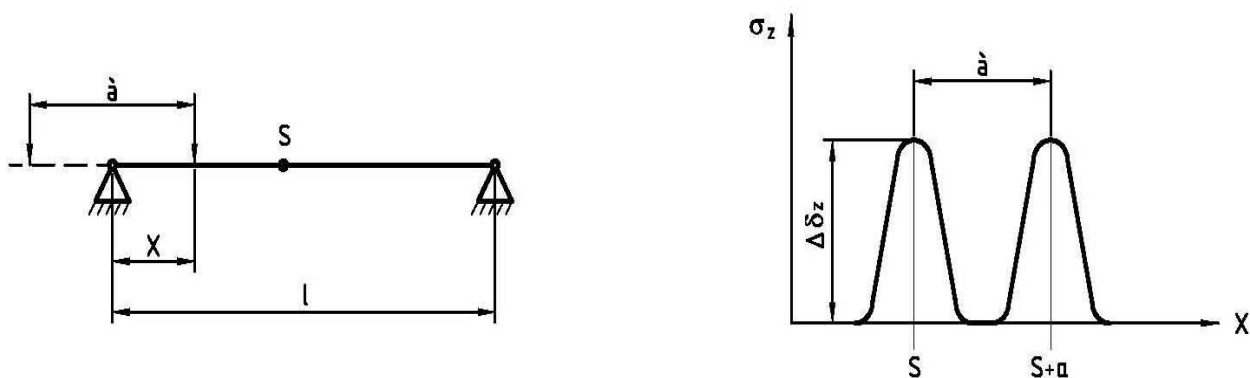
9.3.2.2 ҚР ҚН EN 1993-6 9.3.2(2) Тармағына сәйкес, Q_e ықшамдалған босаңсу жүктемесінен $\sigma_{p,max}$ және $\tau_{p,max}$ барынша жоғары кернеу мен и $\sigma_{p,min}$ и $\tau_{p,min}$ ең төменгі кернеу тиісті элементтер үшін анықталуы тиіс.

9.3.2.3 ҚР ҚН EN 1993-6 9.3.2(3) Тармаққа сәйкес, 2×10^6 үшін қабылданған $\Delta\sigma_{E2}$ және $\Delta\tau_{E2}$ баламалы бұзылу кернеулерінің диапазоны мынадай формулалар бойынша анықталады:

$$\Delta\sigma_{E2} = |\sigma_{p,\max} - \sigma_{p,\min}| \quad (9.1)$$

$$\Delta\tau_{E2} = |\tau_{p,\max} - \tau_{p,\min}| \quad (9.2)$$

9.3.2.4 ҚР ҚН EN 1993-6 9.3.2(4) Тармағына сәйкес, егер жүктеулер саны кранның жұмыс циклдарының санына қарағанда көп болса (9.1 Суретті қараңыз), онда ҚР ҚН EN 1991-3 2.12.1 (4) Тармағына сәйкес Q_e баламалы жүктеме ҚР ҚН EN 1991-3 2.11 Кесте бойынша S жұмыс циклдарының жалпы саны ретінде осы циклдар санын пайдалана отырып анықталуы тиіс.



9.1 Сурет – Кранның бір жұмыс циклынан кернеулердің екі циклының мысалы

9.3.3 Арқалықтың жоғары сөресіндегі доңғалақты жүктемелерден жергілікті кернеулер

9.3.3.1 ҚР ҚН EN 1993-6 9.3.3(1) Тармағына сәйкес, аралық қабырғасында жоғарыдағы сөредегі доңғалақты жүктемелер әсерінен жергілікті кернеулер туындайды:

- осы оқулықтың 5.7.1 Тармағы бойынша анықталатын $\sigma_{z,Ed}$ қалыпты кернеулер;
- осы оқулықтың 5.7.2 Тармағы бойынша анықталатын $\tau_{xz,Ed}$ жанама кернеулер;
- осы оқулықтың 5.7.3 Тармағы бойынша анықталатын e_y бүйір эксцентристимен

$F_{z,Ed}$ тік жүктеу қосымшаларынан $\sigma_{T,Ed}$ қалыпты кернеулер .

ЕСКЕРТПЕ S_0 бастап S_3 дейінгі көпір крандары астындағы есептелген және жобаланған кран асты арқалықтары үшін доңғалақ жүктемелерінен туындаған $\sigma_{T,Ed}$ қалыпты кернеулермен елемуге болады.

9.3.3.2 ҚР ҚН EN 1993-6 9.3.3(2) Тармағына сәйкес, сөресі бар арқалықтың қабырғасын біріктіретін дәнекерлеу жіктерінде жергілікті кернеулердің болуын ескерген жөн.

9.3.3.3 ҚР ҚН EN 1993-6 9.3.3(3) Тармаққа сәйкес, егер кран рельсі арқалық сөресіне дәнекерленген болса, онда арқалық сөресімен рельсті біріктіретін дәнекерлеу жіктерінде жергілікті кернеулерді ескерген жөн.

9.3.4 Тельферден жергілікті кернеу

ҚР ҚН EN 1993-6 9.3.4(1) Тармағына сәйкес, аспалы жолдардың аралығын ескеру кезінде осы оқулықтың 5.8 Бөлімшесі бойынша анықталатын аспалы крандардың доңғалақты жүктемелерінен арқалықтың төменгі сөресіндегі жергілікті қалыпты кернеуді ескерген жөн.

9.4 Босаңсу беріктігін тексеру

9.4.1 Жалпы ережелер

ҚР ҚН EN 1993-6 9.4.1(1) Тармағына сәйкес, босаңсу беріктігін тексерудің жалпы ережелері ҚР ҚН EN 1993-1-9 8 Бөлімде баяндалған.

9.4.2 Бірнеше краннан ықпал

9.4.2.1 ҚР ҚН EN 1993-6 9.4.2(1) Тармаққа сәйкес, екі және одан көп крандардан жүктерді қабылдаушы элемент үшін жалпы жинақталған бұзылу мынадай шартты қанағаттандыруы тиіс:

$$\sum_i D_i + D_{dup} \leq 1 \quad (9.3)$$

мұндағы D_i – тәуелсіз жұмыс істейтін бір i краннан бұзылу;
 D_{dup} – кездейсоқ бірлесе жұмыс істейтін екі краннан жүктемелерді үйлестіруден қосымша бұзылулар.

9.4.2.2 ҚР ҚН EN 1993-6 9.4.2(2) Тармағына сәйкес, тәуелсіз әрекет ететін бір i D_i бұзылуды мынадай формула бойынша қалыпты кернеулер немесе жанама кернеулер немесе ҚР ҚН EN 1993-1-9 стандартында сипатталған қандай да құрылымдық ерекшеліктерге байланысты диапазондар үшін анықтаған жөн:

$$D_i = \left[\frac{\gamma_{ff} \cdot \Delta\sigma_{E2,i}}{\Delta\sigma_c / \gamma_{mf}} \right]^3 + \left[\frac{\gamma_{ff} \cdot \Delta\tau_{E2,i}}{\Delta\tau_c / \gamma_{mf}} \right]^5 \quad (9.4)$$

мұндағы $\Delta\sigma_{E2,i}$ – бір i кран үшін қалыпты кернеулер диапазонының баламалы тұрақты амплитудасы;

$\Delta\tau_{E2,i}$ – бір i кран үшін жанама кернеулер диапазонының баламалы тұрақты амплитудасы.

9.4.2.3 Кездейсоқ бірлесе жұмыс істейтін екі кран үшін жүктемелер үйлесімінен D_{dup} қосымша бұзылуды мынадай формула бойынша қалыпты кернеулер диапазоны бойынша немесе жанама кернеулерінің диапазоны бойынша немесе ҚР ҚН EN 1993-1-9 стандартында сипатталған құрылымдық ерекшеліктерге байланысты екі диапазон бойынша анықтаған жөн. (ҚР ҚН EN 1993-6 9.4.2(3) Тамрағын қараңыз):

$$D_{dup} = \left[\frac{\gamma_{ff} \cdot \Delta\sigma_{E2,dup}}{\Delta\sigma_c / \gamma_{mf}} \right]^3 + \left[\frac{\gamma_{ff} \cdot \Delta\tau_{E2,dup}}{\Delta\tau_c / \gamma_{mf}} \right]^5 \quad (9.5)$$

мұндағы $\Delta\sigma_{E2,i}$ – бірлесе жұмыс істейтін екі немесе одан көп крандар үшін қалыпты кернеулер диапазонының баламалы тұрақты амплитудасы;

$\Delta\tau_{E2,i}$ – бірлесе қимылдайтын екі немесе одан көп крандар үшін жанама кернеулер

диапазонының баламалы тұрақты амплитудасы.

9.4.2.4 ҚР ҚН EN 1993-6 9.4.2(4) Тармағына сәйкес, егер екі кран тандемде бір уақытта жұмыс істеуге немесе өзгеше жұмыс істеуге арналған болса, онда оларды бір кран ретінде қарастырған жөн.

9.4.2.5 ҚР ҚН EN 1993-6 9.4.2(5) Тармағына сәйкес, жеткілікті ақпарат болмаған жағдайда кездейсоқ бірлесе жұмыс істейтін екі немесе одан көп крандар үшін $\Delta\sigma_{E2}$ кернеулері диапазонының баламалы тұрақты амплитудасы λ_{dur} баламалы бұзылулардың коэффициенттері негізінде анықталуы мүмкін.

ЕСКЕРТПЕ Екі немесе одан көп крандар жұмысы кезінде λ_{dur} бұзылулар баламалығының коэффициенттер мәнін мынадай түрде S_i кластың әсері үшін ҚР ҚН EN 1991-3 2.12 Кестесінен λ_i мәніне тең деп қабылдауға болады:

- а) 2 кран үшін: біршама төмен ықпал ету әсерімен кран ықпалы класынан 2 класқа төмен;
- б) ең төмен ықпал класымен кран ықпалы класынан 3 класқа төмен.

9.5 Босаңсу беріктігі

ҚР ҚН EN 1993-6 9.5(1) Тармағына сәйкес, босаңсу беріктігін ҚР ҚН EN 1991-1-9 стандартының 8.1-8.10 Кестелерінің талаптарына сәйкес орындаған жөн.

УДК 624.014.24

МКС 91.010

Негізгі сөздер: көпірлі крандар, аспалы крандар, электр тельферлер, салмақ түсетін құралымдар, тұрақтылық, беріктік, пластиналы элементтер

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	VI
1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ	1
1.1 Область применения	1
1.2 Нормативные ссылки	1
1.3 Допущения	2
1.4 Различия между принципами и правилами применения	2
1.5 Термины и определения	3
1.6 Обозначения и символы	3
1.7 Единицы измерения	3
2 ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ	5
2.1 Требования	5
2.1.1 Основные требования	5
2.1.2 Управление надежностью	5
2.1.3 Срок службы, долговечность и надежность	5
2.2 Принципы расчета по предельным состояниям	7
2.3 Основные переменные	7
2.3.1 Нагрузки и воздействия	7
2.3.2 Свойства материалов и изделий	8
2.4 Проверки методом частных коэффициентов	8
2.5 Расчет на основе испытаний	9
2.6 Зазоры для мостовых кранов	10
2.7 Балки для подвесных кранов и электроталей (тельферов)	10
2.8 Испытание кранов	10
3 МАТЕРИАЛЫ	11
3.1 Общие положения	11
3.2 Конструкционные стали	12
3.2.1 Свойства материалов	12
3.2.2 Требования к вязкости	13
3.2.3 Ударная вязкость	13
3.2.4 Свойства в направлении толщины проката	13
3.2.5 Допуски	16
3.2.6 Расчетные значения физических характеристик материалов	16
3.3 Нержавеющие стали	17
3.4 Крепежные элементы и сварные швы	17
3.5 [3.5] Опорные элементы	17
3.6 Другие изделия для подкрановых конструкций	17
3.6.1 Общие положения	17
3.6.2 Рельсовые стали	17
3.6.3 Специальные соединительные элементы для рельсов	17
4 ДОЛГОВЕЧНОСТЬ	19

5 РАСЧЕТ КОНСТРУКЦИЙ	21
5.1 Моделирование конструкций для расчета	21
5.1.1 Моделирование конструкций и основные допущения.....	21
5.1.2 Моделирование соединений	21
5.1.3 Взаимодействие конструкций и опор	22
5.2 Статический расчет	22
5.2.1 Учет деформированной схемы конструкции	22
5.2.2 Устойчивость каркаса.....	23
5.3 Несовершенства.....	23
5.3.1 Основные положения	23
5.3.2 Несовершенства для статического расчета рам	23
5.3.3 Несовершенства при расчете связевых систем	23
5.3.4 Несовершенства в элементах конструкций	24
5.4 Методы расчета	24
5.4.1 Общие положения.....	24
5.4.2 Статический расчет в упругой стадии	24
5.4.3 Статический расчет по пластической стадии.....	24
5.5 Классификация поперечных сечений.....	25
5.6 Подкрановые балки	25
5.6.1 Усилия от крановых нагрузок.....	25
5.6.2 Конструктивная система	25
5.7 Подкрановые балки	27
5.7.1 Локальные вертикальные сжимающие нормальные напряжения.....	27
5.7.2 Локальные касательные напряжения	29
5.7.3 Локальные нормальные напряжения в стенке балки от эксцентриситета приложения колесных нагрузок	29
5.8 Локальные нормальные напряжения в нижней полке балки от колес подвесных кранов	30
5.9 Дополнительные моменты в сквозных элементах	33
6 ПРЕДЕЛЬНЫЕ СОСТОЯНИЯ ПО НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ	36
6.1 Общие положения	36
ПРИМЕР 1 Сбор нагрузок и определение расчетных усилий, действующих на балку.....	36
6.2 Несущая способность поперечного сечения по прочности	49
ПРИМЕР 2 Определение геометрических характеристик принятого сечения, проверки по максимальным нормальным и касательным напряжениям с учетом тормозной конструкции	36
6.3 Устойчивость подкрановых конструкций	53
6.3.1 Общие положения.....	53
6.3.2 Изгибно-крутильная форма потери устойчивости	53
ПРИМЕР 3 Проверка устойчивости элементов составного сечения.....	54
6.4 Сжатые элементы составного сечения	59
6.5 Несущая способность стенки балки при действии колесных нагрузок.....	59
6.5.1 Общие положения.....	59
6.5.2 Длина жесткого опирания	59

ПРИМЕР 4	Определение локальных напряжений в стенке балки в первом и среднем отсеках	60
ПРИМЕР 5	Определение локальных напряжений в стенке балки в первом и среднем отсеках	61
6.6	Устойчивость пластин	62
6.7	Несущая способность нижней полки балки при действии колесных нагрузок	62
7	ПРЕДЕЛЬНЫЕ СОСТОЯНИЯ ПО ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ ПРИГОДНОСТИ	65
7.1	Общие положения	65
7.2	Расчетные модели	65
7.3	Предельные деформации и перемещения	66
7.4	Ограничения на переменные выгибы стенки балки	68
7.5	Обратимое поведение	68
7.6	Вибрация нижней полки балки	69
8	КРЕПЕЖНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ, СВАРНЫЕ ШВЫ, ТОРМОЗНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ И РЕЛЬСЫ	70
8.1	Соединения на болтах, заклепках и штифтах	70
8.2	Сварные соединения	70
8.3	Тормозные соединения	70
8.4	Крановые рельсы	72
8.4.1	Материал для крановых рельсов	72
8.4.2	Проектный срок службы	72
8.4.3	Выбор кранового рельса	72
8.5	Рельсовые крепления	72
8.5.1	Общие положения	72
8.5.2	Жесткие крепления	73
8.5.3	Независимые крепления	73
8.6	Рельсовые соединения	73
9	ОЦЕНКА УСТАЛОСТНОЙ ПРОЧНОСТИ	75
9.1	Требования к оценке усталостной прочности	75
9.2	Частные коэффициенты для проверки усталостной прочности	75
9.3	Спектр усталостных напряжений	76
9.3.1	Общие положения	76
9.3.2	Упрощенный подход	76
9.3.3	Локальные напряжения от колесных нагрузок на верхней полке балки	73
9.3.4	Локальные напряжения от тельферов	77
9.4	Проверка усталостной прочности	77
9.4.1	Общие положения	77
9.4.2	Воздействия от нескольких кранов	78
9.5	Усталостная прочность	79

ВВЕДЕНИЕ

Настоящее нормативно-техническое пособие подготовлено ТОО «Астана Строй-Консалтинг» по договору с акционерным обществом «Казахский научно-исследовательский и проектный институт строительства и архитектуры» (АО «КазНИИСА»).

Настоящее нормативно-техническое пособие составлено в развитие положений СН РК EN 1993-6 «Проектирование стальных конструкций - Часть 6: Несущие конструкции для кранов» предназначено для проектирования стальных несущих подкрановых конструкций для мостовых и подвесных кранов и электросталей (тельферов) общего назначения.

Настоящее нормативно-техническое пособие является частью группы нормативно-технических пособий к строительным нормам Республики Казахстан СН РК EN 1993, идентичных Еврокоду 3.

Группа нормативно-технических пособий к СН РК EN 1993 – это перечень нормативно-технических документов, в которых приведены: рекомендации к расчету и к конструированию стальных конструкций согласно Принципам и Правилам проектирования СН РК EN 1993; разъяснения нормативной ссылочной информации; численные примеры расчета; дополнительная справочная информация.

Положения нормативно-технических пособий к СН РК EN 1993 охватывают только требования по несущей способности, эксплуатационной пригодности, долговечности и огнестойкости стальных конструкций. Другие требования не отражены в нормативно-технических пособиях к СН РК EN 1993.

Нормативно-технические пособия к СН РК EN 1993 следует использовать совместно со следующими нормативно-техническими документами:

- НТП к СН РК EN 1990;
- НТП к СН РК EN 1991;
- НТП к СН РК EN 1992 ÷ СН РК EN 1999, в тех частях, которые непосредственно затрагивают расчет стальных конструкций или их элементов;
- стандарты EN, ETAG, ETA и другие соответствующие стандарты на строительные изделия, относящиеся к стальным конструкциям.

Основополагающими документами при разработке нормативно-технических пособий к СН РК EN 1993, помимо самих 20 частей СН РК EN 1993 «Проектирование стальных конструкций», являются СН РК EN 1990, СН РК EN 1991 и EN 1090.

Группа нормативно-технических пособий к СН РК EN 1993 состоит из 19 пособий:

- нормативно-технические пособия к СН РК EN 1993-1 (12 пособий);
- нормативно-техническое пособие к СН РК EN 1993-2 (1 пособие);
- нормативно-техническое пособие к СН РК EN 1993-3 (1 пособие);
- нормативно-технические пособия к СН РК EN 1993-4 (3 пособия);
- нормативно-техническое пособие к СН РК EN 1993-5 (1 пособие);
- нормативно-техническое пособие к СН РК EN 1993-6 (1 пособие).

В нормативно-технических пособиях к СН РК EN 1993-1 приведены указания по проектированию стальных конструкций, которые распространяются на части СН РК EN 1993,

имеющие отношение к специальным стальным зданиям и сооружениям:

- СН РК EN 1993-2;
- СН РК EN 1993-3;
- СН РК EN 1993-4;
- СН РК EN 1993-5;
- СН РК EN 1993-6.

В настоящем нормативно-техническом пособии к СН РК EN 1993-6 приведены:

- Принципы и Правила проектирования стальных несущих подкрановых конструкций для мостовых и подвесных кранов и электросталей (тельферов) общего назначения, содержащиеся в СН РК EN 1993-6;

- положения, развивающие Принципы и Правила проектирования, приведенные в СН РК EN 1993-6;

- рекомендации, дополняющие Принципы и Правила проектирования, приведенные в СН РК EN 1993-6;

- численные примеры расчета, иллюстрирующие применение положений СН РК EN 1993-6 в практике проектирования.

При разработке настоящего нормативно-технического пособия, помимо положений СН РК EN 1993-6, учтены:

- положения Национального Приложения к СН РК EN 1993-6;
- соответствующие положения СН РК EN 1990;
- соответствующие положения СН РК EN 1991.

Настоящее нормативно-техническое пособие состоит из 11 разделов. Разделы с 1 по 11 настоящего нормативно-технического пособия повторяют структуру норматива СН РК EN 1993-6:

- Раздел 1: Область применения;
- Раздел 2: Нормативные ссылки;
- Раздел 3: Термины, определения, обозначения и сокращения;
- Раздел 4: Основные положения расчета
- Раздел 5: Материалы;
- Раздел 6: Долговечность;
- Раздел 7: Расчет конструкций;
- Раздел 8: Предельные состояния по несущей способности;
- Раздел 9: Предельные состояния по эксплуатационной пригодности;
- Раздел 10: Крепежные элементы, сварные швы, тормозные соединения и рельсы;
- Раздел 11: Оценка усталостной прочности.

В настоящем нормативно-техническом пособии номера пунктов СН РК EN 1993-6 приведены в скобках.

Настоящее нормативно-техническое пособие предназначено для инженерно-технических работников проектных организаций, научных работников, заказчиков проектной продукции, преподавателей и студентов высших учебных заведений.

Настоящее нормативно – техническое пособие вводится в действие для применения на добровольной основе в качестве нормативного документа Республики Казахстан.

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

ПРОЕКТИРОВАНИЕ СТАЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ. ЧАСТЬ. НЕСУЩИЕ
КОНСТРУКЦИИ ДЛЯ КРАНОВ

DESIGN OF STEEL STRUCTURES
PART. CRANE SUPPORTING STRUCTURES

Дата введения - 2015-07-01

1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1 Область применения

1.1.1 Настоящее пособие следует рассматривать совместно с СН РК EN 1993-6 и другими связанными с ним стандартами.

1.1.2 Данный нормативный документ является пособием по расчету стальных подкрановых конструкций для мостовых и подвесных кранов и электроталей (тельферов) общего назначения.

1.1.3 При учете особых условий эксплуатации (влияние сейсмических нагрузок при расчете строительных конструкций) необходимо руководствоваться требованиями, предусмотренными СН РК EN 1998.

1.1.4 Требования по огнестойкости приводятся в СН РК EN 1993-1-2.

1.1.5 Расчет стальных конструкций кранов и их механизмов в данном пособии не рассматривается. Краны и их отдельные элементы рассмотрены в EN 13001.

1.1.6 Проверка усталостной прочности подкрановых конструкций осуществляется в соответствии с требованиями СН РК EN 1993-1-9.

1.1.7 Изготовление подкрановых конструкций выполняется в соответствии с EN 1090-2.

1.2 Нормативные ссылки

1.2.1 Данное пособие содержит ссылки на другие нормативные документы, в которых излагаются требования и методики расчета элементов подкрановых конструкций. При работе с настоящим пособием необходимо использовать:

EN 1090-2 Исполнение стальных конструкций и алюминиевых конструкций:

Часть 2 Технические требования к стальным конструкциям;

EN 1337 Опорные части строительной конструкции;

EN ISO 1461 Горячеоцинкованные покрытия на сварных железных и стальных частях — спецификации и методы испытаний;

СН РК EN 1990. Основы проектирования конструкций;

СН РК EN 1991 Еврокод 1. Воздействия на несущие конструкции:

Часть 1-1. Собственный вес, постоянные и временные нагрузки на здания;
Часть 1-2. Общие воздействия. Воздействия на конструкции при пожарах;
Часть 1-4. Общие воздействия. Ветровые воздействия;
Часть 1-5. Общие воздействия. Температурные воздействия;
Часть 1-6. Общие воздействия. Воздействия при производстве строительных работ;
Часть 1-7. Общие воздействия. Аварийные воздействия;
Часть 3. Воздействия, вызванные кранами и механическим оборудованием;
EN 1993 Еврокод 3: Проектирование стальных конструкций:
Часть 1-1. Общие правила и правила для зданий;
Часть 1-2. Общие правила проектирования конструкций с учетом воздействия пожара;
Часть 1-4. Общие правила. Дополнительные правила для нержавеющей стали;
Часть 1-5. Элементы конструкций из листовой стали;
Часть 1-8. Проектирование соединений;
Часть 1-9. Усталостная прочность;
Часть 1-10. Вязкость материала и прочностные свойства в направлении толщины проката;
EN 1998 Еврокод 8. Проектирование конструкций с учетом сейсмостойкости
EN 10164 Стальные изделия с улучшенными свойствами деформации перпендикулярно по-верхности изделия. Технические условия поставки;
ISO/DIS 11660 Краны. Доступ, ограждения и ограничительные устройства:
Часть 5 Мостовые и порталные краны;
TS 13001 Краны. Общее проектирование;
Часть 3.3 Предельные состояния и проверка надежности колесных/рельсовых контактов.

1.3 Допущения

1.3.1 В дополнение к общим требованиям Еврокода СН РК EN 1990 применяется следующее требование:

- изготовление и выполнение (монтаж) должны удовлетворять требованиям EN 1090-2.

1.4 Различия между принципами и правилами применения

1.4.1 Различия между принципами и правилами применения следует принимать согласно Подразделу 1.4 СН РК EN 1990. При этом допускается выполнять расчет и проектирование несущих конструкций для кранов согласно другим нормативным документам или правилам, если они соответствуют строительным нормам СН РК, а результаты расчета равнозначны.

1.5 Термины и определения

В дополнение к терминам и определениям, представленным в Подразделе 1.5

СН РК EN 1993-1-1 и в Подразделе 1.4 СН РК EN 1991-3, используется следующая терминология:

1.5.1 Крановое торможение (crane surge): Горизонтальная динамическая нагрузка вследствие работы крана, действующая на подкрановую балку в продольном или поперечном (боковом) направлении.

ПРИМЕЧАНИЕ Поперечные нагрузки, создаваемые кранами, вызывают боковые силы, действующие на подкрановую балку.

1.5.2 Эластическая подкладка (elastomeric bearing pad): Упругая усиленная подкладка из эластомерного материала, предназначенная для укладки под рельсами крана.

1.5.3. Тормозное соединение (surge connector): Соединение, передающее силы кранового торможения от подкрановой балки на опоры.

1.5.4 Тормозная балка (surge girder): Балка или ферма с параллельными поясами, воспринимающая силы кранового торможения и передающая их на опоры.

1.5.5 Конструкционный упор (structural end stop): Элемент, предназначенный для остановки крана или тележки, достигшего конца рельсового пути.

1.5.6 Рама (frame): Конструкция в целом или ее часть, состоящая из отдельных взаимосвязанных конструктивных элементов, предназначенных для совместного сопротивления нагрузке; этот термин относится к рамам как сплошного, так и сквозного сечения. Он охватывает также плоские и пространственные рамы.

1.5.7 Статический расчет (global analysis): Определение внутренних усилий (сил и моментов) и перемещений в конструкции от конкретной комбинации воздействий.

1.5.8 Модель несущей конструкции (structural model): Идеализированная расчетная схема, используемая для выполнения статического расчета.

1.6 Обозначения и символы

1.6.1 Основной перечень условных обозначений и символов представлен в Пункте 1.6 СН РК EN 1993-1-1. Условные обозначения, применяемые в настоящем пособии и отсутствующие в Пункте 1.6 СН РК EN 1993-1-1, приведены в СН РК EN 1993-6.

ПРИМЕЧАНИЕ Используемые в настоящем пособии символы и условные обозначения основаны на ISO 3898:1987.

1.7 Единицы измерения

1.7.1 В настоящем пособии единицы измерения представлены в системе СИ и применяются в соответствии со стандартом ISO 1000.

1.7.2 В расчетах стальных конструкций для кранов рекомендуется использовать следующие единицы измерения:

- | | |
|--------------------------------|-----------|
| – размеры, габариты и толщина: | м, см, мм |
| – нагрузки и усилия: | кН, Н |

– линейные нагрузки и усилия:	кН/м, Н/мм
– удельный вес:	кН/м ³ Н/мм ³
– напряжение, модули упругости:	Н/мм ² , кН/см ² , МПа (=Н/мм ²)
– изгибающий момент:	кН □ м
– крутящий момент:	кН □ м
– геометрические характеристики поперечного сечения	
(а) момент инерции	м ⁴ , см ⁴ , мм ⁴
(б) момент сопротивления	м ³ , см ³ , мм ³
(в) статический момент полусечения	м ³ , см ³ , мм ³

2 ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

2.1 Требования

2.1.1 Основные требования

2.1.1.1 Расчет подкрановых конструкций должен выполняться согласно общим принципам, изложенным в СН РК EN 1990.

2.1.1.2 Расчет подкрановых конструкций необходимо выполнять по методу предельных состояний с применением частных коэффициентов согласно СН РК EN 1990 и сочетаний нагрузок, приведенных в СН РК EN 1991.

2.1.1.3 При проектировании и расчете несущих конструкций для кранов необходимо обеспечить:

- а) требуемую несущую способность;
- б) эксплуатационную пригодность;
- в) долговечность.

2.1.2 Управление надежностью

2.1.2.1 При проектировании и изготовлении несущих строительных конструкций для кранов следует обеспечить необходимый уровень надежности согласно Приложению С СН РК EN 1990 и EN 1090.

2.1.3 Срок службы, долговечность и надежность

2.1.3.1 Общие положения

2.1.3.1.1 В зависимости от вида нагрузок и воздействий, влияющих на долговечность и расчетный срок службы (см. СН РК EN 1990) несущих конструкций, необходимо:

- а) обеспечить коррозионную стойкость путем:
 - защиты поверхности металлоконструкций от коррозии (см. ISO 12944 «Защита от коррозии стальных конструкций системами защитных покрытий»);
 - применения стали, стойкой к атмосферной коррозии;
 - применения нержавеющей стали (см. СН РК EN 1993-1-4);
- б) обеспечить достаточную усталостную долговечность (см. СН РК EN 1993-1-9);
- в) учесть износ;
- г) рассчитать конструкции на аварийные нагрузки (см. СН РК EN 1991-1-7);
- д) выполнять мероприятия по надзору и обслуживанию.

