

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

**Государственные нормативы в области
архитектуры, градостроительства и строительства
НОРМАТИВНО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ПОСОБИЯ
РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН**

КӨПІРЛЕРДІ ЖОБАЛАУ.

**1 бөлім. Жалпы ережелер. Жүктемелер мен әсер
етуді анықтау**

ПРОЕКТИРОВАНИЕ МОСТОВ.

**Часть 1. Общие положения. Определение
нагрузок и воздействий**

**ҚР НТҚ 01-02.1-2012 (ҚР ҚН EN 1991-2:2003/2011-ге)
НТП РК 01-02.1-2012 (к СН РК EN 1991-2:2003/2011)**

**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, «АЗДИ» 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 ОРНЫНА:** Алғашқы рет

ПРЕДИСЛОВИЕ

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

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

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

МАЗМҰНЫ

КІРІСПЕ	VI
1 ҚОЛДАНУ САЛАСЫ	1
2 НОРМАТИВТІК СІЛТЕМЕЛЕР	2
3 ТЕРМИНДЕР МЕН АНЫҚТАМАЛАР	3
4 БЕЛГІЛЕР МЕН ӨЛШЕМ БІРЛІКТЕРІ	6
4.1 Жалпы белгілер	6
4.1.1 5 және 6-тарауларында белгіленген белгілер	6
4.1.2 7-тарау үшін қабылданған белгілер	7
4.2 Өлшем бірліктері	12
5 АВТОЖОЛ КӨПРЛЕРІНЕ ТҮСЕТІН ЖҮКТЕМЕЛЕР МЕН ӘСЕРЛЕР	13
5.1 Жалпы ережелер	13
5.2 Қажу деңгейінен (төзімділіктен) басқа ақырғы жағдайлардың барлық тексерулері үшін қолданылатын вертикаль ауыспалы жылжымалы жүктемелер.....	13
5.2.1 Жалпы мәліметтер.....	13
5.2.2 Жүретін бөлікті жүктеу жолақтарына бөлу. Жүктеу жолақтарын нөмірлеу ережелері	14
5.2.3 LM1 жүктемесі	16
5.2.4 LM2 жүктемесі	18
5.2.5 LM3 жүктемесі	19
5.2.6 LM4 жүктемесі	19
5.3. Горизонталь күштер	20
5.3.1 Тежеу және жылдамдату күштері	20
5.3.2 Орталықтан сыртқа тебетін және басқа да көлденең күштер	20
5.4 Ауыспалы жылжымалы жүктемелердің (жүктемелер тобының) үйлесімділігі.....	21
5.5 Төзімділікті тексеруге арналған автомобиль көлігінен түсетін вертикаль ауыспалы жүктемелер моделі	23
5.5.1 Жалпы ережелер.....	23
5.5.2 FLM1 және FLM2 қажу деңгейін тексеретін жүктемелер	24
5.5.3 FLM3 қажу деңгейін тексеруге арналған жүктеме моделі	26
5.5.4 FLM4 және FLM5 қажу деңгейін тексеруге арналған жүктеме модельдері	30
5.5.5 FLM1 және FLM4 қажу деңгейін тексеруге арналған жүктеме модельдерімен жүктеу ережелері	31
5.6 Автомобиль көлігіне арналған апаттық есептік жағдайлар	33
5.6.1 Жалпы ережелер	33
5.6.2 Көлік құралдарының көпір астында көпір ғимаратының конструкцияларымен соқтығысуы	33
5.6.3 Көлік құралының бойлама құрылыстың жаяужолына шығуы	33
5.6.4 Жолдың жиектеріне әсер ететін соқтығысу күштері	34

5.6.5 Қоршау құралдарына әсер ететін соқтығысу күштері	35
5.7 Тіректерді есептеуге арналған жүктеме модельдері	35
5.8 Темір бетон бойлама құрылысты ауыспалы жылжымалы LM1 жүктемесіне есептеу мысалы	36
5.9 Бойлама металл құрылыстың LM1 ауыспалы жылжымалы жүктемеге және төзімділікті есептеуге арналған жүктемеге есептеу мысалы	47
5.10 Автокөлік құралының соққысынан болатын тірек бағанасындағы күшті анықтау мысалы	54
6 ЖАЯУ ЖҮРГІНШІЛЕР КӨПІРЛЕРІНЕ ТҮСЕТІН ЖҮКТЕМЕЛЕР МЕН ӘСЕРЛЕР	56
6.1 Вертикаль ауыспалы жылжымалы жүктемелер	56
6.1.1 Жалпы ережелер.....	56
6.1.2 Бір қалыпты бөліп таратылған жүктеме	56
6.1.3 Жинақталған жүктеме	56
6.1.4 Қызмет көрсететін көлік құралдары	57
6.2 Горизонталь жүктемелер	57
6.3 Көлік пен жаяу жүргіншіден түсетін жүктемелерді үйлестіру ережелері	58
6.4 Жаяу жүргінші көпірлерінің бойлама құрылысын тексерудің динамикалық белгілері.....	58
6.5 Қызмет көрсететін көлік құралдарынан түсетін вертикаль ауыспалы әсерлерге бойлама металл құрылысты есептеу мысалдары	58
7 ТЕМІРЖОЛ КӨЛІКТЕРІНЕН ТҮСЕТІН ЖҮКТЕМЕЛЕР	61
7.1 Жалпы ережелер.....	61
7.2 Жылжымалы құрамнан түсетін вертикаль жүктемелер	61
7.2.1 71 Жүктеме моделі	61
7.2.2 SW/0 және SW/2 жүктеме модельдері	63
7.2.3 «Жүктелмеген поезд» жүктеме моделі	63
7.2.4 HSLM жүктеме моделі	64
7.2.5 Жер қабатына түсетін балама вертикаль жүктеме және топырақ қысымының әсері	66
7.3 Конструкцияның динамикалық күйінің әсерлерін есептеу	66
7.3.1 Жалпы ережелер.....	66
7.3.2 Динамикалық коэффициент $1+\varphi$	67
7.3.3 Φ (Φ_2 , Φ_3) динамикалық коэффициенті	69
7.3.4 Анықтаушы ұзындық L_Φ	72
7.3.5 Динамикалық «қосымша» коэффициенті φ_{dyn}^I	72
7.4 Сипаттамалық горизонталь жүктемелер	73
7.4.1 Орталықтан сыртқа тебетін күштер	73
7.4.2 Дөңгелектердің бүйір қысымының күші	75
7.4.3 Тежеу және ауырлық күштері	77
7.5 Жүктеу ережелері	78
7.6 Жүктемелер тобы	79
7.7 Динамикалық есеп параметрлері	80

7.7.1 Жалпы ережелер.....	80
7.7.2 HSLM жүктеме модельдерімен конструкцияларды динамикалық жүктеу параметрлері	83 87
7.7.3 Қарастыруға жататын жылдамдықтар	88
7.7.4 Конструкцияны демпфирлеу	89
7.7.5 Көпірдің қаттылығы	90
7.7.6 Көпірдің салмағы	90
7.7.7 Жүктемелердің үйлесімдігі мен HSLM жүктемесіне арналған коэффициенттердің комбинациясы	91
7.7.8 Динамикалық есептеу қажет болғанда шекті жағдайларды тексеру	92
7.8 Жүріп жатқан поездардан түсетін аэродинамикалық әсерлер	92
7.8.1 Жалпы ережелер.....	93
7.8.2 Рельс жолдарына параллель (мысалы, шудан қоғайтын экрандар) вертикаль жабындыларға түсетін аэродинамикалық әсерлер	94
7.8.3 Рельс астындағы горизонталь жабындыларға (мысалы, жоғарғы қорқайтын конструкциялар) түсетін аэродинамикалық әсерлер	95
7.8.4 Рельс жолдарына жақын горизонталь жабындыларға (мысалы, вертикаль қабырғалары жоқ платформаның төбесі) әсер ететін аэродинамикалық әсерлер	96
7.8.5 Рельс жолының қасындағы көп жабындылардан (вертикаль, горизонталь немесе көлбеу) тұратын конструкцияға әсер ететін аэродинамикалық әсерлер (мысалы, еңкейген шу оқшаулары, вертикаль қабырғалары бар платформалардың төбелері)	96
7.8.6 Шектелген ұзындық бойында (20 м дейін) конструкцияның жақындату габариттеріне (рельс жолдарының үстіндегі горизонталь жабынды, аз дегенде бір вертикаль қабырға, мысалы төсеме тақталар, уақытша ғимараттар) жақын жабындыларға әсер ететін аэродинамикалық әсерлер	97
7.9 Қажу деңгейін бағалауға арналған темір жол қозғалысынан түсетін жүктемелер.....	98
7.10 Апаттық әсерлер. Рельстерден шығып кету	98
7.10.1 Теміржол көпірінде теміржол көлігінің рельстерден шығып кетуі кезінде болатын әсерлер	99
7.10.2 Апаттық есептік жағдайларға арналған конструкцияның астында немесе оның қасында рельстерден шығып кетуі және басқа да әсерлер	100
А ҚОСЫМШАСЫ (ақпараттық).....	100
А.1 Жалпы ақпарат	100
А.2 Ауыспалы әсерлердің көрнекі мәндері	103
А.3 Әсерлердің есептік мәндері	108

Б ҚОСЫМШАСЫ (ақпараттық) LM3 жүктемесі.....	112
В ҚОСЫМШАСЫ (ақпараттық) Қажу деңгейін бағлауға арналған поезд типтері. Көліктік композициялар	119
Г ҚОСЫМШАСЫ (ақпараттық) Ауыспалы әсерлерге конструкция мен рельс жолдарының бірге жұмыс істеуі	119
Г.1 Жалпы ережелер	119
Г.2 Көпір конструкциясы мен рельс жолының бірге жұмыс істеуіне әсер ететін параметрлер	121
Г.3 Ескерілуі тиіс әсерлер	122
Г.4 Рельс жолдары мен конструкцияның біріккен жүйесін бейнелеу және есептеу.....	123
Г.5 Есептік өлшемдер	123
Г.5.1 Рельс жолы	124
Г.5.2 Конструкция деформациясының шекті мәндері	125
Г.6 Жеке бойлама құрылысқа арналған жеңілдетілген есептеу әдісі.....	128
Д ҚОСЫМШАСЫ (ақпараттық)Динамикалық есептеудің қажеттігі болмағанда қанағаттандырылуы тиіс өлшемдер	128

КІРІСПЕ

Осы нормативтік-техникалық құралды «Қазақ сейсмикалық құрылыс және сәулет ғылыми зерттеу және жобалау-тәжірибе институты» республикалық мемлекеттік кәсіпорны (ҚазҒЗСТҚСИ) Қазақстан Республикасында көпір құрылысын жобалаудың нормативтік базасын жетілдіру және оны еуропалық нормативтік құжаттармен үйлестіру мақсатында дайындады.

Нормативтік-техникалық құралда: ҚР ҚН EN 1991-2:2003/2011 (Конструкцияларға түсетін әсерлер. 2-бөлім. Көпірлерге түсетін көліктік жүктемелер» «автожол, жаяу жүргінші және теміржол көпірлерін» жобалау талаптары; осы талаптарды нақтылайтын және дамытатын ережелер; ұсыныстар мен ҚР ҚН EN 1991-2:2003/2011 ережелерін қолдану мысалдары берілген.

Осы құралды дайындау кезінде бірқатар еуропалық стандарттар, сондай-ақ Еуропалық Одақ елдерінде Еурокод нормалар жүйесін енгізу бойынша жұмыстар шеңберінде дайындалған еуропа елдерінің ұқсас бірқатар құралдары зерттелді. Ол құжаттарда әртүрлі көпір конструкцияларын сынамалы жобалар нәтижелері бар.

ҚР ҚН EN 1991-2:2003/2011 ережелерінің тармақтары мен кестелерінің нөмірі, мәтіні осы нормативтік-техникалық құралдың (НТҚ) тармақтары мен кестелеріне ұқсайды, тік жақшаларда НТҚ тармақтары мен кестелерінің қасында көрсетілген.

Осы құралда сілтеме жасалған ҚР ҚН EN басқа тармақтарының нөмірлері НТҚ сәйкес мәтінінде берілген.

НТҚ берілген сурет ҚР ҚН EN 1991-2:2003/2011 суретіне ұқсас болғанда, НТҚ суреттің нөмірінің қасына ҚР ҚН EN 1991-2:2003/2011 суретінің нөмірі беріледі.

Осы нормативтік-техникалық құрал жобалау ұйымдарының инженер-техникалық жұмысшыларына, ғылыми жұмыскерлерге, жобалық құжаттаманың тапсырыс берушілеріне, жоғары оқу орындарының оқытушылар мен студенттеріне арналған.

Осы құрал Қазақстан Республикасының нормативтік құжаты ретінде еркін түрде қолдану үшін әрекетке енгізілуде.

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

**КӨПІРЛЕРДІ ЖОБАЛАУ. 1-БӨЛІМ.
ЖАЛПЫ ЕРЕЖЕЛЕР. ЖҮКТЕМЕЛЕР МЕН ӘСЕР ЕТУДІ АНЫҚТАУ**

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ МОСТОВ. ЧАСТЬ 1.
ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ. ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАГРУЗОК И ВОЗДЕЙСТВИЙ**

Енгізілген күні - 2015-07-01

1 ҚОЛДАНУ САЛАСЫ

Осы нормативтік-техникалық құрал көлік пен жаяу жүргіншілерден болатын жүктемелерге таралады және көлік құралдарының қозғалысына байланысты ережелер мен есептік ситуацияларды белгілейді. Оларды автожолдар мен теміржолдарда орналасқан, сондай-ақ жаяу жүргінші маршруттарында орналасқан көпір құрылыстарын жобалағанда ескеру қажет.

Осы нормативтік-техникалық құралдамыналар қолданылған:

- ҚР ҚН EN 1991-2:2003/2011 ішіндегі автожол, жаяу жүргіншілер мен теміржол көпірлеріне көліктерден түсетін жүктемелерді анықтау принциптері мен ережелерінің негізіндегі ережелер;
- көпірлерді жобалағанда ҚР ҚН EN 1991-2:2003/2011 ережелерін тәжірибеде қолдануды көрсететін мысалдар;
- басқа да ҚР ҚН EN сәйкес кейбір ережелері, мысалы, ҚР ҚН EN 1990:2002+A1:2005/2011 ережелерінен «Құрылысты жобалау негіздері»;
- Қазақстан Республикасының заманауи нормативтік құжаттары бойынша жобаланған автожол көпірлерінің жобаларындағы мақұлданған нәтижелер.

2 НОРМАТИВТІК СІЛТЕМЕЛЕР

Осы нормативтік-техникалық құралды қолдану үшін төмендегі сілтеме нормативтік құжаттар қажет:

ҚР ҚН EN 1990:2002+A1:2005/2011 Ұлттық ерекшеліктері бар күш түсетін конструкцияларды жобалаудың негіздері

ҚР ҚН EN 1991-1-1:2002/2011 Құрылыстарға әсері. 1-1-бөлім. Салыстырмалы салмақ, ұлттық ерекшеліктері бар ғимараттарға түсетін тұрақты және уақытша жүктемелер

Ресми басылым

ҚР НТҚ01-02.1-2012

ҚР ҚН EN 1991-1-7:2006/2011 Құрылыстарға әсері. 1-7-бөлім. Жалпы әсерлер. Ұлттық ерекшеліктері бар ерекше әсерлер

ҚР ҚН EN 1991-2:2003/2011 Құрылыстарға әсері. 2-бөлім. Ұлттық ерекшеліктері бар көпірлерге түсетін көліктік жүктемелер.

ҚР ҚН EN 1992-1-1:2004/2011 Темір бетон конструкцияларын жобалау. 1-1-бөлім. Жалпы ережелер және ұлттық ерекшеліктері бар ғимараттарға арналған ережелер

ҚР ҚН EN 1992-2:2005/2011 Темір бетон конструкцияларын жобалау. 2-бөлім. Темір бетон көпірлер. Ұлттық ерекшеліктері бар ғимараттарды жобалау және есептеу ережелері

ҚР ҚН EN 1993-1-9:2005/2011 Болат конструкцияларды жобалау. 1-9-бөлім. Ұлттық ерекшеліктері бар құрылыстардың қажу деңгейінің беріктігі

ҚР ҚН EN 1994-2:2005/2011 Болат конструкцияларды жобалау. 2-бөлім. Ұлттық ерекшеліктері бар болат көпірлер

ҚР ҚН EN 1994-2:2005/2011 Болат темір бетон конструкцияларды жобалау. 2-бөлім. Ұлттық ерекшеліктері бар көпірлерге арналған негізгі принциптер мен ережелер

ҚР ҚН EN 1995-2:2004/2011 Ағаш конструкцияларды жобалау. 2-бөлім. Ұлттық ерекшеліктері бар көпірлер

ҚР ҚН EN 1997-2:2007/2011 Геотехникалық жобалау. 1-бөлім. Ұлттық ерекшеліктері бар құрылыстардың жалпы ережелері

ҚР ҚН EN 1998-2:2005+A1:2009/2012 Сейсмикалық берік конструкцияларды жобалау. 2-бөлім. Ұлттық ерекшеліктері бар бар көпірлер

ҚР ҚН EN 1999-1-1:2007+A1:2009/2011 Алюминий конструкцияларды жобалау. 1-1-бөлім. Ұлттық ерекшеліктері бар құрылыстардың жалпы ережелері

ҚР ҚЕ 3.03-33-2013 Көпірлер мен құбырлар

ҚР ҚТ 1379-2005 Көпір ғимараттары мен автомобиль жолдарындағы су өткізу құбырлары. Конструкцияның жақындау габариттері

ҚР ҚТ МСТ Р 52607-2010 Автомобильдерге арналған ұстап тұратын, қапталдағы жол қоршаулары. Жалпы техникалық ережелер

ЕСКЕРТПЕ Осы құрылыс нормаларын пайдаланғанда, ақпараттық «Қазақстан Республикасы аумағында қолданылатын сәулет, қала құрылысы мен құрылыс саласындағы нормативтік құқықтық және нормативтік-техникалық актілердің тізілімі», «Қазақстан Республикасының стандарттау бойынша нормативтік құжаттарының көрсеткіші» және ағымдағы жылдағы жай-күйіне қарай жыл сайын құрылатын «Мемлекетаралық нормативтік құжаттардың көрсеткіші» бойынша сілтеме құжаттардың әсерін тексерген жөн. Егер сілтеме құжат ауыстырылатын (өзгертілетін) болса, осы нормативтерді пайдаланғанда, ауыстырылған (өзгертілген) құжатты басшылыққа алу қажет. Егер сілтеме құжат ауыстырылмай алынып тасталса, оған сілтеме жасалған ереже осы сілтемеге қатысты емес жағынан қолданылады.

3 ТЕРМИНДЕР МЕН АНЫҚТАМАЛАР

Осы нормативтік-техникалық құралда ҚР ҚН EN 1991-2:2003/2011 берілген тиісті анықтамалары бар төмендегідей терминдер қолданылады:

3.1 Аралық құрылыс (deck): Көлік құралдарынан түсетін жүктемелерді қабылдап, оларды пилондардан басқа аралық тіректерге, тіреулер мен басқа да конструкцияларға беретін көпірдің бөлігі.

3.2 Жолдың қоршау құрылғылары (road restraint system): Жолдарда пайдаланылатын көліктер мен жаяу жүргіншілерге арналған қоршау құрылғыларының жалпы атауы.

ЕСКЕРТПЕ Жолдың қоршау құрылғылары оларды пайдалану тәсіліне қарай төмендегідей болып бөлінеді:

- тұрақты (қозғалмайтын) немесе уақытша (жиналмалы, яғни олар алынып тасталынады және уақытша жол жұмыстары, апаттық немесе осындай жағдайларда қолданылады);
- деформацияланатын немесе қатты;
- бір бағытқа ғана жұмыс істейтін бір жақты немесе екі бағытқа да жұмыс істейтін екі жақты.

3.3 Қорғаныш қоршау құрылғысы (safety barrier): Көлік құралдарына арналған жолды қоршайтын құрылғы, ол жолдың бойында немесе оны бөліп тұратын белдікте орналастырылады.

3.4 Жаяужолдың қалқандықоршауы (vehicle parapet): Көпірдің шетінде немесешетіне жақын жерде немесе тірек қабырғада немесе биіктен құлау қаупі бар сияқты конструкцияларда орналастырылатын қорғаныш қоршау құрылғы. Ол жаяу жүргіншілер мен көпірдің басқа да пайдаланушыларын қосымша қауіпсіздікпен қамтамасыз етеді.

3.5 Жаяу жүргіншілер қоршауы (pedestrian restraint system): Жаяу жүргіншілердің қозғалысын шектейтін және бағыттайтын қоршау.

3.6 Жаяу жүргіншілер қалқаны (pedestrian parapet): Жаяу жүргіншілер мен басқа да пайдаланушыларға арналған қоршау құрылғы. Ол көпірдің бойында немесе тірек қабырғаның үстінде орналасады, көлік құралдарына арналған жолдың қорғаныш қоршау құрылғысы ретінде қолдануға арналмаған.

3.7 Жаяу жүргіншілер таяныш қоршауы (pedestrian guardrail): Жаяу жүргіншілер мен басқа да пайдаланушыларға арналған қоршау құрылғы. Ол жаяужол немесе жаяу жүргінші жолағы шетінің бойында орналасады және жаяу жүргіншілер мен басқа да жолды пайдаланушыларды қауіпті аймаққа өткізбеуге арналған.

ЕСКЕРТПЕ Басқа пайдаланушыларға салт аттылар, велосипедшілер және малдар жатуы мүмкін.

3.8 Шу экраны (noise barrier): Шудың берілуін азайтуға арналған экран.

3.9 Қызметтік тексеру өткелі (inspection gangway): Тексеруге үнемі мүмкіндік беруді қамтамасыз ететін, қоғамдық қозғалысқа жабық өткел.

3.10 Жылжымалы тексеру платформасы (movable inspection platform): Көпір конструкцияларын тексеруге арналған арнайы көлік құралы.

3.11 Жаяу жүргінші көпірі (footbridge): Негізінен жаяу жүргіншілер мен/немесе велосипедшілерге арналған көпір. Ол жерде көпірге қызмет көрсететін техникадан басқа көлік құралдарының қозғалысына тыйым салынған.

Автожол көпірлеріне тән терминдер мен анықтамалар

3.12 Жүретін бөлік (carriageway): Тұтас конструкциядан (аралық құрылыстан, тіректерден және т.б.) тұратын жол бетінің бөлігі. Оның ішінде барлық физикалық қозғалыс жолақтары (яғни, жол белгілеріне сәйкес), жолдың қатты жиектері, қауіпсіздік жолақтары, белгілері бар.

3.13 Жолдың қатты жиектері (hard shoulder): Жабындысы бар жолақ, ені әдетте қозғалыс жолағының біреуіне тең болады, қозғалыс жолағының шетімен шектеседі және қиындықтар немесе қозғалыс жолақтарында кедергілер кездескен жағдайда көлік құралдарының пайдалануына арналған.

3.14 Қауіпсіздік жолы (hard strip): Жабындысы бар жолақ, ені әдетте 2 м немесе одан кіші болады, қозғалыс жолағы мен қорғаныш қоршауының арасында орналасады.

3.15 Бөліп тұрушы жол (central reservation): Жолдың қозғалыс жолақтарын екі бөлек жүретін бөліктерге бөлетін жер және резервтік (орташа) жолағы және оған жанасқан бүйір қауіпсіздік жолақтары бар, олар резервтік жолақтан қорғаныш қоршаулармен бөлінген.

3.16 Көпірді жылжымалы жүктемелермен жүктейтін жолақ (notional lane): Жүретін бөліктің шетіне параллель орналасқан жүретін бөліктің жолағы. Ол 5-тарауға сәйкес жеңіл автомобильдермен және /немесе жүк автомобильдерімен жүктеледі.

3.17 Қалған аймақ ((remaining area): Жүретін бөліктің толық ауданы мен көпірді жылжымалы жүктемелермен жүктейтін жолақ ауданы арасындағы, егер ол болатын болса, айырым жер.

3.18 Тандем жүйесі (tandem system): Тандем, бір уақытта жүктелген екі көрші белдіктерден (көлік құралынан) тұратын екі белдікті арбаша.

3.19 Нормадан жоғары жүктеме (abnormal load): Тиісті биліктердің рұқсатынсыз маршруты бойынша жүре алмайтын көлік құралынан түсетін жүктеме.

Теміржол көпірлеріне қатысты терминдер мен анықтамалар

3.20 Рельс жолдары (tracks): Рельстер мен шпалдардан тұратын жолдар. Олар балласт негізге қойылады немесе тікелей көпірдің аралық құрылыстарына бекітіледі. Рельс жолдары аралық құрылыстың бір ұшында немесе екі ұшында да температуралық жапсарлармен жабдықталуы тиіс. Рельс жолдарының орналасуы және балласт қалыңдығы рельс жолдарына қызмет көрсету кезіндегі көпірдің қызмет көрсету мерзімі ішінде өзгеруі мүмкін.

3.21 Жаяу жүргінші жолы (footpath): Рельс жолдарының бойында, рельс жолдары мен параметтер арасында орналасқан жолақ.

3.22 Резонанс жылдамдық (resonant speed): Жүктеме жиілігі (немесе осы жиіліктің еселенген көлемі) конструкцияның өз жиілігіне (немесе өз жиілігінің еселенген көлемі) сәйкес келгендегі көлік жылдамдығы.

3.23 **Жиі кездесетін айналмалы жылдамдық** (frequent operating speed): Рельсті поезддің белгілі түріне арналған берілген жердегі ең мүмкін жылдамдық (қажу деңгейін бағалау кезінде қолданылады).

3.24 **Берілген жердегі ең жоғарғы желілік жылдамдық** (maximum line speed at the site): Нақты жоба үшін берілген берілген жердегі ең жоғары рұқсат етілген қозғалыс жылдамдығы (әдетте инфрақұрылым сипаттамаларына және теміржолдарды қауіпсіз пайдалану талаптарына сәйкес шектеулі болады).

3.25 **Көлік құралының ең жоғарғы рұқсат етілген жылдамдығы** (maximum permitted vehicle speed): Нақты поездардың ең жоғарғы рұқсат етілген жылдамдығы. Олар көлік құралының сипаттамаларымен белгіленеді және әдетте инфрақұрылымға байланысты болмайды.

3.26 **Ең жоғарғы көрсетілген жылдамдық** (maximum nominal speed): Әдетте берілген жердегі ең жоғарғы желілік жылдамдық. Егер бұл нақты объект үшін белгіленген болса, олардың көлік құралының ең жоғарғы рұқсат етілген жылдамдығымен байланысын анықтау үшін жеке нақты поездарды тексеруде төмендетілген жылдамдық қолданылуы мүмкін.

3.27 **Ең жоғарғы есептік жылдамдық** (maximum design speed): 20 %-ға көтерілген ең жоғарғы көрсетілген жылдамдық (1,2 x ең жоғарғы көрсетілген жылдамдық).

3.28 **Поездарды пайдалануға беру кезінде пайдаланылатын ең жоғарғы жылдамдық** (maximum train commissioning speed): Поездың пайдалануға беру алдындағы, сондай-ақ арнайы сынақтар және т.с.с. кезіндегі жоғарғы жылдамдық. Бұл жылдамдық әдетте көлік құралының ең жоғарғы рұқсат етілген жылдамдығынан асады және де тиісті талаптар жеке жобаларда белгіленуі тиіс.

4 БЕЛГІЛЕР МЕН ӨЛШЕМ БІРЛІКТЕРІ

Осы нормативтік-техникалық құралда ҚР ҚН EN 1991-2:2003/2011 сәйкес келесі символдар мен белгілер қабылданған:

4.1 Жалпы белгілер

ЕСКЕРТПЕ Бір ғана жерде қолданылған белгілер төмендегі тізімде көрсетілмеген.

Латын әліппесінің бас әріптері

L — жүктеме учаскесінің ұзындығы.

Латын әліппесінің кіші әріптері

gr_i — жүктеме тобы, бұл жердегі i — жүктеме нөмірі (i 1-ден n дейін өзгереді);

r — жүретін жолдың немесе рельс жолдарының орталық белдеу желісінің горизонталь радиусы, дөңгелек жүктемелер арасындағы қашықтық.

4.1.1 5 және 6-тарауларында белгіленген белгілер

Латын әліппесінің бас әріптері

- Q_{ak} — автожол көпіріне арналған бір белдік (2-жүктеме моделі) жүктеменің сипаттамалық мәні;
- Q_{fk} — жаяу жүргінші көпіріне әсер ететін горизонталь күштердің сипаттамалық мәні;
- Q_{fwk} — жаяу жүргінші көпіріне әсер ететін жинақталған жүктеменің (дөңгелек жүктемесі) сипаттамалық мәні;
- Q_{ik} — автожол көпірінің $i(i = 1, 2...)$ нөмірлі жылжымалы жүктемесі бар жолақтағы белдік жүктеменің сипаттамалық мәні;
- Q_{lk} — автожол көпіріне әсер ететін бойлама күштердің (тежеу және жылдамдық күштері) сипаттамалық мәні;
- Q_{serv} — жаяу жүргінші көпірлеріне арналған қызмет көрсететін көлік құралына сәйкес келетін жүктеме моделі;
- Q_{tk} — автожол көпірлеріндегі көлденең немесе орталықтан сыртқа тебуші күштердің сипаттамалық мәні;
- Q_{trk} — автожол көпірлеріндегі көлденең тежеу күштері;
- TS — 1-жүктеме моделіне арналған тандем жүйесі;
- UDL — 1-жүктеме моделіне арналған бір қалыптыбөліп таратылған жүктеме.