2.1.3.2 Проектный срок службы

2.1.3.2.1 [2.1.3.2(1)] Проектный срок службы подкрановых конструкций определяется как период, в течение которого предполагается их использование по функциональному назначению. Проектный срок службы конструкций должен быть подтвержден документально, например, в плане технического обслуживания крана

ПРИМЕЧАНИЕ 1 Согласно Таблице НП.2.1 Национального приложения к СН РК EN 1990 несущие подкрановые конструкции для кранов относятся ко второй категории конструкций по

проектному сроку службы, для которых проектный срок службы принимается равным от 10 до 25 лет.

ПРИМЕЧАНИЕ 2 Для подкрановых конструкций с неинтенсивными условиями эксплуатации (редко эксплуатируемые или легкого режима работы) допускается принимать проектный срок службы равным 50 годам.

2.1.3.2.2 [2.1.3.2(2)] Для временных несущих конструкции кранов проектный срок службы должен быть согласован с заказчиком и государственным компетентным органом с учетом возможного повторного их использования.

2.1.3.2.3 Для элементов конструкций, которые имеют срок службы меньший, чем общий проектный срок службы несущих подкрановых конструкций, следует применять рекомендации раздела 4 настоящего пособия.

2.1.3.3 Долговечность

2.1.3.3.1 [2.1.3.3(1)] Несущие конструкции для кранов должны быть рассчитаны на воздействия окружающей среды или защищены от них.

2.1.3.3.2 Механический износ элементов, коррозионный и усталостный износ должны быть учтены путем выбора надлежащих материалов (см. СН РК EN 1993-1-4 и СН РК EN 1993-1-10) и конструктивных решений (см. СН РК EN 1993-1-9), использования резервирования конструкций и подходящей защиты от коррозии.

2.1.3.3.3 Если конструкции включают заменяемые или рихтуемые элементы, такие мероприятия необходимо учесть при конструировании и проверить расчетом возможность их выполнения как для временной расчетной ситуации.

2.1.3.3.4 Для элементов несущих подкрановых конструкций, подверженных воздействию коррозии, механическому износу или усталостному разрушению, разрабатываемые проектные решения должны обеспечить возможность их осмотра, технического обслуживания в ходе эксплуатации, ремонта и реконструкции.

2.1.3.3.5 Если при разработке проектного решения элементов невозможно обеспечить мероприятия по их осмотру и обслуживанию, то при назначении сечений таких элементов необходимо предусмотреть припуск на коррозионный износ, обусловленный комплексным воздействием факторов (марка стали, агрессивность среды, ориентация элемента в пространстве, температурно-влажностный режим эксплуатации и др.).

2.1.3.3.6 Для конструкций, расположенных внутри зданий и сооружений с относительной влажностью воздуха внутри помещения не более 80 %, защита от коррозии не требуется.

2.2 Принципы расчета по предельным состояниям

2.2.1 При расчете и проектировании элементов несущих строительных конструкций для кранов должны быть использованы принципы, изложенные в подразделе 3.3 СН РК EN 1990 и основанные на результатах испытаний, показавших достаточную вязкость

материала для применения упрощенных расчетных моделей.

2.3 Основные переменные

2.3.1 Нагрузки и воздействия

2.3.1.1 При расчете элементов конструкций, рассматриваемых в данном пособии, следует использовать понятия предельных расчетных значений и характеристических значений нагрузок (воздействий). Характеристические значения нагрузок на подкрановые конструкции должны определяться по СН РК EN 1991-3.

ПРИМЕЧАНИЕ 1 СН РК EN 1991-3 допускает определение нагрузок на несущие конструкции для кранов в соответствии с положениями, приведенными в EN 13001-1 и EN 13001-2, для облегчения обмена информацией с поставщиками кранов.

ПРИМЕЧАНИЕ 2 СН РК EN 1991-3 предоставляет различные методы для определения нагрузок на несущие конструкции для кранов в зависимости от доступности или недоступности полной информации о спецификации крана на момент расчета несущих конструкций для крана.

2.3.1.2 В соответствии с общепринятым подходом, расчетное значение F_d воздействия F определяется как:

$$F_d = \gamma_F F_{rep}, \quad (2.1)$$

где

$$F_{rep} = \psi F_k, \quad (2.2)$$

F_k – характеристическое значение воздействия;

F_{rep} – репрезентативное значение воздействия,

γ_F – частный коэффициент для нагрузок, который учитывает возможность неблагоприятных отклонений нагрузки или воздействия от его характерных (репрезентативных) значений;

$\psi = 1,00$ или ψ_0, ψ_1 или ψ_2 – коэффициенты к комбинационному значению переменного воздействия, к частному значению переменного воздействия, к квазипостоянному значению переменного воздействия.

2.3.1.3 Остальные воздействия на несущие строительные конструкции для кранов следует определять согласно СН РК EN 1991-1-1, СН РК EN 1991-1-2, СН РК EN 1991-1-4, СН РК EN 1991-1-5, СН РК EN 1991-1-6 или СН РК EN 1991-1-7.

2.3.1.4 Частные коэффициенты для воздействий следует принимать согласно Таблице 2.1 настоящего пособия, а правила сочетаний – согласно приложению А СН РК EN 1991-3.

2.3.1.5 Воздействия при производстве строительных работ следует определять согласно СН РК EN 1991-1-6.

2.3.1.6 Влияние осадок или приложенных деформаций следует принимать согласно Пунктам 2.3.1 (3) и (4) СН РК EN 1993-1-1.

2.3.2 Свойства материалов и изделий

2.3.2.1 В настоящем пособии рассматриваются несущие конструкции для кранов из сталей с характеристиками, указанными в СН РК EN 1993-1-1 и СН РК EN 1993-1-12.

ПРИМЕЧАНИЕ Для других марок сталей характеристики принимаются по данным поставщика, если это не противоречит вышеуказанным нормам.

2.3.2.2 Номинальные значения предела текучести f_y и временного сопротивления f_u для конструкционной стали принимаются равными:

- а) либо: $f_y = R_{eh}$ и $f_u = R_m$ непосредственно по стандарту на прокат;
- б) или по Таблице 3.1 настоящего пособия.

2.3.2.3 В данном пособии используются следующие обозначения прочностных характеристик металлопроката (независимо от направления прокатки):

- предел текучести f_y – номинальное (нормируемое) напряжение, соответствующее относительному удлинению стандартного образца 0,2% при испытании (см. Таблицу 3.1),
- временное сопротивление f_u – имеет традиционное значение, соответствующее величине предельного напряжения, воспринимаемого материалом перед разрушением. Номинальные значения временного сопротивления для различных сталей приведены в Таблице 3.1.

2.3.2.4 Для учета требований по ударной вязкости, сформулированных в СН РК EN 1993-1-1 следует использовать данные, приведенные в Таблице 3.1.

Следует отметить, что приведенные данные могут применяться и к конструкциям, проектируемым из нержавеющей стали, а также к сталям, которые по своему составу и механическим свойствам соответствуют одной из марок сталей, приведенных в таблице.

2.3.2.5 При использовании составного поперечного сечения в качестве значений прочностных характеристик стали следует применять показатели исходного проката, использованного для изготовления сечения (холоднокатаная полоса, горячекатаная полоса или горячекатаный лист), которые приведены в Таблице 3.1.

2.4 Проверки методом частных коэффициентов

2.4.1 Свойства материалов и их геометрические параметры, используемые при проектировании несущих строительных конструкции для крана, должны отвечать соответствующему стандарту ЕТАГ или ЕТА, если они не приведены в настоящем пособии.

2.4.2 Частные коэффициенты для проверки статического равновесия и подъема опорных строительных конструкций представлены в Таблице 2.1, (см. Таблицу А.1 приложения А СН РК EN 1991-3).

Таблица 2.1 – Рекомендуемые значения γ -коэффициентов

Нагрузки	Обозначение	Состояние	
		устойчивое/ переходное	временное
Постоянные воздействия крана			

неблагоприятные	$\gamma_{G\ sup}$	1,35	1,00
благоприятные	$\gamma_{G\ inf}$	1,00	1,00
Временные воздействия крана			
неблагоприятные	$\gamma_{Q\ sup}$	1,35	1,00
благоприятные:	$\gamma_{Q\ inf}$		
с краном		1,00	1,00
без крана		0,00	0,00
Другие временные воздействия			
неблагоприятные	γ_Q	1,50	1,00
благоприятные		0,00	0,00
Случайные воздействия	γ_a		1,00

2.5 Расчет на основе испытаний

2.5.1 Характеристические значения сопротивления R_k следует определять по приложению D СН РК EN 1990.

2.5.2 [2.5(2) СН РК EN1993-1-1] Для рекомендуемых видов постоянных значений частных коэффициентов для материала γ_{Mi} характеристические значения сопротивления R_k были определены по формуле:

$$R_k = R_d \gamma_{Mi}$$

где R_d – расчетное значение сопротивления, принимаемое согласно приложению D СН РК EN 1990;

γ_{Mi} – рекомендуемый частный коэффициенты для материалов.

ПРИМЕЧАНИЕ 1 Численные значения рекомендуемых частных коэффициентов для материала γ_{Mi} определены таким образом, чтобы квантиль R_k составлял приблизительно 5 % для бесконечного числа испытаний.

ПРИМЕЧАНИЕ 2 Характеристические значения усталостной прочности и значения частных коэффициентов γ_{Mi} в расчетах на выносливость – см. СН РК EN 1993-1-9.

ПРИМЕЧАНИЕ 3 Характеристические значения сопротивления элементов с учетом сопротивления хрупкому разрушению – см. СН РК EN 1993-1-10.

2.5.3 [2.5(3) СН РК EN1993-1-1] Характеристические значения несущей способности R_k изделий заводского изготовления должны быть определены по результатам испытаний по процедуре 2.5.2.

2.6 Зазоры для мостовых кранов

2.6.1 [2.6(1)] Зазоры между мостовыми кранами и несущими строительными конструкциями для кранов, а также габариты всех подходов к мостовым кранам для

водителей и обслуживающего персонала следует принимать согласно требованиям ISO/DIS 11660-5.

2.7 Балки для подвесных кранов и электроталей (тельферов)

2.7.1 [2.7.(1)] Для балок подвесных кранов и электроталей (тельферов), у которых передача колесных воздействий (нагрузок) осуществляется непосредственно на нижние полки двутавровых балок, необходима проверка предельного состояния по пригодности к эксплуатации. Проверку следует выполнять согласно указаниям подраздела 7.5.

2.7.2[2.7.(2)] Прочность таких полок следует проверять согласно указаниям подраздела 6.7.

2.8 Испытание кранов

2.8.1 Если выполняются испытания крана, то несущие конструкции для кранов необходимо проверить по предельным состояниям эксплуатационной пригодности согласно подразделу 7.5 СН РК EN 1993-6. При этом в качестве нагрузок принимаются соответствующие испытательные крановые нагрузки согласно подразделу 2.10 СН РК EN 1991-3:

а) динамическая испытательная нагрузка – нагрузка, принимаемая равной не менее 110% номинальной грузоподъемности крана;

б) статическая испытательная нагрузка – нагрузка, принимаемая равной не менее 125% номинальной грузоподъемности крана.

ПРИМЕЧАНИЕ Окончательные значения динамических и статических испытательных нагрузок принимаются в соответствии с действующими на территории РК Правилами изготовления и безопасной эксплуатации грузоподъемных кранов или аналогичных документов для других видов грузоподъемных механизмов.

2.8.2 Проверки предельных состояний по несущей способности согласно Разделу 6 должны быть выполнены при действии испытательных нагрузок, приложенных в соответствующих точках. При этом для нагрузок необходимо применять частный коэффициент для нагрузок $\gamma_{F,test} = 1,1$.

3 МАТЕРИАЛЫ

3.1 Общие положения

3.1.1 При выполнении расчетов номинальные значения прочностных параметров сталей, приведенные в данном разделе, следует принимать как характеристические (см. Пункт 3.1(1) СН РК EN 1993-1-1).

3.1.2 Стали для несущих строительных конструкций для кранов и их характеристики

следует принимать согласно Таблице 3.1 настоящего пособия.

ПРИМЕЧАНИЕ Для других марок сталей характеристики следует принимать по данным поставщика, если это не противоречит настоящим нормам.

Таблица 3.1 – Номинальные значения предела текучести f_y и временного сопротивления на растяжение f_u горячекатаной конструкционной стали

Стандарт и марка стали	Номинальная толщина элемента t , мм			
	$t \leq 40$		$40 < t \leq 80$	
	f_y , Н/мм ²	f_u , Н/мм ²	f_y , Н/мм ²	f_u , Н/мм ²
EN 10025-2				
S 235	235	360	215	360
S 275	275	430	255	410
S 355	355	510	335	470
S 450	440	550	410	550
EN 10025-3				
S 275 N/NL	275	390	255	370
S 355 N/NL	355	490	335	470
S 420 N/NL	420	520	390	520
S 460 N/NL	460	540	430	540
EN 10025-4				
S 275 M/ML	275	370	255	360
S 355 M/ML	355	470	335	450
S 420 M/ML	420	520	390	500
S 460 M/ML	460	540	430	530
EN 10025-5				
S 235 W	235	360	215	340
S 355 W	355	510	335	490
EN 10025-6				
S 460 Q/QL/QL1	460	570	440	550

Таблица 3.1 – Номинальные значения предела текучести f_y и временного сопротивления на растяжение f_u горячекатаной конструкционной стали
(продолжение)

Стандарт и марка стали	Номинальная толщина элемента t , мм			
	$t \leq 40$		$40 < t \leq 80$	
	f_y , Н/мм ²	f_u , Н/мм ²	f_y , Н/мм ²	f_u , Н/мм ²

EN 10210-1				
S 235 H	235	360	215	340
S 275 H	275	430	255	410
S 355 H	355	510	335	490
S 275 NH/NLH	275	390	255	370
S 355 NH/NLH	355	490	335	470
S 420 NH/NHL	420	540	390	520
S 460 NH/NLH	460	560	430	550
EN 10210-1				
S 235 H	235	360	215	340
S 275 H	275	430	255	410
S 355 H	355	510	335	490
S 275 NH/NLH	275	390	255	370
S 355 NH/NLH	355	490	335	470
S 420 NH/NHL	420	540	390	520
S 460 NH/NLH	460	560	430	550
EN 10219-1				
S 235 H	235	360		
S 275 H	275	430		
S 355 H	355	510		
S 275 NH/NLH	275	370		
S 355 NH/NLH	355	470		
S 460 NH/NLH	460	550		
S 275 MH/MLH	275	360		
S 355 MH/MLH	355	470		
S 420 MH/MLH	420	500		
S 460 MH/MLH	460	530		

3.2 Конструкционные стали

3.2.1 Свойства материалов

3.2.1.1 [3.2.1(1)] Свойства сталей следует принимать согласно указаниям Пункта 3.2.1 СН РК EN 1993-1-1.

3.2.2 Требования к вязкости

3.2.2.1 Марка стали, принятая при проектировании должна соответствовать минимальным требованиям по пластичности, которые включают (см. Пункт 3.2.2 СН РК EN 1993-1-1):

а) $f_u/f_y > 1,10$ – отношение минимального значения временного сопротивления на растяжение f_u к минимальному значению предела текучести f_y ;

б) относительное удлинение после разрыва образца стали длиной $5,65\sqrt{A_0}$ (где A_0 – площадь поперечного сечения образца до проведения испытаний) должно быть не менее 15 %;

в) предельное относительное удлинение ε_u , соответствующее временному сопротивлению f_u : $\varepsilon_u > 15\varepsilon_y$, где $\varepsilon_y = f_y/E$ – относительная деформация при достижении предела текучести (упругая деформация).

ПРИМЕЧАНИЕ Марка стали несущих строительных конструкций для кранов, принятая согласно Таблице 3.1 удовлетворяет требованиям Подпункта 3.2.2(1) СН РК EN1993-6.

3.2.3 Ударная вязкость

3.2.3.1 [3.2.3(1)] Сталь, принятая при проектировании, должна иметь достаточную ударную вязкость, чтобы исключить хрупкое разрушение растянутых элементов при максимально низкой рабочей температуре эксплуатации несущих конструкций крана в пределах расчетного срока службы.

3.2. 3.2 [3.2.3(2)] Если условия, приведенные в СН РК EN 1993-1-10, выполняются при максимально низкой рабочей температуре, то проверка прочности элемента с учетом хрупкого разрушения не требуется.

3.2.3.3[3.2.3(3)] Для сжатых элементов несущих конструкций для кранов минимальную ударную вязкость следует принимать по Таблице 3.1 СН РК EN 1993-1-10 при $\sigma_{Ed} = 0,25f_y(t)$.

3.2.4 Свойства в направлении толщины проката

3.2.4.1 Если необходимо применять сталь с улучшенными свойствами в направлении толщины прокатки согласно требованиям СН РК EN 1993-1-10 для предотвращения расслоения, то следует принимать марку стали, соответствующую требуемому значению величины Z по EN 10164. В наиболее неблагоприятных условиях находятся соединения балок к колоннам и опорные ребра балок.

ПРИМЕЧАНИЕ 1 Расслоение – это вызванный сваркой дефект в материале, который, как правило, обнаруживается лишь при ультразвуковой дефектоскопии. Основной риск расслоения наблюдается у крестообразных, Т-образных и угловых соединений, а также у сварных швов с полным проваром (примеры расслоения стальных листов приведены на Рисунке 3.1).

ПРИМЕЧАНИЕ 2 Руководство по способам предотвращения расслаивания при сварке – см.

3.2.4.2 Следует принимать класс качества 1 для несущих подкрановых конструкций, (см. Таблица 3.1 СН РК EN 1993-1-10).

3.2. 4.3 Расслоением можно пренебречь при выполнении следующего условия, Таблица 3.2:

$$Z_{Ed} \leq Z_{Rd}, \quad (3.1)$$

где Z_{Ed} – требуемое расчетное значение величины Z , определяемое деформациями усадки металла под наплавленным валиком сварного шва;

Z_{Rd} – нормируемое расчетное значение величины Z для материала в соответствии с EN 10164, т. е. Z15, Z25 или Z35.



Рисунок 3.1 – Расслаивание стальных листов

Таблица 3.2 - Выбор класса качества согласно EN 10164

Требуемое значение Z_{Ed} согласно EN 1993-1-10	Нормируемое значение Z_{Rd} согласно EN 10164
≤ 10	-
от 11 до 20	Z 15
от 21 до 30	Z 25
> 30	Z 35

3.2.4.4 Требуемое расчетное значение Z_{Ed} можно определить по Формуле (3.2):

$$Z_{Ed} = Z_a + Z_b + Z_c + Z_d + Z_e, \quad (3.2)$$

где Z_a, Z_b, Z_c, Z_d , и Z_e принимаются по Таблице 3.3.

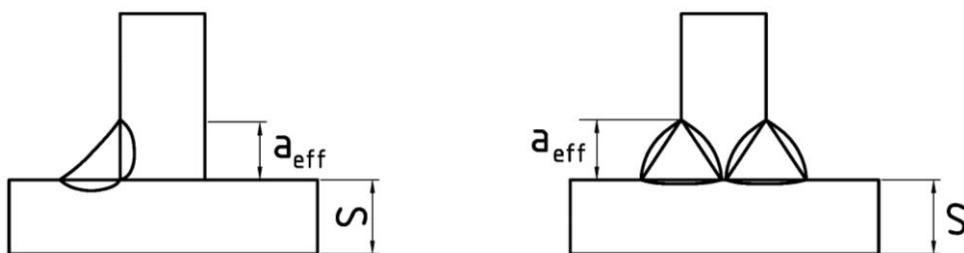


Рисунок 3.2 – Эффективный катет сварного шва a_{eff} для усадки

Таблица 3.3 – Критерии, влияющие на расчетное значение Z_{Ed}

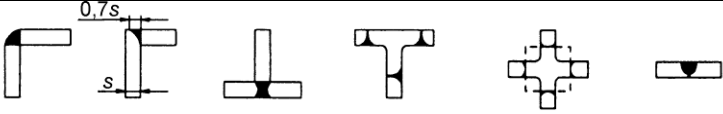
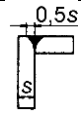
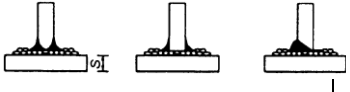

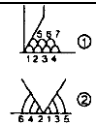
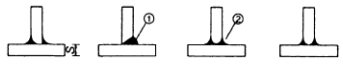
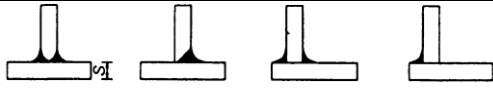
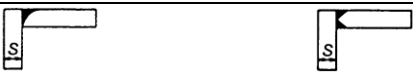
Расчетный критерий	Эффективный катет шва a_{eff} Рисунок 3.2	Размер толщины a угловых швов	Z_i
Высота сварного шва, создающая растяжение от усадки металла	$a_{eff} \leq 7$ мм	$a = 5$ мм	$Z_a=0$
	$7 < a_{eff} \leq 10$ мм	$a = 7$ мм	$Z_a=3$
	$10 < a_{eff} \leq 20$ мм	$a = 14$ мм	$Z_a=6$
	$20 < a_{eff} \leq 30$ мм	$a = 21$ мм	$Z_a=9$
	$30 < a_{eff} \leq 40$ мм	$a = 28$ мм	$Z_a=12$
	$40 < a_{eff} \leq 50$ мм	$a = 35$ мм	$Z_a=15$
	$50 < a_{eff}$	$a > 35$ мм	$Z_a=15$
Форма и положение сварных швов в Т-образных, крестообразных и угловых соединениях			$Z_b = -25$
	Угловые соединения		$Z_b = -10$
	Однослойные угловые швы $Z_a = 0$ или угловые швы с $Z_a > 1$ с наплавленным металлом низкой прочности		$Z_b = -5$
	Многослойные угловые швы		$Z_b = 0$
	При соответствующей последовательности сварки, чтобы уменьшить воздействие усадки		$Z_b = 3$
	Швы с частичным и полным проплавлением		
	Швы с частичным и полным проплавлением		$Z_b = 5$
	Угловые соединения		$Z_b = 8$
Влияние толщины материала s на сдерживание усадки	$s \leq 10$ мм		$Z_c = 2^*$
	$10 < s \leq 20$ мм		$Z_c = 4^*$
	$20 < s \leq 30$ мм		$Z_c = 6^*$
	$30 < s \leq 40$ мм		$Z_c = 8^*$
	$40 < s \leq 50$ мм		$Z_c = 10^*$
	$50 < s \leq 60$ мм		$Z_c = 12^*$
	$60 < s \leq 70$ мм		$Z_c = 15^*$
	$70 < s$		$Z_c = 15^*$

Таблица 3.3 – Критерии, влияющие на расчетное значение Z_{Ed}
(продолжение)

Расчетный критерий	Эффективный катет шва a_{eff} Рисунок 3.2	Размер толщины a угловых швов	Z_i
Отдаленное сдерживание усадки другими частями конструкции и после сварки	Низкое сдерживание: свободная усадка возможна (например, Т-соединения)		$Z_d=0$
	Среднее сдерживание: свободная усадка ограничена (например, диафрагмы в коробчатых сечениях)		$Z_d=3$
	Высокое сдерживание: свободная усадка невозможна (например, продольные балки в ортотропных плитах)		$Z_d=5$
Влияние предварительного нагрева	без нагрева		$Z_e=0$
	предварительный нагрев $\geq 100\text{ }^{\circ}\text{C}$		$Z_e=8$

ПРИМЕЧАНИЕ Может быть уменьшено на 50 % для напряженного материала, в направлении толщины проката сжатием из-за преимущественно статических нагрузок.

3.2.5 Допуски

3.2.5.1 [3.2.5(1)] Допуски по массе и размерам прокатных профилей, профилей замкнутого сечения и листового проката должны соответствовать стандартам на продукцию, ЕТАГ или ЕТА, если не установлены более жесткие допуски при проектировании несущих строительных конструкций для кранов.

3.2.5.2 [3.2.5(2)] Допуски для сварных элементов следует принимать согласно рекомендациям EN 1090.

3.2.5.3 [3.2.5(2)] При выполнении расчетов несущих строительных конструкций для кранов следует применять номинальные значения геометрических размеров.

3.2.6 Расчетные значения физических характеристик материалов

3.2.6.1 [3.2.6(1) СН РК EN1993-1-1] Для конструкционных сталей, применяемых при расчете несущих строительных конструкций для кранов, физические характеристики материалов имеют значения (Пункт 3.2.6(1) СН РК EN 1993-1-1):

– модуль упругости $E = 210\,000\text{ Н/мм}^2$;

– модуль сдвига $G = \frac{E}{2 \cdot (1 + \nu)} \approx 81000\text{ Н/мм}^2$;

– коэффициент Пуассона в упругой стадии $\nu = 0,3$;

– коэффициент линейного термического расширения $\alpha = 12 \cdot 10^{-6} \cdot \text{K}^{-1}$ (при $T < 100^{\circ}\text{C}$).

3.3 Нержавеющие стали

3.3.1 [3.3(1)] Условия применения и требования к нержавеющей сталям приведены в СН РК EN 1993-1-4.

3.4 Крепежные элементы и сварные швы

3.4.1 [3.3.1(1) СН РК EN 1993-1-1] Требования к элементам болтовых соединений приводятся в СН РК EN 1993-1-8.

3.4.2 [3.3.2(1) СН РК EN 1993-1-1] Требования к материалам для сварных соединений приводятся в СН РК EN 1993-1-8.

3.5 [3.5] Опорные элементы

3.5.1 Опорные элементы несущих конструкций для кранов должны соответствовать требованиям EN 1337.

3.6 Другие изделия для подкрановых конструкций

3.6.1 Общие положения

3.6.1.1 [3.6.1(1)] Любое частично или полностью готовое конструкционное изделие, используемое в расчете несущей конструкции для крана, должно отвечать требованиям соответствующего стандарта EN на изделие или ETAG или ETA.

3.6.2 Рельсовые стали

3.6.2.1 Подкрановые и железнодорожные рельсы специального назначения должны быть изготовлены из специальных рельсовых сталей, с заданным минимальным значением временного сопротивления при растяжении в пределах от 500 до 1200 Н/мм².

3.6.2.2 Прокат прямоугольного и других поперечных профилей, используемый в качестве рельсов, может также изготавливаться из конструкционных сталей согласно Таблицы 3.1.

3.6.3 Специальные соединительные элементы для рельсов

3.6.3.1 Соединительные элементы для рельсов и устройства крепления рельсов к несущим строительным конструкциям для кранов, в том числе специальные крепежные изделия и эластичные опорные подкладки, должны быть пригодны для использования согласно соответствующим спецификациям на изделия.

ПРИМЕЧАНИЕ В случае отсутствия соответствующих спецификаций на специальные соединительные устройства в соответствии со стандартами EN на изделия могут применяться национальные стандарты на данные изделия.

4 ДОЛГОВЕЧНОСТЬ

4.1 Данный раздел настоящего пособия дополняет основные положения СН РК EN 1990 и СН РК EN 1993-1-1 по обеспечению долговечности стальных конструкций.

ПРИМЕЧАНИЕ Долговечность – способность стальной конструкций или ее элемента сохранять свою работоспособность на протяжении всего проектного срока эксплуатации при соответствующем уровне технического обслуживания.

4.2 Обеспечение долговечности несущих конструкций для кранов базируется на положениях Пункта 2.4 СН РК EN 1990.

4.3 Расчетный срок эксплуатации стальных конструкций определяется классом расчетного срока эксплуатации, который определяется по Таблице 4.1 настоящего пособия.

Таблица 4.1 – Классификация расчетных сроков эксплуатации

Класс расчетного срока эксплуатации	Расчетный срок эксплуатации (в годах)	Примеры
1	10	Временные сооружения ¹⁾
2	От 10 до 25	Заменяемые конструкции, например, подкрановые балки, опоры
3	От 15 до 30	Сельскохозяйственные сооружения и аналогичные им
4	50	Здания и другие обычные сооружения
5	100	Монументальные здания, мосты и другие инженерные сооружения
¹⁾ Сооружения или конструкции, демонтируемые с целью повторного использования, не должны рассматриваться как несущие конструкции с ограниченным временем эксплуатации.		

4.4 Изготовление, монтаж несущих конструкций для кранов и их защитная обработка должна соответствовать требованиям EN 1090.

4.5 Оценка усталостной прочности несущих конструкций для кранов выполняется согласно разделу 9 настоящего пособия.

4.6 Если крановые рельсы включаются в состав сечения подкрановой балки, необходимо учитывать соответствующие допуски на износ при определении свойств составного поперечного сечения (см. Пункт 5.6.2 настоящего пособия).

4.7 В случае возникновения нагрузок, вызванных осадкой основания, или сейсмической активностью территории, или приложенными деформациями, расчетные допуски для вертикальных и горизонтальных деформаций должны быть согласованы с поставщиком кранов и включены в планы проверок и технического обслуживания.

4.8 Ожидаемые значения деформаций от воздействий, п.4.7, должны быть учтены при конструировании соединений для обеспечения возможности выполнения рихтовки.