Латын әліппесінің кіші әріптері

- f_h — көпірдің өзіндік горизонталь жиілігі;
- f_v — көпірдің өзіндік вертикаль жиілігі;
- n_l — автожол көпірінің жылжымалы жүктемемен жүктелген жолақтар саны;
- q_{eq} — көпір үйінділеріндегі белдік жүктемелерге арналған баламалы бір қалыптыбөліп таратылған жүктеме;
- q_{fk} — жаяужолдарға немесе жаяу жүргінші көпірлеріне түсетін вертикаль бір қалыптыбөліп таратылған жүктеменің сипаттамалық мәні;
- q_{ik} — автожол көпірінің $i(i = 1, 2...)$ нөмірлі жүктелген жолағындағы (1-жүктеме моделі) вертикаль бөліп таратылған жүктеменің сипаттамалық мәні;
- w — жолдың қатты жиектерін, қауіпсіздік жолақтары мен белгі жолақтарын қоса алғанда автожол көпіріне арналған жүретін бөліктің ені;
- w_1 — автожол көпірінжылжымалы жүктемемен жүктеу жолағының ені.

Грек әліппесінің бас әріптері

- $\Delta\varphi_{fat}$ — температуралық жапсарлары бар аймақта төзімділікті есептеу кезіндегі қосымша динамикалық коэффициент.

Грек әліппемінің кіші әріптері

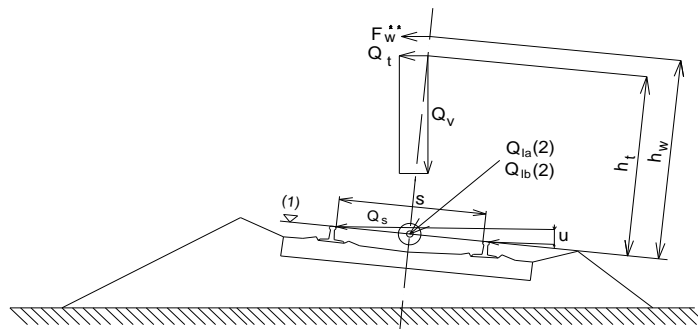
α_{qi}, α_{qi} — $i(i = 1, 2...)$ нөмірлі қозғалыс жолағына арналған кейбір жүктеме модельдеріндегі түзету коэффициенті;

α_{qr} — қалған бөліктерге арналған жүктеме модельдеріндегі түзету коэффициенті;

β_Q — 2-жүктеме моделінің түзету коэффициенті;

φ_{fat} — төзімділікті (қажу деңгейін) есептеу кезіндегі түзету коэффициенті.

4.1.2 7-тарау үшін қабылданған белгілер



(1) - рельстің түйіскен беті;

(2) - рельс жолдарының орталық желісінің бойымен әсер ететін бойлама күштер.

4.1-сурет[1.1-сурет]- Арнайы теміржол көпірлеріне арналған белгілер мен өлшемдер

Латын әліппесінің бас әріптері

$A_{(L/\lambda)} G_{(\lambda)}$ — қаттылығы;

D — жолаушылар вагонының немесе көлік құралының ұзындығы;

D_{IC} — жолаушылар вагонына бір белдікпен жүйелі айналатын поездың аралық жолаушылар вагонының ұзындығы;

E_{cm} — қалыпты бетонға арналған икемділіктің қима моделі;

F_L — толық бойлама тіректің реакциясы;

F_{Qk} — бойлама құрылыстың деформациялануы әсерінен бойлама құрылыстың қозғалмайтын тірек бөлігіне әсер ететін бір рельс жолының бойлама күшінің сипаттамалық мәні;

F_{Tk} — бойлама құрылыстың қозғалмайтын бөлігіне әсер ететін және рельс жолдары мен конструкциялардың температуралық әсерге ортақ реакциясынан пайда болған бойлама күші;

F_w^{**} — теміржол қозғалысымен үйлесімді жел күші;

F_{li} — i нөмірлі әсерге сәйкес келетін жеке бойлама тіректің реакциясы;

G — өз салмағы (жалпы жағдайда);

H	— бойлама құрылыстың тірек бөлігінің айналу (қозғалмайтын) (горизонталь) белдігі мен бойлама құрылыстың жоғарғы бетінің (рельс жолдарының астындағы балласт табаны) арасындағы биіктік;
K	— тіректің толық бойлама қаттылығы;
K_2	— рельс жолының бойлама метр есебіндегі тіректің бойлама қаттылығы, 2Е3 кН/м
K_5	— рельс жолының бойлама метр есебіндегі тіректің бойлама қаттылығы, 5Е3 кН/м;
K_{20}	— рельс жолының бойлама метр есебіндегі тіректің бойлама қаттылығы, 20Е3 кН/м;
L	— ұзындығы (жалпы жағдайда);
L_T	— температуралық аралықтың ұзындығы;
L_{TP}	— температуралық аралақтың ең жоғарғы мүмкін ұзындығы;
L_f	— қисық сызықты рельс жолдарының бөлігін жүктеу учаскесінің ұзындығы;
L_i	— жүктеу учаскесінің ұзындығы;
L_Φ	— «анықтаушы» ұзындық (Ф-пен байланысты ұзындық);
M	— поезда жинақталған күштер саны;
N	— үнемі қайталанып тұратын жолаушылар вагонының немесе көлік құралдарының саны немесе белдіктердің саны, немесе тең жинақталған күштердің саны;
P	— жинақталған күш;
	— жеке белдік күш;
Q	— жинақталған күш немесе ауыспалы әсер (жалпы жағдайда);
Q_{Ald}	— рельстерден түскен кездегі жылжымалы жүктемеге арналған жинақталған жүктеме;
Q_h	— горизонталь күш (жалпы жағдайда);
Q_k	— жинақталған күштің немесе ауыспалы әсердің сипаттамалық мәні (мысалы, қызметтік өткелге түсетін вертикаль жүктеменің сипаттамалық мәні);
Q_{lak}	— ауырлық күшінің сипаттамалық мәні;
Q_{lbk}	— тежеу күшінің сипаттамалық мәні;
Q_r	— теміржол қозғалысынан болатын әсер (жалпы, мысалы жел мен орталықтан сыртқа тебетін күштің бірлескен әсері);
Q_{sk}	— дөңгелектердің бүйір қысымы күшінің сипаттамалық мәні;
Q_{tk}	— орталықтан сыртқа тебетін күштің сипаттамалық мәні;
Q_v	— вертикаль белдік жүктеме;
Q_{vi}	— дөңгелек жүктемесі;
Q_{vk}	— вертикаль жүктеменің (жинақталған жүктеме) сипаттамалық мәні;
ΔT	— температураның өзгеруі;
ΔT_D	— бойлама құрылыс температурасының өзгеруі;
ΔT_N	— температураның өзгеруі;
ΔT_R	— рельстер температурасының өзгеруі;
V	— жылдамдық, км/сағ;

— берілген жердегі ең жоғарғы желілік жылдамдық, км/сағ;
 X_i — ібелдіктерінен тұратын поездың ұзындығы.

Латын әліппесінің кіші әріптері

a — рельс тіректерінің арасындағы қашықтық, бөліп таратылған жүктемелердің ұзындығы (SW/0 және SW/2 жүктеме модельдері);
 a_g — рельс жолдарының ортасына дейінгі горизонталь қашықтық;
 a'_g — жолдарының ортасына дейінгі эквивалент горизонталь қашықтық;
 b — шпал және балласт жүктемелерінің ұзына бойы бөліп таратылған ұзындығы;
 c — бөліп таратылған жүктемелер арасындағы кеңістік (SW/0 және SW/2 жүктеме модельдері);
 d — белдіктер тобына арналған тұрақты интервал;
 — арбаша көлеміндегі белдіктер арасындағы интервал;
 — жинақталған күштер арасындағы интервал (HSLM-B моделінің);
 d_{BA} — арбаша көлеміндегі белдіктер арасындағы интервал;
 d_{BS} — жақын арбашалар ортасының арасындағы интервал;
 e — вертикаль жүктемелердің эксцентриситеті, салдарлы әсерлердің эксцентриситеті (санау жазықтығында);
 e_c — екі жеке тұрақты поезд секцияларының тіркескен жеріндегі жақын белдіктер арасындағы қашықтық;
 f — орталықтан сыртқа тебетін күштерге арналған төмендету коэффициенті;
 $f_{ck}, f_{ck, cube}$ — қалыпты бетонның цилиндрдің/кубтің белдік қысымына сипаттамалық кедергісі;
 g — ауырлық күшін жылдамдату;
 h — биіктік (жалпы жағдайда);
 — балластты қоса алғандағы бойлама құрылыс плиталарының жоғарысынан шпалдың жоғарысына дейінгі жабындының биіктігі;
 h_g — рельс жолдарынан жоғары рельс жолдарының түйіскен бетінен бастап конструкцияның артқы жағына дейінгі вертикаль қашықтық;
 h_t — рельстің түйіскен бетінің үстіндегі орталықтан сыртқа тебетін күштің қосымша биіктігі;
 h_w — рельстің түйіскен бетінің үстіндегі жел күшінің қосымша биіктігі;
 k — рельс жолдары үшін пластикалық жылжудың бойлама серпінді кедергісі;
 k_1 — поезд формасының коэффициенті;
 k_2 — вертикаль жабындыларға, параллель рельс жолдарына аэродинамикалық әсерді жоғарлату коэффициенті;
 k_3 — рельс жолдарына жақын қарапайым горизонталь жабындыларға аэродинамикалық әсерді төмендету коэффициенті;
 k_4 — рельс жолдарына жақын жабындыларға аэродинамикалық әсерді төмендету коэффициенті (горизонталь әсер);
 k_5 — рельс жолдарына жақын жабындыларға аэродинамикалық әсерді жоғарлату коэффициенті (вертикаль әсер);

- k_{20} — рельс жолдары үшін пластикалық жылжудың бойлама серпінді кедергісі, 20 кН/м;
- k_{40} — рельс жолдары үшін пластикалық жылжудың бойлама серпінді кедергісі, 40 кН/м;
- k_{60} — рельс жолдары үшін пластикалық жылжудың бойлама серпінді кедергісі, 60 кН/м;
- n_0 — жүктелмеген конструкцияның иілмелі ауытқуларының алғашқы өз жиілігі;
- n_T — конструкцияның айналмалы ауытқуларының алғашқы өз жиілігі;
- q_{A1d}, q_{A2d} — рельстен шығу кезінде есептеу үшін бөліп таратылған жүктеме;
- q_{fk} — қызметтік өткелге түсетін вертикаль жүктеменің (бір қалыпты бөліп таратылған жүктеме) сипаттамалық мәні;
- q_{ik} — баламалы бөліп таратылған аэродинамикалық әсердің сипаттамалық мәні;
- q_{lak} — бөліп таратылған ауырлық күшінің сипаттамалық мәні;
- q_{lbk} — бөліп таратылған тежеу күшінің сипаттамалық мәні;
- q_{tk} — бөліп таратылған орталықтан сыртқа тебетін күштің сипаттамалық мәні;
- q_{v1}, q_{v2} — вертикаль жүктеме (бір қалыпты бөліп таратылған жүктеме);
- q_{vk} — вертикаль жүктеменің (бір қалыпты бөліп таратылған жүктеменің) сипаттамалық мәні;
- r — рельс жолдары қисықтығының радиусы;
- дөңгелек жүктемелері арасындағы көлденең қашықтық;
- s — теміржол жолының ені;
- u — ылди, рельс жолдары бойындағы белгілі бір жердегі екі рельстің жоғарғы жабындылары арасындағы вертикаль салыстырмалы қашықтық;
- v — ең жоғарғы көрсетілген жылдамдық, м/с;
- көлік құралының ең жоғарғы рұқсат етілген жылдамдығы, м/с;
- v_{DS} — ең жоғарғы есептік жылдамдық, м/с;
- v_i — резонанс жылдамдық, м/с;
- Y_{dyn}, Y_{stat} — ең жоғарғы динамикалық реакция және конструкцияның кез-келген нүктесіндегі ең жоғарғы сәйкес статикалық реакция;

Грек әліппесінің бас әріптері

Θ — угол поворота концевого сечения конструкции конструкцияның соңғы қима бұрылысынң бұрышы (жалпы жағдайда);

$\Phi (\Phi_2, \Phi_3)$ — 71, SW/0 және SW/2 теміржол жүктеме модельдерінің динамикалық коэффициенті.

Грек әліппесінің кіші әріптері

α — жүктемелерді жіктеу коэффициенті;

— жылдамдық коэффициенті;

— жылулық ұлғаю кезіндегі сызықтық температуралық коэффициент;

- β — нейтральды белдік және бойлама құрылыс бетінің арасындағы қашықтықтың H биіктікке қатынасы;
- δ — деформация (жалпы жағдайда);
- вертикаль майысу;
- δ_0 — тұрақты әсерлерден пайда болған бойлықтың ортасындағы майысу;
- δ_B — бойлама құрылыстың бөренелеріне салыстырмалы ауырлық күштерінің және тежеудің әсерінен болған бойлай жылжуы;
- δ_H — бойлама құрылыстың деформациялануынан пайда болған бойлама құрылыстың соңындағы бойлай салыстырмалы жылжуы;
- δ_h — горизонталь жылжуы;
- горизонтальное перемещение, вызванное продольным перемещением фундамента в основании негіздегі іргетастың бойлай жылжуынан пайда болған горизонталь жылжуы;
- δ_p — негіздің бойлай деформациялануынан пайда болған горизонталь жылжу;
- δ_v — бойлама құрылыс бөренелерінің салыстырмалы вертикаль жылжуы;
- δ_p — іргетастың бұрылуынан пайда болған ұзына бойы горизонталь жылжуы;
- γ_{ff} — қажыту жүктемесіне арналған жеке қауіпсіздік коэффициенті;
- γ_{mf} — беріктік жүктемесіне арналған жеке қауіпсіздік коэффициенті;
- $\varphi, \varphi', \varphi''$ — поездарға арналған статикалық жүктемені динамикалық күшейту;
- φ'_{dyn} — динамикалық есептеу негізінде анықталған поездарға арналған статикалық жүктемені динамикалық күшейту;
- k — аралық тіректерге қатысты тіреулердің қаттылығына байланысты коэффициент;
- λ — төзімділігін есептеу кезіндегі баламалы зақымның коэффициенті;
- толқын қозуының ұзындығы;
- λ_c — толқын қозуының ауыспалы ұзындығы;
- λ_i — толқын қозуының негізгі ұзындығы;
- λ_v — ең жоғарғы есептік жылдамдық кезіндегі толқын қозуының ұзындығы;
- ρ — тығыздық;
- σ — кернеу;
- $\sigma_A, \sigma_B, \sigma_M$ — теміржол қатынасының әсерінен пайда болған бойлама құрылыс плиталарының жоғарғы бетіне түсетін қысым;
- $\Delta\sigma_{71}$ — 71-жүктеме моделі (және қажет болған жерде SW/0 моделінен) әсерінен пайда болған кернеу диапазоны ;
- $\Delta\sigma_c$ — қажу деңгейі беріктігінің көрсетілген мәні;
- ξ — ауырлық күштерінің және тежеу күштерінің салдарынан болған монолит бойлама құрылыстың қозғалмайтын тірек бөліктеріндегі бойлама күштерді анықтауға арналған төмендету коэффициенті;
- ζ — ауыспалы демпфирлеудің пайыздық мөлшерінің % төменгі шегі, немесе демпфирлеу (тоқталу) коэффициенті;

ζ_{TOTAL} — толық демпфирлеу, %;

$\Delta\xi$ — қосымша демпфирлеу, %.