4.9 Конструктивные элементы (компенсаторы, крановые рельсы и их крепления, эластичные подкладки и тормозные соединения), не имеющие достаточной степени надежности для работы в течение всего проектного срока службы несущих конструкций для кранов, должны быть заменяемыми при достижении предельно допустимого износа.

5 РАСЧЕТ КОНСТРУКЦИЙ

5.1 Моделирование конструкций для расчета

5.1.1 Моделирование конструкций и основные допущения

5.1.1.1 [5.1.1(1) СН РК EN1993-1-1] Расчетные модели несущих конструкций для кранов должны соответствовать рассматриваемому предельному состоянию.

5.1.1.2 [5.1.1(2) СН РК EN1993-1-1] Расчетная модель и основные допущения при расчетах должны соответствовать работе конструкции в определенном предельном состоянии с необходимой точностью и принятым типам работы поперечных сечений, элементов, соединений и опор.

5.1.1.3 [5.1.1(3) СН РК EN1993-1-1] Метод, используемый при расчете конструкции, должен быть взаимно согласован с расчетными предпосылками.

5.1.1.4 Расчетная модель и основные допущения также должны учитывать эффект сдвигового запаздывания и потерю устойчивости плоских элементов сечения (см. раздел 3 СН РК EN 1993-1-5).

ПРИМЕЧАНИЕ Термин «запаздывание сдвига» или «сдвиговое запаздывание» (shear lag) означает неравномерное распределение нормальных напряжений по ширине поясов балок с уменьшением значений напряжений к краям поясов.

5.1.2 Моделирование соединений

5.1.2.1 [5.1.2(2) СН РК EN1993-1-1] Влиянием деформаций соединений на распределение внутренних сил и моментов в конструкции и на суммарные деформации конструкции в общем случае можно пренебречь, но если такое влияние существенно (как в случае полужестких соединений), то оно должно быть учтено при расчете.

5.1.2.2 [5.1.2(2) СН РК EN1993-1-1] Чтобы установить, должно ли учитываться влияние деформаций узлов при расчете, различают следующие три типа узлов:

- простой, в котором узел не передает изгибающие моменты;
- жесткий, в котором деформации узла не оказывают влияния на результаты расчета;
- полужесткий, в котором деформации узла должны быть приняты во внимание при расчете.

5.1.2.3 [5.1.2(3) СН РК EN1993-1-1] Требования, предъявляемые к соединениям различного типа, приведены в СН РК EN 1993-1-8.

5.1.2.4 [5.1.2(2)] Моделирование соединений, в которых возможно возникновение

усталости, должно обеспечивать достаточную усталостную долговечность, определяемую в соответствии с СН РК EN 1993-1-9.

ПРИМЕЧАНИЕ В несущих конструкциях для кранов болты, работающие на срез и воспринимающие знакопеременные нагрузки, должны быть или плотно установленными болтами (без зазоров), или высокопрочными болтами с предварительным натяжением для обеспечения отсутствия сдвига между соединяемыми элементами (Категория С в СН РК EN 1993-1-8).

5.1.3 Взаимодействие конструкций и опор

5.1.3.1 Влияние деформаций опор несущих конструкций для кранов на внутренние усилия следует учитывать в необходимых случаях (например, при расчете неразрезных подкрановых балок).

ПРИМЕЧАНИЕ Методики расчета влияния деформаций основания на конструкции приводятся в СН РК EN 1997-1.

5.2 Статический расчет

5.2.1 Учет деформированной схемы конструкции

5.2.1.1 [5.2.1(1) СН РК EN1993-1-1] Усилия в несущих строительных конструкциях для кранов (поперечная сила и изгибающий момент) могут определяться следующими способами:

а) расчет по теории первого порядка, использующий начальную геометрию конструкции;

б) расчет по теории второго порядка, учитывающий влияние деформаций конструкции.

5.2.1.2 [5.2.1(2) СН РК EN1993-1-1] Влияние деформированной схемы (расчет по теории второго порядка) следует учитывать в случае, если это значительно увеличивает усилия в поперечном сечении или значительно изменяет работу конструкции.

5.2.1.3 [5.2.1(3) СН РК EN1993-1-1] Расчет по теории первого порядка может применяться для конструкции в том случае, если изменения внутренних усилий, вызванные деформациями конструкции, незначительны и ими можно пренебречь. Данное условие считается выполненным, если соблюдается следующий критерий:

$$\alpha_{cr} = \frac{F_{cr}}{F_{Ed}} \geq 10 \text{ — при расчете в упругой стадии,}$$
$$\alpha_{cr} = \frac{F_{cr}}{F_{Ed}} \geq 15 \text{ — при расчете в пластической стадии}$$
(5.1)

где α_{cr} - коэффициент увеличения расчетной нагрузки, при котором будет достигнуто состояние общей упругой неустойчивости (коэффициент запаса);

F_{Ed} – расчетная нагрузка (воздействие) на конструкцию;

F_{cr} – критическая нагрузка при потере общей устойчивости в упругой стадии, определенная на основе начальной упругой жесткости.

ПРИМЕЧАНИЕ Более высокое значение α_{cr} принято для расчета в пластической стадии, поскольку на работу конструкции могут оказывать значительное влияние нелинейные свойства материалов в критическом предельном состоянии (например, при формировании пластических шарниров в раме с перераспределением моментов или при возникновении значительных нелинейных деформаций от полужестких соединений).

5.2.2 Устойчивость каркаса

5.2.2.1 При статическом расчете устойчивости каркасных конструкций необходимо руководствоваться указаниями Пункта 5.2.2 СН РК EN 1993-1-1.

5.3 Несовершенства

5.3.1 Основные положения

5.3.1.1 [5.3.1(1) СН РК EN1993-1-1] Соответствующие значения параметров несовершенств, таких как: остаточные напряжения, геометрические несовершенства в виде отклонения от вертикали и прямолинейности, отсутствие пригонки, эксцентриситеты, должны быть учтены в расчетной схеме, если они превышают допуски на изготовление, установленные в EN 1090-2.

5.3.1.2 [5.3.1(2) СН РК EN1993-1-1] Эквивалентные геометрические несовершенства (см. Пункты 5.3.2 и 5.3.3) необходимо принимать со значениями, отражающими возможное влияние всех типов несовершенств, за исключением тех, которые включены в формулы проверки прочности элемента согласно Пункту 5.3.4.

5.3.1.3 [5.3.1(3) СН РК EN1993-1-1] При расчетах несущих конструкций следует учитывать как общие несовершенства рам и систем связей, так и местные несовершенства отдельных элементов.

5.3.2 Несовершенства для статического расчета рам

5.3.2.1 Несовершенства рам, которые необходимо учитывать в статическом расчете, приводятся в Пункте 5.3.2 СН РК EN 1993-1-1.

5.3.2.2 Отклонения рам каркасов здания при статическом расчете несущих конструкций для кранов не должны учитываться совместно с эксцентриситетом приложения вертикальной нагрузки от колеса крана $e_y = 0,25b_r$, Рисунок 5.5, где b_r – ширина головки рельса (см. Пункт 2.5.2.1 (2) СН РК EN 1991-3)

5.3.3 Несовершенства при расчете связевых систем

5.3.3.1 При расчете горизонтальных тормозных ферм или других сжатых элементов, обеспечивающих устойчивость подкрановых балок из плоскости, несовершенства учитываются посредством введения эквивалентного геометрического искривления балки, определяемого по Формуле (5.12) СН РК EN 1993-1-1:

$$e_0 = \frac{\alpha_m L}{500} \quad (5.1a)$$

где L – геометрическая длина элемента связей;

$$\alpha_m = \sqrt{0,5 \cdot \left(1 + \frac{1}{m}\right)} - \text{коэффициент};$$

$m = 1$ или 2 – количество закрепляемых (раскрепленных) элементов.

5.3.3.2 Геометрические отклонения можно заменить эквивалентными горизонтальными силами, которые определяются по указаниям Пункта 5.3.3 (2) СН РК EN 1993-1-1.

5.3.4 Несовершенства в элементах конструкций

5.3.4.1 [5.3.4(1) СН РК EN1993-1-1] Местные искривления учитываются в формулах проверок устойчивости, которые выполняются согласно подразделу 6.3 СН РК EN 1993-1-1.

5.3.4.2 Несовершенства элементов не должны учитываться совместно с эксцентриситетом от колеса крана, Пункт 5.3.2.2.

5.4 Методы расчета

5.4.1 Общие положения

5.4.1.1 Усилия и изгибающие моменты могут определяться путем выполнения статического расчета как в упругой стадии работы, так и в пластической стадии с учетом образования пластических шарниров.

5.4.1.2 При определении усилий и изгибающих моментов необходимо руководствоваться указаниями Пункта 5.4.1 СН РК EN 1993-1-1.

5.4.1.3 Несущие строительные конструкции для кранов, для которых усталость является главным фактором разрушения, рекомендуется рассчитывать в упругой стадии. Если используется расчет в пластической стадии для выполнения проверок предельных состояний по несущей способности, необходимо также выполнить проверку по предельным состояниям эксплуатационной пригодности согласно указаниям подраздела 7.5.

5.4.2 Статический расчет в упругой стадии

5.4.2.1 Статический расчет конструкций в упругой стадии следует выполнять согласно указаниям Пункта 5.4.2 СН РК EN 1993-1-1.

5.4.3 Статический расчет по пластической стадии

5.4.3.1 Статический расчет по пластической стадии (с учетом развития пластических шарниров) учитывает влияние физической нелинейности работы материала на

распределение усилий в конструктивной системе. Расчет необходимо выполнять согласно указаниям Пункта 5.4.3 и подраздела 5.6 СН РК EN 1993-1-1.

5.5 Классификация поперечных сечений

5.5.1 [5.5.2(1) СН РК EN1993-1-1] Различают четыре класса поперечных сечений:

- поперечные сечения класса 1 – сечения, в которых может образоваться шарнир пластичности, при этом в шарнире допускается поворот сечений на угол, требуемый для пластического расчета и перераспределения усилий без снижения несущей способности;
- поперечные сечения класса 2 – сечения, в которых могут развиваться пластические деформации, но с ограниченным углом поворота вследствие потери местной устойчивости элементов сечения;
- поперечные сечения класса 3 – сечения, в которых напряжение в крайних сжатых волокнах сечения при упругом распределении напряжений может достигнуть предела текучести, но потеря местной устойчивости препятствует развитию пластических деформаций;
- поперечные сечения класса 4 – сечения, в которых потеря местной устойчивости наступает до достижения предела текучести в одной или более зонах поперечного сечения.

ПРИМЕЧАНИЕ Возможность поворота соседних сечений в пластическом шарнире друг относительно друга без разрушения элементов вследствие разрывов или потери устойчивости называется вращательной (деформационной) способностью (rotation capacity).

5.5.2 Классификация стенок и полок балок приводится в Таблице 5.2 СН РК EN 1993-1-1. Классификация всего поперечного сечения на основании классификации элементов выполняется согласно указаниям Пункта 5.5.2 СН РК EN 1993-1-1.

5.6 Подкрановые балки

5.6.1 Усилия от крановых нагрузок

5.6.1.1 При расчете подкрановых балок необходимо учитывать следующие усилия, возникающие от крановых нагрузок:

- изгиб в двух плоскостях от вертикальных и поперечных (боковых) горизонтальных нагрузок;
- сжатие или растяжение от горизонтальной продольной нагрузки;
- кручение от эксцентриситета поперечных горизонтальных нагрузок относительно центра изгиба балки;
- поперечные силы от вертикальных и боковых горизонтальных нагрузок.

5.6.1.2 Необходимо учитывать локальные нагрузки от колес крана.

5.6.2 Конструктивная система

5.6.2.1 В случае жесткого крепления кранового рельса к верхней полке подкрановой балки с помощью плотно посаженных или высокопрочных болтов категории С (см. Пункт 3.4.1 СН РК EN 1993-1-8) или с помощью сварки, крановый рельс включается в поперечное сечение балки. Данные соединения должны воспринимать продольные сдвигающие усилия от изгиба вследствие вертикальных и горизонтальных нагрузок, а также усилия от продольных горизонтальных крановых нагрузок.

5.6.2.2 Для учета вертикального износа головки кранового рельса общую номинальную высоту рельса при определении геометрических характеристик поперечного сечения необходимо уменьшить на 25 % от минимальной номинальной толщины t_r головки рельса, если нет другой информации в плане (регламенте) технического обслуживания. Обозначения минимальных номинальных толщин головки для различных типов крановых рельсов представлены на Рисунке 5.1.

5.6.2.3 При оценке усталостной прочности в качестве расчетного уменьшения сечения рельса принимается 50 % от износа, определенного по Пункту 5.6.2.2 настоящего пособия.

5.6.2.4 Во всех случаях, за исключением подкрановых конструкций коробчатого поперечного сечения, крановые нагрузки воспринимаются следующим образом:

- а) вертикальные нагрузки от колес крана воспринимает подкрановая балка в целом;
- б) боковые нагрузки от мостовых кранов воспринимает верхняя полка балки или тормозная балка (при ее наличии);
- в) боковые нагрузки от подвесных кранов или электроталей воспринимает нижняя полка балки;
- г) крутящий момент воспринимается в виде пары сил, действующих горизонтально на нижнюю и верхнюю полку балки.

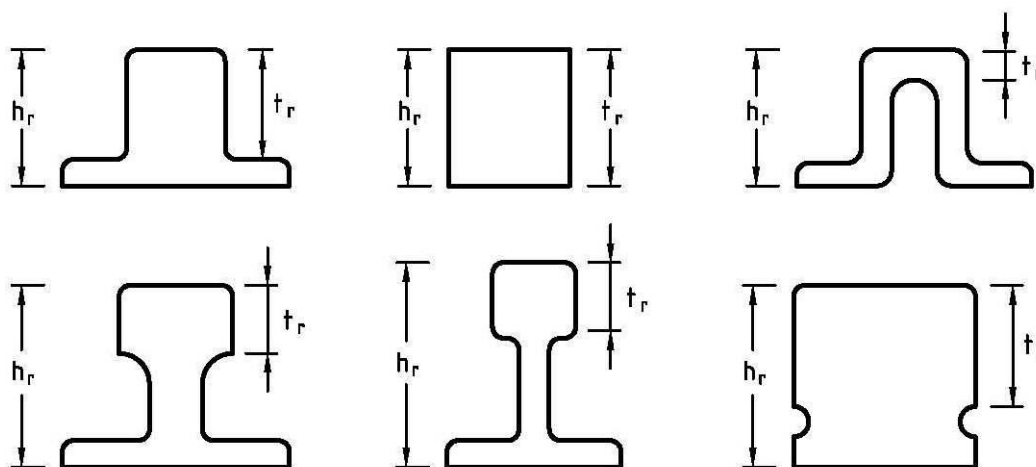


Рисунок 5.1 – Минимальная толщина t_r ниже подвергаемой износу поверхности кранового рельса

5.6.2.5 Внутренние усилия от кручения также могут определяться согласно указаниям Пункта 6.2.7 СН РК EN 1993-1-1.

5.6.2.6 Ветровые нагрузки F_w и боковые горизонтальные крановые нагрузки $H_{T,3}$ от

торможения или ускорения грузовой тележки крана распределяются между подкрановыми балками, расположенными с обеих сторон крана, пропорционально их боковой жесткости при использовании двухребордных колес. В случае применения на кране направляющих роликов данные усилия прикладываются к балкам с одной стороны моста крана.

5.7 Локальные напряжения в стенке от давления колеса крана на верхнюю полку балки

5.7.1 Локальные вертикальные сжимающие нормальные напряжения

5.7.1.1 [5.7.1(1)] Локальные сжимающие нормальные напряжения $\sigma_{oz,Ed}$ в верхней зоне стенки балки от местного давления колеса крана на верхнюю полку, (см. Рисунок 5.2), определяются по Формуле (5.1с):

$$\sigma_{oz,Ed} = \frac{F_{z,Ed}}{l_{eff} \cdot t_w} \quad (5.1с)$$

где $F_{z,Ed}$ – расчетное значение сосредоточенной нагрузки от колеса крана;

l_{eff} - расчетная длина приложения нагрузки;

t_w - толщина листа стенки балки.

5.7.1.2 Расчетная длина приложения нагрузки l_{eff} , по которой принимается равномерное распределение локальных нормальных напряжений $\sigma_{oz,Ed}$, определяется по Таблице 5.1 в зависимости от способа крепления кранового рельса к балке. При расчете необходимо учитывать износ кранового рельса согласно указаниям Пункта 5.6.2.2 и Пункта 5.6.2.3.

5.7.1.3 Если расстояний x_w между центрами соседних колес крана составляет менее l_{eff} , локальные напряжения от обоих колес суммируются. Аналогично, напряжения суммируются в случае минимального расстояния между центрами смежных колес двух кранов при их максимальном сближении.

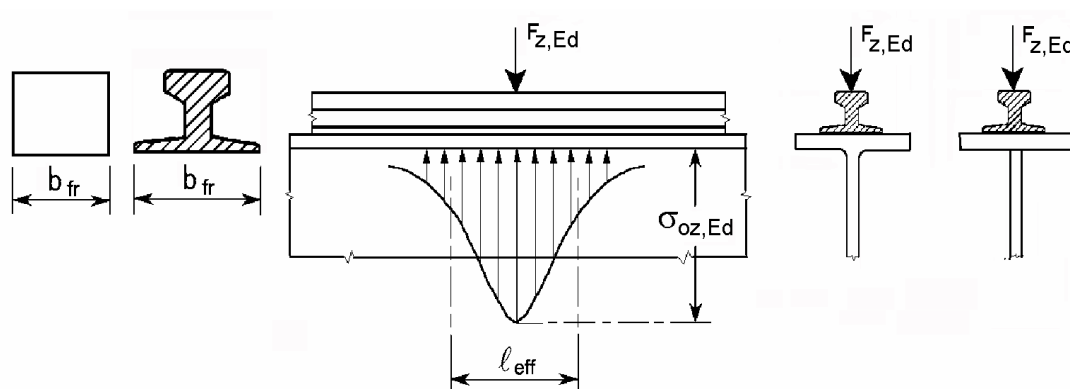


Рисунок 5.2 – Расчетная длина приложения нагрузки l_{eff}

5.7.1.4 [5.7.1(4)] Локальные нормальные напряжения $\sigma_{oz,Ed}$ на других уровнях стенки балки определяются в предположении дальнейшего распространения напряжений от каждого колеса под углом 45° от краев расчетной длины распределения нагрузки l_{eff}

на нижней стороне верхней полки, (см. Рисунок 5.3). Если общая длина распределения нагрузки на данном уровне превышает расстояние x_w между смежными колесами, локальные напряжения от обоих колес суммируются.

5.7.1.5 [5.7.1(5)] Удаленные от опор локальные нормальные напряжения $\sigma_{oz,Ed}$ определяются путем умножения этой длины на коэффициент ослабления:

$$l_{eff}(1 - 2\frac{z}{h_w}), \quad (5.1 d)$$

где h_w – высота стенки балки;

z – расстояние от нижней стороны верхней полки балки, (см. Рисунок 5.3).

5.7.1.6 Вблизи опор (без опорных ребер на стенке) следует определять локальные вертикальные нормальные напряжения от передачи опорной реакции на стенку балки и принимать наибольшее значение напряжений $\sigma_{oz,Ed}$.

Таблица 5.1 – Расчетная длина приложения нагрузки l_{eff}

Случай	Описание	Расчетная длина приложения нагрузки l_{eff}
(a)	Крановый рельс жестко (неподвижно) соединен с полкой балки	$l_{eff} = 3,25[I_{rf}/t_w]^{1/3}$
(b)	Крановый рельс не жестко (подвижно) соединен с полкой балки	$l_{eff} = 3,25[(I_r + I_{f,eff})/t_w]^{1/3}$
(c)	Крановый рельс установлен поверх упруго эластомерной подкладки толщиной не менее 6 мм	$l_{eff} = 4,25[(I_r + I_{f,eff})/t_w]^{1/3}$

ПРИМЕЧАНИЕ 1 В таблице:

$I_{f,eff}$ – момент инерции верхней полки балки с эффективной шириной b_{eff} относительно ее горизонтальной центральной оси;

I_r – момент инерции кранового рельса относительно горизонтальной центральной оси;

I_{rf} – момент инерции составного поперечного сечения, включающего рельс и полку балки с эффективной шириной b_{eff} , относительно горизонтальной центральной оси составного сечения;

t_w – толщина стенки балки;

$b_{eff} = b_{fr} + h_r + t_f$, причем $b_{eff} \leq b$,

где b – общая ширина верхней полки балки;

b_{fr} – ширина подошвы рельса, (см. Рисунок 5.2);

h_r – высота рельса, (см. Рисунок 5.1);

t_f – толщина полки балки.

ПРИМЕЧАНИЕ 2 Допуски на износ кранового рельса (Пункты 5.6.2.2 и 5.6.2.3) необходимо учесть при определении значений I_r , I_{rf} и h_r .

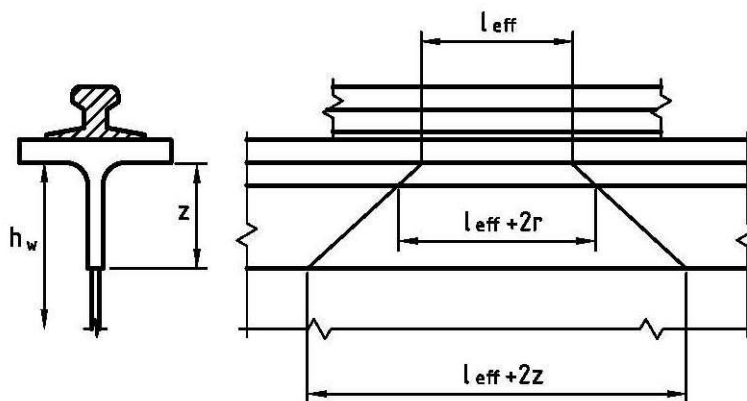


Рисунок 5.3 – Распространение напряжений под углом 45° от углов расчетной длины l_{eff}

5.7.2 Локальные касательные напряжения

5.7.2.1 Максимальное значение локальных касательных напряжений $\tau_{oxz,Ed}$ от колеса крана следует принимать равным 20 % от локальных нормальных напряжений $\sigma_{oz,Ed}$ на данном уровне в стенке балки.

5.7.2.2 Локальные касательные напряжения $\tau_{oxz,Ed}$ в любой точке следует прибавлять к основным касательным напряжениям от той же нагрузки, (см. Рисунок 5.4). Локальные касательные напряжения $\tau_{oxz,Ed}$ допускается не учитывать на уровнях стенки балки ниже $z = 0,2h_w$, где h_w и z определены в Пункте 5.7.1.5.

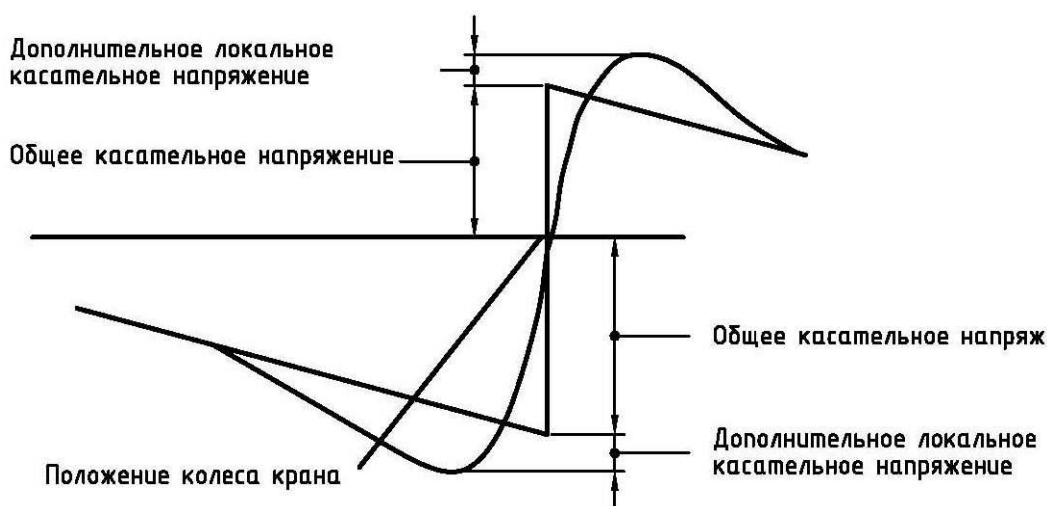


Рисунок 5.4 – Локальные и основные касательные напряжения от колесной нагрузки

5.7.3 Локальные нормальные напряжения в стенке балки от эксцентриситета приложения колесных нагрузок

5.7.3.1 Нормальные изгибающие напряжения $\sigma_{T,Ed}$ возникающие от действия

крутящего момента, в стенке балки с ребрами жесткости определяются по Формуле (5.2):

$$\sigma_{T,Ed} = \frac{6T_{Ed}}{a \cdot t_w^2} \eta \cdot th(\eta) \quad (5.2)$$

при

$$\eta = \left[\frac{0,75a \cdot t_w^3}{I_t} \cdot \frac{\sin^2(\pi h_w/a)}{\sin(2\pi h_w/a) - 2\pi h_w/a} \right]^{0,5} \quad (5.3)$$

где a – расстояние между поперечными ребрами жесткости стенки балки;

h_w – высота стенки балки между полками;

I_t – момент инерции кручения полки балки (включая рельс, если он жестко прикреплен к полке).

5.7.3.2 Крутящий момент T_{Ed} , вызванный эксцентриситетом e_y приложения нагрузки от колеса крана $F_{z,Ed}$, (см. Рисунок 5.5), определяется по Формуле (5.4):

$$T_{Ed} = F_{z,Ed} e_y \quad (5.4)$$

где e_y – эксцентриситет приложения вертикальной нагрузки от колеса крана (Пункт 5.3.2.2), значение эксцентриситета не должно превышать $0,5t_w$;

t_w – толщина стенки.

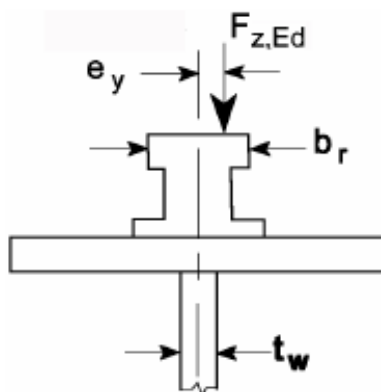


Рисунок 5.5 – Кручение верхней полки балки

5.8 Локальные нормальные напряжения в нижней полке балки от колес подвесных кранов

5.8.1 Данный метод может быть использован для определения нормальных локальных напряжений в нижней полке разрезной балки от действия колесных нагрузок подвесного крана на нижнюю полку балки кранового пути.

5.8.2 [5.8(2)] Нормальные изгибающие напряжения от колесных нагрузок, приложенных на расстоянии более b от края балки, где b – ширина полки, определяются в трех точках, указанных на Рисунке 5.6:

- точка 0 – точка перехода от стенки балки к полке;
- точка 1 – точка, расположенная на вертикальной оси нагрузки от колеса крана;
- точка 2 – свободная кромка нижней полки балки.

5.8.3 Если расстояние x_w между соседними колесными нагрузками больше или равно $1,5b$ (b – ширина нижней полки балки), то локальные продольные $\sigma_{ox,Ed}$ и поперечные $\sigma_{oy,Ed}$ нормальные изгибающие напряжения в нижней полке от действия

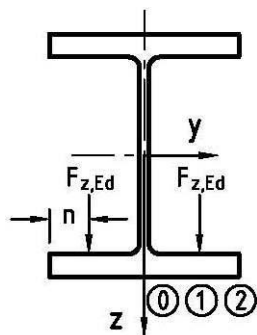
колесных нагрузок при расстоянии более b от края балки определяются по Формулам (5.5) и (5.6):

$$\sigma_{ox,Ed} = c_x F_{z,Ed} / t_1^2 \quad (5.5)$$

$$\sigma_{oy,Ed} = c_y F_{z,Ed} / t_1^2 \quad (5.6)$$

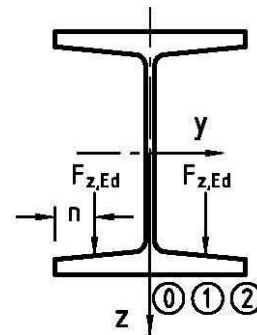
где $F_{z,Ed}$ – вертикальная расчетная нагрузка от колеса крана;

t_1 – толщина полки балки в точке 1, Пункт 5.8.2.



двутавровая балка

с параллельными гранями полок



двутавровая балка

с уклоном внутренних граней полок

Рисунок 5.6 – Точки определения напряжений, вызываемых колесными нагрузками

5.8.4 [5.8(4)] Коэффициенты c_x и c_y для продольных и поперечных нормальных напряжений в трех точках 0, 1 и 2, показанных на Рисунке 5.6, определяются по Таблице 5.2 в зависимости от типа балок (с уклоном внутренней грани полки или с параллельными гранями) и значения коэффициента μ , определяемого по Формуле (5.7):

$$\mu = 2n / (b - t_w) \quad (5.7)$$

где n – расстояние от оси приложения нагрузки до свободной кромки нижней полки балки;

t_w – толщина стенки балки.

Таблица 5.2 – Коэффициенты c_{xi} и c_{yi} для расчета напряжений в точках $i = 0, 1$ и 2

Напряжения	Балка с параллельными гранями полок	Балка с уклоном внутренних граней полки (см. примечание)
Продольные нормальные напряжения $\sigma_{ox,Ed}$	$c_{x0} = 0,050 - 0,580\mu + 0,148e^{3,015\mu}$	$c_{x0} = -0,981 - 1,479\mu + 1,120e^{1,322\mu}$
	$c_{x1} = 2,230 - 1,490\mu + 1,390e^{-18,33\mu}$	$c_{x1} = 1,810 - 1,150\mu + 1,060e^{-7,700\mu}$
	$c_{x2} = 0,730 - 1,580\mu + 2,910e^{-6,000\mu}$	$c_{x2} = 1,990 - 2,810\mu + 0,840e^{-4,690\mu}$

**Таблица 5.2 – Коэффициенты c_{xi} и c_{yi} для расчета напряжений
в точках $i = 0, 1$ и 2 (продолжение)**

Напряжения	Балка с параллельными гранями полок	Балка с уклоном внутренних граней полки (см. примечание)
Поперечные нормальные напряжения $\sigma_{oy,Ed}$	$c_{y0} = -2,110 + 1,977\mu + 0,0076e^{6,530\mu}$	$c_{y0} = -1,096 + 1,095\mu + 0,192e^{-6,000\mu}$
	$c_{y1} = 10,108 - 7,408\mu - 10,108e^{1,364\mu}$	$c_{y1} = 3,965 - 4,835\mu - 3,965e^{-2,675\mu}$
	$c_{y2} = 0,0$	$c_{y2} = 0,0$

ПРИМЕЧАНИЕ 1 Коэффициенты c_{xi} и c_{yi} имеют положительный знак для напряжений растяжения на нижней поверхности полки балки.

ПРИМЕЧАНИЕ 2 Коэффициенты для балок с уклоном внутренних граней полков приведены для уклонов 14 % или 8°. Данные коэффициенты применимы для балок с большими уклонами полки. Для балок с меньшими уклонами полки принимаются коэффициенты как для балок с параллельными гранями полков. Для промежуточных значений может использоваться линейная интерполяция.

5.8.5 [5.8(5)] При приложении колесных нагрузок в зоне внешних кромок нижней полки балки значения коэффициентов c_x и c_y разрешается также принимать по Таблице 5.3.

**Таблица 5.3 – Коэффициенты для расчета напряжений вблизи
наружных кромок полков балки**

Напряжение	Коэффициент	Балка с параллельными гранями полков		Балка с уклоном внутренних граней
		$\alpha = 0,10$	$\alpha = 0,15$	$\alpha = 0,15$
Продольные нормальные напряжения изгиба $\sigma_{ox,Ed}$	c_{x0}	0,2	0,2	0,2
	c_{x1}	2,3	2,1	2,0
	c_{x2}	2,2	1,7	2,0
Поперечные нормальные напряжения изгиба $\sigma_{oy,Ed}$	c_{y0}	-1,9	-1,8	-0,9
	c_{y1}	0,6	0,6	0,6
	c_{y2}	0,0	0,0	0,0

ПРИМЕЧАНИЕ 1 Положительный знак у коэффициентов c_{xi} и c_{yi} принимается для напряжений растяжения на нижней поверхности полки балки.

ПРИМЕЧАНИЕ 2 Коэффициенты для балок с уклоном внутренних граней полков приведены для уклонов 14 % или 8°. Данные коэффициенты применимы для балок с большими уклонами полки. Для балок с меньшими уклонами полки принимаются коэффициенты как для балок с

параллельными гранями полок. Для промежуточных значений может использоваться линейная интерполяция.

5.8.6 [5.8(6)] При отсутствии точных данных локальные нормальные напряжения $\sigma_{oy,end,Ed}$ в не усиленной нижней полке балки определяются по Формуле (5.8):

$$\sigma_{oy,end,Ed} = (5,6 - 3,225\mu - 2,8\mu^3) F_{z,Ed} / t_f^2 \quad (5.8)$$

где t_f – средняя толщина полки балки.

5.8.7 [5.8(6)] При усилении нижней полки балки путем приварки пластины той же толщины по всей ширине b и длиной не менее b (см. Рисунок 5.7), локальные нормальные напряжения $\sigma_{oy,end,Ed}$ не превышают $\sigma_{ox,Ed}$ и $\sigma_{oy,Ed}$ из Пункта 5.8.3 или Пункта 5.8.5.

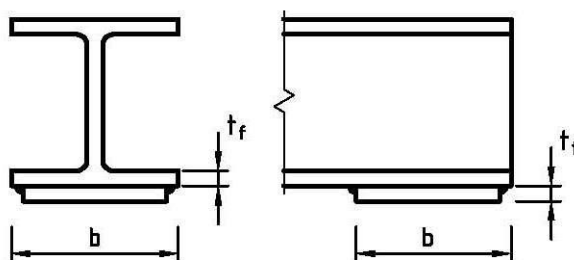


Рисунок 5.7 – Возможное усиление концевой части нижней полки балки

5.8.8 Если расстояние x_w между соседними колесами составляет менее $1,5b$, то напряжения от каждого колеса крана суммируются. Для определения напряжений могут применяться специальные способы, например, экспериментальные исследования, подраздел 2.5.

5.9 Дополнительные моменты в сквозных элементах

5.9.1 Дополнительные моменты, возникающие вследствие жесткости узлов решетчатых балок, решетчатых тормозных балок и связей, следует учитывать посредством коэффициентов k_1 в соответствии с требованиями Пункта 4 (2) СН РК EN 1993-1-9.

5.9.2 [5.9(2)] Для элементов открытого сечения следует применять коэффициенты k_1 , приведенные в Таблице 5.4.

Таблица 5.4 – Коэффициенты k_1 для дополнительных напряжений в элементах открытого сечения

(а) Решетчатые балки с узловым приложением нагрузок			
Диапазон значений L/y	$L/y \leq 20$	$20 < L/y \leq 50$	$L/y \geq 50$
Поясные элементы	1,57	1,1	1,1
Опорные и внутренние элементы		$0,5 + 0,01 L/y$	
Второстепенные элементы, см. примечание	1,35	1,35	1,35

**Таблица 5.4 – Коэффициенты k_1 для дополнительных напряжений
в элементах открытого сечения (продолжение)**

(b) Решетчатые балки с внеузловым приложением нагрузок к поясам		
Диапазон значений L/y	$L/y \leq 15$	$L/y \geq 15$
Нагруженные элементы поясов	$\frac{1,1}{0,5 + 0,01 L/y}$	1,0
Ненагруженные элементы поясов Второстепенные элементы, см. примечание	1,35	1,35
Опорные элементы	2,50	2,50
Внутренние элементы	1,65	1,65

ПРИМЕЧАНИЕ 1 Обозначения в таблице:

L – длина элемента между узлами;

y – расстояние в плоскости решетки от центральной оси элемента до его соответствующей кромки, измеряемое следующим образом:

- сжатый пояс: в направлении, с которого приложена нагрузка;
- растянутый пояс: в направлении, в котором приложена нагрузка;
- другие элементы: большее из вышеуказанных расстояний.

ПРИМЕЧАНИЕ 2 Второстепенные элементы включают в себя элементы для уменьшения расчетных длин или для передачи нагрузок в узлы. В расчетах по шарнирной схеме усилия во второстепенных элементах не зависят от нагрузок, прикладываемых в другие узлы, но в действительности в них возникают дополнительные усилия вследствие жесткости узлов и неразрезности поясов.

5.9.3 [4(2) СН РК EN1993-1-9] Для решетчатых ферм, изготовленных из полых профилей, расчет может основываться на упрощенной модели фермы с шарнирными узлами. При определении напряжений при узловой нагрузке на ферму, влияние моментов в связи с жестким соединением стержней в узлах учитывается при помощи коэффициентов k_1 (см. Таблицу 5.5 — для профилей круглого сечения, Таблицу 5.6 — для профилей прямоугольного сечения).

**Таблица 5.5 — Коэффициенты k_1 для полых профилей круглого сечения при
нагрузке в плоскости фермы**

Тип соединения		Пояса	Стойки	Раскосы
Соединения с зазором	К-тип	1,5	1,0	1,3
	Н-тип/КТ-тип	1,5	1,8	1,4
Перекрывающиеся соединения	К-тип	1,5	1,0	1,2
	Н-тип/КТ-тип	1,5	1,65	1,25

Таблица 5.6 — Коэффициенты k_1 для полых профилей прямоугольного сечения при нагрузке в плоскости фермы

Тип соединения		Пояса	Стойки	Раскосы
Соединения с зазором	К-тип	1,5	1,0	1,5
	N-тип/КТ-тип	1,5	2,2	1,6
Перекрывающиеся соединения	К-тип	1,5	1,0	1,3
	N-тип/КТ-тип	1,5	2,0	1,4
ПРИМЕЧАНИЕ Для определения типов соединений см. EN 1993-1-8.				

6 ПРЕДЕЛЬНЫЕ СОСТОЯНИЯ ПО НЕСУЩЕЙ СПОСОБНОСТИ

6.1 Общие положения

6.1.1 Частные коэффициенты для материала γ_M применяются для различных характеристических значений несущей способности согласно Таблице 6.1, см. Национальное приложение к СН РК EN 1993-6.

Таблица 6.1 - Частные коэффициенты для материала

Область применения	Обозначение	Значение
а) несущая способность элементов и поперечного сечения		
– при определении несущей способности поперечных сечений по прочности (пределу текучести), включая потерю устойчивости	γ_{M0}	1,00
– при определении несущей способности элемента по устойчивости	γ_{M1}	1,00
– при определении несущей способности растянутых поперечных сечений по временному сопротивлению	γ_{M2}	1,25
б) несущая способность соединений		
– несущая способность болтов – несущая способность заклепок – несущая способность осей по прочности – несущая способность сварных швов – несущая способность пластин на смятие	γ_{M2}	1,25
– несущая способность при сдвиге контактных поверхностей:		
– предельное состояние несущей способности (категория С)	γ_{M3}	1,25
– предельное состояние эксплуатационной пригодности (категория В)	$\gamma_{M3,ser}$	1,10
– несущая способность инъекционных болтов на смятие	γ_{M4}	1,00
– несущая способность соединений элементов замкнутого сечения в решетчатых конструкциях	γ_{M5}	1,00
– несущая способность осей по эксплуатационной пригодности	$\gamma_{M6,ser}$	1,00
– несущая способность высокопрочных болтов	γ_{M7}	1,10

ПРИМЕР 1 Сбор нагрузок и определение расчетных усилий, действующих на балку

П1.1 Исходные данные

П1.1.1 Параметры производственного здания

Однопролетное одноэтажное производственное здание, оборудованное двумя мостовыми кранами.

Пролет здания – $L = 30,0$ м.

Шаг несущих колонн – $B = 12,0$ м.

Крепление подкрановых балок между собой – шарнирное.

Крепление подкрановых балок к основным колоннам – шарнирное.

П1.1.2 Материал конструкций

Значения физических характеристик материала (модуль упругости, коэффициент Пуассона и др.) принимаем согласно Пункту 3.2.6 СН РК EN 1993-1-1.

Материал конструкций – для расчета и проектирования принята сталь марки S 235 согласно стандарту EN 10025-2, для которой:

– при номинальной толщине элемента $t \leq 40$ мм:

а) номинальное значение предела текучести – $f_y = 235$ Н/мм²;

б) номинальное значение временного сопротивления на растяжение – $f_u = 360$ Н/мм²;

– при номинальной толщине элемента $40 < t \leq 80$ мм:

а) номинальное значение предела текучести – $f_y = 215$ Н/мм²;

б) номинальное значение временного сопротивления на растяжение – $f_u = 360$ Н/мм².

ПРИМЕЧАНИЕ Значения предела текучести и временного сопротивления на растяжение приняты по Таблице 3.1 СН РК EN 1993-1-1.

П1.1.3 Характеристики мостового крана

Кран мостовой металлургический литейный весьма тяжелого режима работы по ГОСТ 20278 исполнением 1 с высотой подъема главного крюка 18,0 м. Кран оборудован гибкой подвеской с захватом.

Грузоподъемность крана – $Q_h = 1000/200$ кН.

Собственный вес крана без веса основной тележки – $Q_c = 1720$ кН.

Вес основной тележки крана – $Q_c^T = 580$ кН.

Характеристическая статическая составляющая нагрузка крана:

$$F_{k1} = 300 \text{ кН}, \quad F_{k2} = 320 \text{ кН}.$$

Коэффициент – $\psi = 1,0$.

Класс подъемного оборудования – HC4; S-класс – S8 (приложение В СН РК EN 1991-3).

Класс спектра нагружения (см. Таблицу 2.11 СН РК EN 1991-3) U_8 с классом общего количества циклов:

$$2,00 \cdot 10^6 < C \leq 4,00 \cdot 10^6.$$

Согласно документации, представленной поставщиком крана, коэффициент динамичности $\varphi_5 = 1,5$ (в случае отсутствия информации в документации поставщика крана коэффициент динамичности следует принимать согласно Таблице 2.6 СН РК EN 1991-3).

Крановый рельс – KP120 по ГОСТ 4121.

Пролет крана – $L_K = 27,5$ м.

На Рисунках П1.1 и П1.2 приведены схема расположения нагрузок на колеса крана, расстояние между ними и схема кранового поезда из двух сближенных кранов.

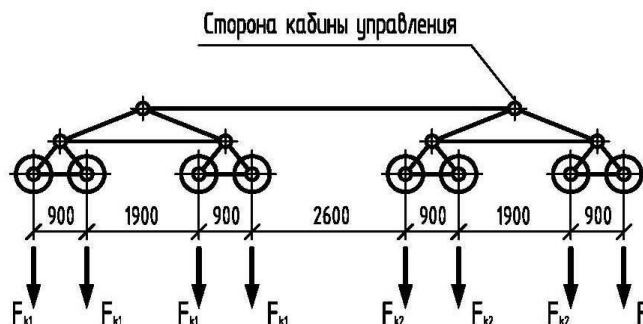


Рисунок П1.1 – Расстояние между колесами и схема приложения нагрузок

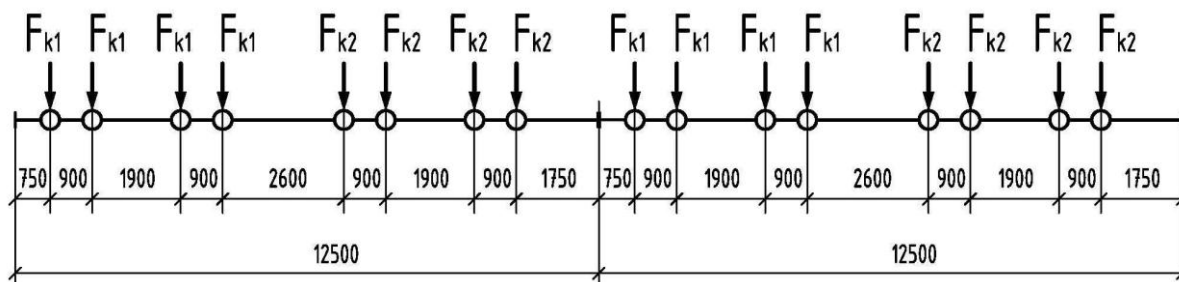


Рисунок П1.2 – Схема кранового поезда от двух сближенных кранов

П1.2 Определение воздействий на подкрановую балку

П1.2.1 Вертикальная нагрузка от колес крана

Динамическая составляющая (см. Пункт 2.2.2 (4) СН РК EN 1991-3) характеристического значения вертикальной нагрузки крана определяется по формуле:

$$F_{\varphi_{ik}} = \varphi_i \cdot F_k,$$

где φ_i – коэффициент динамичности, принимается по Таблице 2.1 СН РК EN 1991-3;

F_k – характеристическая статическая составляющая нагрузки крана, принимается согласно документации на кран. В соответствии с паспортом на кран:

$$F_{k1} = 300 \text{ кН}, \quad F_{k2} = 320 \text{ кН}.$$

Расчетное значение вертикальной нагрузки

$$F_{z,Ed} = \gamma_F \cdot F_{rep}$$

при

$$F_{rep} = \psi \cdot F_{\varphi_{ik}},$$

где F_{rep} – определяющее характерное значение нагрузки;

ψ – принимается равным значениям 1,0 или ψ_0 , ψ_1 и ψ_2 ; по условиям задания на расчет – $\psi = 1,0$ (Пункт А. 2.3 СН РК EN 1991 – 3);

γ_F – частный коэффициент для нагрузок, учитывающий возможность неблагоприятного отклонения воздействий по отношению к характерным значениям (принимается по Таблице А.1 приложения А СН РК EN1991-3).

Для постоянных и временных воздействий от крана в постоянных и временных расчетных ситуациях частный коэффициент γ_F составляет:

$$\gamma_{G \text{ sup}} = 1,35, \quad \gamma_Q = 1,5.$$

Для динамической составляющей вертикальных нагрузок определяем коэффициенты динамичности. Если коэффициенты динамичности φ_1 , φ_2 , φ_3 и φ_4 , указанные в Таблице 2.1 СН РК EN 1991-3, не включены в технические условия поставщика, можно воспользоваться указаниями, приведенными в Таблице 2.4 СН РК EN 1991-3:

– φ_1 – применяется к собственному весу крана; в данном примере коэффициент принят по

техническим условиям поставщика – $\varphi_1=1,0$;

– φ_2 – подлежит к применению к грузоподъемности и составляет:

$$\varphi_2 = \varphi_{2,min} + \beta_2 \cdot V_h,$$

где $V_h = 0,125$ м/сек – постоянная скорость подъема груза, принимается по паспортным данным на кран;

$\varphi_{2,min}$ и β_2 – принимается согласно Таблице 2.5 СН РК EN 1991-1-3 в зависимости от класса подъемного оборудования;

при НС4 (см. Пункт П1.1.3) – $\varphi_{2,min} = 1,20$, $\beta_2 = 0,68$.

Следовательно:

$$\varphi_2 = 1,20 + 0,68 \cdot 0,125 = 1,285.$$

– φ_3 – применяется к грузоподъемности;

$$\varphi_3 = 1 - \frac{\Delta m}{m} \times (1 + \beta_3) = 1,0,$$

где Δm – освобожденная или сброшенная часть поднимаемого груза;

m – общая масса поднимаемого груза;

$\beta_3 = 0,5$ – для кранов, оснащенных захватами;

$\Delta m=0$ – для литейных кранов, работающих с жидким металлом;

– φ_4 – применяется к собственному весу крана и грузоподъемности; $\varphi_4 = 1,0$ – в случае соблюдения допусков на рельсовые пути согласно СН РК EN 1993-6.

Ниже в табличной форме представлены применяемые динамические коэффициенты для групповых нагрузок (выборка с Таблицы 2.2 СН РК EN 1991-3):

Таблица П.1.1 – Групповые нагрузки и динамические коэффициенты

	Символ	Групповые нагрузки							
		Предельные состояния несущей способности							Предельные состояния эксплуатационной пригодности
		1	2	3	4	5	6	7	8
1 Собственный вес крана	Q_c	φ_1	φ_1	1	φ_4	φ_4	φ_4	1	φ_1
2 Грузоподъемность	Q_h	φ_2	φ_3	-	φ_4	φ_4	φ_4	$\eta^{1)}$	-
3 Ускорение эстакады крана	H_L, H_T	φ_5	φ_5	φ_5	φ_5	-	-	-	φ_5
4 Перекос эстакады крана	H_S	-	-	-	-	1	-	-	-
5 Ускорение или торможение тележки или крюковой блочной обоймы крана	H_{T3}	-	-	-	-	-	1	-	-
8 Буферная сила	H_B	-	-	-	-	-	-	-	-

¹⁾ η - доля грузоподъемности, сохраняемая после снятия полезной нагрузки, но не включаемая в собственный вес крана; $\eta = 1$ – для литейных кранов.

Следовательно:

– для нагрузок от собственного веса моста крана и веса тележки принимаем коэффициент динамичности равный $\varphi_{ic} = 1,0$;

– для временных нагрузок (грузоподъемности крана) – $\varphi_{ih} = 1,285$.

Величина характеристической статической составляющей нагрузки крана F_k включает в себя нагрузки от собственного веса моста крана, веса тележки и грузоподъемности. Доля веса моста крана в статической составляющей нагрузки F_k равна:

$$F_{Q_c} = \frac{Q_c}{n} = \frac{1720}{16} = 107,5 \text{ кН},$$

где n – общее количество колес крана с обеих сторон.

Составляющие от веса тележки и грузоподъемности:

$$F_1 = F_{k1} - F_{Q_c} = 300 - 107,5 = 192,5 \text{ кН},$$

$$F_2 = F_{k2} - F_{Q_c} = 320 - 107,5 = 212,5 \text{ кН}.$$

При соотношении величин веса тележки и грузоподъемности

$$Q_c^T / Q_h = 580 / 1000 \text{ получаем}$$

– составляющие от веса тележки:

$$Q_{c1}^T = 192,5 \times \frac{580}{1580} = 70,66 \text{ кН},$$

$$Q_{c2}^T = 212,5 \times \frac{580}{1580} = 78,00 \text{ кН};$$

– составляющие от грузоподъемности крана:

$$Q_{h1} = F_1 - Q_{c1}^T = 192,5 - 70,66 = 121,84 \text{ кН},$$

$$Q_{h2} = F_2 - Q_{c2}^T = 212,5 - 78,00 = 134,5 \text{ кН}.$$

Следовательно, расчетное значение динамической вертикальной крановой нагрузки $F_{z,Ed}$ для предельного состояния составит:

$$F_{z1,Ed} = Q_{h1} \cdot \varphi_{ih} \cdot \psi \cdot \gamma_Q + (Q_{c1}^T + F_{Q_c}) \cdot \varphi_{ic} \cdot \psi \cdot \gamma_G,$$

$$F_{z2,Ed} = Q_{h2} \cdot \varphi_{ih} \cdot \psi \cdot \gamma_Q + (Q_{c2}^T + F_{Q_c}) \cdot \varphi_{ic} \cdot \psi \cdot \gamma_G,$$

$$F_{z1,Ed} = 121,84 \cdot 1,285 \cdot 1 \cdot 1,5 + (107,5 + 70,66) \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,35 = 475,36 \text{ кН},$$

$$F_{z2,Ed} = 134,5 \cdot 1,285 \cdot 1 \cdot 1,5 + (107,5 + 78,00) \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,35 = 509,67 \text{ кН}.$$

П1.2.2 Горизонтальные нагрузки

Значения горизонтальных нагрузок задаются поставщиком крана или определяются согласно Пунктам 2.7.2 – 2.7.5 СН РК EN 1991-3.

П1.2.2.1 Продольные силы $H_{L,i}$ и поперечные силы $H_{T,i}$, вызванные ускорением и торможением крана

Расчетное значение продольной силы $H_{L,i}$ определяется по Формуле (2.2) СН РК EN 1991-3:

$$H_{L,i} = \varphi_5 \cdot K \cdot \frac{1}{n_r} = 1,5 \cdot 0,2 \cdot 590,4 \cdot \frac{1}{2} = 88,56 \text{ кН},$$

где n_r – количество балок подкранового пути; $n_r = 2$;

φ_5 – коэффициент динамичности, принимаемый по данным поставщика крана или согласно Таблице 2.6 СН РК EN 1991-1-3; в данном примере – по данным поставщика крана – $\varphi_5 = 1,5$;

K – движущая сила согласно Пункту 2.7.3 СН РК EN 1991-3; значение K должен предоставить поставщик крана. В противном случае – определяется по Формуле (2.5) СН РК EN 1991-3:

$$K = K_1 + K_2 = \mu \cdot \sum Q_{r,min}^*,$$

$\mu = 0,2$ – коэффициент трения для сопряжения материалов сталь – сталь;

$\sum Q_{r,min}^*$ – сумма минимальных нагрузок $Q_{r,min}$ на подкрановый путь крана без нагрузки.

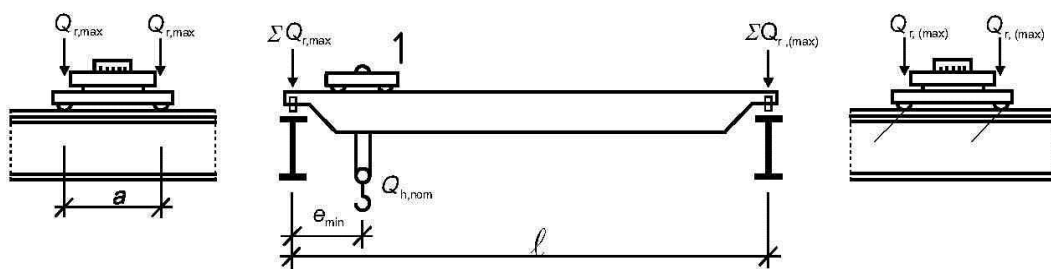


Рисунок П1.3 - Распределение нагрузки крана с максимальным грузом на крюке с целью достижения максимальной нагрузки на балку подкранового пути

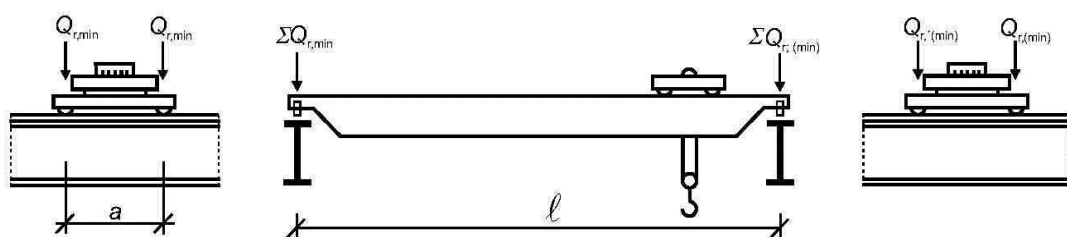


Рисунок П1.4 – Распределение нагрузки крана без груза на крюке с целью достижения минимальной нагрузки на балку подкранового пути

Минимальная нагрузка на подкрановый путь от веса тележки при ее расположении с противоположной стороны моста крана составит

$$\frac{580 - 8 \cdot 70,66}{8} = 1,83 \text{ кН.}$$

Следовательно:

$$Q_{r,min} = (107,5 + 1,83) \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,35 = 147,6 \text{ кН.}$$

Литейный кран оборудован четырьмя отдельными приводами на ведущие колеса. При этом

$$\sum Q_{r,min}^* = m_w \cdot Q_{r,min} = 4 \cdot 147,6 = 590,4 \text{ кН,}$$

где m_w - количество приводов на отдельные ведущие колеса, $m_w = 4$.

Расчетные составляющие вертикальной нагрузки на колеса крана:

– от веса моста крана:

$$F_{Q_c,Ed} = F_{Q_c} \cdot \varphi_{ic} \cdot \psi \cdot \gamma_{G sup} = 107,5 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,35 = 145,12 \text{ кН;}$$

– от веса тележки крана:

$$F_{Q_{c1},Ed} = Q_{c1}^T \cdot \varphi_{ic} \cdot \psi \cdot \gamma_{G sup} = 70,66 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,35 = 95,39 \text{ кН;}$$

$$F_{Q_{c2},Ed} = Q_{c2}^T \cdot \varphi_{ic} \cdot \psi \cdot \gamma_{G sup} = 78,00 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,35 = 105,3 \text{ кН;}$$

– от грузоподъемности крана:

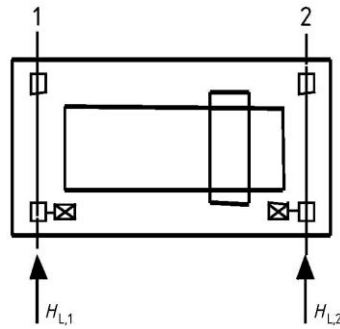
$$F_{Q_{c1}^T,Ed} = Q_{h1} \cdot \varphi_{ic} \cdot \psi \cdot \gamma_Q = 121,84 \cdot 1,285 \cdot 1 \cdot 1,5 = 234,85 \text{ кН;}$$

$$F_{Q_{c2}^T,Ed} = Q_{h2} \cdot \varphi_{ic} \cdot \psi \cdot \gamma_Q = 134,5 \cdot 1,285 \cdot 1 \cdot 1,5 = 259,25 \text{ кН.}$$

Расчетное значение поперечной силы $H_{T,i}$ определяется по Формулам (2.3) и (2.4) СН РК EN 1991-3:

$$H_{T,1} = \varphi_5 \cdot \xi_2 \cdot \frac{M}{a} = 1,5 \cdot 0,217 \cdot \frac{918,96}{10,0} = 29,91 \text{ кН,}$$

$$H_{T,2} = \varphi_5 \cdot \xi_1 \cdot \frac{M}{a} = 1,5 \cdot 0,783 \cdot \frac{918,96}{10,0} = 107,93 \text{ кН,}$$



1 - рельс $i = 1$; 2 - рельс $i = 2$

Рисунок П1.5 – К определению продольной горизонтальной силы $H_{L,i}$

где

$$\xi_1 = \frac{\sum Q_{r,max}}{\sum Q_r} = \frac{3940,12}{5032,5} = 0,783,$$

$$\xi_2 = 1 - \xi_1 = 1 - 0,783 = 0,217,$$

$$\begin{aligned} \sum Q_r &= \sum Q_{r,max} + \sum Q_{r,(max)} = Q_{h,Ed} + (Q_{c,Ed} + Q_{t,Ed}) = \\ &= 1000 \cdot 1,285 \cdot 1 \cdot 1,5 + (1720 + 580) \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,35 = 5032,5 \text{ кН}, \end{aligned}$$

где $\sum Q_{r,max}$ - сумма максимальных нагрузок $Q_{r,max}$ на подкрановый путь нагруженного крана,

$$\begin{aligned} \sum Q_{r,max} &= 4 \cdot F_{z1,Ed} + 4 \cdot F_{z2,Ed} = 4 \cdot (145,12 + 95,39 + 234,85) + 4 \cdot (145,12 + 105,3 + 259,25) \\ &= 3940,12 \text{ кН}; \end{aligned}$$

$\sum Q_{r,(max)}$ - сумма сопутствующих максимальных нагрузок $Q_{r,(max)}$ на подкрановый путь нагруженного крана,

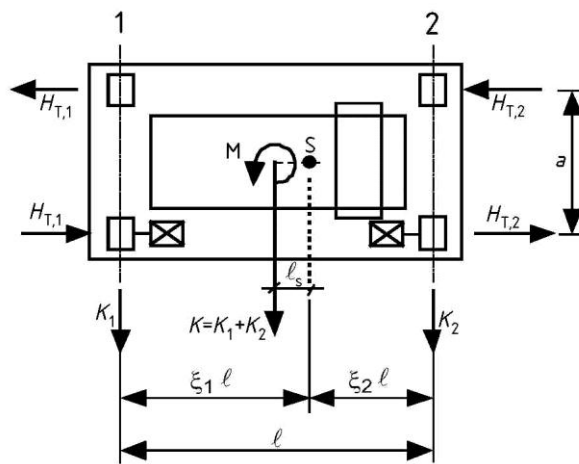
$$\sum Q_{r,(max)} = \sum Q_r - \sum Q_{r,max} = 5032,5 - 3940,2 = 1092,38 \text{ кН};$$

a - расстояние между ведущими колесами с ребордой, $a = 10$ м (см. Рисунок П.1.1);

$$M = K \cdot l_s = (0,2 \cdot 590,4) \cdot 7,7825 = 918,96 \text{ кН} \cdot \text{м},$$

$$l_s = (\xi_1 - 0,5) \cdot l = (0,783 - 0,5) \cdot 27,5 = 7,7825 \text{ м},$$

l - пролет моста крана.