4.2 Өлшем бірліктері

Осы нормативтік-техникалық құрал талаптарына сәйкес орындалатын есептерде келесі өлшем бірліктерін қолдану керек:

1. күштер- Н, кН;
2. сызықтық өлшемдер - мм (қима үшін), м (элементтер немесе олардың учаскелері үшін);
3. бөліп таратылған жүктемелер- кН/м, Н/мм (ұзындық бірлігі үшін);
- кН/м² (аудан бірлігі үшін).
4. тығыздық - кг/м³;
5. кернеу мен тығыздық- Н/мм² (МПа);
6. сәт (майысу, айналу) - кН·м.

5 АВТОЖОЛ КӨПІРЛЕРІНЕ ТҮСЕТІН ЖҮКТЕМЕЛЕР МЕН ӘСЕРЛЕР

5.1 Жалпы ережелер

5.1.1 Автожол көпірлеріне әсер ететін ауыспалы жылжымалы жүктемелер ретінде үш негізгі жүктеме түрі айтылады:

- Бірінші және екінші соңғы жағдайларын (төзімділіктен басқа) тексеру үшін қолданылатын жүктемелер моделі;
- Төзімділікті тексеруге арналған жүктемелер моделі;
- Апаттық жағдайлар кезіндегі жүктемелер.

5.1.2 Қабылданған жүктеме және үйлесімділік ережелерін есепке ала отырып, ауыспалы жүктемелер модельдері құрылысты қалыпты пайдаланудың барлық мүмкін жағдайларын қамтиды.

Қажет болған кейбір жағдайларда сол немесе басқа жүктемені қабылдау туралы шешім көпір құрылысын пайдаланудың болжамды режимін ескере отырып қабылданады.

5.1.3 Автокөліктерден болатын ауыспалы жүктемелерді қарастырғанда әсер мәліметтері ҚР ҚН EN 1990:2002+A1:2005/2011 сәйкес еркін түрде жіктелетінін ескеру керек, яғни олар әрбір модель үшін жүктеме ережелеріне сәйкес мөлшер шамасында конструкцияның кез-келген жеріне қосымша берілуі мүмкін.

5.1.4 Жобалағанда көлік құралдары қозғалысынан болатын әсерлер көп компонентті болатынын ескеру керек, яғни олар үйлесімділік ережелеріне сәйкес бір уақытта қозғалатын вертикаль және горизонталь күштердің жиынтығынан тұрады.

5.2 Қажу деңгейінен (төзімділіктен) басқа ақырғыжағдайлардың барлық тексерулері үшін қолданылатын вертикаль ауыспалы жылжымалы жүктемелер

5.2.1 Жалпы мәліметтер

5.2.1.1 Соңғы жағдайларды және пайдалануға жарамдылығын тексеру үшін қолданылатын автокөлік құралдарынан болатын ауыспалы вертикаль жүктемелер ретінде ҚР ҚН EN 1991-2:2003/2011 4.3.2÷4.3.5 –тармақтарына сәкес мыналар айтылады:

- LM1 жүктемесі;
- LM2 жүктемесі;
- LM3 жүктемесі;
- LM4 жүктемесі.

5.2.1.2 Әрбір жүктеме үшін жүретін бөлікті жүктеудің зө ережелері берілген. Жүретін бөлікті жүктеу ережесі 5.2.2 «Жүретін бөлікті жүктеу жолақтарына бөлу. Жүктеу жолақтарын нөмірлеу ережелері» тармағына сәйкес орындалады.

5.2.1.3 LM1 ÷ LM4 жүктеме модельдері үш түрлі мәндермен сипатталады:

- Сипаттамалық;
- Жиі болатын;
- Тұрақты сияқты.

Бұл мәндердің ықтималдық табиғаты бар және әртүрлі жүктеме деңгейлерін көрсетеді.

Жүктеменің сипаттамалық мәні берілген деңгей жүктемесінің 1000 жылдық қайталану мерзімі бар екенін (немесе 50 жыл ішінде 5% жоғарлау ықтималдығын) білдіреді. Жүктеменің сипаттамалық мәндері ең алдымен салмақ түсіру қабілетін тексеру үшін және кейбір жағдайларда пайланауға жарамдылығын тексеру үшін қолданылады.

Жүктеменің жиі болатын мәнінің деңгейі бір апталық қайталану мерзімінен тұрады. Жүктеменің жиі болатын мәні пайдалануға жарамдылығы бойынша ақырғы жағдайларының көптеген тексерулерінде, оның ішінде темір бетон конструкциялары жарықтарының ашылу енін тексеру қолданылады.

Жүктеменің тұрақты сияқты мәнін өзгешелігіне және қозғалыс ерекшелігіне қарай тұрақты жүктеменің бөлігі бола алатын жүктеме деңгейін айбуға болады. Үстінен қозғалыстың үлкен көлеміне және күні түні автокөлік қозғалуынабайланысты көпір құрылысына арналған ауыспалы жүктеменің бір бөлігін тұрақты деп атауға болады. Ауыспалы әсерлердің тұрақты сияқты мәндер сирек қолданылады.

Осы әсерді қолданудың мысалы ретінде ҚР ҚН EN 1992-2:2005/2011 ұсыныстары болып табылады. Ол бетонның жылжығыштығынан болатын нәтижелерді есептеп шығару кезінде бойлама құрылыстағы көлік құралдарының болжамды тығыз тұрақты ағыны кезінде қолданылады. Жүктемелердің мәні туралы жалпы ақпарат осы құралдың А қосымшасында берілген.

5.2.2 «Жүретін бөлікті жүктеу жолақтарына бөлу. Жүктеу жолақтарын нөмірлеу ережелері»

5.2.2.1 ҚР ҚН EN 1991-2:2003/2011 нормаларының 4.2.3÷4.2.5 тармақтарына сәйкес жүктеме жолақтарын анықтағанда мына ережелерді қолдану қажет:

- Жүретін бөліктің (w) жалпы ені ретінде бөліп тұрушы жолақтарының енін және бөгеу қоршауларының енін шегеріп, жиектер немесе бөгеу қоршауларының арасындағы толық ендікті қабылдайды;

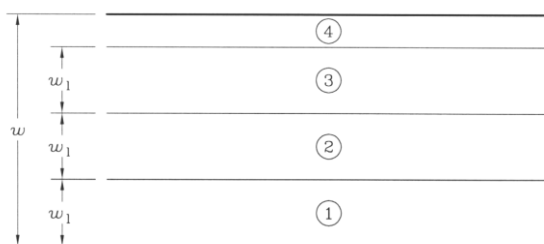
- Жүктеме жолағының ені 3 м тең болып қабылданады;

- Жүретін бөлікке орналастыру болатын жүктеме жолақтарының (n) ең жоғарғы саны сәйкесінше $n=(w/3)$ тең болады;

- Қалған бөліктің ені $w-3n$ етіп қабылданады.

МЫСАЛ

Г-10,5 габариті үшін жүктеме жолақтарының n ең жоғарғы саны 3-ке тең, қалған жолақтың ені 1,5 м. 5.1-суретте Г-10,5 габариті үшін жүретін бөлікті жолақтарға бөлу мысалы көрсетілген. Г-8,5 габариті жүктеме жолақтарының үшін ең жоғарғы саны 2-ге тең, қалған жолақтың ені 2,5 м.



w - 10,5 м тең жүретін бөліктің ені; w_1 - 3 м тең жүктеме жолағының ені; 1 - нөмір 1 жүктеме жолағы; 2 - нөмір 2 жүктеме жолағы; 3 - нөмір 3 жүктеме жолағы; 4 - 1,5 м тең қалған бөлік.

5.1-сурет[4.1-сурет]– Жүретін бөлікті жолақтарға бөлу мысалдары

5.2.2.2 Егер жүретін бөлік бойлама құрылыста тұрақты бөгеу қоршауы бар бөлу жолағымен бөлінген болса, онда жолақтарға бөлу кезінде бөлу жолақтарын есепке алмау керек. егер қоршаулар уақытша болып табылса, онда бөлу жолағын қоса алғанда барлық жүретін бөлік жолақтарға бөлінеді.

ЕСКЕРТПЕ 5.2.2.2 тармағында айтылған ережелер көпірдегі қозғалыс жолақтарының келешектегі өзгерулерін қарастыратын нақты жоба үшін, мысалы жөндеу жұмыстары үшін түзетілуі мүмкін.

5.2.2.3 Нөмірлердің орналасу алгоритмі және жүктеме жолақтарының орындары:

- Жүктеу кезінде қатты деформацияланған күйдің(ҚДК) ізделіп отырған компонентіне ең жоғарғы үлесі қосылған жолаққа 1 нөмірі беріледі;

- Жүктеу кезінде ҚДК ізделіп отырған компонентіне қосылған үлесі біріншіден кем болатын жолаққа 2 нөмірі беріледі;

- Сәйкесінше қосылған үлесі екіншіден кем болатын жолаққа 3 нөмірі беріледі.

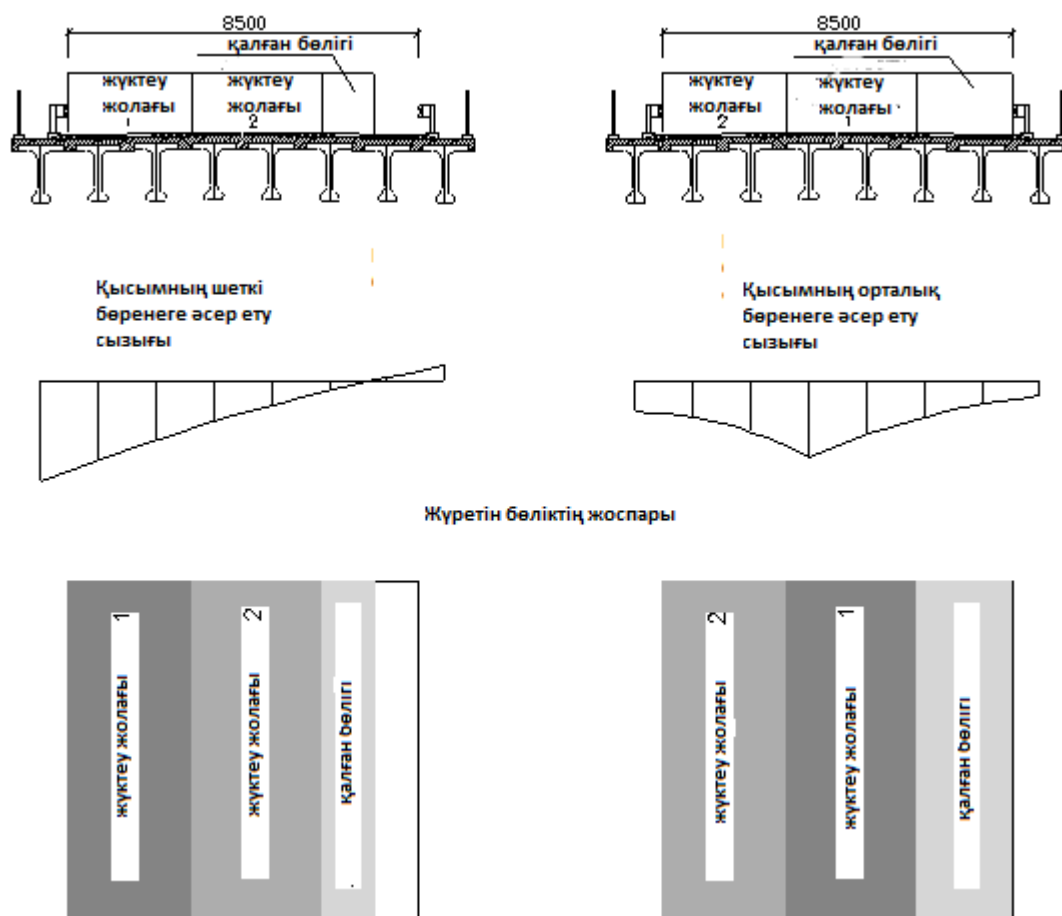
5.2.2.4 Жолақтарды нөмірлеу олардың оналасуына байланысты емес және ҚДК қосылған үлес мәні бойынша ғана анықталады.

5.2.2.5 ҚДК әрбір тексерісі үшін және әрбір элемент үшін есепке алынған жолақтар саны мен олардың нөмірленуі және оналасуы әртүрлі болуы мүмкін.

5.2.2.6 Жүктеме жолақтарын нөмірлеу әсер етудің (бойлама құрылыстың кеңістік жұмысының сипаты мен ерекшелігіне) көлденең сызығының пішініне байланысты .

МЫСАЛ

Бөренелі бөлінетін бойлама құрылыс үшін шеткі бойлама бөрененің және орталық бөрененің ортасындағы (бойлама құрылыс ұзындығы 33,0 м) майысу сәтінің көлденең әсер ету сызығының жалпы түрі, сондай-ақ жүктеме жолақтарының сәйкес нөмірлері 5.2-суретте көрсетілген. Жолақтардың ұсынылған нөмірлері LM1 жүктеме жолақтарының түрлі комбинацияларының бойлама құрылысын итерациялық жүктеу жолымен алынған. Осы мысал LM1 жүктемесін жүктеу жолақтарының нөмірлерін және оналасуын бойлама құрылыстың есептелінген қиысу орны мен кеңістік жұмысының ерекшеліктеріне байланысты өзгертудің қажеттігін көрсетеді.



5.2-сурет - Бойлама бөрененің және орталық бөрененің ортасындағы майысу сәтінің көлденең әсер ету сызығының жалпы түрі, сондай-ақ жүктеме жолақтарының сәйкес нөмірлері

5.2.2.7 Егер бір бойлама құрылыста екі жүретін бөлік орналасқан болса, онда барлық жүретін бөлікті бірдей нөмірлеу керек.

Егер әрбір жүретін бөліктің астында екі тәуелсіз бойлама құрылыс болатын болса және олар бір тіректе орналасқан боса, онда бойлама құрылысты есептеу кезінде әрбір бойлама құрылысты бөлек нөмірлеу керек. Тіректерді есептеу кезінде жүктеу жолақтарын бірыңғай нөмірлейді.

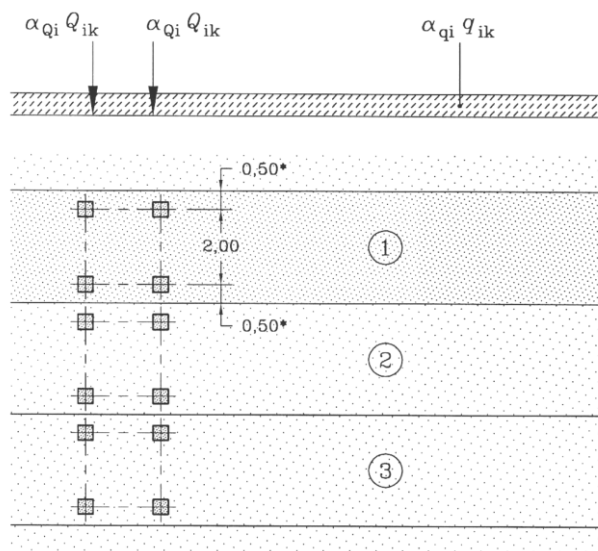
5.2.2.8 Жүктеме моделі ең қолайсыз әсер тудыратындай қалған бөліктің ұзындығы мен ендігінде қолданылу керек.

5.2.3 LM1 жүктемесі

5.2.3.1 Модель нагрузки LM1 жүктеме моделі жалпы және жергілікті тексерулер үшін қолданылуы тиіс. LM1 жүктемесі СН РК EN 1991-2:2003/2011 4.2.3 тармағына сәйкес екі белдікті арбадан және көлем бойынша бір қылыпты бөліп таратылған жүктемеден тұрады (5.3-сурет қара).

5.2.3.2 LM1 жүктемесінің салмақ параметрлері жүктеме жолағының нөміріне («Жүретін бөлікті жүктеме жолақтарына бөлу. Жүктеме жолақтарын нөмірлеу ережелері» 5.2.2 тармақты қара) және ҚР ҚН EN 1991-2:2003/2011 Ұлттық қосымшасында қабылданған α түзету коэффициенттеріне байланысты.

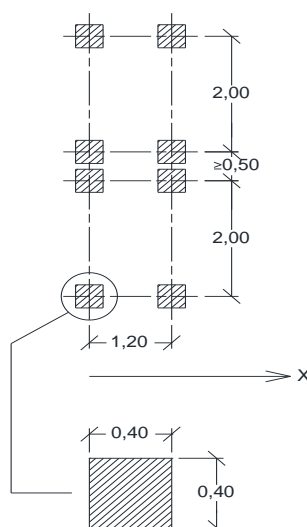
5.2.3.3 Екі белдікті арбашаның геометриялық параметрлері 5.4-суретте көрсетілген. Өртүрлі жағдайларда α коэффициенттерді ескере отырып, жүктеме жолақтарының нөмірлеріне байланысты белдіктерге түсетін жүктемелер 5.1 және 5.2-кестелерде көрсетілген.



- (1) — нөмір 1 жүктеме жолағы: $Q_{1k} = 300$ кН; $q_{1k} = 9$ кН/м²;
- (2) — нөмір 2 жүктеме жолағы: $Q_{2k} = 200$ кН; $q_{2k} = 2,5$ кН/м²;
- (3) — нөмір 3 жүктеме жолағы: $Q_{3k} = 100$ кН; $q_{3k} = 2,5$ кН/м².

* $w_l = 3,0$ м үшін

5.3-сурет[4.2а-сурет]– 1-жүктеме моделін қою



5.4-сурет[4.2b-сурет]-Жергілікті тексерулер үшін екі белдікті арбашаны қолдану
5.1-кесте - Халықаралық көлік дәліздеріндегі және 1-санаттағы жолдардағы көпір ғимараттарына арналған LM1 жүктеме моделінің салмақ сипаттамалары

Орналасуы	Тандем жүйесі TS	UDL жүйесі
	Белдік жүктеме $\alpha_{qi} Q_{ik}$, кН	$\alpha_{qi} q_{ik}$, кН/м ²
Қозғалыс жолағы нөмір 1	240	7,2
Қозғалыс жолағы нөмір 2	200	2,5
Қозғалыс жолағы нөмір 3	100	2,5
Басқа қозғалыс жолақтары	0	2,5
Қалған бөлік q_{rk}	0	2,5

5.2-кесте -Халықаралық көлік дәліздері мен 1-санаттағы жолдардан басқа барлық санаттағы жолдардағы көпір ғимараттарына арналған LM1 жүктеме моделінің салмақ сипаттамалары

Орналасуы	Тандем жүйесі TS	UDL жүйесі
	Белдік жүктеме $\alpha_{qi} Q_{ik}$, кН	$\alpha_{qi} q_{ik}$, кН/м ²
Қозғалыс жолағы нөмір 1	240	7,2
Қозғалыс жолағы нөмір 2	160	2,5
Қозғалыс жолағы нөмір 3	80	2,5
Басқа қозғалыс жолақтары	0	2,5
Қалған бөлік q_{rk}	0	0

5.2.3.4 LM1 жүктеме моделін қолданғанда мына ережелерді басшылыққа алу керек:

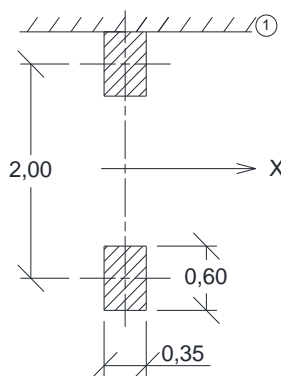
- Жүктеме жолағында біреуден аспайтын екі белдікті арбаша орналасуы тиіс;
- Екі белдікті арбаша ҚДК ізделіп отырған факторының ең қолайсыз әсерін туғызатындай етіп орналасуы тиіс;
- Екі белдікті арбаша жүктеме жолағының белдігі бойынша орналасады;
- Есепке екі белдікті арбашаның барлық төрт «дөңгелегін» қосу керек;

- Көлемі бойынша бір қалыпты бөліп таратылған жүктеме тек қолайсыз әсерлер тудыратын бөліктерге ғана қолданылады.

5.2.3.4 [4.3.2(5)] Жергілікті тексерулер кезінде тандем жүйесі ең қолайсыз жерде орналастырылады. Жақын жүктеме жолақтарында екі тандем жүйесі ескерілсе, олар жақындатыла алады, бірақ дөңгелек белдіктерінің арасындағы қашықтық 0,50 м-ден кем болмауы тиіс (5.4-суретті қара).

5.2.4 LM2 жүктемесі

5.2.4.1 LM2 жүктеме моделі ҚР ҚН EN 1991-2:2003/2011 4.3.3 тармағына сәйкес дөңгелегіне 160 кН жүктеме түсетін бір белдікті (2 дөңгелек) жүктемені білдіреді (Ұлттық ерекшеліктері бар ҚР ҚН EN 1991-2:2003/2011 қабылдаған параметрлерін ескере отырып). Осы жүктеме моделі мөлшерлі қашықтықтарды жергілікті тексеру үшін қолданылады. LM2 жүктеме моделінің әрбір дөңгелектің 0,35 және 0,6 м түйіскен бетіндегі жалпы түрі 5.5-суретте көрсетілген.



x –қозғалыс бағыты

1 – жолдың жиегінің шеті

5.5-сурет[4.3-сурет] - LM2 жүктеме моделі

5.2.4.2 LM2-ң (2-жүктеме моделі) түйіскендегі «дағы» LM1-ден (1-жүктеме моделі) ерекшеленеді, ол конструкцияны есептеу кезінде ескерілуі тиіс.

5.2.4.3 LM2 жүктеме моделі жүретін бөліктің кез-келген жерінде қолданыла алады.

5.2.5 LM3 жүктемесі

5.2.5.1 ҚР ҚН EN 1991-2:2003/2011 4.3.4 тармағына сәйкес ұсынылған LM 3 жүктеме моделі аса ауыр жүктерді тасымалдауға арналған арнайы әртүрлі ауыр көлік құралдарының жинағын білдіреді. Осы жүктемелерді қолдану параметрлерін (жүктерді тасымалдау ережелері, қозғалыс жылдамдығы және басқа ауыспалы жүктемелермен араластыру мүмкіндігі) Тапсырыс беруші анықтайды.

5.2.5.2 LM 3 жүктемесі туралы қосымша ақпарат Б қосымшасында.

5.2.6 LM4 жүктемесі

5.2.6.1 ҚР ҚН EN 1991-2:2003/2011 4.3.4 тармағына сәйкес ұсынылған LM4 жүктеме моделі көлемі бойынша бір қалыпты бөліп таратылған қарқындылығы 5 кН/м^2 болатын жүктемені білдіреді.

5.2.6.2 LM4 жүктемесі бойлама құрылыста көп адам жиналу мүмкіндігін суреттейді.

5.2.6.3 LM4 жүктемесін қолдану туралы шешімді көпір құрылысының орналасуын басшылыққа ала отырып, Тапсырыс беруші қабылдайды.

5.3 Горизонталь күштер

5.3.1 Тежеу және жылдамдату күштері

5.3.1.1 Тежеу күштері мен жылдамдату күштері (Q_{lk}) ҚР ҚН EN 1991-2:2003/2011 4.4.1(1) тармағына сәйкес жүретін бөлік бетінің деңгейінде бойлама бағытта салынады.

5.3.1.2 ҚР ҚН EN 1991-2:2003/2011 ұлттық ерекшеліктері бар қосымшада қабылданған параметрлерге сәйкес тежеу және жылдамдату күштерінің (Q_{lk}) сипаттамалық мәні LM1 жүктеме моделіне сәйкес келетін толық ең жоғарғы вертикаль жүктемелерінің бір бөлігі ретінде есептелінеді. Ереже бойынша тежеу немесе жылдамдату күштері 1-жүктеме жолақтарына салынады. Тежеу және жылдамдату күштерінің сипаттамалық мәні мына диапазонда болуы тиіс:

$$144 \text{ кН} \leq Q_{lk} = 288 + 2,16 \cdot L \leq 900 \text{ кН},$$

мұндағы L – бойлама құрылыстың немесе оның қарастырылып жатқан учаскесінің ұзындығы, м.

5.3.1.3 Ереже бойынша 3-жүктеме моделімен байланысты горизонталь күштер анықталуы тиіс. Бұл күштер сондай-ақ жүктеме жолағының кез-келген белдігінің бойлама бағытына салынады. Егер жүктеме салынған орынның әсері қатты деформацияланған күйінің ізделіп отырған факторына айтарлықтай әсер етпесе, онда жүктемені жүретін бөлік белдігінің ұзындығының бойымен бір қалыпты бөліп таратылған сияқты салу керек.

5.3.1.4 [4.4.1(6)] Деформациялық тігістермен берілетін горизонталь күштер немесе бір ғана белдікпен жүктелген конструкцияның элементтеріне салынған күштер анықталуы тиіс.

ҚР ҚН EN 1991-2:2003/2011 ұлттық ерекшеліктері бар қосымшасында қабылданған $\alpha_{Q1}=0,8$ параметріне сәйкес горизонталь күш $Q_{lk}=144 \text{ кН}$ тең етіп қабылданады.

5.3.2 Орталықтан сыртқа тебетін және басқа да көлденең күштер

5.3.2.1 Орталықтан сыртқа тебетін күш (Q_{lk}) ҚР ҚН EN 1991-2 :2003/2011 4.4.1 тармағына сәйкес жүретін бөлік деңгейіне жүрістің бойлама белдігінің перпендикуляр бағытында салынатын жинақталған жүктемені білдіреді.

5.3.2.2 Орталықтан сыртқа тебетін күштің сипаттамалық мәні жолдың санатына, жүктеме жолақтарының санына байланысты және LM1 жүктеме моделінің тандем жүйесі үшін мына тәсілмен есептелінеді:

$$- r < 200 \text{ м болғанда } Q_{lk} = 0,2 \cdot \sum \alpha_{Qi} \cdot (2 \cdot Q_{lk}) \text{ кН};$$

- $200 \leq r \leq 1500$ м болғанда $Q_{tk} = (40/r) \cdot \sum \alpha_{Qi} \cdot (2 \cdot Q_{ik})$ кН;

- $r > 1500$ м болғанда $Q_{tk} = 0$.

мұндағы r – жүретін бөліктің орталық сызығының горизонталь радиусы, м.

5.3.2.3 Қисық тежеуден болатын көлденең горизонталь күштерді ескеру қажет болған жағдайда тежеудің көлденең күші Q_{tk} тежеудің бойлама немесе жылдамдату Q_{lk} күшінің 25% -на тең етіп қабылданады. Бұл ретте тежеудің көлденең күшін Q_{tk} т тежеудің бойлама Q_{lk} күшімен бір уақытта ескеру керек.

5.4 Ауыспалы жылжымалы жүктемелердің (жүктемелер тобының) үйлесімділігі

5.4.1 Жылжымалы жүктемелер әсерінен болатын жүктемелер үйлесімділігін жүктемелер тобы деп атайды. Топқа жататын жүктемелерден алынған жүктеме әсері бұдан әрі көліктік емес жүктемелермен (жел, температура және т.б) бірге бірыңғай жүктемеден болған әсер нәтижесі ретінде қабылданады.

5.4.2 Соңғышекті жағдайын (төзімділіктен басқа) және пайлану жарымдылығын тексеру кезінде жүріп жатқан автомобильдерден болатын әсерді тіркеу үшін ҚР ҚН EN 1991-2:2003/2011 4.5-бөліміне сәйкес топтастырылған келесі жүктемелер қарастырылуы тиіс:

– gr1a. LM1 сипаттамалық жүктемесі + қарқындылығы 3 кН/м² болатын жаяу жолға бір қалыпты бөліп таратылған жүктеме;

– gr1b. LM2 сипаттамалық жүктемесі;

– gr2. LM1 жүктеме моделінің комбинациялық мәні (төмендетуші жүктемелерді енгізу ψ ; коэффициенттердің мәні ψ ҚР ҚН EN 1990:2002+A1:2005/2011 ұлттық ерекшеліктері бар қосымшасында берілген) + тежеу және жылдамдату күштерінен болатын сипаттамалық жүктемелер + орталықтан сыртқа тебетін және көлденең күштерден болатын жүктемелер;

– gr3. Қарқындылығы 5 кН/м² болатын жаяу жолдарға түсетін сипаттамалық жүктемелер;

– Gr4. LM4 сипаттамалық жүктемесі + қарқындылығы 5 кН/м² болатын жаяу жолдарға түсетін сипаттамалық жүктемелер;

– Gr5. LM3 сипаттамалық жүктемесі.

Ауыспалы әсерлерден болатын сипаттамалық әсерлер үшін үйлесімділік ережелері 5.3-кестеде берілген.

5.4.3 Тапсырыс беруші ҚР ҚН EN 1991-2 :2003/2011 ережелерінде берілген ауыр көлік құралдарының қосымша модельдерін анықтауы мүмкін.

5.4.4 Кейбір тексерулер үшін, мысалы, екінші шекті жағдайын тексеру кезінде, алдын ала соңғы конструкциялар үшін жүктемелердің жиі мәндерін қолдану қажет. Осы жағдайда ҚР ҚН EN 1991-2:2003/2011 5.4-кестеге сәйкес автомобиль қозғалысының құрамдас түрлі компоненттерінің ережелерін анықтайды.

5.4.5 5.4-кестесін қолданған жағдайда LM1, LM2 жүктемелерінің және жаяу жүргінші жүктемесінің жиі мәндерін ғана қолдану қажет.

5.4.6 Ауыспалы есептік жағдайлар үшін (жоспарлы жөндеу жұмыстары немесе жолға не көпір ғимаратына қызмет көрсету) тандем жүйесінің сипаттамалық мәндерін $0,8\alpha_{Qi}Q_{ik}$ тең етіп қабылдау керек. Басқа сипаттамалық, жиі және тұрақты сияқты мәндер, сондай-ақ горизонталь күштер тұрақты есептік жағдайлар үшін сияқты өзгеріссіз қабылданады.