1 - рельс $i = 1$; 2 - рельс $i = 2$

Рисунок П1.6 – К определению поперечной горизонтальной силы $H_{T,i}$

П.1.2.2.2 Горизонтальная сила $H_{S,i,j,k}$ и направляющая сила S , вызванные перекосом крана

Расчет данных нагрузок в настоящем примере не выполняется, поскольку настоящий расчет выполняется для проектирования новых несущих строительных конструкций для кранов и, следовательно, перекоса крана и износа элементов на данный момент быть не должно.

П.1.2.2.3 Горизонтальная сила $H_{T,3}$, вызванная ускорением или торможением тележки

Расчетная горизонтальная сила $H_{T,3}$ согласно Пункту 2.11.2 СН РК EN 1991-3 определяется как 10% суммы поднятого груза (грузоподъемности Q_h) и веса тележки Q_T крана. Следовательно:

$$H_{T,3} = 0,1 \cdot (Q_h + Q_T) = 0,1 \cdot (1000 \cdot 1,285 \cdot 1 \cdot 1,5 + 580 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1,35) = 271,05 \text{ кН.}$$

П.1.2.2.4 Нагрузка от удара крана о тупиковый упор (буферная сила)

Характеристическое значение горизонтальной крановой нагрузки, связанной с движением крана (буферная сила) определяется по Формуле (2.15) СН РК EN 1991-3:

$$H_{B,1} = \varphi_7 \cdot v_1 \cdot \sqrt{m_c \cdot S_B},$$

где φ_7 – коэффициент динамичности, принимаемый по Таблице 2.10 СН РК EN 1991-3 в зависимости от характеристики буфера, при характеристике буфера (по данным поставщика)

$$0,0 \leq \xi \leq 0,5 \quad \varphi_7 = 1,25;$$

$$v_1 = 0,7 \cdot v = 0,7 \cdot 1,0 = 0,7 \text{ м/с;}$$

где $v = 1,0$ м/сек - постоянная скорость передвижения крана, принимается по паспортным характеристикам крана;

m_c – масса крана и грузоподъемность (в кг):

$$m_c = [(1720000 + 580000) + 1000000]/9,80665 = 336506 \text{ кг;}$$

S_B – динамическая жесткость буфера (кранового упора), Н/м; принимается, по данным поставщика, $S_B = 250 \text{ кН/м.}$

Следовательно, динамическая составляющая характеристического значения горизонтальной крановой нагрузки, связанной с движением крана:

$$H_{B,1} = 1,25 \cdot 0,7 \cdot \sqrt{336506 \cdot 250000} = 253790 \text{ Н} = 253,79 \text{ кН.}$$

П.1.2.3 Нагрузки для расчета выносливости

Усталостная нагрузка на подкрановую балку определяется согласно Пункту 2.12(4) СН РК EN 1991-3 по Формуле (2.16):

$$Q_e = \varphi_{fat} \cdot \lambda_i \cdot Q_{max,i},$$

где $Q_{max,i}$ – максимальное характеристическое значение вертикальной нагрузки на i – е колесо, $Q_{max,1} = 300 \text{ кН}$ $Q_{max,2} = 320 \text{ кН;}$

φ_{fat} – коэффициент эквивалентного разрушения при динамическом воздействии, Формула (2.19) СН РК EN 1991-3:

$$\varphi_{fat1} = \frac{1 + \varphi_1}{2} = \frac{1 + 1}{2} = 1,$$

$$\varphi_{fat2} = \frac{1 + \varphi_2}{2} = \frac{1 + 1,285}{2} = 1,1425;$$

$\lambda_i = \lambda_{1,i} \cdot \lambda_{2,i}$ – коэффициент эквивалентного разрушения для введения поправки на соответствующий спектр усталостного нагружения и абсолютное количество циклов нагружения относительно $N = 2,0 \cdot 10^6$ циклов; значение λ_i принимаем согласно Таблице 2.12 СН РК EN 1991-1-3 в зависимости от классификации крана. При классе крана S8 имеем:

– для нормальных напряжений – $\lambda_i = 1,260$;

– для касательных напряжений – $\lambda_i = 1,149$.

Следовательно:

– при расчете на нормальные напряжения

$$Q_{e1} = \varphi_{fat} \cdot \lambda_i \cdot Q_{max,1} = 1 \cdot 1,1425 \cdot 1,260 \cdot 300 = 431,87 \text{ кН;}$$

$$Q_{e2} = \varphi_{fat} \cdot \lambda_i \cdot Q_{max,2} = 1 \cdot 1,1425 \cdot 1,260 \cdot 320 = 460,66 \text{ кН;}$$

– при расчете на касательные напряжения

$$Q_{e1} = \varphi_{fat} \cdot \lambda_i \cdot Q_{max,1} = 1 \cdot 1,1425 \cdot 1,149 \cdot 300 = 393,82 \text{ кН.}$$

$$Q_{e2} = \varphi_{fat} \cdot \lambda_i \cdot Q_{max,2} = 1 \cdot 1,1425 \cdot 1,149 \cdot 320 = 420,07 \text{ кН.}$$

П1.3 Определение усилий в подкрановой балке от двух сближенных кранов

П1.3.1 Определение расчетного положения колес кранов на подкрановой балке

Располагаем на подкрановой балке максимально допустимое по габаритным размерам число колес от двух кранов (в данном случае – 8 колес) и определяем положение центра тяжести (равнодействующей R) от приложенных нагрузок.

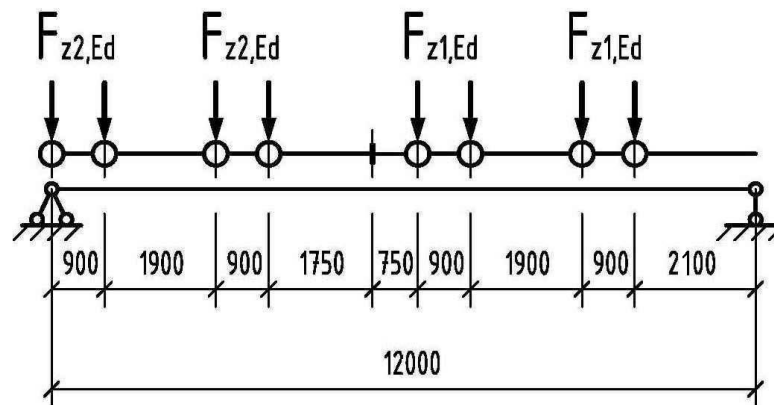


Рисунок П1.7 – К определению расчетного положения колес крана

$$x = \frac{\sum F_{zi,Ed} \cdot x_i}{\sum F_{zi,Ed}} = \frac{509,67 \cdot (0,9 + 2,8 + 3,7) + 475,36 \cdot (6,2 + 7,1 + 9,0 + 9,9)}{4 \cdot 509,67 + 4 \cdot 475,36} = 4,842 \text{ м,}$$

где $\sum F_{ki} \cdot x_i$ – сумма произведений нагрузок кранов, расположенных на подкрановой балке, на расстояние от i – го колеса до левой опоры балки;

$\sum F_{ki}$ – сумма нагрузок от колес крана, расположенных на подкрановой балке.

Расстояние от координаты расположения равнодействующей всех нагрузок на подкрановую балку до ближайшей к ней нагрузки на колесо крана (критический груз):

$$c = 4,842 - (0,9 + 1,9 + 0,9) = 1,142 \text{ м.}$$

Расстояние от левой опоры до критического груза:

$$a = \frac{L}{2} - \frac{c}{2} = \frac{12,0}{2} - \frac{1,142}{2} = 5,429 \text{ м} = 5429 \text{ мм.}$$

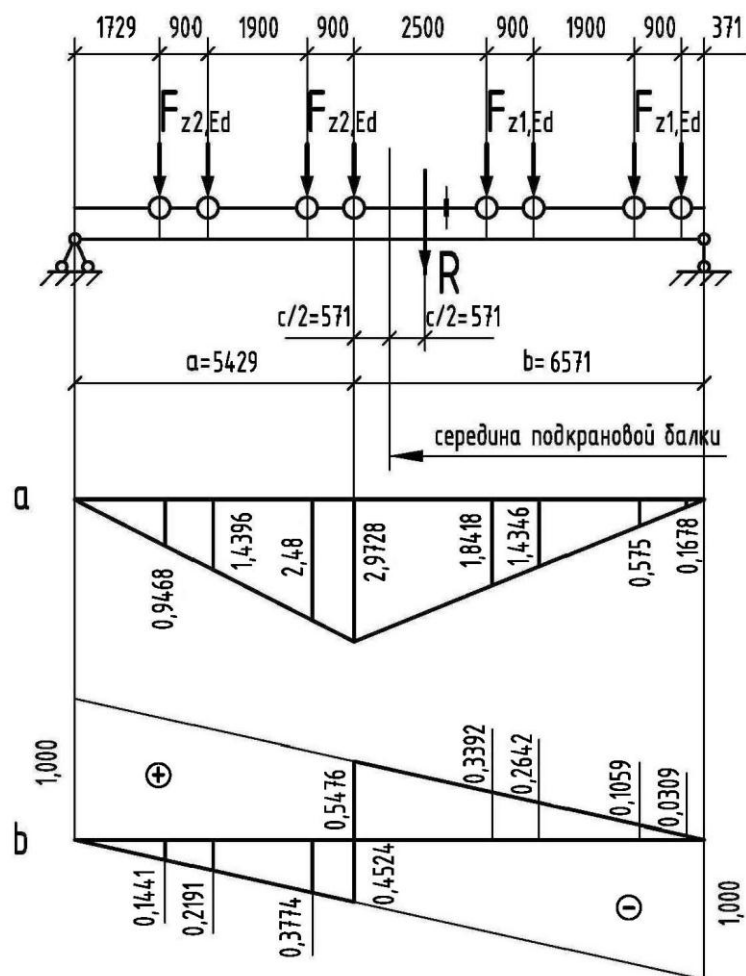


Рисунок П1.8 – Установка кранов для определения максимального изгибающего момента (а) и соответствующей поперечной силы (b) от двух кранов

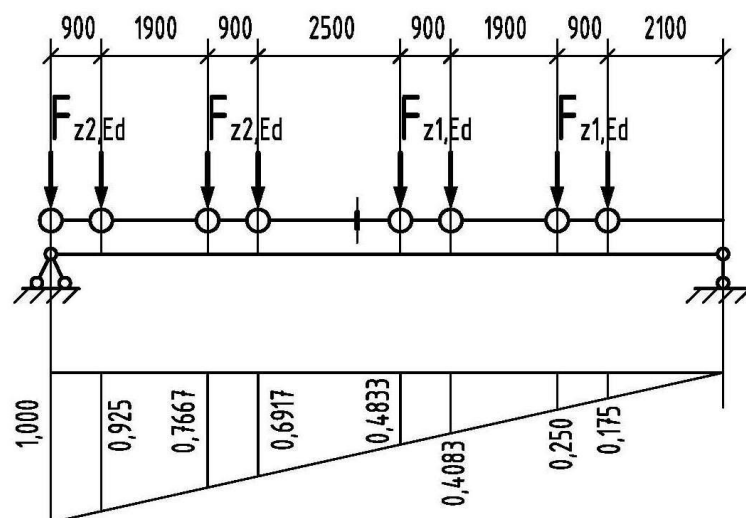


Рисунок П1.9 – Установка кранов для определения максимальной поперечной силы от двух кранов

П1.3.2 Усилия в подкрановой балке от двух сближенных кранов

Максимальный изгибающий момент по линиям влияния, см. Рисунок П1.8а (правило Винклера):

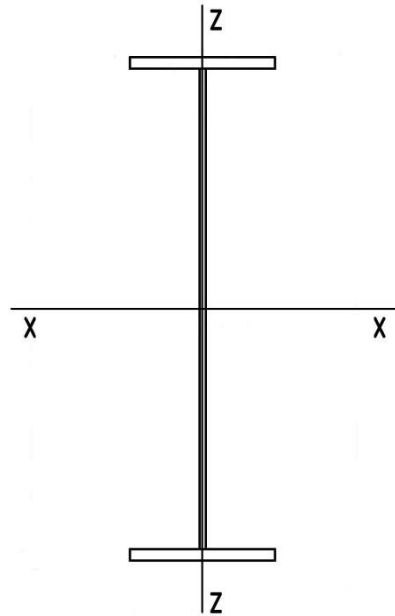


Рисунок П1.10 – Принятые для расчета оси в подкрановой балке

$$M_{y,Edmax} = \sum F_{zi,Ed} \cdot y_i = 509,67 \cdot (0,9468 + 1,4396 + 2,48 + 2,9728) + 475,36 \cdot (1,8418 + 1,4346 + 0,575 + 0,1678) = 5906 \text{ кН} \cdot \text{м}.$$

Сопутствующая поперечная сила по линиям влияния (см. Рисунок П1.8b):

$$V_{z,Ed} = \sum F_{zi,Ed} \cdot y_i = 475,36 \cdot (0,3392 + 0,2642 + 0,1059 + 0,0309) - 509,67 \cdot (-0,4524 - 0,3774 - 0,2191 - 0,1441) = -256,2 \text{ кН}.$$

Максимальная поперечная сила по линиям влияния (см. Рисунок П1.9):

$$V_{z,Edmax} = \sum F_{zi,Ed} \cdot y_i = 509,67 \cdot (-1,000 - 0,925 - 0,7667 - 0,6917) + 475,36 \cdot (-0,4833 - 0,4083 - 0,250 - 0,175) = -2350,28 \text{ кН}.$$

Расчетное значение усилий в подкрановой балке с учетом собственного веса:

– изгибающий момент:

$$M_{y,Ed} = 1,05 \cdot 5906 = 6201,3 \text{ кН} \cdot \text{м};$$

– сопутствующая поперечная сила:

$$V_{z,Ed} = 1,05 \cdot (-256,2) = -269,01 \text{ кН};$$

– максимальная поперечная сила на опоре:

$$V_{z,Ed} = 1,05 \cdot (-2350,28) = -2467,79 \text{ кН}.$$

Характеристическое значение максимального изгибающего момента:

$$M_{k,max} = \sum F_{ki} \cdot y_i = 320 \cdot (0,9468 + 1,4396 + 2,48 + 2,9728) + 300 \cdot (1,8418 + 1,4346 + 0,575 + 0,1678) = 3714,3 \text{ кН} \cdot \text{м}.$$

Изгибающий момент от бокового давления крана по линиям влияния (см. Рисунок П1.8а):

$$M_{z,Ed} = \sum H_{Ti} \cdot y_i = 107,93 \cdot (0,9468 + 1,4396 + 2,48 + 2,9728) + 20,91 \cdot (1,8418 + 1,4346 + 0,575 + 0,1678) = 966,3 \text{ кН} \cdot \text{м}.$$

П1.4 Определение расчетных усилий в подкрановой балке от одного крана на нагрузки для

расчета вынослivosti.

П1.4.1 Определение расчетного положения колес крана на подкрановой балке

Располагаем на подкрановой балке максимально допустимое по габаритным размерам число колес крана (в данном случае – 8 колес) и определяем положение центра тяжести (равнодействующей R) от приложенных нагрузок.

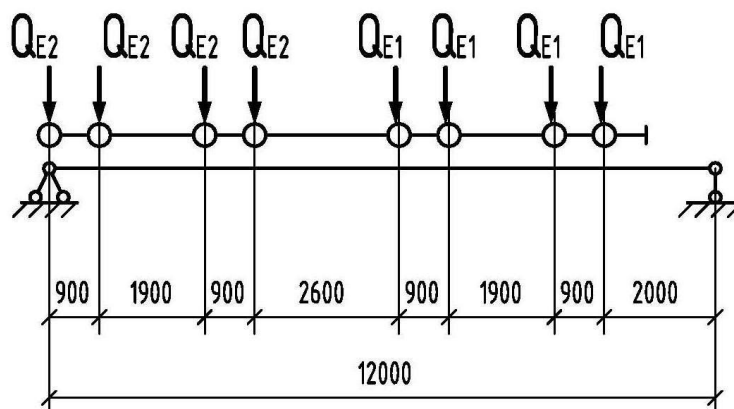


Рисунок П1.11 – К определению расчетного положения колес крана

$$x = \frac{\sum Q_{ei} \cdot x_i}{\sum Q_{ei}} = \frac{460,66 \cdot (0,9 + 2,8 + 3,7) + 431,87 \cdot (6,3 + 7,2 + 9,1 + 10,0)}{4 \cdot 460,66 + 4 \cdot 431,87} = 4,898 \text{ м},$$

где $\sum Q_{ei} \cdot x_i$ – сумма произведений нагрузок крана, расположенных на подкрановой балке, на расстояние от i – го колеса до левой опоры балки;

$\sum Q_{ei}$ – сумма нагрузок от колес крана, расположенных на подкрановой балке;

Расстояние от координаты расположения равнодействующей всех нагрузок на подкрановую балку до ближайшей к ней нагрузки на колесо крана (критический груз):

$$c = 4,898 - (0,9 + 1,9 + 0,9) = 1,198 \text{ м}.$$

Расстояние от левой опоры до критического груза:

$$a = \frac{L}{2} - \frac{c}{2} = \frac{12,0}{2} - \frac{1,198}{2} = 5,401 \text{ м} = 5401 \text{ мм}.$$

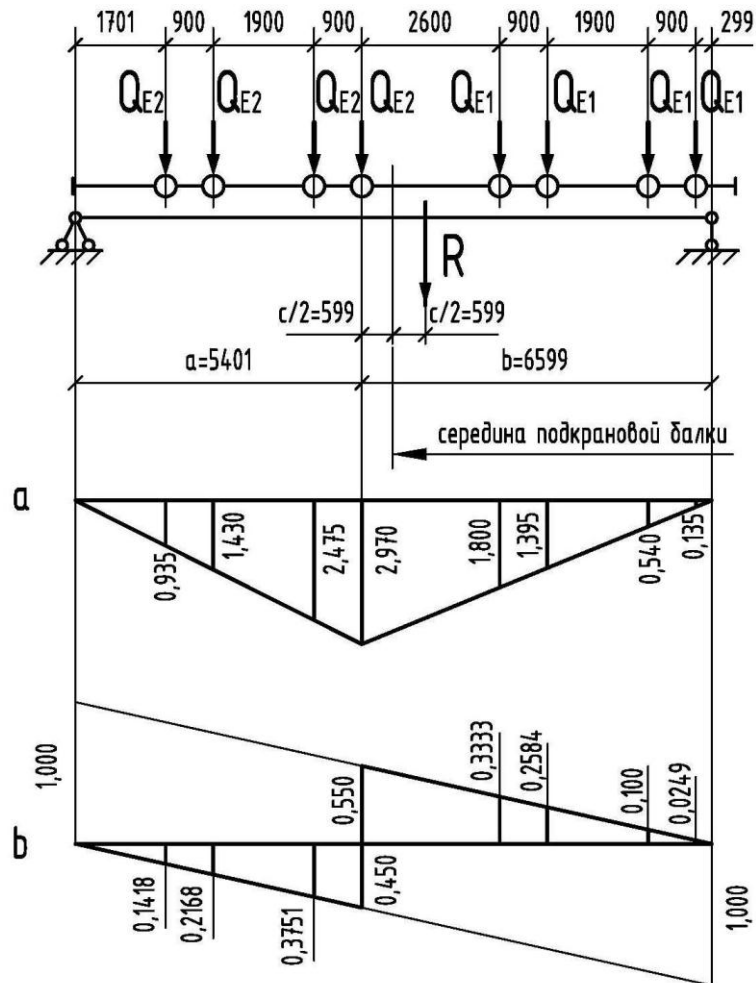


Рисунок П1.12 – Установка крана для определения максимального изгибающего момента (а) и соответствующей поперечной силы (б) от одного крана

П1.4.2 Усилия в подкрановой балке

Максимальный изгибающий момент по линиям влияния, см. Рисунок П1.12а (правило Винклера) с учетом собственного веса подкрановой балки:

$$M_{y,Ed} = 1,05 \cdot \sum Q_{ei} \cdot y_i = 1,05 \cdot [460,66 \cdot (0,935 + 1,43 + 2,475 + 2,97) + 431,87 \cdot (1,8 + 1,395 + 0,54 + 0,135)] = 5532,55 \text{ кН};$$

Сопутствующая поперечная сила по линиям влияния (см. Рисунок П1.12б):

$$V_{z,Ed} = 1,05 \cdot \sum Q_{ei} \cdot y_i = 1,05 \cdot [460,66 \cdot (-0,45 - 0,3751 - 0,2168 - 0,1418) + 399,88 \cdot (0,3333 + 0,2584 + 0,1 + 0,0249)] = -272,91 \text{ кН}.$$

Характеристическое значение максимального изгибающего момента:

$$M_{k,max} = 1,05 \cdot \sum F_{ki} \cdot y_i = 1,05 \cdot [320 \cdot (0,902 + 1,403 + 2,46 + 2,961) + 300 \cdot (1,855 + 1,455 + 0,612 + 0,212)] = 3712,52 \text{ кН} \cdot \text{м}.$$

Изгибающий момент от бокового давления крана по линиям влияния (п.2.5.2.2(3) СН РК EN1991-3):

$$M_{z,Ed} = \frac{0,1 \cdot 3712,52}{1,05} = 353,6 \text{ кН} \cdot \text{м}.$$

П1.5 Определение усилий в 1-м отсеке подкрановой балки от двух сближенных кранов.

Балку разбиваем на 8 частей, длина отсека равна 1500 мм.

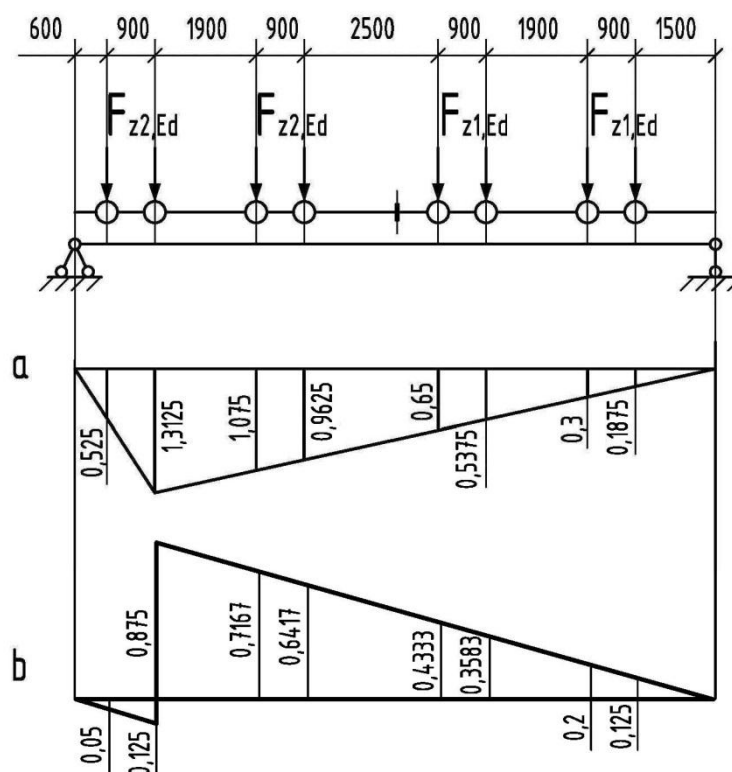


Рисунок П1.13 – Установка кранов для определения изгибающего момента (а) и сопутствующей поперечной силы (б) от двух кранов в первом отсеке

Изгибающий момент по линиям влияния (см. Рисунок П1.13а) с учетом собственного веса балки:

$$M_{y,Ed} = 1,05 \cdot \sum F_{zi,Ed} \cdot y_i = 1,05 \cdot [509,67 \cdot (0,525 + 1,3125 + 1,075 + 0,9625) + 475,36 \cdot (0,65 + 0,5375 + 0,3 + 0,1875)] = 2909,76 \text{ кН} \cdot \text{м}.$$

Сопутствующая поперечная сила по линиям влияния (см. Рисунок П1.13б):

$$V_{z,Ed} = 1,05 \cdot \sum F_{zi,Ed} \cdot y_i = 1,05 \cdot [509,67 \cdot (-0,05 + 0,875 + 0,7167 + 0,6417) + 475,36 \cdot (0,4333 + 0,3583 + 0,2 + 0,125)] = 1725,78 \text{ кН}.$$

6.2 Несущая способность поперечного сечения по прочности

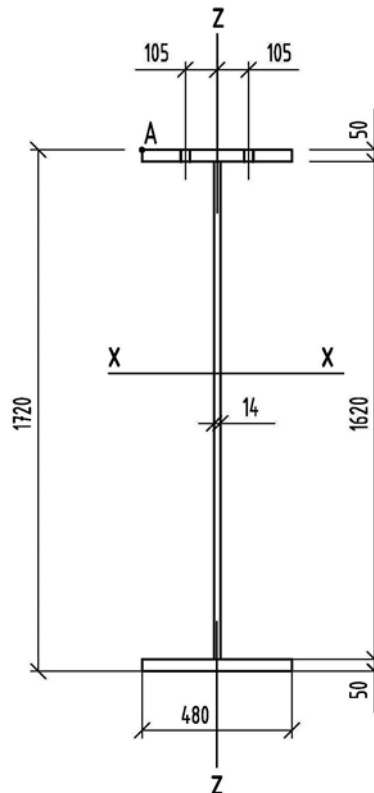
6.2.1 [6.2(1)] Проверку несущей способности поперечного сечения подкрановых конструкций на прочность следует выполнять согласно подразделу 6.2 СН РК EN 1993-1-1.

ПРИМЕР 2 Определение геометрических характеристик принятого сечения, проверки по максимальным нормальным и касательным напряжениям с учетом тормозной конструкции

П2.1 Исходные данные для расчета

Исходные данные принимать по Примеру 1.

П2.2 Сечение подкрановой балки и определение геометрических характеристик



**Рисунок П2.1 – Поперечное сечение
подкрановой балки**

В качестве подкрановой балки принята двутавровая сварная балка с сечениями полок –480х50 мм и стенки – 1620х14 мм. Ниже на Рисунке П2.1 представлено поперечное сечение подкрановой балки:

Момент инерции поперечного сечения подкрановой балки без учета ослабления сечения верхней полки балки отверстиями $\varnothing 25$ мм для крепления рельса к балке болтами:

$$I_x = \frac{1,4 \times 162^3}{12} + 2 \times \left[\frac{48 \times 5^3}{12} + 48 \times 5 \times \left(\frac{162}{2} + \frac{5}{2} \right)^2 \right] = 3843692 \text{ см}^3.$$

Момент инерции сечения с учетом ослабления сечения верхней полки балки отверстиями $\varnothing 25$ мм для крепления рельса к балке болтами:

$$I_x = 3843692 - 2 \times 2,5 \times 5 \cdot \left(\frac{172}{2} - \frac{5}{2} \right)^2 = 3669385 \text{ см}^4.$$

Момент сопротивления верхнего пояса (точка А):

$$W_x^A = \frac{I_y}{h_6/2} = \frac{3669385}{172/2} = 42667 \text{ см}^3.$$

П2.3 Сечение тормозной балки и определение геометрических характеристик

Сечение тормозной балки принято из листов –480х50 мм (верхняя полка подкрановой балки), –1270х10 мм (тормозной лист) и швеллера № 20. Сечение тормозного листа подкреплено ребрами жесткости –100х10 мм с шагом 300 мм.

Положение центра тяжести сечения балки:

$$x_o = \frac{\sum A_i \times x_i}{\sum A_i} = \frac{23,4 \times (150 - 2 - 2,07) + 127 \times 1 \times \left(\frac{127}{2} + 19 \right)}{23,4 + 127 \times 1 + 48 \times 5} = 35,58 \text{ см}.$$

Момент инерции сечения:

$$I_{z_0} = (113 + 23,4 \times 110,35^2) + \left[\frac{1 \cdot 127^3}{12} + 1 \cdot 127 \cdot \left(\frac{127}{2} + 19 - 35,58 \right)^2 \right] + \left[\frac{5 \cdot 48^3}{12} + 48 \cdot 5 \cdot 35,58^2 \right] = 1085250 \text{ см}^3.$$

Момент инерции с учетом ослабления сечения отверстиями:

$$I_{z_0} = 1085250 - 2,5 \times 5 \times (25,08^2 + 46,08^2) = 1050845 \text{ см}^4.$$

Момент сопротивления верхнего пояса (точка А):

$$W_{z_0}^A = \frac{1050845}{(35,58 + 24)} = 17727 \text{ см}^3.$$

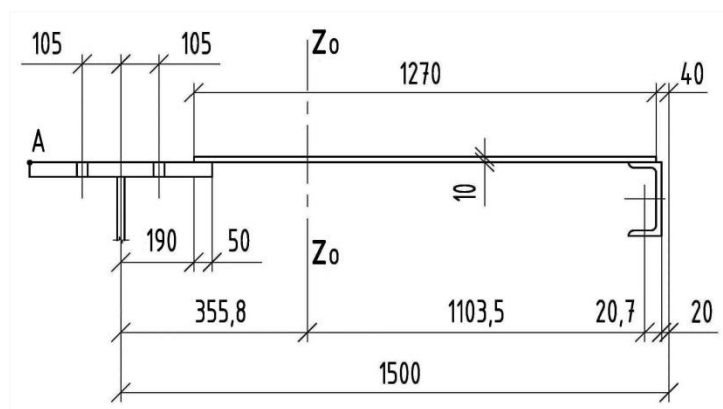


Рисунок П2.2 – Поперечное сечение тормозной балки

П2.4 Проверки по максимальным нормальным и касательным напряжениям с учетом тормозной конструкции

П2.4.1 Предельные состояния несущей способности для среднего отсека подкрановой балки

Нормальные напряжения в верхнем поясе балки (точка А) от вертикальных и горизонтальных нагрузок при работе двух максимально сближенных кранов

$$\sigma_{Ed}^A = \frac{M_{x,Ed}}{W_x^A} + \frac{M_{z,Ed}}{W_{z_0}^A} = \frac{6201,3 \times 100 \times 10}{42667} + \frac{966,3 \times 100 \times 10}{17727} = 199,85 \frac{\text{Н}}{\text{мм}^2} (\text{МПа}),$$

где $M_{z,Ed}$ – изгибающий момент от бокового давления крана (см. П.1.3.2 примера 1)

Касательные вертикальные напряжения от соответствующей поперечной силы

$$\tau_{(Ed)} = \frac{V_{(z,Ed)} \times S_x}{I_x \cdot t_{ст}} = \frac{269,01 \times 10 \times 20040}{3669385 \times 1,4} = 10,49 \frac{\text{Н}}{\text{мм}^2} (\text{МПа}),$$

где S_x – статический момент пояса относительно центральной оси,

$$S_x = 48 \times 5 \times \left(\frac{162}{2} + \frac{5}{2} \right) = 20040 \text{ см}^3;$$

$V_{(z,Ed)}$ – соответствующая поперечная сила.

Касательные напряжения от максимальной поперечной силы

$$\tau_{Ed} = \frac{V_{z,Ed} \cdot S_x}{I_x \cdot t_{ст}} = \frac{2467,79 \times 10 \times 23320,5}{3669385 \times 1,4} = 112,03 \frac{\text{Н}}{\text{мм}^2} (\text{МПа}).$$

где S_y – статический момент сдвигающейся части сечения относительно центральной оси

$$S_x = 48 \times 5 \times \left(\frac{162}{2} + \frac{5}{2} \right) + \frac{162^2}{8} = 23320,5 \text{ см}^3.$$

П2.4.2 Предельные состояния несущей способности в первом отсеке подкрановой балки

Нормальные напряжения в балке от вертикальных нагрузок при работе двух сближенных кранов

$$\sigma_{Ed}^A = \frac{M_{x,Ed}}{W_x^A} = \frac{2909,76 \times 100 \times 10}{42667} = 68,2 \frac{\text{Н}}{\text{мм}^2} (\text{МПа}),$$

$M_{y,Ed}$ – расчетный изгибающий момент в первом отсеке подкрановой балки.

Касательные вертикальные напряжения от соответствующей поперечной силы

$$\tau_{(Ed)} = \frac{V_{(z,Ed)} \cdot S_x}{I_x \cdot t_{ст}} = \frac{1725,78 \times 10 \times 20040}{3669385 \times 1,4} = 67,32 \frac{\text{Н}}{\text{мм}^2} (\text{МПа}).$$

П2.4.3 Проверка прочности по максимальным напряжениям

Проверку прочности по максимальным нормальным напряжениям от вертикальных и горизонтальных нагрузок (точка А) выполняем согласно Формуле (6. 12) СН РК EN 1993-1-1:

$$\frac{M_{x,Ed}}{M_{c,Rd}} \leq 1,$$

$$M_{c,Rd} = \frac{W_{eff,min} \cdot f_y}{\gamma_{M0}},$$

$W_{eff,min} = W_x^A = 36964 \text{ см}^3$ – в вертикальной плоскости;

$W_{z0}^A = 15591 \text{ см}^3$ – в горизонтальной плоскости.

От совместного действия нагрузок в двух плоскостях Формула (6.2) преобразуется в

$$\frac{M_{x,Ed}}{M_{xc,Rd}} + \frac{M_{z,Ed}}{M_{zc,Rd}} = \frac{6201,3}{10026,7} + \frac{966,3}{4165,8} = 0,85 \leq 1,$$

$$M_{xc,Rd} = \frac{42667 \times 10^3 \times 235}{1} \times 10^{-6} = 10026,7 \text{ кН} \cdot \text{м},$$

$$M_{zc,Rd} = \frac{17727 \times 10^3 \times 235}{1} \times 10^{-6} = 4165,8 \text{ кН} \cdot \text{м},$$

$$M_{x,Ed} = 6201,3 \text{ кН} \cdot \text{м},$$

$$M_{z,Ed} = 966,3 \text{ кН} \cdot \text{м}.$$

Условие выполняется.

Проверку прочности по максимальным касательным напряжениям выполняем согласно формуле (6.19) СН РК EN 1993-1-1:

$$\frac{\tau_{Ed}}{f_y / (\sqrt{3} \cdot \gamma_{M0})} \leq 1,$$

где номинальное значение предела текучести f_y для стали марки S 235 по EN 10025-2, равное $f_y = 235 \frac{\text{Н}}{\text{мм}^2}$;

где γ_{M0} – частный коэффициент, принимаем равным $\gamma_{M0} = 1,00$ по Таблице 6.1.

$$\frac{112,03}{235 / (\sqrt{3} \cdot 1)} = 0,826 \leq 1,00.$$

Условие выполняется.

6.3 Устойчивость подкрановых конструкций

6.3.1 Общие положения

6.3.1.1 [6.3.1(1)] Расчет на устойчивость выполняется согласно указаниям подраздела 6.3 СН РК EN 1993-1-1.

6.3.2 Изгибно-крутильная форма потери устойчивости

6.3.2.1 Общие положения

6.3.2.1.1 [6.3.2.1(1)] При проверке устойчивости подкрановой балки в условиях изгибно-крутильной формы потери устойчивости необходимо учитывать крутящие моменты, возникающие от эксцентриситетов вертикальной и боковой горизонтальной нагрузок относительно центра сечения.

ПРИМЕЧАНИЕ Методика расчета согласно указаниям подраздела 6.3 СН РК EN 1993-1-1 не учитывает действие крутящих моментов.

6.3.2.2 Расчетный уровень приложения колесных нагрузок

6.3.2.2.1 Если колесные нагрузки от крана действуют на балку через рельс без эластичной подкладки, допускается учитывать стабилизирующий эффект горизонтального сдвига, возникающего при кручении, в точке приложения вертикальной силы от колеса к рельсу. Если поперечное сечение балки имеет вид двутавра из плоских или гнутых элементов, то при отсутствии более точного расчета можно принять, что вертикальная колесная нагрузка приложена на уровне центральной оси сечения.

6.3.2.2.2 [6.3.2.2(2)] Если крановые колесные нагрузки действуют через рельс, опирающийся на эластичную подкладку, или действуют непосредственно на верхнюю полку подкрановой балки, упрощение в Пункте 6.3.2.2.1 не применимо, и вертикальная сила от колеса должна быть приложена на уровне верхней полки балки.

6.3.2.2.3 [6.3.2.2(3)] При колесных нагрузках от электроталей (тельферов) или подвесного крана следует учитывать стабилизирующий эффект от приложения нагрузок на нижнюю полку балки. В связи с эффектом возможного раскачивания поднимаемых грузов вертикальная реакция не должна прикладываться ниже уровня верхней поверхности нижней полки.

6.3.2.3 Методы проверки

6.3.2.3.1 [6.3.2.3(1)] Несущая способность статически определимой подкрановой балки по изгибно-крутильной форме потери устойчивости проверяется путем расчета сечения, включающего верхний пояс балки и одну пятую высоты стенки, на устойчивость как сжатого элемента. Это сечение должно быть проверено на действие осевой сжимающей силы, равной моменту от вертикальной нагрузки, деленному на расстояние между осями поясов. Необходимо также учесть изгибающий момент от боковой горизонтальной нагрузки и воздействие кручения.

ПРИМЕЧАНИЕ Национальное приложение к СН РК EN 1993-6, Пункт НП.2.9, рекомендует применять альтернативные методы оценки несущей способности, приведенные в Приложении А к СН РК EN 1993-6.

ПРИМЕР 3 Проверка устойчивости элементов составного сечения

ПЗ.1 Исходные данные для расчета

Исходные данные принимать по Примерам 1 и 2.

ПЗ.2 Проверка устойчивости верхнего пояса

ПЗ.2.1 Проверка необходимости учета эффекта запаздывания сдвига (неравномерности нормальных напряжений по ширине полки) согласно Пункту 3.1 (1) СН РК EN 1993-1-5:

$$b_0 = 23,3 \text{ см} < \frac{L_e}{50} = \frac{1200}{50} = 24 \text{ см}$$

где b_0 – свес полки;

L_e – расстояние между точками с нулевыми моментами, равное длине разрезной балки;

Эффект запаздывания сдвига допускается не учитывать.

ПЗ.2.2 Гибкость полки (Формула (4.3) СН РК EN 1993-1-5)

$$\bar{\lambda}_p = \sqrt{\frac{f_y}{\sigma_{cr}}} = \frac{\bar{b}/t}{28,4\varepsilon \cdot \sqrt{k_\sigma}} = \frac{23,3/5}{28,4 \cdot 1 \cdot \sqrt{0,43}} = 0,25,$$

где $\bar{b} = c = 23,3 \text{ см}$ – свес полки;

$\varepsilon = \sqrt{\frac{23,5}{f_y}} = \sqrt{\frac{23,5}{23,5}} = 1$ – параметр, учитывающий прочность стали;

k_σ – определяется по Таблице 4.2 СН РК EN 1993-1-5 в зависимости от коэффициента асимметрии напряжений $\psi = \sigma_2/\sigma_1$ и напряжения по краям полки σ_2 и σ_1 ; учитывая, что пояс равномерно сжат, т.е. $\sigma_2 = \sigma_1$, принимаем $\psi = 1$, тогда $k_\sigma = 0,43$ и $b_{eff} = \rho \cdot c$;

$t = t_f = 5 \text{ см}$ – толщина полки.

ПЗ.2.3 Понижающий коэффициент к основной площади при потере устойчивости пластины (Формула (4.3) СН РК EN 1993-1-5):

$$\rho = 1,0 \quad \text{для } \bar{\lambda}_p \leq 0,748;$$

ПЗ.2.4 Расчетная площадь сечения (Формула (4.1) СН РК EN 1993-1-5)

$$A_{c,eff} = \rho A_c = 1,0 \cdot 48 \cdot 5 = 240 \text{ см}^2,$$

где $A_c = b \cdot t = 48 \cdot 5,0 = 240 \text{ см}^2$.

ПЗ.2.5 Усилие сжатия в верхнем поясе определяется путем разложения момента на пару сил

$$N_{Ed} = \frac{M_{Ed,max}}{(h - t_f)} = \frac{620130}{(172 - 5)} = 0,3713 \cdot 10^4 \text{ кН},$$

где $M_{Ed,max}$ – момент;

h – высота балки;

t_f – толщина полки.

ПЗ.2.6 Проверка устойчивости (Формула (4.14) СН РК EN 1993-1-5)

$$\eta_1 = \frac{N_{Ed}}{\frac{f_y A_{c,eff}}{\gamma_{M0}}} = \frac{0,3713 \cdot 10^4}{23,5 \cdot 240/1} = 0,658 < 1,0,$$

где $\gamma_{M0} = 1,0$ – частный коэффициент.

ПЗ.3 Расчет устойчивости стенки по методу пониженных напряжений (Раздел 10 СН РК EN 1993-1-5)

ПЗ.3.1 Минимальный коэффициент запаса по приведенным характеристическим напряжениям (Формула (10.3) СН РК EN 1993-1-5)

Участок 1

$$\frac{1}{\alpha_{ult,k}^2} = \left(\frac{\sigma_{x,Ed}}{f_y}\right)^2 + \left(\frac{\sigma_{z,Ed}}{f_y}\right)^2 - \left(\frac{\sigma_{x,Ed}}{f_y}\right) \cdot \left(\frac{\sigma_{z,Ed}}{f_y}\right) + 3 \cdot \left(\frac{\tau_{Ed}}{f_y}\right)^2$$

$$= \left(\frac{6,42}{23,5}\right)^2 + \left(\frac{16,78}{23,5}\right)^2 - \left(\frac{6,42}{23,5}\right) \times \left(\frac{16,78}{23,5}\right) + 3 \times \left(\frac{6,73}{23,5}\right)^2 = 0,635$$

$$\alpha_{ult,k} = \sqrt{\frac{1}{0,635}} = 1,255$$

где $\sigma_{x,Ed}$, $\sigma_{z,Ed}$ и τ_{Ed} – компоненты напряженного состояния пластины при расчете по предельным состояниям несущей способности.

$$\sigma_{x,Ed} = \frac{M_{x,Ed}}{W_x^{ст.}} = \frac{2909,76 \times 100}{45301} = 6,42 \frac{\text{кН}}{\text{см}^2}; \quad W_x^{ст.} = \frac{3669385}{162/2} = 45301 \text{ см}^3;$$

смотри пример 4, П4.2:

$$\sigma_{z,Ed} = \sigma_{oz,Ed} = 16,78 \frac{\text{кН}}{\text{см}^2};$$

$$\tau_{Ed} = \frac{V_{z,Ed} \times S_x}{I_x \cdot t_{ст}} = \frac{1725,78 \times 20040}{3669385 \times 1,4} = 6,73 \frac{\text{кН}}{\text{см}^2}.$$

Участок 4

$$\frac{1}{\alpha_{ult,k}^2} = \left(\frac{\sigma_{x,Ed}}{f_y}\right)^2 + \left(\frac{\sigma_{z,Ed}}{f_y}\right)^2 - \left(\frac{\sigma_{x,Ed}}{f_y}\right) \cdot \left(\frac{\sigma_{z,Ed}}{f_y}\right) + 3 \cdot \left(\frac{\tau_{Ed}}{f_y}\right)^2$$

$$= \left(\frac{13,69}{23,5}\right)^2 + \left(\frac{7,232}{23,5}\right)^2 - \left(\frac{13,69}{23,5}\right) \times \left(\frac{7,232}{23,5}\right) + 3 \times \left(\frac{1,47}{23,5}\right)^2 = 0,266$$

$$\alpha_{ult,k} = \sqrt{\frac{1}{0,266}} = 1,939$$

$$\sigma_{x,Ed} = \frac{M_{x,Ed}}{W_x^{ст.}} = \frac{6201,3 \times 100}{45301} = 13,69 \frac{\text{кН}}{\text{см}^2}; \quad W_x^{ст.} = \frac{3669385}{162/2} = 45301 \text{ см}^3;$$

смотри пример 4, П4.1:

$$\sigma_{z,Ed} = \sigma_{oz,Ed} = 7,232 \frac{\text{кН}}{\text{см}^2};$$

$$\tau_{Ed} = \frac{V_{z,Ed} \times S_x}{I_x \cdot t_{ст}} = \frac{269,01 \times 20040}{3669385 \times 1,4} = 1,47 \frac{\text{кН}}{\text{см}^2}$$

П3.3.2 Минимальный коэффициент запаса по упругим критическим напряжениям (Пункт 10 (6) СН РК EN 1993-1-5).

П3.3.2.1 Продольные нормальные напряжения

а) Коэффициент асимметрии напряжений $\psi_x = \sigma_2/\sigma_1$, где σ_2 и σ_1 – напряжения по краям стенки; при действии изгибающего момента $\sigma_2 = -\sigma_1$, поэтому $\psi_x = -1$, тогда $k_\sigma = 23,9$ (Таблица 4.1 СН РК EN 1993-1-5).

Ребра жесткости – двухсторонние. Шаг ребер жесткости 150 см, размер ребра 100x8 мм.

б) Критические напряжения (Формула (4.8) СН РК EN 1993-1-5)

$$\sigma_{cr,x} = \frac{\pi^2 E t^2}{12 \cdot (1 - \nu^2) \cdot a^2} = \frac{3,14^2 \cdot 2,1 \cdot 10^4 \cdot 1,4^2}{12 \cdot (1 - 0,3^2) \cdot 150^2} = 1,65 \frac{\text{кН}}{\text{см}^2},$$

где $a = 150$ см – длина пластинки в продольном направлении;

$\nu = 0,3$ – коэффициент Пуассона;

$t = t_w = 1,4$ см – толщина стенки.

в) Коэффициент отношения напряжений:

Участок 1

$$\alpha_{cr,x} = \frac{\sigma_{cr,x}}{\sigma_{x,Ed}} = \frac{1,65}{6,42} = 0,257$$

Участок 4

$$\alpha_{cr,x} = \frac{\sigma_{cr,x}}{\sigma_{x,Ed}} = \frac{1,65}{13,69} = 0,121$$

где $\sigma_{x,Ed}$ – расчетные нормальные напряжения в верхней точке стенки (см. Формулу (10.3)).

ПЗ.3.2.2 Касательные напряжения

а) Проверка необходимости проверки устойчивости стенки (Пункт 5.1 (2) СН РК EN 1993-1-5)

$$\frac{h_w}{t_w} = \frac{162}{1,4} = 115,7 > \frac{31}{\eta} \varepsilon \sqrt{k_\tau} = \frac{31}{1,2} \cdot 1 \cdot \sqrt{10,228} = 82,62$$

где $\eta = 1,2$ – коэффициент;

ε – параметр, учитывающий прочность стали:

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{23,5 \text{ кН/см}^2}{f_y}} = \sqrt{\frac{23,5}{23,5}} = 1$$

k_τ – коэффициент потери устойчивости при действии касательных напряжений. Поскольку $a/h_w = 150/162 = 0,926 < 1$, коэффициент определяем по формуле (Формула (А.5) СН РК EN 1993-1-5)

$$k_\tau = 4,00 + 5,34(h_w/a)^2 = 4,00 + 5,34(162/150)^2 = 10,228$$

Вывод: при выполнении проверки устойчивости необходимо учитывать касательные напряжения.

б) Критические напряжения (Формула (5.4) СН РК EN 1993-1-5)

$$\tau_{cr} = k_\tau \sigma_E = 10,228 \cdot 1,416 = 14,483 \frac{\text{кН}}{\text{см}^2}$$

где σ_E – упругие критические напряжения определяются по Формуле (А.1) СН РК EN 1993-1-5.

$$\sigma_E = \frac{\pi^2 E t^2}{12 \cdot (1 - \nu^2) \cdot b^2} = \frac{3,14^2 \cdot 2,1 \cdot 10^4 \cdot 1,4^2}{12 \cdot (1 - 0,3^2) \cdot 162^2} = 1,416 \frac{\text{кН}}{\text{см}^2},$$

где $b = h_w = 162$ см – ширина пластинки;

$\nu = 0,3$ – коэффициент Пуассона;

$t = t_w = 1,4$ см – толщина стенки.

в) Коэффициент отношения напряжений:

Участок 1

$$\alpha_{cr,\tau} = \frac{\tau_{cr}}{\tau_{Ed}} = \frac{14,483}{6,73} = 2,152$$

Участок 4

$$\alpha_{cr,\tau} = \frac{\tau_{cr}}{\tau_{Ed}} = \frac{14,483}{1,47} = 9,852$$

где τ_{Ed} – расчетные средние касательные напряжения (см. Формулу (10.3) СН РК EN 1993-1-5).

ПЗ.3.2.3 Поперечные (вертикальные) нормальные напряжения

а) Коэффициент асимметрии напряжений $\psi_z = \sigma_2/\sigma_1$, где σ_2 и σ_1 – напряжения по краям вертикальной пластинки; при действии вертикальной локальной силы $\sigma_2 = \sigma_1$, поэтому $\psi_z = 1$,

тогда $k_\sigma = 4,0$ (Таблица 4.1 СН РК EN 1993-1-5).

б) Критические напряжения (Формула (4.8) СН РК EN 1993-1-5)

$$\sigma_{cr,z} = \frac{\pi^2 E t^2}{12 \cdot (1 - \nu^2) \cdot a^2} = \frac{3,14^2 \cdot 2,1 \cdot 10^4 \cdot 1,4^2}{12 \cdot (1 - 0,3^2) \cdot 162^2} = 1,416 \frac{\text{кН}}{\text{см}^2}$$

где $a = 162$ см – длина пластинки в вертикальном направлении;

$\nu = 0,3$ – коэффициент Пуассона;

$t = t_w = 1,4$ см – толщина стенки.

в) Коэффициент отношения напряжений:

Участок 1

$$\alpha_{cr,z} = \frac{\sigma_{cr,z}}{\sigma_{z,Ed}} = \frac{1,416}{16,78} = 0,084$$

Участок 4

$$\alpha_{cr,z} = \frac{\sigma_{cr,z}}{\sigma_{z,Ed}} = \frac{1,416}{7,232} = 0,196$$

где $\sigma_{z,Ed} = \sigma_{oz,Ed}$ – расчетные вертикальные нормальные напряжения в верхней точке стенки (см. Формулу (10.3) СН РК EN 1993-1-5).

ПЗ.3.2.4 Минимальный коэффициент запаса по упругим критическим напряжениям (Формула (10.6) СН РК EN 1993-1-5)

Участок 1

$$\begin{aligned} \frac{1}{\alpha_{cr}} &= \frac{1 + \psi_x}{4\alpha_{cr,x}} + \frac{1 + \psi_z}{4\alpha_{cr,z}} + \left[\left(\frac{1 + \psi_x}{4\alpha_{cr,x}} + \frac{1 + \psi_z}{4\alpha_{cr,z}} \right)^2 + \frac{1 - \psi_x}{2\alpha_{cr,x}^2} + \frac{1 - \psi_z}{2\alpha_{cr,z}^2} + \frac{1}{\alpha_{cr,\tau}^2} \right]^{1/2} \\ &= \frac{1 - 1}{4 \cdot 0,257} + \frac{1 + 1}{4 \cdot 0,084} \\ &\quad + \left[\left(\frac{1 - 1}{4 \cdot 0,257} + \frac{1 + 1}{4 \cdot 0,084} \right)^2 + \frac{1 + 1}{2 \cdot 0,257^2} + \frac{1 - 1}{2 \cdot 0,084^2} + \frac{1}{2,152^2} \right]^{1/2} = \frac{1}{0,076} \end{aligned}$$

Участок 4

$$\begin{aligned} \frac{1}{\alpha_{cr}} &= \frac{1 + \psi_x}{4\alpha_{cr,x}} + \frac{1 + \psi_z}{4\alpha_{cr,z}} + \left[\left(\frac{1 + \psi_x}{4\alpha_{cr,x}} + \frac{1 + \psi_z}{4\alpha_{cr,z}} \right)^2 + \frac{1 - \psi_x}{2\alpha_{cr,x}^2} + \frac{1 - \psi_z}{2\alpha_{cr,z}^2} + \frac{1}{\alpha_{cr,\tau}^2} \right]^{1/2} \\ &= \frac{1 - 1}{4 \cdot 0,121} + \frac{1 + 1}{4 \cdot 0,196} \\ &\quad + \left[\left(\frac{1 - 1}{4 \cdot 0,121} + \frac{1 + 1}{4 \cdot 0,196} \right)^2 + \frac{1 + 1}{2 \cdot 0,121^2} + \frac{1 - 1}{2 \cdot 0,196^2} + \frac{1}{9,852^2} \right]^{1/2} = \frac{1}{0,089} \end{aligned}$$

ПЗ.3.3 Гибкость стенки (Формула (10.2) СН РК EN 1993-1-5)

Участок 1

$$\bar{\lambda}_p = \sqrt{\frac{\alpha_{ult,k}}{\alpha_{cr}}} = \sqrt{\frac{1,255}{0,076}} = 4,064$$

Участок 4

$$\bar{\lambda}_p = \sqrt{\frac{\alpha_{ult,k}}{\alpha_{cr}}} = \sqrt{\frac{1,939}{0,089}} = 4,668$$

ПЗ.3.4 Понижающие коэффициенты

ПЗ.3.4.1 Понижающий коэффициент при потере устойчивости пластины от действия продольных нормальных напряжений (Формула (4.2) СН РК EN 1993-1-5)

Участок 1

для $\bar{\lambda}_p = 4,064 > 0,5 + \sqrt{0,085 - 0,055\psi_x} = 0,5 + \sqrt{0,085 + 0,055 \cdot 1} = 0,874$

$$\rho_x = \frac{\bar{\lambda}_p - 0,055 \cdot (3 + \psi_x)}{\bar{\lambda}_p^2} = \frac{4,064 - 0,055 \cdot (3 - 1)}{4,064^2} = 0,239 \leq 1,0$$

Принимаем $\rho_x = 0,239$

Участок 4

для $\bar{\lambda}_p = 4,668 > 0,5 + \sqrt{0,085 - 0,055\psi_x} = 0,5 + \sqrt{0,085 + 0,055 \cdot 1} = 0,874$

$$\rho_x = \frac{\bar{\lambda}_p - 0,055 \cdot (3 + \psi_x)}{\bar{\lambda}_p^2} = \frac{4,668 - 0,055 \cdot (3 - 1)}{4,668^2} = 0,209 \leq 1,0$$

Принимаем $\rho_x = 0,209$

ПЗ.3.4.2 Понижающий коэффициент при потере устойчивости пластины от действия вертикальных нормальных напряжений (Формула (4.2) СН РК EN 1993-1-5)

Участок 1

для $\bar{\lambda}_p = 4,064 > 0,5 + \sqrt{0,085 - 0,055\psi_z} = 0,5 + \sqrt{0,085 - 0,055 \cdot 1} = 0,673$

$$\rho_z = \frac{\bar{\lambda}_p - 0,055 \cdot (3 + \psi_z)}{\bar{\lambda}_p^2} = \frac{4,064 - 0,055 \cdot (3 + 1)}{4,064^2} = 0,233 \leq 1,0$$

Принимаем $\rho_z = 0,233$

Участок 4

для $\bar{\lambda}_p = 4,668 > 0,5 + \sqrt{0,085 - 0,055\psi_x} = 0,5 + \sqrt{0,085 - 0,055 \cdot 1} = 0,673$

$$\rho_z = \frac{\bar{\lambda}_p - 0,055 \cdot (3 + \psi_z)}{\bar{\lambda}_p^2} = \frac{4,668 - 0,055 \cdot (3 + 1)}{4,668^2} = 0,204 \leq 1,0$$

Принимаем $\rho_z = 0,204$

ПЗ.3.4.3 Понижающий коэффициент для касательных напряжений

а) гибкость стенки (Формула (5.3) СН РК EN 1993-1-5)

$$\bar{\lambda}_w = 0,76 \sqrt{\frac{f_{yw}}{\tau_{cr}}} = 0,76 \sqrt{\frac{23,5}{14,483}} = 0,968.$$

б) Для нежесткого опорного узла при $\bar{\lambda}_w = 1,0$ по Таблице 5.1 СН РК EN 1993-1-5 значение коэффициента $\chi_w = 0,83 / \bar{\lambda}_w = 0,83 / 0,968 = 0,857$.

ПЗ.3.5 Проверка устойчивости по Формуле (10.5) СН РК EN 1993-1-5 при коэффициенте надежности $\gamma_{M1} = 1$

Участок 1

$$\begin{aligned} & \left(\frac{\sigma_{x,Ed}}{\rho_x \cdot f_y / \gamma_{M1}} \right)^2 + \left(\frac{\sigma_{z,Ed}}{\rho_z \cdot f_y / \gamma_{M1}} \right)^2 - \left(\frac{\sigma_{x,Ed}}{\rho_x \cdot f_y / \gamma_{M1}} \right) \cdot \left(\frac{\sigma_{z,Ed}}{\rho_z \cdot f_y / \gamma_{M1}} \right) + 3 \cdot \left(\frac{\tau_{Ed}}{\chi_w \cdot f_y / \gamma_{M1}} \right)^2 \\ &= \left(\frac{6,42}{0,239 \cdot 23,5/1} \right)^2 + \left(\frac{16,78}{0,233 \cdot 23,5/1} \right)^2 - \left(\frac{6,42}{0,239 \cdot 23,5/1} \right) \cdot \left(\frac{16,78}{0,233 \cdot 23,5/1} \right) + 3 \\ & \cdot \left(\frac{6,73}{0,857 \cdot 23,5/1} \right)^2 = 7,53 \leq 1 \end{aligned}$$

Условие не выполняется.