5.3-кесте[4.4а-кесте]-Автожол көпірлеріне арналған ауыспалы әсерлердің түрлі компоненттерінің үйлесімдік ережелері (вертикаль және горизонталь күштерінің үйлесімдік ережелері)

Жүктеме түрі		Жүретін бөлік						Жаяу жүргінші және велосипедшілер жолы
		Вертикаль күштер			Горизонталь күштер			Тек қана вертикаль күштер
Жүктеме жүйесі		LM1 моделі (TS және UDL жүйелері)	LM2 моделі(бір белдікті)	LM3 моделі(арнайы көлік құралдары)	LM4 моделі(адамдардың жиналуынан түсетін жүктеме)	Тежеу және жылдамдату күштері	Орталықтан сыртқа тебетін және көлденең күштер	Бір қалыпты бөліп таратылған жүктеме
Жүктеме тобы	gr1a	Сипаттамалық мәні						Комбинациялы мәні
	gr1b		Сипаттамалық мәні					
	gr2	Жиі кездесетін мәндер				Сипаттамалық мәні	Сипаттамалық мәні	
	gr3 ^{a)}							Сипаттамалық мәні
	Gr4				Сипаттамалық мәні			Сипаттамалық мәні
	Gr5	Б қосымшасын қара		Сипаттамалық мәні				
Әсердің басымдық компоненті (топпен байланысқан компонент ретінде белгіленеді)								
^{a)} егер Gr4 қарастырылса, бұл топ қолайсыз болып табылады								

5.4кесте [4.4b-кесте]-Копкомпонентті әсердің жиі кездесетін мәндерінің үйлесімдік ережелері

Жүктеме түрі		Жүретін бөлік		Жаяу жүргінші және велосипедшілер жолы
		Вертикаль күштер		
Жүктеме жүйесі		LM1 моделі (TS және UDL жүйелері)	LM2 моделі (бір белдікті)	Бір қалыпты бөліп таратылған жүктеме
Жүктеме тобы	gr1a	Жиі кездесетін мәндер		
	gr1b		Жиі кездесетін мәндер	
	gr3			Жиі кездесетін мәндер ^{a)}

^{a)} егер мұндай әсер жүктелген екі жаяу жүргінші жолының әсерінен неғұрлым жақсырақ болса, бір ғана жаяу жүргінші жолы жүктелген болып қарастырылуы тиіс.

5.5 Төзімділікті тексеруге арналған автомобиль көлігінен түсетін вертикаль ауыспалы жүктемелер моделі

5.5.1 Жалпы ережелер

5.5.1.1 ҚР ҚН EN 1991-2:2003/2011 4.6-бөлімінде төзімділікті (FLM1÷FLM5) тексеруге арналған қажу деңгейін тексеруге арналған жүктемелердің 5 моделін анықтайды. Өртүрлі материалдардан жасалған конструкциялар үшін осы тексерулердің қажеттігі болғандықтан осы жүктеме модельдерін көпір конструкцияларының төзімділігін тексеру үшін қолдану ҚР ҚН EN 1992 - СН РК EN 1998 анықталады.

5.5.1.2 Төзімділікті тексеруге арналған жүктемелер конструкцияның тез және салыстрмалы қарапайым сараптамасының қажеттігіне сүйене отырып алынған. Мұндай әдіс конструкцияның неғұрлым қажыған құбылыстарымен зақымданған қимасын немесе элементтерін анықтауға өте аз уақыт жұмсауға мүмкіндік ередеі.сондай-ақ айтылған жүктемелердің бір бөлігі зақымдардың жиналуы теориясының негізінде нақтыланған есеп жүргізуге мүмкіндік береді.

5.5.1.3 EN 1991-2:2003/2011 төзімділікті тексерудің екі әдісін ұсынады:

- жүктемелер астында зақымдардың жиналу процесін шексіз және қысымдардың өртүрлі деңгейімен анықталатын процесс ретінде ұсыну;
- төзімділік диаграмалары бойынша зақымдардаың жиналу териясын есепке ала отырып, төзімділікті тексеру (S-N).

5.5.1.4 Шексіз процесс ретінде төзімділікті тексеру үшін FLM1 және FLM2 жүктеме модельдері қолданылады. Бұл әдіс қарапайым болып табылады және оны қолдану конструкцияда материалдың айтарлықтай артық жұмасалуына әкелуі мүмкін.

5.5.1.5 Төзімділік диаграмаларын қолдану арқылы жасалатын екінші әдіс (S-N анағұрлым нақты болып саналады. Осы әдісті пайдалану үшін қолданылатын негізгі жүктеме FLM3 жүктемесі болып табылады. Ол төзімділік диаграмаларының және түзету коэффициенттерінің көмегімен қарапайым тәсілдермен конструкцияынң қажуға беріктігін тексеруге мүмкіндік береді.

5.5.1.6 FLM4 және FLM5 жүктемелері төзімділік диаграмаларының аппаратын тікелей пайдалануға мүмкіндік береді.

ЕСКЕРТПЕ FLM4 және FLM5 жүктемелерін, сондай-ақ жүктемелер тарихын есепке алу әдісін пайдалану соңғытапсырма болып табылады. Ол қозғалыстың құрамы мен құрылысы туралы қосымша мәліметтер талап етеді. Сондай-ақ қозғалыстың құрамы мен құрылысы бойынша ғимараттың қызмет көрсету мерзіміне жақын мерзімге ұзақ мерзімді болжам қажет.

5.5.1.7 Жобалау кезеңінде төзімдікті тексеру кезінде құрылыс жұмысының ерекшелігінің, оның конструктивтік пішіні мен материалының, сондай-ақ ғимараттың жауапкершілік санатының негізінде сол немесе басқа қажу деңгейін тексеруге арналған жүктеме модельдерін қолдану мүмкіндігін бағалау қажет.

5.5.2 FLM1 және FLM2 қажу деңгейін тексеретін жүктемелер

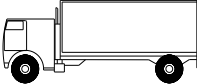
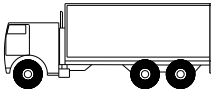
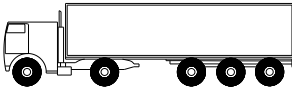
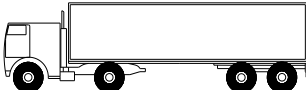
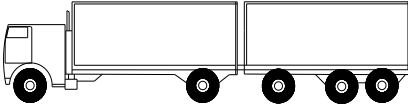
5.5.2.1 FLM1 қажу деңгейін тексеруге арналған жүктеме моделі ҚР ҚН EN 1991-2:2003/2011 4.6.2-тармағына сәйкес салмақ мәндерімен жиі кездесетін LM1 жүктемесіне жақын LM1 моделінің өзгертілген моделі болып табылады. FLM1 қажу деңгейін тексеруге арналған жүктеме моделінің LM1-мен схемасы бірдей. Оның салмақ параметрлері 5.5.-кестеде көрсетілген.

5.5-кесте - FLM2 қажу деңгейін тексеруге арналған жүктеме моделі

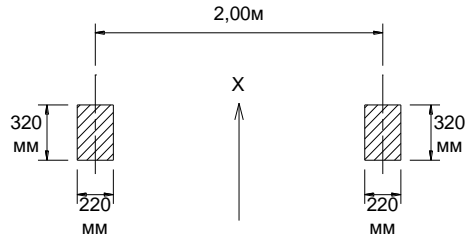
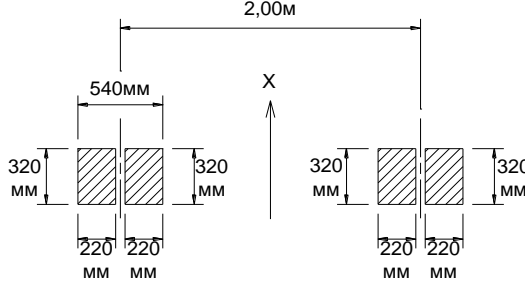
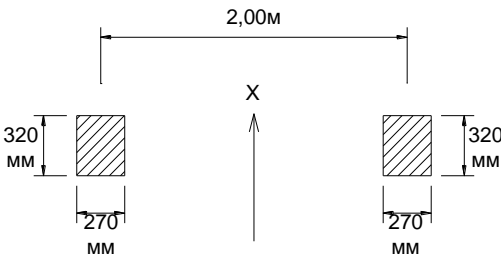
Орналасуы	TS тандем жүйесі 0,7Q _{ik} белдік жүктеме, кН	UDL жүйесі 0,3q _{ik} , кН/м ²
Нөмір 1 жолақ	210	2,7
Нөмір 2 жолақ	140	0,75
Нөмір 3 жолақ	70	0,75
Басқа жолақтар	0	0,75
Қалған бөлік q _{ik}	0	0,75

5.5.2.2 FLM1 қажу деңгейін тексеруге арналған жүктеме моделі ҚР ҚН EN 1991-2:2003/2011 4.6.3-тармағына сәйкес бес жиі кездесетін (типтік) жүк автомобильдерінен тұрады. олардың геометриялық өлшемдері және белдіктерге түсетін жүктемелері 5.6-кестеде берілген. Бір белдіктегі дөңгелектер арасындағы көлденең қашықтық, сондай-ақ дөңгелектердің түйіскен беттері 5-7.-кестеде көрсетілген.

5.6-кесте[4.6-кесте]- FLM2қажу деңгейін тексеруге арналған жүктеме моделі

Жүк автомобилінің түрі	Белдік арасындағы қашықтық, м	Жиі кездесетін белдік жүктемелер, кН	Дөңгелек түрі (5.7-кестесін қара)
	4,5	90 190	A B
	4,20 1,30	80 140 140	A B B
	3,20 5,20 1,30 1,30	90 180 120 120 120	A B C C C
	3,40 6,00 1,80	90 190 140 140	A B B B
5.6-кесте [4.6-кесте] - FLM2 қажу деңгейін тексеруге арналған жүктеме моделі (жалғасы)			
	4,80 3,60 4,40 1,30	90 180 120 110 110	A B C C C

5.7-кесте[4.8-кесте]—Дөңгелек түрлері

Дөңгелек/белдік түрі	Геометриялық анықтама
A	
B	
C	

5.5.2.3 FLM2 қажу деңгейін тексеруге арналған жүктеме моделі баяу қозғалыс жолағымен өтіп бара жатқан жүк автомобильдерінің біреуінен болатын ең жоғарғы оң және теріс қысымдарды анықтау үшін қолданылады. Баяу жүретін жолақ деп жүк көліктері көп жүретін жолақты (әдетте бір бағыттағы екі жолақты қозғалыста шеткі оң жолақ)айтады.

5.5.2.4 FLM1 және FLM2 қажу деңгейін тексеруге арналған жүктеме модельдері шексіз процесс (5×10^5 циклдан көп) ретінде төзімділікті тексеру үшін шығарылған және металл конструкцияларды тексеруге қолданыла алады.

ЕСКЕРТПЕ FLM1 қажу деңгейін тексеруге арналған жүктеме моделі FLM2қажу деңгейін тексеруге арналған модельге қарағанда үлкен аралықтары бар көпірлерге көлік қозғалысынан түсетін жүктеме әсерлерді анағұрлым дұрыс суреттейді. Осы үлкен аралықтарға ҚДК ізделіп отырған компонентіне жүктеменің бір қалыпты бөліп таратылған бөлігі көп әсер етеді. FLM2 қажу деңгейін тексеруге арналған моделі жүктемені құрайтын жинақталған күштер тобының айтарлықтай әсерінен әсер ету сызықтарының кішкентай ұзындықтарын жүктеу кезіндегі өтіп бара жатқан жүргіншіден болатын әсерді анағұрлым дәл анықтайды.

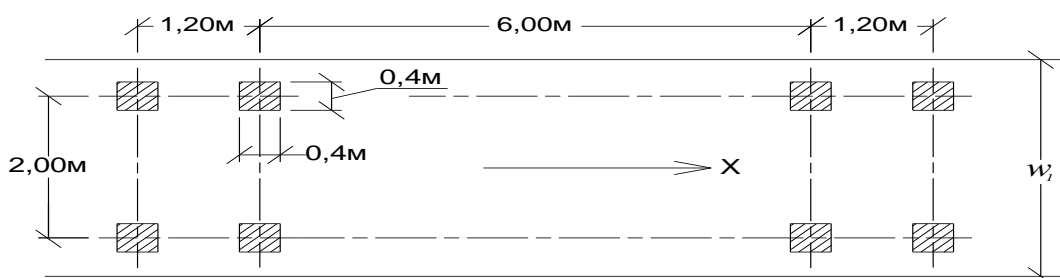
5.5.2.5 FLM1 және FLM2 қажу деңгейін тексеруге арналған жүктеме модельдерінің төзімділіккесептеу жүргізу бойынша айтарлықтай шектеулері бар:

- Метал бойлама құрылыстар үшін қолдыналады;
- жүретін жолдың габариттеріне және жүктеме ұзындықтарына қарай FLM1 және FLM2 қажу деңгейін тексеруге арналған жүктеме модельдерін қолданудың нақты шектеулері жоқ.

5.5.3 FLM3 қажу деңгейін тексеруге арналған жүктеме моделі

5.5.3.1 FLM3 қажу деңгейін тексеруге арналған жүктеме моделі ҚР ҚН EN 1991-2:2003/2011 4.6.4-тармағына сәйкес ҚР ҚН EN 1991-2:2003/2011 конструкциялардың төзімділігін тексеруге арналған басты ұсынылған моделі болып табылады. Бұл модель түзету коэффициенттер қатарын қолданып, есептеу кезінде нақты көлік ағымынан болған зақымдарға қарамай 2×10^6 циклді есепке алып, пайда болған баламалы зақымдарды ескеру мүмкіндігі болатындай етіп шығарылған.

5.5.3.2 FLM3 қажу деңгейін тексеруге арналған жүктеме моделі белдікке әсер ететін күші 120 кН, шеткі жақын белдіктер арасында 6 м қашықтықта орналасқан екі белдікті екі арбашадан тұратын көлік құралын білдіреді.



Белгілер

w_l – жолақ ені

x – көпірдің бойлама белдігі

5.6-сурет[4.8-сурет] - FLM3 қажу деңгейін тексеруге арналған жүктеме моделі

5.5.3.3 Белгілі жағдайларда (үлкен ұзындықтағы бойлама құрылыстар үшін немесе қарқындылығы жоғары ауыр автокөлік құралдарының қозғалысы болжанған жағдайда бөлінбейтін бойлама құрылыстар үшін) дәл сол бір қозғалыс жолағында екі FLM3 көлік құралын ескеру керек. Бұл ретте көлік құралының біреуі 5.5.3.2-тармағында берілгендей қабылданады. Екінші көлік құралының геометриясы дәл біріншідегідей қабылданады. Екінші көлік құралының әрбір белдігіне түсетін жүктемені 36 Кн тең болатындай етіп қабылдау керек. Көлік құралдары ортасының арасында өлшенген көлік құралдарының арасындағы қашықтық 40 м-ден кем болмайтындай етіп қабылдау керек.