Участок 4

$$\begin{aligned}
& \left(\frac{\sigma_{x,Ed}}{\rho_x \cdot f_y / \gamma_{M1}} \right)^2 + \left(\frac{\sigma_{z,Ed}}{\rho_z \cdot f_y / \gamma_{M1}} \right)^2 - \left(\frac{\sigma_{x,Ed}}{\rho_x \cdot f_y / \gamma_{M1}} \right) \cdot \left(\frac{\sigma_{z,Ed}}{\rho_z \cdot f_y / \gamma_{M1}} \right) + 3 \cdot \left(\frac{\tau_{Ed}}{\chi_w \cdot f_y / \gamma_{M1}} \right)^2 \\
& = \left(\frac{13,69}{0,209 \cdot 23,5/1} \right)^2 + \left(\frac{7,232}{0,204 \cdot 23,5/1} \right)^2 - \left(\frac{13,69}{0,209 \cdot 23,5/1} \right) \cdot \left(\frac{7,232}{0,204 \cdot 23,5/1} \right) + 3 \cdot \left(\frac{1,47}{0,857 \cdot 23,5/1} \right)^2 = 5,856 \leq 1
\end{aligned}$$

Условие не выполняется, следовательно, необходимо предусмотреть конструктивные решения по усилению стенки, либо увеличить толщину стенки подкрановой балки, либо усилить стенку балки продольными ребрами жесткости и повторить расчет.

6.4 Сжатые элементы составного сечения

6.4.1 [6.4(1)] Указания по расчету сжатых элементов составного поперечного сечения приводятся в подразделе 6.4 СН РК EN 1993-1-1.

6.5 Несущая способность стенки балки при действии колесных нагрузок

6.5.1 Общие положения

6.5.1.1 [6.5.1(1)] Стенка подкрановой балки для мостовых кранов должна быть проверена для обеспечения несущей способности при действии вертикальных сил от колес крана.

6.5.1.2 [6.5.1(2)] При выполнении данной проверки, Пункт 6.5.1.1, влияние бокового эксцентриситета колесных нагрузок допускается не учитывать.

6.5.1.3 [6.5.1(3)] Несущая способность стенки прокатной или сварной подкрановой балки от действия вертикальных сил на верхнюю полку балки должна проверяться согласно разделу 6 СН РК EN 1993-1-5.

6.5.1.4 [6.5.1(4)] Учет взаимодействия вертикальных сил с моментами и осевыми силами следует выполнять согласно подразделу 7.2 СН РК EN 1993-1-5.

6.5.2 Длина жесткого опирания

6.5.2.1 [6.5.2(1)] Длина жесткого опирания s_s на верхней поверхности верхней полки балки при приложении крановых нагрузок через рельс, указанная в п.6.5 СН РК EN 1993-1-5, определяется по Формуле (6.1):

$$s_s = l_{eff} - 2t_f \quad (6.1)$$

где l_{eff} – расчетная длина приложения нагрузки на нижней стороне верхней полки, из Таблицы 5.1;

t_f – толщина верхней полки.

ПРИМЕР 4 Определение локальных напряжений в стенке балки в первом и среднем отсеках
П4.1 Локальные напряжения в среднем отсеке (участок 4) подкрановой балки.

Нормальные локальные напряжения от колеса крана определяем согласно подразделу 5.7 СН РК EN 1993-6.

$$\sigma_{oz,Ed} = \frac{F_{z,Ed}}{l_{eff} \cdot t_w} = \frac{509,67}{50,335 \cdot 1,4} = 7,232 \frac{\text{кН}}{\text{см}^2};$$

где $F_{z,Ed}$ - расчетное значение колесной нагрузки, $F_{z,Ed} = 509,67$ кН,

t_w - толщина стенки балки, $t_w = 1,4$ мм;

l_{eff} - расчетная длина приложения крановой нагрузки (Таблица 5.1 СН РК EN 1993-6,

$$l_{eff} = 3,25 \cdot [(I_r + I_{f,eff})/t_w]^{\frac{1}{3}} = 3,25 \cdot [(4794,79 + 406,25)/1,4]^{\frac{1}{3}} = 50,335 \text{ см};$$

I_r - момент инерции кранового рельса относительно ее горизонтальной центральной оси, $I_r = 4794,79 \text{ см}^4$;

$I_{f,eff}$ - момент инерции верхней полки с эффективной шириной b_{eff} относительно ее горизонтальной центральной оси,

$$I_{f,eff} = \frac{b_{eff} \cdot t_f^3}{12} = \frac{39 \cdot 5^3}{12} = 406,25 \text{ см}^4,$$

здесь $b_{eff} = b_{fr} + h_r + t_f = 17 + 17 + 5 = 39 \text{ см} \leq b_f = 48 \text{ см}$,

b_{fr} - ширина подошвы рельса, для КР120 - $b_{fr} = 17 \text{ см}$;

h_r - высота рельса, для КР120 - $h_r = 17 \text{ см}$.

Локальные касательные напряжения $\tau_{oxz,Ed}$ согласно 5.7.2 СН РК EN 1993-6 принимаются равными 20 % от величины максимального локального вертикального напряжения $\sigma_{oz,Ed}$ на этом же уровне стенки. Следовательно:

$$\tau_{oxz,Ed} = 0,2 \cdot \sigma_{oxz,Ed} = 0,2 \cdot 13,69 = 2,738 \frac{\text{кН}}{\text{см}^2}.$$

П4.2 Локальные напряжения в первом отсеке (участок 1) подкрановой балки.

Нормальные вертикальные локальные напряжения

$$\sigma_{oz,Ed} = \frac{F_{z,Ed}}{l_{eff1} \cdot t_w} = \frac{509,67}{21,694 \cdot 1,4} = 16,78 \frac{\text{кН}}{\text{см}^2},$$

где l_{eff1} - расчетная длина приложения крановой нагрузки у опоры с учетом понижающего коэффициента χ_F (См. 6.4 СН РК EN 1993-1-5),

$$l_{eff1} = \chi_F \cdot l_{eff},$$

$$l_{eff1} = 0,431 \cdot 50,335 = 21,694 \text{ см},$$

$$\chi_F = \frac{0,5}{\bar{\lambda}_f} = \frac{0,5}{1,159} = 0,431 \leq 1,0,$$

$$\bar{\lambda}_f = \sqrt{\frac{l_{eff} \cdot t_w \cdot f_y}{F_{cr}}} = \sqrt{\frac{50,335 \cdot 1,4 \cdot 23,5}{1233,154}} = 1,159,$$

$$F_{cr} = 0,9 \cdot k_F \cdot E \cdot \frac{t_w^3}{h_w} = 0,9 \cdot 3,852 \cdot 2,1 \cdot 10^4 \cdot \frac{1,4^3}{162} = 1233,154 \text{ кН},$$

$$k_F = 2 + 6 \cdot \left(\frac{s_s + c}{h_w} \right)^2 \leq 6,$$

см. Рисунок 6.1 (тип с) СН РК EN 1993-1-5,

$$k_F = 2 + 6 \cdot \left(\frac{90 + 0}{162} \right)^2 = 3,852 \leq 6,$$

Локальные касательные напряжения составят

$$\tau_{oxz,Ed} = 0,2 \cdot \sigma_{oxz,Ed} = 0,2 \cdot 16,78 = 3,356 \frac{\text{кН}}{\text{см}^2}.$$

ПРИМЕР 5 Проверка прочности стенки балки по приведенным напряжениям

П5.1 В среднем отсеке подкрановой балки (участок 4).

Для проверки прочности стенки балки в упругой стадии по приведенным напряжениям используем Формулу (6.1) СН РК EN 1993-1-1:

$$\left(\frac{\sigma_{x,Ed}}{f_y/\gamma_{M0}}\right)^2 + \left(\frac{\sigma_{z,Ed}}{f_y/\gamma_{M0}}\right)^2 + \left(\frac{\sigma_{x,Ed}}{f_y/\gamma_{M0}}\right) \cdot \left(\frac{\sigma_{z,Ed}}{f_y/\gamma_{M0}}\right) + 3 \cdot \left(\frac{\tau_{Ed}}{f_y/\gamma_{M0}}\right)^2 \leq 1,$$

где γ_{M0} – частный коэффициент, принимаемый равным $\gamma_{M0} = 1,0$ по Таблице 6.1;

$\sigma_{x,Ed}$ – расчетное значение нормальных напряжений в верхней зоне стенки,

$$\sigma_{x,Ed} = 13,69 \frac{\text{кН}}{\text{см}^2};$$

$\sigma_{z,Ed}$ – расчетное значение нормальное локальное напряжения на исследуемом участке,

$$\sigma_{z,Ed} = 7,232 \frac{\text{кН}}{\text{см}^2},$$

τ_{Ed} – расчетное значение суммарные касательные напряжения, включающие напряжения от соответствующей силы и локальные напряжения в исследуемой точке сечения,

$$\tau_{Ed} = \tau_{(Ed)} + \tau_{\text{oxz},Ed} = 1,47 + 2,438 = 3,908 \frac{\text{кН}}{\text{см}^2}.$$

Тогда

$$\left(\frac{13,69}{23,5/1}\right)^2 + \left(\frac{7,232}{23,5/1}\right)^2 - \left(\frac{13,69}{23,5/1}\right) \cdot \left(\frac{7,232}{23,5/1}\right) + 3 \cdot \left(\frac{3,908}{23,5/1}\right)^2 = 0,338 \leq 1.$$

Условия проверки прочности по приведенным напряжениям в среднем отсеке выполняются.

П5.2 В первом отсеке подкрановой балки (участок 1).

Проверка прочности в упругой стадии по приведенным напряжениям:

$$\left(\frac{\sigma_{x,Ed}}{f_y/\gamma_{M0}}\right)^2 + \left(\frac{\sigma_{z,Ed}}{f_y/\gamma_{M0}}\right)^2 + \left(\frac{\sigma_{x,Ed}}{f_y/\gamma_{M0}}\right) \cdot \left(\frac{\sigma_{z,Ed}}{f_y/\gamma_{M0}}\right) + 3 \cdot \left(\frac{\tau_{Ed}}{f_y/\gamma_{M0}}\right)^2 \leq 1,$$

где γ_{M0} – частный коэффициент, принимаемый равным $\gamma_{M0} = 1$ по Таблице 6.1 СН РК EN 1993-6;

$\sigma_{x,Ed}$ – нормальные напряжения в верхней зоне стенки,

$$\sigma_{x,Ed} = 6,42 \frac{\text{кН}}{\text{см}^2};$$

$\sigma_{z,Ed}$ – нормальные локальные напряжения на участке,

$$\sigma_{z,Ed} = 16,78 \frac{\text{кН}}{\text{см}^2},$$

τ_{Ed} – суммарные касательные напряжения, включающие напряжения от соответствующей силы и локальные напряжения в исследуемой точке сечения,

$$\tau_{Ed} = \tau_{(Ed)} + \tau_{\text{oxz},Ed} = 6,73 + 3,356 = 10,086 \frac{\text{кН}}{\text{см}^2}.$$

Тогда

$$\left(\frac{6,42}{23,5/1}\right)^2 + \left(\frac{16,78}{23,5/1}\right)^2 - \left(\frac{6,42}{23,5/1}\right) \cdot \left(\frac{16,78}{23,5/1}\right) + 3 \cdot \left(\frac{10,086}{23,5/1}\right)^2 = 0,942 \leq 1.$$

Условия проверки прочности по приведенным напряжениям в первом отсеке выполняются.

6.6 Устойчивость пластин

6.6.1[6.6.(1)] Расчет устойчивости плоских элементов сечения следует выполнять по правилам, изложенным в СН РК EN 1993-1-5.

6.6.2 [6.6.(2)] Проверка устойчивости плоских элементов по предельным состояниям несущей способности должна выполняться одним из следующих методов (см. Пункт

6.6(2) СН РК EN 1993-6):

а) по несущей способности с использованием эффективных сечений при действии нормальных напряжений, касательных напряжений и вертикальной силы, которая определяется отдельно для каждого силового фактора согласно разделам 4, 5 или 6 (соответственно) СН РК EN 1993-1-5. Затем учитывается совместное действие факторов согласно разделу 7 СН РК EN 1993-1-5;

б) по несущей способности сечений класса 3 с ограничением напряжений условиями потери устойчивости согласно Разделу 10 СН РК EN 1993-1-5.

6.6.3 [6.6.(3)] Сжатые ребра жесткости подкрепленных пластин, воспринимающие дополнительные изгибающие моменты от вертикальной нагрузки в плоскости пластины следует проверить на устойчивость согласно требованиям Пункта 6.3.3 СН РК EN 1993-1-1.

6.7 Несущая способность нижней полки балки при действии колесных нагрузок

6.7.1 [6.7.(1)] Несущая способность $F_{f,Rd}$ нижней полки балки при действии колесной нагрузки $F_{z,Ed}$ от подвешного крана или контактного ролика электротали (тельфера), см. Рисунок 6.1, определяется по Формуле (6.2):

$$F_{f,Rd} = \frac{l_{eff} \cdot t_f^2 \cdot f_y / \gamma_{M0}}{4m} \left[1 - \left(\frac{\sigma_{f,Ed}}{f_y / \gamma_{M0}} \right)^2 \right] \quad (6.2)$$

где l_{eff} – расчетная длина приложения нагрузки, воспринимающая колесную нагрузку, см. Пункт 6.7.3;

m – плечо внутренней пары сил, т.е. расстояние от колесной нагрузки до начала полки (возле стенки), см. Пункт 6.7.2;

t_f – толщина полки;

$\sigma_{f,Ed}$ – нормальное напряжение в средней линии полки от основного изгибающего момента в сечении балки.

6.7.2 [6.7.(2)] Плечо внутренней пары сил m от колесной нагрузки должно определяться следующим образом:

а) для прокатного сечения: $m = 0,5 \cdot (b - t_w) - 0,8r - n$ (6.3)

б) для сварного сечения: $m = 0,5 \cdot (b - t_w) - 0,8\sqrt{2a} - n$ (6.4)

где a – наименьший катет углового сварного шва;

b – ширина полки балки;

n – расстояние от оси действия силы от колеса до кромки полки;

r – радиус закругления;

t_w – толщина стенки балки.

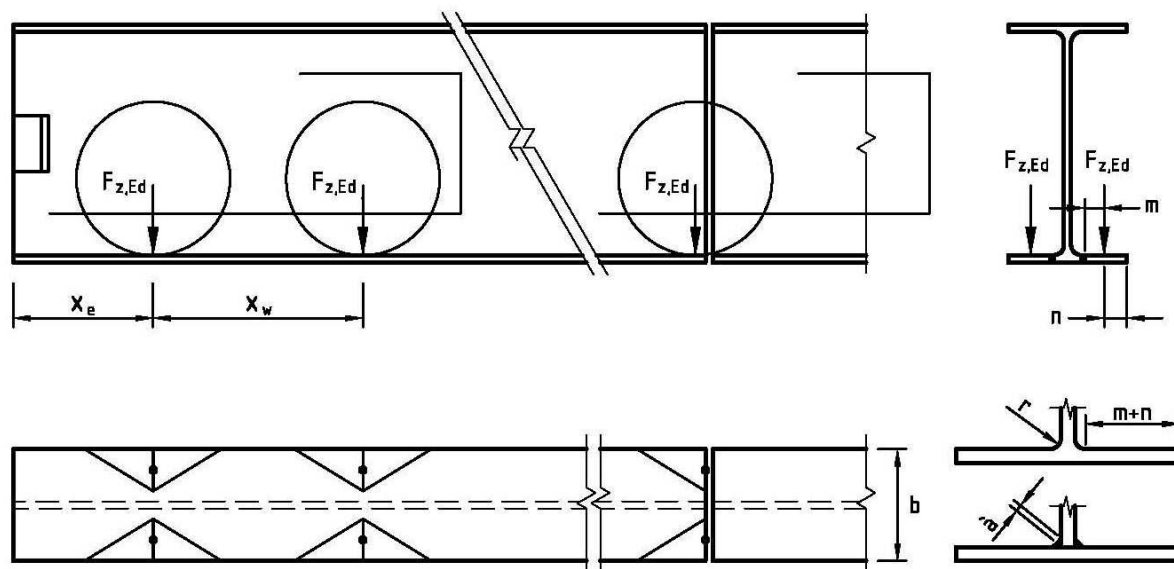


Рисунок 6.1 – Изгиб не усиленной нижней полки на расстоянии от края балки

6.7.3 [6.7.(3)] Расчетная длина полки l_{eff} , по которой воспринимается нагрузка от одного колеса крана, определяется по Таблице 6.2.

Таблица 6.2 – Расчетная длина l_{eff}

Случай	Положение колеса крана	l_{eff}
(a)	Колесо возле неусиленного шарнирного узла	$2(m + n)$
(b)	Колесо вдали от края балки	$4\sqrt{2}(m + n)$ для $x_w \geq 4\sqrt{2}(m + n)$
		$2\sqrt{2}(m + n) + 0,5x_w$ для $x_w < 4\sqrt{2}(m + n)$
(c)	Колесо возле концевого упора, расположенного на расстоянии $x_e \leq 2\sqrt{2}(m + n)$ от края балки	$2(m + n) \left[\frac{x_e}{m} + \sqrt{1 + \left(\frac{x_e}{m}\right)^2} \right] \text{ но } \leq \sqrt{2}(m + n) + x_e$ для $x_w \geq 2\sqrt{2}(m + n) + x_e$
		$2(m + n) \left[\frac{x_e}{m} + \sqrt{1 + \left(\frac{x_e}{m}\right)^2} \right] \text{ но } \leq \sqrt{2}(m + n) + \frac{x_w + x_e}{2}$ для $x_w < 2\sqrt{2}(m + n) + x_e$
(d)	Колесо возле края балки, который закрепляется снизу или имеет замыкающую торцевую пластину (см. Рисунок 6.2) на расстоянии $x_e \leq 2\sqrt{2}(m + n)$ от края балки	$2\sqrt{2}(m + n) + x_e + \frac{2(m + n)^2}{x_e}$ для $x_w \geq 2\sqrt{2}(m + n) + x_e + \frac{2(m + n)^2}{x_e}$
		$\sqrt{2}(m + n) + \frac{(x_e + x_w)}{2} + \frac{(m + n)^2}{x_e}$ для $x_w < 2\sqrt{2}(m + n) + x_e + \frac{2(m + n)^2}{x_e}$

Таблица 6.2 – Расчетная длина l_{eff} (продолжение)

ПРИМЕЧАНИЕ Обозначения в таблице:

x_e – расстояние от края балки до оси колеса;

x_w – расстояние между колесами.

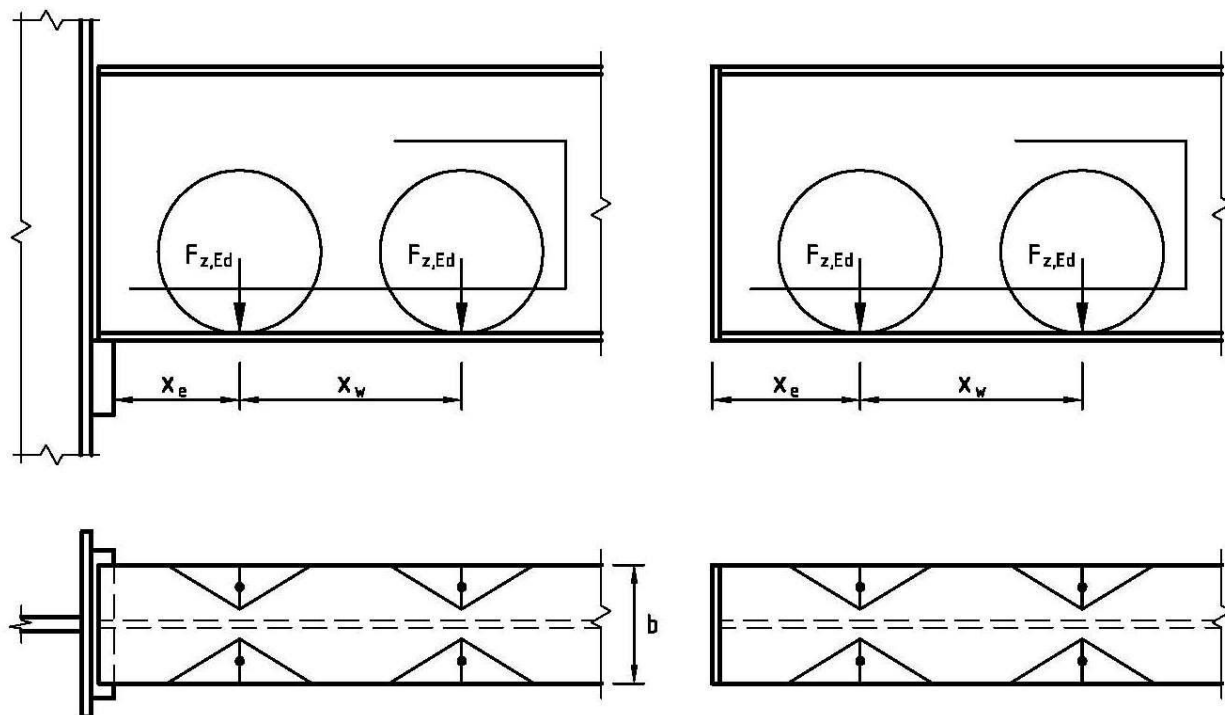


Рисунок 6.2 - Изгиб нижней полки при полностью опирающихся краях балки

7 ПРЕДЕЛЬНЫЕ СОСТОЯНИЯ ПО ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ ПРИГОДНОСТИ

7.1 Общие положения

7.1.1 [7.1.(1)] В дополнение к критериям предельных состояний по потере несущей способности должны выполняться критерии предельных состояний по эксплуатационной пригодности, для этого должны быть ограничены:

- а) деформации и перемещения, см. подраздел 7.3:
 - вертикальные деформации подкрановой балки для предотвращения значительных колебаний, вызванных работой тележки, крана или перемещением крана;
 - вертикальные деформации подкрановой балки, для предотвращения значительного наклона крана;
 - разность вертикальных деформаций противоположных балок, для предотвращения значительного наклона крана;
 - горизонтальные деформации балок, для уменьшения перекоса крана;
 - боковое перемещение опорных колонн или ферм на уровне колес крана, во избежание значительных амплитуд вибраций каркаса;

- разность боковых перемещений соседних колонн или рам, для предотвращения резких изменений горизонтального положения крановых путей, приводящих к перекосу и возможным деформациям мостов кранов;

- боковые движения, которые изменяют расстояние между парой противоположных подкрановых балок, во избежание повреждений колесных реборд, рельсовых креплений или крановых конструкций;

- б) гибкость пластин, с целью исключения видимого продольного изгиба пластин или переменных деформаций стенки балки из плоскости, см. подраздел 7.4;

- в) напряжения, в целях обеспечения возможности переменных напряжений, см. подраздел 7.5:

- на участках опирания колеса крана на полку балки, см. подраздел 2.7;

- при приложении испытательных нагрузок, см. подразделы 2.8 и 2.10 СН РК EN 1991-3;

- на участках, где выполняется статический расчет в пластической стадии для проверок предельных состояний по несущей способности, см. Пункт 5.4.1.

7.2 Расчетные модели

7.2.1 [7.2(1)] Напряжения и деформации для предельных состояний по эксплуатационной пригодности должны определяться на основании линейного упругого расчета согласно указаниям СН РК EN 1993-1-1.

ПРИМЕЧАНИЕ Упрощенные расчетные модели могут использоваться для определения напряжений, при условии, что это будет в запас.

7.3 Предельные деформации и перемещения

7.3.1 [7.3.(1)] Специфические ограничения на деформации и перемещения, вместе с сочетаниями нагрузок, для которых они вводятся, должны быть согласованы для каждого проекта.

7.3.2 [7.3.(1)] Предельные значения горизонтальных отклонений для сочетаний нагрузок с характеристическими значениями приводятся в Таблице 7.1.

7.3.3 [7.3.(1)] Предельные значения вертикальных деформаций приводятся в Таблице 7.2 для сочетаний нагрузок с характеристическими значениями без учета коэффициентов динамичности.

Таблица 7.1 - Предельные значения горизонтальных отклонений

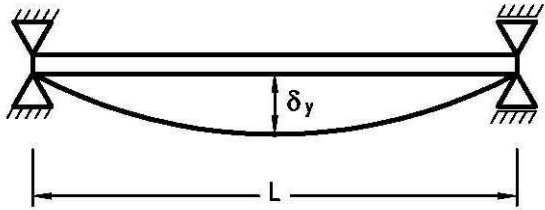
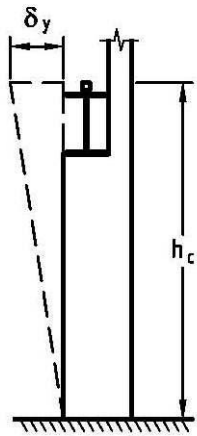
Описание отклонений (деформация или перемещение)	Схем (эскиз)
а) Горизонтальная деформация δ_y балки, измеренная на уровне верха кранового рельса: $\delta_y \leq L/600$	
б) Горизонтальное смещение δ_y рамы (или колонны) на уровне опор крана от крановых нагрузок: $\delta_y \leq h_c/400$ где h_c - высота до уровня опирания крана (на рельс или на полку балки)	

Таблица 7.1 - Предельные значения горизонтальных отклонений (продолжение)

Описание отклонений (деформация или перемещение)	Схем (эскиз)
с) Разность $\Delta\delta_y$ между горизонтальными перемещениями соседних рам (или колонн), на которые опираются балки открытой крановой эстакады: $\Delta\delta_y \leq L/600$	
д) Разность $\Delta\delta_y$ между горизонтальными смещениями соседних колонн (или ферм), на которые опираются балки открытой крановой эстакады: – от сочетания боковых крановых нагрузок и ветровой нагрузки при работе крана: $\Delta\delta_y \leq L/600$ □□ от ветровой нагрузкой при нерабочем кране: $\Delta\delta_y \leq L/400$	
е) Сужение или расширение рельсовой колеи Δ_x , измеренное между серединами головок крановых рельсов с учетом температурных деформаций: $\Delta_x \leq 10 \text{ мм (см. примечание)}$	
<p>ПРИМЕЧАНИЕ Горизонтальные отклонения и деформации крановых рельсовых путей рассматриваются совместно при расчете крана. Отклонения и допуски зависят от конструктивных решений и допускаемых зазоров для направляющих. Если расстояние между ребрами крановых колес и крановым рельсом (или между другими направляющими и балкой крана) достаточны для обеспечения необходимых зазоров, допускается принимать более высокие предельные отклонения для каждого проекта по согласованию с поставщиком кранов и заказчиком.</p>	
	

Таблица 7.2 - Предельные значения вертикальных отклонений

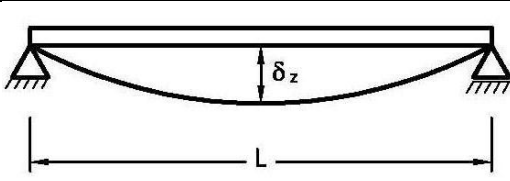
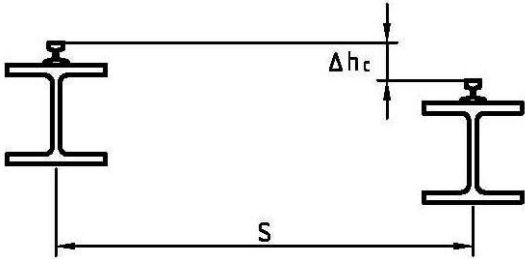
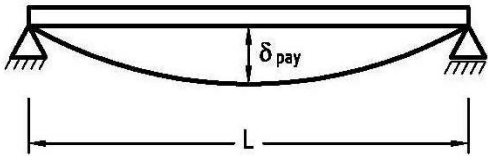
Описание отклонения (деформация или смещение)	Схемы (эскизы)
<p>а) Вертикальная деформация δ_z подкрановой балки: $\delta_z \leq L/600 \text{ и } \delta_z \leq 25 \text{ мм}$ Вертикальная деформация δ_z должна приниматься как полная деформация от вертикальных нагрузок минус возможный предварительный выгиб, как для δ_{max} на Рисунке А1.1 СН РК EN 1990</p>	

Таблица 7.2 Предельные значения вертикальных отклонений (продолжение)

Описание отклонения (деформация или смещение)	Схемы (эскизы)
б) Разность отметок головки кранового рельса $\square h_c$ в одном поперечном сечении: $\square h_c \leq s/600$	
с) Вертикальная деформация δ_{pay} балки монорельса электротали относительно ее опор от полезной нагрузки: $\delta_{pay} \leq L/500$	

7.4 Ограничения на переменные выгибы стенки балки

7.4.1 [7.4(1)] Гибкость пластин стенки балки должна быть ограничена для предотвращения значительных переменных выгибов стенки, которые могут вызвать усталостные повреждения соединений стенки балки с полкой или прилегающих участков.