5.5.3.4 FLM3 қажу деңгейін тексеруге арналған жүктеме көмегімен бойлама металл құрылыстардың төзімділігін тексерудің жалпы алгоритмі мынадай болады:

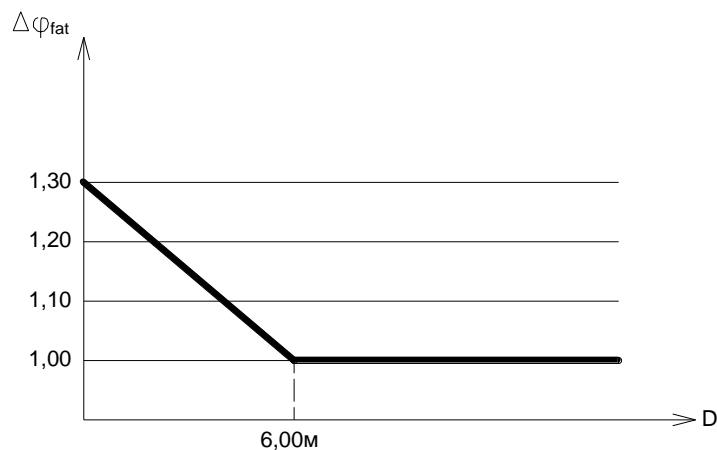
- Элементтегі қысымдардың ең жоғарғы және ең төменгі мәндері анықталады және қысым деңгейі де анықталады: $\Delta\sigma_{FLM} = |\max \sigma_{FLM} - \min \sigma_{FLM}|$

- Одан әрі зақымдардың баламалы қысымының деңгейі анықталады:

$$\Delta\sigma_{fat} = \lambda_e \cdot \Delta\varphi_{fat} \cdot \Delta\sigma_{FLM} \quad (5.1)$$

мұндағы $\Delta\varphi_{fat}$ – динамикалық коэффициент, ол деформациялық тігістерге түсетін соққылар мүмкіндігін ескереді және қарастырылып жатқан көлденең қиманың (немесе элементтің) деформациялық тігістерге қашықтығына қарай мына формуламен анықталады: $\Delta\varphi_{fat} = 1,30 \cdot \left(1 - \frac{D}{26}\right)$; $\Delta\varphi_{fat} \geq 1$ (немесе 5.7-суреттегі кескіндеме бойынша).

Деформациялық тігітерден 6 м-ден аспайтын қашықтықтағы қималар үшін $\Delta\varphi_{fat} = 1,3$ тұрақты мән деп қабылдауға рұсат етіледі. 6 м-ден асатын қашықтықтағы қималар үшін динамикалық коэффициент $\Delta\varphi_{fat}$ 1-ге тең етіп қабылданады.



5.7-сурет[4.7-сурет] – Деформациялық тігістен қашықтығына байланысты күшейті динамикалық коэффициентінің өзгеру кестесі

$$\lambda_e = \lambda_1 \cdot \lambda_2 \cdot \lambda_3 \cdot \lambda_4 \leq \lambda_{\max}, \quad (5.2)$$

мұндағы λ_e – жалпы түзету коэффициенті болып табылады, ол төмендегі төрт коэффициенттің туындысы ретінде есептелінеді:

λ_1 – автокөліктен болатын зақымдарды ескеретін және әсер ету сызығының жүктеем ұзындығына байланысты коэффициент;

λ_2 – қозғалыстың қарқындылығын ескеретін коэффициент;

λ_3 – қызмет көрсету мерзімінің жобалық функциясы болып табылатын коэффициент. Қызмет көрсету мерзімі 100 жыл, коэффициент $\lambda_3 = 1$;

λ_4 – бірнеше қозғалыс жолақтарын ескеретін коэффициент.

λ_{\max} – 5.5.3.4-тармақшасына сәйкес анықталатын ең жоғарғы мән λ_e .

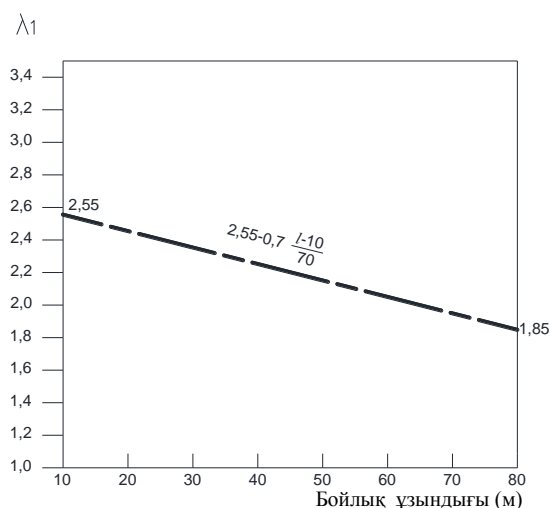
λ_2 мәнін анықтау үшін 5.8-кестеде бір баяу қозғалыс жолағына ауыр жүк автомобильдердің айналуының есептік мәні берілген.

5.8-кесте [4.5п-кесте]- Ауыр жүк автомобилінің бір баяу жылдамдық жолағына есептік мәні

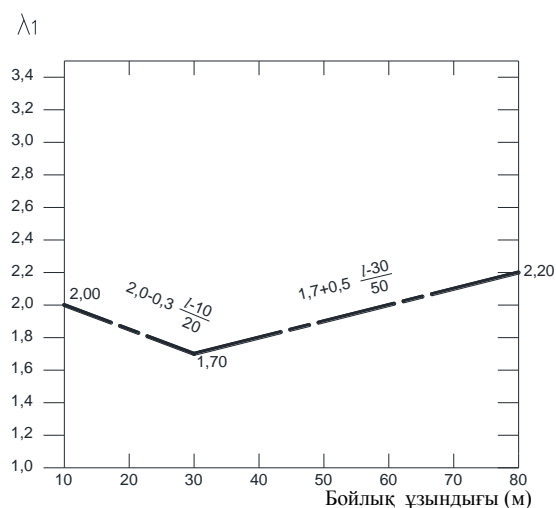
Көліктік санат		N _{obs} 1 жылға және бір баяу қозғалыс жолағына деген есеппен
1	Халықаралық дәліздер құрамына кіретін жолдар мен автонауқандар, I санаттағы жолдар	2,0·10 ⁶
2	II санаттағы жолдар	0,5·10 ⁶
3	III және IV санаттағы жолдар	0,125·10 ⁶
4	V санаттағы жолдар	0,05·10 ⁶

ҚР ҚН EN 1993-2:2006/2011 9.5.2-тармағында автожол көпірлеріне арналған λ_2 коэффициентін анықтайтын ережелер бар.

Бойлама металл құрылыстар үшін λ_2 коэффициенті 5.8а-суретінде берілген кескіндемелерге сүйене отырып анықталады.



бойлықтың ортасында



тіректе

5.8а-сурет – λ_1 коэффициентінің мәнін анықтау

λ_2 коэффициенті мынадай жолмен анықталады:

$$\lambda_2 = \frac{Q_{m1}}{Q_0} \cdot \left(\frac{N_{obs}}{N_0} \right)^{1/5}, \quad (5.3)$$

мұндағы Q_{m1} – баяу жолақта қозғалатын көлік құралдарының орташа брутто салмағы (кН) және мынадай тәсілмен анықталады:

$$Q_{m1} = \left(\frac{\sum n_i \cdot Q_i^5}{\sum n_i} \right)^{1/5}, \quad (5.4)$$

мұндағы $Q_0 = 480$ кН;

$N_0 = 0,5 \times 10^6$;

Q_i - пайдаланушы ұйымдардың мәліметтері бойынша баяу жолақта қозғалатын көлік құралдарының орташа брутто салмағы (кН);

n_i - пайдаланушы ұйымдардың мәліметтері бойынша баяу жолақта қозғалатын салмағы брутто Q_i болатын жүк автомобильдерінің саны

Q_{m1}, N_{obs} және λ_2 мәндері 5.9-кестеде берілген.

λ_3 коэффициент мынадай тәсілмен есептелінеді:

$$\lambda_3 = \left(\frac{t_{Ld}}{100} \right)^{1/5}, \quad (5.5)$$

мұндағы t_{Ld} — жылдармен есептегенде көпірдің есептік қызмет көрсету мерзімі. Жобалық қызмет көрсету мерзіміне қарай λ_3 мәндері 5.10-кестеде берілген.

5.9-кесте- λ_2 мәндері [9.1-кесте ҚН EN 1993-2:2006/2011]

Q_{m1} , кН	N_{obs}							
	$0,25 \cdot 10^6$	$0,50 \cdot 10^6$	$0,75 \cdot 10^6$	$1,0 \cdot 10^6$	$1,25 \cdot 10^6$	$1,5 \cdot 10^6$	$1,75 \cdot 10^6$	$2,0 \cdot 10^6$
200	0,362	0,417	0,452	0,479	0,500	0,519	0,535	0,550
300	0,544	0,625	0,678	0,712	0,751	0,779	0,803	0,825
400	0,725	0,833	0,904	0,957	1,001	1,038	1,071	1,100
500	0,907	1,042	1,130	1,197	1,251	1,298	1,338	1,374
600	1,088	1,250	1,356	1,436	1,501	1,557	1,606	1,649

5.10-кесте—Есептік қызмет көрсету мерзіміне байланысты λ_2 мәндері [9.2-кесте ҚН EN 1993-2:2006/2011]

Есептік қызмет көрсету жылдармен	50	60	70	80	90	100	120
Коэффициент λ_3	0,871	0,903	0,931	0,956	0,979	1,00	1,037

λ_4 коэффициентінің мәндері мынадай жолмен есептелінеді:

$$\lambda_4 = \left[1 + \frac{N_2}{N_1} \cdot \left(\frac{\eta_2 \cdot Q_{m2}}{\eta_1 \cdot Q_{m1}} \right)^5 + \frac{N_3}{N_1} \cdot \left(\frac{\eta_3 \cdot Q_{m3}}{\eta_1 \cdot Q_{m1}} \right)^5 + \dots + \frac{N_k}{N_1} \cdot \left(\frac{\eta_k \cdot Q_{mk}}{\eta_1 \cdot Q_{m1}} \right)^5 \right]^{1/5}, \quad (5.6)$$

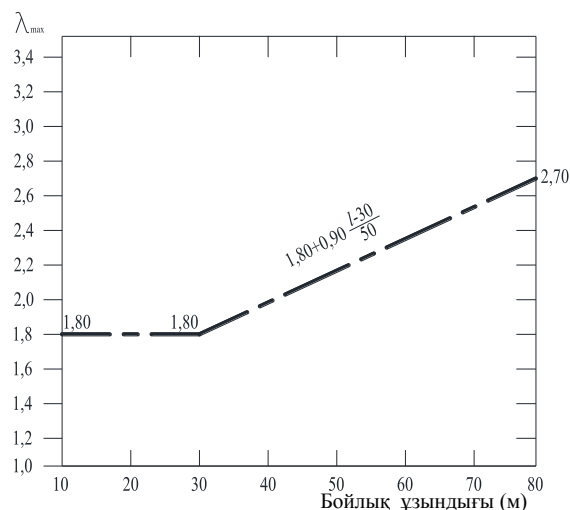
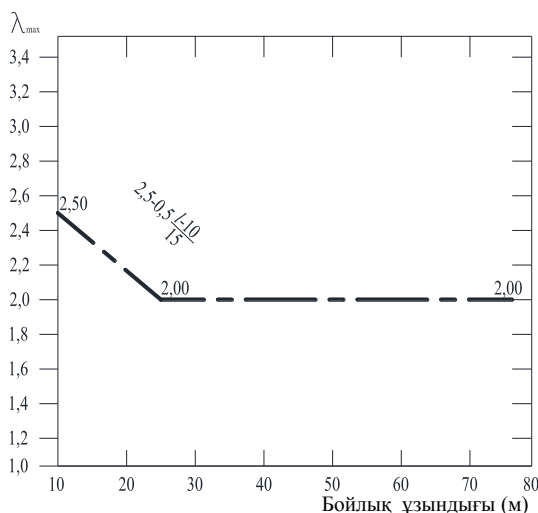
мұнд

ағы k - ауыр жүк автомобильдері қарқынды жүретін жолақтардың саны;

N_j - жылына жүретін жүретін жүк автомобильдерінің саны, жолақ j ;

Q_{mj} - j жолағымен қозғалатын көлік құралдарының орташа брутто салмағы;

η_j - ішкі күштердің көлденең әсер ету сызығының ординатасы. Ішкі күштер j жолағының ортасында жүктеме орналасқан кезде ең жоғарғы қысым тудырады. Автожол көпірлерінің бойлама металл құрылыстары үшін λ_{\max} коэффициент 5.8б-суретінде көрсетілген кескіндемелермен анықталады.



бойлықтың ортасында тіректе

5.86-сурет – λ_{max} коэффициентінің мәнін анықтау

Одан әрі ҚР ҚН EN 1993-2:2006/2011 талаптарын ескере отырып, көпір конструкцияларының төзімділігі бойынша шекті жағдайын тексеру орындалады.

5.5.4 FLM4 және FLM5 қажу деңгейін тексеруге арналған жүктеме модельдері

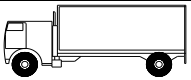
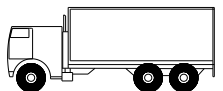
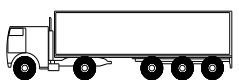
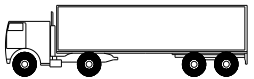
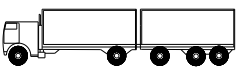
5.5.4.1 FLM4 және FLM5 қажу деңгейін тексеруге арналған жүктеме модельдері ҚР ҚН EN 1991-2:2003/2011 4.6.5÷4.6.6-тармақтарына сәйкес автокөлік қозғалысының құрылымын болжамдауды ескере отырып, берілген жол учаскесіне тән әртүрлі көліктік композицияларды бейнелеуге мүмкіндік береді.

5.5.4.2 FLM4 қажу деңгейін тексеруге арналған жүктеме моделі 5.11-кестеде көрсетілген стандарт жік автомобильдер жиынтығын білдіреді. Дөңгелектер түрі 5.7-кестеде берілген.

5.5.4.3 FLM4 қажу деңгейін тексеруге арналған жүктеме моделі стандарт жүк автомобильдерінен тұрады. олардан әртүрлі көлік композициясын жасауға болады (мүмкін әдістер мен көлік құралдарының сол немесе басқа түрлерінің болжамды мөлшерінің негізінде).

5.5.4.3 FLM4 қажу деңгейін тексеруге арналған жүктеме тіркелген көлік ағымы туралы мәліметтерді тікелей пайдалануды талап етеді. Бұл ретте ҚР ҚН EN 1991-2:2003/2011 В қосымшасын пайдалану қажет. В қосымшасы жабындының болжамды сапасына байланысты динамика коэффициенті есепке алу бойынша талаптарды анықтайды, сондай-ақ алынған нәтижелерді жуықтау бойынша талаптарды анықтайды.