7.4.2 Для панелей стенки значительные переменные выгибы, для комбинаций часто встречающихся нагрузок (определенных согласно указаниям СН РК EN 1990), допускается не учитывать при выполнении условия Формулы (7.1):

$$\sqrt{\left(\frac{\sigma_{x,Ed,ser}}{k_{\sigma} \cdot \sigma_E}\right)^2 + \left(\frac{1,1 \cdot \tau_{Ed,ser}}{k_{\tau} \cdot \sigma_E}\right)^2} \leq 1,1 \quad (7.1)$$

где k_{σ} , k_{τ} - коэффициенты линейного упругого продольного изгиба, определяемые по СН РК EN 1993-1-5;

$$\sigma_E = 190000 \cdot (b/t_w)^2, \text{ Н/мм}^2;$$

b - наименьший размер панели стенки;

t_w - толщина стенки;

$\sigma_{x,Ed,ser}$ - нормальные напряжения в панели стенки;

$\tau_{Ed,ser}$ - касательные напряжения в панели стенки.

7.4.3 [7.4(3)] Значительные переменные выгибы допускается не учитывать для панелей стенки без продольных ребер жесткости, для которых отношение b/t_w составляет менее 120.

7.5 Обратимое поведение

7.5.1 [7.5(1)] Для обеспечения обратимого поведения подкрановых конструкций в упругой стадии, значения напряжений $\sigma_{Ed,ser}$ и $\tau_{Ed,ser}$ от соответствующих сочетаний характеристических значений нагрузок или от сочетания испытательных нагрузок (с учетом запаздывания сдвига и дополнительных усилий от деформаций) должны быть

ограничены следующим образом:

$$\sigma_{Ed,ser} \leq f_y / \gamma_{M,ser} \quad (7.2a)$$

$$\tau_{Ed,ser} \leq \frac{f_y}{\sqrt{3} \gamma_{M,ser}} \quad (7.2b)$$

$$\sqrt{(\sigma_{x,Ed,ser})^2 + 3(\tau_{Ed,ser})^2} \leq f_y / \gamma_{M,ser} \quad (7.2c)$$

$$\sqrt{(\sigma_{x,Ed,ser})^2 + (\sigma_{y,Ed,ser})^2 - (\sigma_{x,Ed,ser}) \cdot (\sigma_{y,Ed,ser}) + 3(\tau_{Ed,ser})^2} \leq f_y / \gamma_{M,ser} \quad (7.2d)$$

$$\sqrt{(\sigma_{x,Ed,ser})^2 + (\sigma_{z,Ed,ser})^2 - (\sigma_{x,Ed,ser}) \cdot (\sigma_{z,Ed,ser}) + 3(\tau_{Ed,ser})^2} \leq f_y / \gamma_{M,ser} \quad (7.2e)$$

где $\sigma_{x,Ed,ser}$ – нормальные напряжения в продольном направлении;

$\sigma_{y,Ed,ser}$ – нормальные напряжения в поперечном направлении;

$\sigma_{z,Ed,ser}$ – нормальные напряжения в вертикальном направлении;

$\tau_{Ed,ser}$ – соответствующие касательные напряжения;

$\gamma_{M,ser} = 1,00$ – частный коэффициент.

7.5.2 [7.5(2)] Номинальные напряжения для подкрановых балок мостовых кранов в дополнение к общим напряжениям $\sigma_{x,Ed,ser}$ и $\tau_{Ed,ser}$ должны включать локальные вертикальные нормальные напряжения $\sigma_{oz,Ed,ser}$ в стенке балки, см. Пункт 5.7.1. Нормальные напряжения $\sigma_{T,Ed}$, от эксцентриситета приложения колесных нагрузок, см. Пункт 5.7.3, допускается не учитывать.

7.5.3 [7.5(3)] Номинальные напряжения в балках для электротали (тельфера) или для подвесных кранов должны включать в себя локальные напряжения $\sigma_{ox,Ed,ser}$ и $\sigma_{oy,Ed,ser}$ в нижней полке, см. подраздел 5.8, в дополнение к основным напряжениям $\sigma_{x,Ed,ser}$ и $\tau_{Ed,ser}$.

7.6 Вибрация нижней полки балки

7.6.1 При работе крана необходимо исключить возникновение боковых горизонтальных вибраций нижней полки подкрановых балок с шарнирным опиранием на опоры (статически определимых).

7.6.2 Вибрации отсутствуют, если значение коэффициента гибкости L/i_z нижней полки не превышает 250, где i_z – радиус инерции нижней полки относительно вертикальной оси; L – расстояние между горизонтальными связями по нижней полке.

8 КРЕПЕЖНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ, СВАРНЫЕ ШВЫ, ТОРМОЗНЫЕ СОЕДИНЕНИЯ И РЕЛЬСЫ

8.1 Соединения на болтах, заклепках и штифтах

8.1.1 Физические свойства материалов, размеры и допуски для болтов должны отвечать требованиям ссылочных стандартов группы 4, см. Пункт 1.2.4 СН РК EN 1993-1-8.

8.1.2 Физические свойства материалов, размеры и допуски для стальных заклепок должны отвечать требованиям ссылочных стандартов группы 6, см. Пункт 1.2.6 СН РК EN 1993-1-8.

8.1.3 Соединения на штифтах принимать согласно подразделу 3.13 СН РК EN 1993-1-8.

8.1.4 Расчет соединений на болтах, заклепках и штифтах следует выполнять согласно указаниям раздела 3 СН РК EN 1993-1-8.

8.1.5 [8.1(2)] Если в соединении присутствует изгибающий момент, то распределение внутренних сил в этом соединении прямо пропорционально расстоянию от центра вращения.

8.2 Сварные соединения

8.2.1 Требования к сварным швам, используемых в соединениях, приводятся в разделе 4 СН РК EN 1993-1-8.

8.2.2 [8.2(2)] В несущих строительных конструкциях для кранов прерывистые угловые сварные швы не должны использоваться там, где они образуют закрытые полости, склонные к коррозионному износу (см. Пункт 8.2(2) СН РК EN 1993-6).

ПРИМЕЧАНИЕ Применение прерывистых сварных швов возможно там, где соединения защищены от влияния погодных условий, например, внутри коробчатых конструкций.

8.2.3 [8.2(3)] Прерывистые угловые сварные швы не должны использоваться для соединения стенки с полкой балки, где швы подвергаются воздействию локальных напряжений от колесных нагрузок.

8.2.4 [8.2(4)] Для классов кранов, вызывающих значительные усталостные воздействия, поперечные ребра жесткости или другие элементы не должны привариваться к верхним полкам подкрановых балок.

ПРИМЕЧАНИЕ Согласно Пункту НП.2.12 Национального приложения к СН РК EN 1993-6, к «высокоусталостным» кранам относятся классы кранов с S7 по S9, согласно Приложению В СН РК EN 1991-3.

8.3 Тормозные соединения

8.3.1 [8.3(1)] Тормозные соединения, соединяющие верхнюю полку подкрановой балки к опорной конструкции, должны воспринимать:

а) перемещения от поворота опорного сечения подкрановой балки, вызванного вертикальной крановой нагрузкой, см. Рисунок 8.1;

б) перемещения от поворота опорного сечения подкрановой балки в горизонтальной плоскости, вызванного боковыми усилиями от крана, см. Рисунок 8.2;

в) вертикальные перемещения от вертикального обжатия подкрановой балки и ее опоры, износа и осадки опоры подкрановой балки.

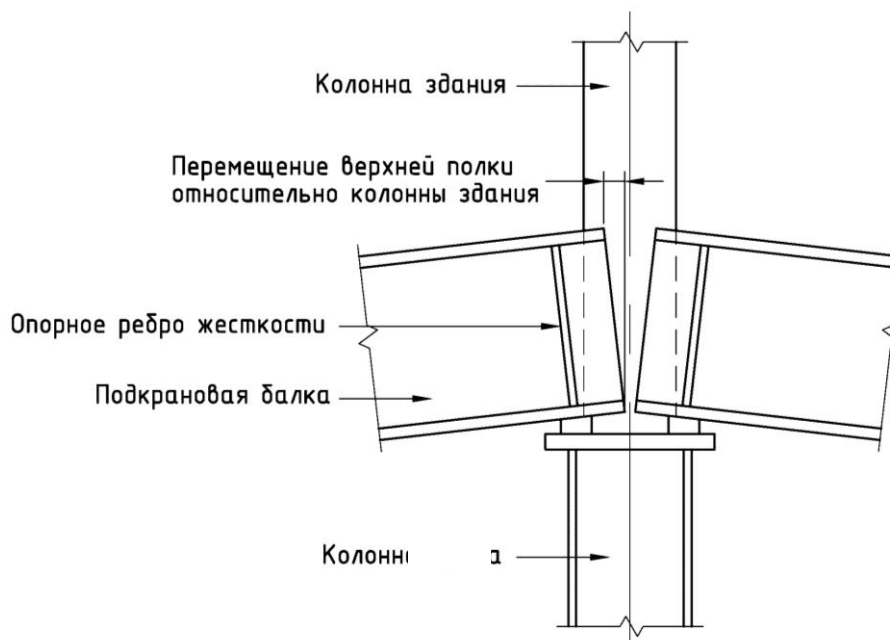


Рисунок 8.1 – Поворот опорного сечения подкрановой балки в вертикальной плоскости

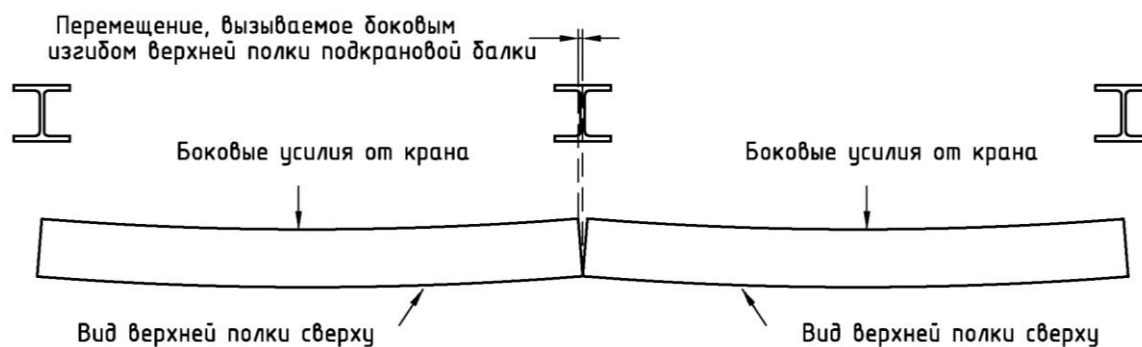


Рисунок 8.2 – Поворот опорного сечения подкрановой балки в горизонтальной плоскости

8.3.2 [8.3(2)] При конструировании тормозных соединений и их креплений необходимо предусмотреть возможность рихтовки подкрановой балки в горизонтальной и вертикальной плоскости для выравнивания кранового пути с учетом допусков на положение рельсов относительно центра стенки подкрановой балки.

8.3.3 [8.3(3)] Несущая конструкция для крана, где не используются тормозные соединения, подкрановая балка и ее элементы должны быть запроектированы с учетом передачи всех горизонтальных и вертикальных сил от колес крана на опоры.

8.4 Крановые рельсы

8.4.1 Материал для крановых рельсов

8.4.1.1 [8.4.1(1)] Рельсовая сталь должна удовлетворять требованиям Пункта 3.6.2.

8.4.2 Проектный срок службы

8.4.2.1 [8.4.2(1)] Класс рельсовой стали должен выбираться из условия обеспечения соответствующего проектного срока службы рельса L_r . В случае, если проектный срок службы кранового рельса меньше проектного срока службы балки, см. Пункт 2.1.3.2, следует учитывать необходимость замены рельсов при выборе рельсовых креплений согласно указания подраздела 8.5.

8.4.3 Выбор кранового рельса

8.4.3.1 [8.4.3(1)] При выборе крановых рельсов необходимо учитывать (см. Пункт 8.4.3(1) СН РК EN 1993-6):

- а) материал рельса;
- б) нагрузки от колеса крана;
- в) материал колеса крана;
- г) диаметр колеса крана;
- д) режим работы крана.

8.4.3.2 [8.4.3(2)] Контактное давление (опорное давление Герца) между колесами крана и рельсами должно быть ограничено соответствующим значением в целях:

- а) уменьшения трения;
- б) предотвращения чрезмерного износа кранового рельса;
- в) предотвращения чрезмерного износа колес крана.

8.4.3.3 [8.4.3(3)] Выбор кранового рельса следует выполнять по методике, приведенной в EN 13001-3.3.

8.5 Рельсовые крепления

8.5.1 Общие положения

8.5.1.1 [8.5.1(1)] В зависимости от принятых соединительных элементов, крепление крановых рельсов классифицируется как жесткое или независимое, т.е. подвижное.

8.5.1.2 [8.5.1(2)] Каждое рельсовое крепление должно быть рассчитано на максимальное боковое горизонтальное усилие от одного колеса крана. В случае, если расстояние между колесами крана меньше расстояния между креплениями кранового рельса, то несущая способность рельсового крепления должна быть соответственно увеличена.

8.5.2 Жесткие крепления

8.5.2.1 [8.5.2(1)] Жесткими считаются следующие виды креплений крановых рельсов к верхнему поясу подкрановых балок:

- а) рельсы приварены к подкрановым балкам;
- б) при креплении рельсов к балкам с помощью болтов с плотной посадкой, болтов с предварительным натяжением или с помощью заклепок, проходящих через полку кранового рельса.

5.3.2.2 [8.5.2(2)] Крановые рельсы с жесткими рельсовыми креплениями принимаются как часть поперечного сечения подкрановой балки. При этом необходимо учитывать износ крановых рельсов согласно указаниям Пунктов 5.6.2.2 и 5.6.2.3.

5.3.2.3 [8.5.2(3)] Жесткое рельсовое крепление должно быть запроектировано на восприятие продольных горизонтальных усилий, возникающих между рельсом и балкой, и поперечных горизонтальных усилий от колес крана.

5.3.2.4 Для жестких рельсовых креплений необходимо выполнять проверку на выносливость согласно требованиям СН РК EN 1993-1-9.

8.5.3 Независимые крепления

8.5.3.1 [8.5.3(1)] Все рельсовые крепления, которые не относятся к жестким креплениям, являются независимыми, т.е. подвижными.

8.5.3.2 [8.5.3(2)] Независимые рельсовые крепления должны быть рассчитаны на поперечные горизонтальные усилия от крановых колес.

8.5.3.3 [8.5.3(3)] Между крановым рельсом с независимым креплением к подкрановым балкам могут укладываться эластичные подкладки.

8.6 Рельсовые соединения

8.6.1 [8.6(1)] Рельсы могут быть:

- а) неразрезными (непрерывными), проходящими через стык подкрановых балок;
- б) разрезными, с устройством температурных стыков.

8.6.2 [8.6(2)] В случае неразрезных рельсов расчет несущих конструкций для крана должен основываться на соответствующих значениях свойств рельсовых креплений и опорных элементов с целью обеспечения:

- а) свободных температурных деформаций;
- б) передачи сил ускорения или торможения крана от кранового рельса на подкрановую балку.

8.6.3 [8.6(3)] Стыки рельсов необходимо конструировать таким образом, чтобы минимизировать ударные воздействия колес крана. Для этого должны использоваться косые стыки со смещением относительно стыков балок, см. Рисунок 8.3.

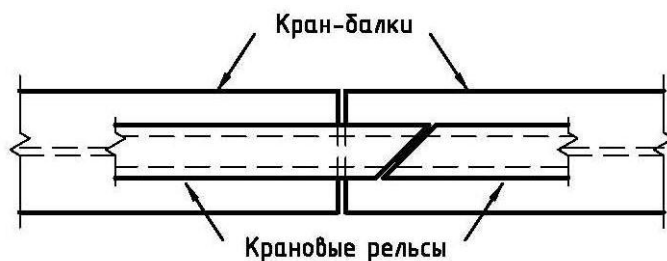


Рисунок 8.3 – Косой стык кранового рельса

9 ОЦЕНКА УСТАЛОСТНОЙ ПРОЧНОСТИ

9.1 Требования к оценке усталостной прочности

9.1.1 [9.1(1)] Проверка усталостной прочности (проверка на выносливость) должна выполняться для всех критических точек в соответствии с СН РК EN 1993-1-9.

9.1.2 [9.1(2)] Проверка усталостной прочности несущих конструкций для кранов не выполняется, если число циклов с нагрузками более 50% номинальной грузоподъемности не превышает предельного число циклов нагружений $C_0 = 10^4$, см.Национальное приложение к СН РК EN 1993-6, Пункт НП.2.13.

9.1.3 [9.1(3)] Проверку усталостной прочности следует выполнять в элементах несущих подкрановых конструкций, в которых возникают переменные напряжения от вертикальных крановых нагрузок.

ПРИМЕЧАНИЕ Переменные напряжения, вызванные горизонтальными нагрузками от крана, как правило, незначительны. Однако в ряде случаев тормозные соединения балок могут подвергаться усталостным воздействиям, вызванными боковыми крановыми нагрузками. Кроме этого, в некоторых отдельных типах несущих конструкций для крана усталость может быть следствием многочисленных ускорений и торможений грузовой тележки.

9.1.4 [9.1(4)] Элементы несущих конструкций для кранов, подверженные вибрационным воздействиям от ветровой нагрузки следует проверять на выносливость.

9.2 Частные коэффициенты для проверки усталостной прочности

9.2.1 [9.2(1)] Частный коэффициент для нагрузок, вызывающих усталостные явления, обозначается как γ_{Ff} и принимается равным 1,0, см.Национальное приложение к СН РК EN 1993-6, Пункт НП.2.14.

9.2.2 Частный коэффициент материала по выносливости обозначается как γ_{Mf} и принимается по Таблице 9.1.

Таблица 9.1 –Значения частных коэффициентов для материала по выносливости γ_{Mf}

Метод проверки усталостной прочности	Последствия разрушения	
	Незначительные	Большие
Работоспособности при повреждениях	1,00	1,15
Безопасного ресурса	1,15	1,35

9.3 Спектр усталостных напряжений

9.3.1 Общие положения

9.3.1.1 [9.3.1(1)] Напряжения σ_p и τ_p , используемые в проверке усталостной прочности, являются номинальными напряжениями, включают основные и локальные

напряжения и определяются из упругого расчета.

9.3.1.2 [9.3.1(2)] В случае, если при расчете имеется полная информации о работе кранов и все данные о кранах, то диаграммы (история) усталостных напряжений следует определять для каждого критического элемента с помощью приложения А СН РК EN 1993-1-9.

9.3.1.3 [9.3.1(3)] В случае отсутствия такой информации или при использовании упрощенного подхода, усталостные воздействия от работы кранов следует принимать по Пункту 2.12.1(4) СН РК EN 1991-3.

9.3.1.4 При расчете необходимо учитывать дополнительные (вторичные) моменты от влияния жесткости узловых соединений, неразрезности поясных элементов в решетчатых балках, решетчатых тормозных балках и связевых решетчатых панелях, как это определено в Пункте 5.9.

9.3.2 Упрощенный подход

9.3.2.1 [9.3.2(1)] При использовании упрощенного усталостного воздействия, приведенного в Пункте 2.12.1(4) СН РК EN 1991-3, может применяться следующая методика определения диапазона расчетных напряжений.

ПРИМЕЧАНИЕ Упрощенная усталостная нагрузка $Q_e = \varphi_{fat} \lambda Q_{max,i}$ из СН РК EN 1991-3 соответствует 2×10^6 циклам нагружения.

9.3.2.2 [9.3.2(2)] Максимальные напряжения $\sigma_{p,max}$ и $\tau_{p,max}$ и минимальные напряжения $\sigma_{p,min}$ и $\tau_{p,min}$ от упрощенной усталостной нагрузки Q_e , должны определяться для соответствующих элементов.

9.3.2.3 [9.3.2(3)] Диапазон эквивалентных повреждению напряжений $\Delta\sigma_{E2}$ и $\Delta\tau_{E2}$, связанный с 2×10^6 циклами, может быть получен из выражений (9.1) и (9.2):

$$\Delta\sigma_{E2} = |\sigma_{p,max} - \sigma_{p,min}| \quad (9.1)$$

$$\Delta\tau_{E2} = |\tau_{p,max} - \tau_{p,min}| \quad (9.2)$$

9.3.2.4 [9.3.2(4)] Если число циклов нагружений больше, чем количество рабочих циклов крана, см. Рисунок 9.1, то эквивалентная нагрузка Q_e , согласно Пункту 2.12.1(4) СН РК EN 1991-3, должна быть определена с помощью этого более высокого числа как общее число рабочих циклов C в Таблице 2.11 СН РК EN 1991-3.

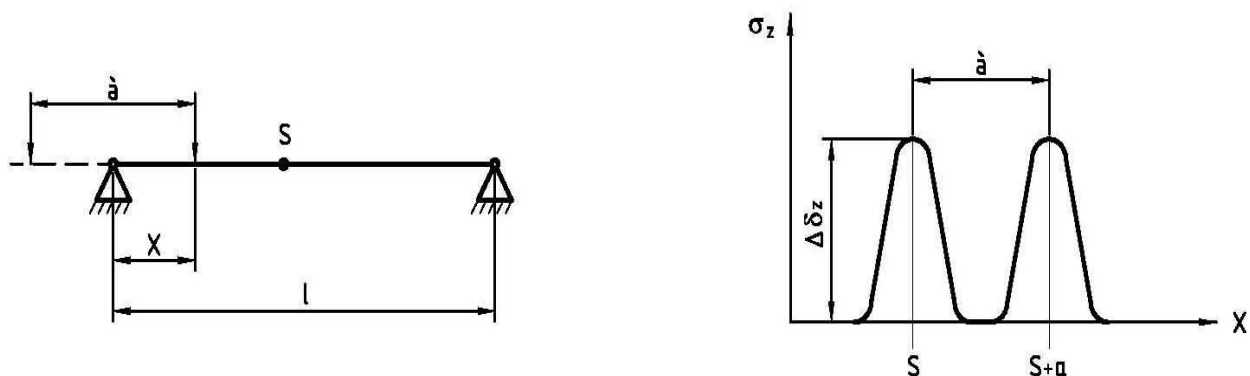


Рисунок 9.1 – Пример двух циклов напряжений от одного рабочего цикла крана**9.3.3 Локальные напряжения от колесных нагрузок на верхней полке балки**

9.3.3.1 [9.3.3(1)] В стенке балки возникают следующие локальные напряжения от действия колесных нагрузок на верхнюю полку:

- нормальные напряжения $\sigma_{z,Ed}$, определяемые по Пункту 5.7.1;
- касательные напряжения $\tau_{xz,Ed}$, определяемые по Пункту 5.7.2;
- нормальные напряжения $\sigma_{T,Ed}$ от приложения вертикальных нагрузок $F_{z,Ed}$ с боковым эксцентриситетом e_y , определяемые по Пункту 5.7.3.

ПРИМЕЧАНИЕ Для подкрановых балок, рассчитанных и запроектированных под мостовые краны классов с S_0 по S_3 , нормальными напряжениями $\sigma_{T,Ed}$, вызванными нагрузкой от колеса, можно пренебречь, см. Национальное приложение к СН РК EN 1993-6, Пункт НП.2.16.

9.3.3.2 [9.3.3(2)] В сварных швах, соединяющих стенку балки с полкой, следует учитывать наличие локальных напряжений.

9.3.3.3 [9.3.3(3)] Если крановый рельс приварен к полке балки, то необходимо учитывать локальные напряжения в сварных швах, соединяющих рельс с полкой балки.

9.3.4 Локальные напряжения от тельферов

9.3.4.1 При расчете балок подвесных путей необходимо учитывать локальные нормальные напряжения изгиба в нижней полке балки от колесных нагрузок подвесных кранов, определяемые по подразделу 5.8.

9.4 Проверка усталостной прочности**9.4.1 Общие положения**

9.4.1.1 [9.4.1(1)] Общие положения проверки усталостной прочности изложены в разделе 8 СН РК EN 1993-1-9.

9.4.2 Воздействия от нескольких кранов

9.4.2.1 [9.4.2(1)] Для элемента, воспринимающих нагрузку от двух и более кранов, общее накопленное повреждение должно удовлетворять условию (9.3):

$$\sum_i D_i + D_{dup} \leq 1 \quad (9.3)$$

где D_i – повреждение от одного i -го крана, работающего независимо;

D_{dup} – дополнительное повреждение от сочетания нагрузок от двух кранов, работающих совместно случайным образом.

9.4.2.2 [9.4.2(2)] Повреждение D_i от одного i -го крана, действующего независимо,

следует определять для диапазона нормальных напряжений или касательных напряжений, или и тех и других в зависимости от конструктивных особенностей, описанных в СН РК EN 1993-1-9, по Формуле (9.4):

$$D_i = \left[\frac{\gamma_{Ff} \Delta \sigma_{E2,i}}{\Delta \sigma_c / \gamma_{Mf}} \right]^3 + \left[\frac{\gamma_{Ff} \Delta \tau_{E2,i}}{\Delta \tau_c / \gamma_{Mf}} \right]^5 \quad (9.4)$$

где $\Delta \sigma_{E2,i}$ – эквивалентная постоянная амплитуда диапазона нормальных напряжений для одного i -го крана;

$\Delta \tau_{E2,i}$ – эквивалентная постоянная амплитуда диапазона касательных напряжений для одного i -го крана.

9.4.2.3 [9.4.2(3)] Дополнительное повреждение D_{dup} , от двух и более кранов, работающих совместно случайным образом, следует определять по диапазону нормальных напряжений или по диапазону касательных напряжений, или по двум диапазонам в зависимости от конструктивных особенностей, описанных в СН РК EN 1993-1-9 по Формуле (9.5):

$$D_{dup} = \left[\frac{\gamma_{Ff} \Delta \sigma_{E2,dup}}{\Delta \sigma_c / \gamma_{Mf}} \right]^3 + \left[\frac{\gamma_{Ff} \Delta \tau_{E2,dup}}{\Delta \tau_c / \gamma_{Mf}} \right]^5 \quad (9.5)$$

где $\Delta \sigma_{E2,dup}$ – эквивалентная постоянная амплитуда диапазона нормальных напряжений для двух или более кранов, действующих совместно;

$\Delta \tau_{E2,dup}$ – эквивалентная постоянная амплитуда диапазона касательных напряжений для двух или более кранов, действующих совместно.

9.4.2.4 [9.4.2(4)] Если два крана предназначены для одновременной работы в тандеме или иным образом, то их следует рассматривать как один кран.

9.4.2.5 [9.4.2(5)] При отсутствии достаточной информации эквивалентная постоянная амплитуда диапазона напряжений $\Delta \sigma_{E2}$ для двух или более кранов, работающих совместно случайным образом, может быть определена на основании коэффициентов эквивалентных повреждений λ_{dup} .

ПРИМЕЧАНИЕ Согласно Пункта НП.2.17 Национального приложения к СН РК EN 1993-6, значения коэффициентов эквивалентности повреждений λ_{dup} при работе двух и более кранов следует принимать равным значению λ_i из Таблицы 2.12 СН РК EN 1991-3 для воздействия класса S_i следующим образом:

а) для двух кранов: на 2 (два) класса ниже класса воздействия крана с более низким классом воздействия;

б) для трех и более кранов: на 3 (три) класса ниже класса воздействия крана с самым низким классом воздействия.

9.5 Усталостная прочность

9.5.1 [9.5(1)] Проверку усталостной прочности следует выполнять согласно требованиям Таблиц 8.1 ÷ 8.10 СН РК EN 1991-1-9.

УДК 624.014.24

МКС 91.010

Ключевые слова: мостовые краны, подвесные краны, электротельферы, несущие конструкции, устойчивость, прочность, пластинчатые элементы

Ресми басылым

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ҰЛТТЫҚ ЭКОНОМИКА МИНИСТРЛІГІНІҢ
ҚҰРЫЛЫС, ТҰРҒЫН ҮЙ-КОММУНАЛДЫҚ ШАРУАШЫЛЫҚ ІСТЕРІ ЖӘНЕ
ЖЕР РЕСУРСТАРЫН БАСҚАРУ КОМИТЕТІ

**Қазақстан Республикасының
НОРМАТИВТІК–ТЕХНИКАЛЫҚ ҚҰРАЛЫ**

**ҚР НТҚ 03-06.1-2012
БОЛАТ КОНСТРУКЦИЯЛАРДЫ ЖОБАЛАУ. КРАНДАРҒА АРНАЛҒАН КҮШ
ТҮСЕТІН КОНСТРУКЦИЯЛАР.**

Басылымға жауаптылар: «ҚазҚСҒЗИ» АҚ

050046, Алматы қаласы, Солодовников көшесі, 21
Тел./факс: +7 (727) 392-76-16 – қабылдау бөлмесі

Издание официальное

КОМИТЕТ ПО ДЕЛАМ СТРОИТЕЛЬСТВА, ЖИЛИЩНО-КОММУНАЛЬНОГО
ХОЗЯЙСТВА И УПРАВЛЕНИЯ ЗЕМЕЛЬНЫМИ РЕСУРСАМИ МИНИСТЕРСТВА
НАЦИОНАЛЬНОЙ ЭКОНОМИКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

**НОРМАТИВНО–ТЕХНИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ
Республики Казахстан**

**НТП РК 03-06.1-2012
ПРОЕКТИРОВАНИЕ СТАЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ. ЧАСТЬ. НЕСУЩИЕ
КОНСТРУКЦИИ ДЛЯ КРАНОВ.**

Ответственные за выпуск: АО «КазНИИСА»

050046, г. Алматы, ул. Солодовникова, 21
Тел./факс: +7 (727) 392-76-16 – приемная