5.11-кесте[4.7-кесте] –FLM4қажу деңгейін тексеруге арналған жүктеме моделі

Көлік құралының түрі			Көлік ағымының түрі			Дөңгелек түрі
Жүк автомобилі	Белдік арасындағы қашықтық, м	Баламалы белдік жүктемелер,кН	Ұзақ қашықтыққа	Орта қашықтыққа	Жергілікті қатынас	
			Жүк автомобиль түрінің пайыздық мөлшері	Жүк автомобиль түрінің пайыздық мөлшері	Жүк автомобиль түрінің пайыздық мөлшері	
	4,5	70 130	20,0	40,0	80,0	A B
	4,20 1,30	70 120 120	5,0	10,0	5,0	A B B
	3,20 5,20 1,30 1,30	70 150 90 90 90	50,0	30,0	5,0	A B C C C
	3,40 6,00 1,80	70 140 90 90	15,0	15,0	5,0	A B B B
	4,80 3,60 4,40 1,30	70 130 90 80 80	10,0	5,0	5,0	A B C C C
<p>ЕСКЕРТПЕ1 Бес стандарт жүк автомобильдеріне негізделген FLM4 қажу деңгейін тексеруге арналған жүктеме моделі көлік ағымын бейнелейді. Бұл 5.8-кестеде берілген санатқа сәйкес нақты көлік ағымы кезінде болатын баламалы зақымқажудан болған зақымға әкеледі.</p> <p>ЕСКЕРТПЕ 2 Көлік ағымының түрін таңдау үшін мыналарды қабылдауға болады:</p> <ul style="list-style-type: none"> - «ұзақ қашықтық» жүздеген километрді біліреді; - «орташа қашықтық» 50-ден 100 км-ге дейінгі қашықтық; - «жергілікті қатынас» 50 км-ден аз қашықтық. <p>Негізінде көлік ағымдарының түрлері араласады.</p>						

5.5.FLM1және FLM4қажу деңгейін тексеруге арналған жүктеме модельдерімен жүктеу ережелері

5.5.5.1 Зақымдардың жиналу процесі материалдың қажуы салдарынан киратуды жүргізу алдында айтарлықтай ұзақ болып табылады. ҚР ҚН EN 1991-2:2003/2011 берілген қажу деңгейін тексеруге арналған жүктеме модельдері қозғалыстың болжамды құрамы мен құрылысын, сондай-ақ автомобиль көлігі жолақтарда қалыпты қозғалған жағдайларды есепке ала отырып, қолданылады. Жалпы жағдайда жүктеме ережелері осы нормативтік-техникалық құралдың 5.2.2 бөліміне сәйкес болуы тиіс.

5.5.5.2 Жүретін бөлікті жүктеу ережелері қозғалыс жолақтарында автокөліктердің қалыпты қозғалысын қамту керек.

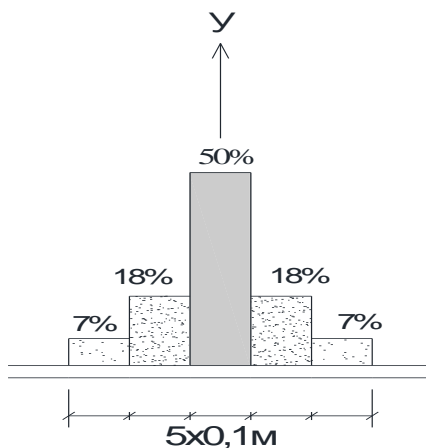
5.5.5.3 FLM1 қажу деңгейін тексеруге арналған жүктеме моделі үшін жалпы жағдайда LM1 жүктемесіне арналған ережелер де қолданылады. Сондықтан қысымдар амплитудасының алынған мәндері жоғары болуы мүмкін және қосымша сараптама жасауды талап етуі мүмкін.

5.5.5.4 FLM2 қажу деңгейін тексеруге арналған жүктеме моделі баяу қозғалыс жолағында жеке тәртіпте орналастырылады. Баяу жолақтардың саны және олардың орналасуы қозғалыс жолақтарының санына және қозғалыстың болжамды құрылысына сүйене отырып, таңдалады. Үш жолақты қозғалыс үшін қозғалыстың қарқындылығына қарай үш жолақтың екеуі баяу жолақ болып белгіленуі мүмкін, бұл ретте үшінші жолақ (баяу емес) бұл схемада бос болып саналады.

5.5.5.5 FLM3 қажу деңгейін тексеруге арналған жүктеме моделі үшін де оның баяу жолақта орналасуы тән нәрсе. Сондай-ақ бір баяу жолақта бір-бірінен қашықтығы 40 м болатын (ұзындығы үлкен көпірлер және бөлінбейтін бойлама құрылыстар үшін) 3 қажу деңгейін тексеруге арналған жүктеме моделінің (екінші модель белдікке төмен қысым көрсетеді) екеуін орналастыруды да қарастыру керек.

5.5.5.6 FLM4 қажу деңгейін тексеруге арналған жүктеме моделін баяу қозғалыс жолағында орналастыру керек.

5.5.5.7 Жүктеме модельдерінің жолақ ішінде көлденең бағытта орналасуы төзімділікті тексеру нәтижелеріне айтарлықтай әсер ететін (мысалы, жүрістің ортотропты тақталарын тексеру үшін) жағдайларда FLM3, FLM4 және FLM5 жүктемелерін қолданған кезде есептерде статистикалық бөліп таратуды 5.9-суретте көрсетілгендей етіп қолдану мүмкін. Статистикалық бөліп тарату бойлама құрылыстан жүргенде көліктің 50% ғана дәл белдіктің бойымен қозғалатындығын, қалғандарының траекториядан ауытқитындығын көрсетеді. Осылайша, төзімділікті тексерген кезде қозғалыс траекториясынан ауытқу мәліметтері ескерілуі мүмкін.



5.9-сурет[4.6-сурет] - Көлік құралы белдігінің көлденең орналасуын үйлестіру

5.6 Автомобиль көлігіне арналған апаттық есептік жағдайлар

5.6.1 Жалпы ережелер

5.6.1.1 Автомобиль қозғалысы үшін ҚР ҚН EN 1991-2:2003/2011 4.7-бөліміне сәйкес үш негізгі есептік жағдай айтылады:

- Көлік құралдарының көпір астында көпір ғимаратының конструкцияларымен соқтығысуы;

- Көлік құралының бойлама құрылыстың жаяужолына шығуы;

- Көлік құралының жолдың жиектерімен және жолдың қоршауларымен соқтығысуы.

Бұл әсердің түрлері А қосымшасында берілген арнайы үйлесімдік ережелері бойынша есепке алынады.

5.6.2 Көлік құралдарының көпір астында көпір ғимаратының конструкцияларымен соқтығысуы

5.6.2.1 Көпір ғимаратының конструкцияларымен соқтығысу күштерін есепке алу кезінде қарастырылуы тиіс екі жағдай ерекше айтылады:

- көлік құралдарының көпір тіректерімен соқтығысуы;

- көлік құралының бойлама құрылыспен соқтығысуы.

—

5.6.2.2 Аралық тіректермен соқтығысу күштері ҚР ҚН EN 1991-1-7:2006/2011 берілген . Жалпы жағдайда егер жол өтпесінің тірегі бөгет қоршаулармен қорғалмаған және жүретін бөлікке жақын орналасқан болса, онда 1000 кН (көлік құралының қозғалыс бағыты бойынша), немесе жердің бетінен 1,25 м қашықтықта салынған 500 кН тең болатын соқтығысу күшін ескеру керек.

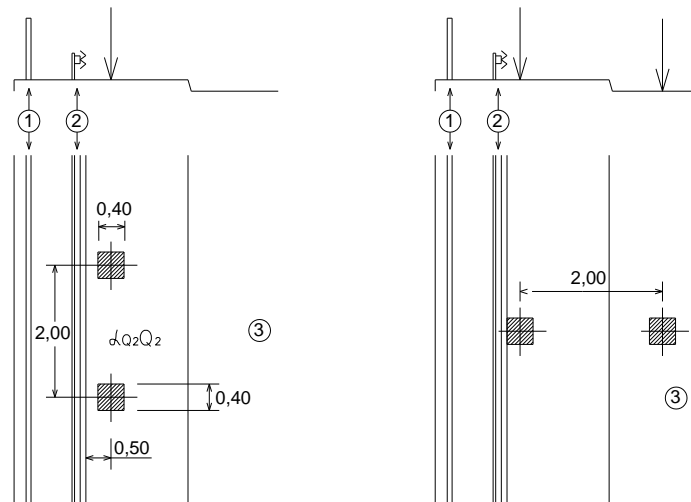
5.6.2.3 Көпірдің астынан габаритті емес көлік құралдарының өтуінің салдарынан көпірдің бойлама құрылыстарымен соқтығысу күші ҚР ҚН EN 1991-1-7:2006/2011 берілген және бойлама құрылыс алдындағы нүктеге салынған 500 кН тең статикалық жинақталған күшті білдіреді. Күштердің бағытын горизонталь немесе горизонтқа 10° бұрыш жоғары қабылдайды.

5.6.3 Көлік құралының бойлама құрылыстың жаяужолына шығуы

5.6.3.1 Егер жаяужол немесе велосипед жолы жүретін бөліктен жеткілікті ұстап тұру мүмкіндігі бар бөгет қоршаулармен бөлінбеген боса, онда жобалау кезінде жаяужолда немесе велосипед жолында апаттық жүктемелердің (белдікті құайтын екі жинақталған күш) болу жағдайын ескеру қажет.

Осы белдікке түсетін күш сәйкесінше: халықаралық көлік дәліздеріндегі және 1-санаттағы жолдардағы ғимараттар үшін 200 кН, қалған ғимараттар үшін 160 кН болып қабылданады.

5.10-суретте бойлама құрылыстағы апаттық белдіктің орналасу нұсқалары көрсетілген.



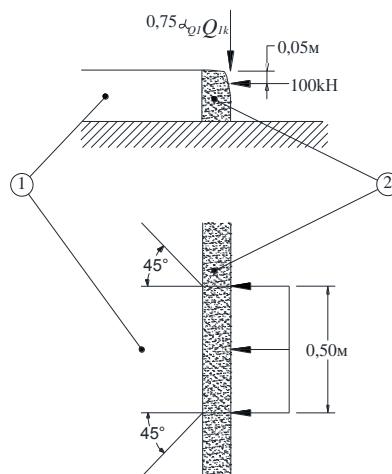
- (1) - шарбақ (немесе қорғайтын қоршаулары болмағандағы жаяужолдың жаяу жүргінші қоршауы.); (2) – қорғайтын қоршау; (3) – жүретін бөлік.

5.10-сурет[4.9-сурет] - Велосипед жолында автомобиль белдігінің болуының апаттық жағдайы

5.6.3.2 Осы белдік жүктеме көлік құралдарынан түсетін басқа ауыспалы жүктемелермен бірлесіп есепке алынбайды.

5.6.4 Жолдың жиектеріне әсер ететін соқтығысу күштері

5.6.4.1 Көлік құралының жолдың жиегіне соқтығысу жағдайын қарастыру кезінде есептік жүктеме моделі ретінде толық күші 100 кН бар 0,5 м ұзындықта бір қалыпты бөліп таратылған жүктемені қабылдау керек. Жүктемені 5.11-суретте көрсетілгендей жолдың жиегінен жоғары 0,05 м биіктікте қою керек.



- (1) — жаяу жүргінші жолы; (2) — жолдың жиегі

5.11-сурет[4.10-сурет] – Көлік құралының жолдың жиегіне соқтығысу жағдайындағы жүктеме схемасы

5.6.4.2 Соқтығысу күшімен бір уақытта әрекет ететін көлік құралдарынан түсетін $0,75\alpha_Q Q_{1k}$ вертикаль жүктемені 180 кН тең етіп енгізу керек.

5.6.5 Қоршау құралдарына әсер ететін соқтығысу күштері

5.6.5.1 Қоршау конструкцияларымен соқтығысу күштерін өткел тақталарының жергілікті күтілмеген зақымдарын болдырмау үшін бойлама құрылысқа және қоршау конструкцияларымен байланысқан басқа элементке бекітілген қоршаулар түйіндерін есептеу кезінде ескеру қажет.

5.6.5.2 Жобалау кезінде қоршауларға әсер ететін және бойлама құрылысқа берілетін горизонталь және вертикаль күштерді ескеру қажет. Қоршауға әсер ететін горизонталь күш 5.12-кестеге сәйкес қоршау класына қарай анықталады. Көлденең бағытта әсер ететін вертикаль күш қоршау төбесінен 100 мм төмен немесе жүретін бөліктің немесе жаяу жол деңгейінен 1,0 м жоғары (олардың қайсысы төмен соған байланысты) қойылу керек. Осы күш 0,5 м ұзындықта бір қалыпты бөліп таратылған болып қабылданады.

5.6.5.3 Горизонталь күшпен бір уақытта әсер ететін вертикаль күш 180 кН тең етіп қабылданады.

5.6.5.4 Қоршаулардың бекіту түйіндерін есептегенде горизонталь және вертикаль соқтығысу күштеріне 1,25 жоғарлату коэффициентін енгізу керек.

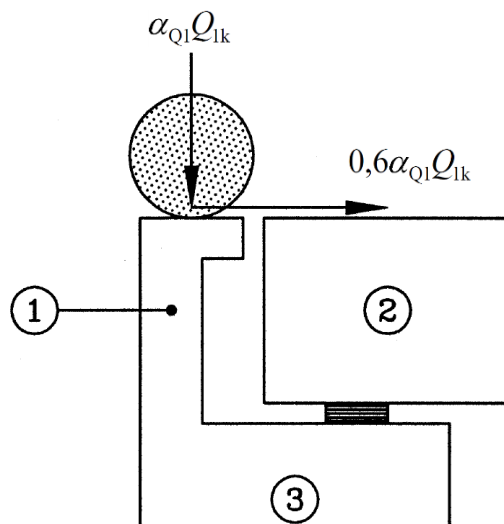
5.12-кесте[4.9(n)-кесте]- Класстар және қоршау құрылғыларымен берілетін горизонталь күштер

Ұсынылатын класс	Горизонталь күш, кН
A	100
B	200
C	400
D	600

5.7 Тіректерді есептеуге арналған жүктеме модельдері

5.7.1 Жағалық тіректердің, тіректердің жапсырмаларының, бүйір қабырғалардың және жермен жанасқан көпірдің басқа да бөліктерінің артында орналасқан жүретін бөлік LM1 жүктеме моделімен жүктелуі тиіс. Тандем жүктемелер ені 3 м және ұзындығы 2,20 м болатын сәйкес тікбұрыш бетіне бөліп таратылған балама бір қалыпты бөліп таратылған жүктемемен алмастырыла алады. Қажетті тығыздықтағы үйінді арқылы жүктемені қайта бөліп тарату вертикаль 30° бұрышпен қабылдау керек.

5.7.2 Тіректердің шкаф қабырғаларын есептеу кезінде (5.12-суретті қара) 144 кН тең болатын бойлама тежеу күшін ескеру қажет. Ұзына бойғы күшті 240 кН тең болатын вертикаль күшпен және үйінді топырақ қысымымен бірге ескеру қажет. Бұл ретте бір уақытта үйіндіні жүктеу ескерілмейді.



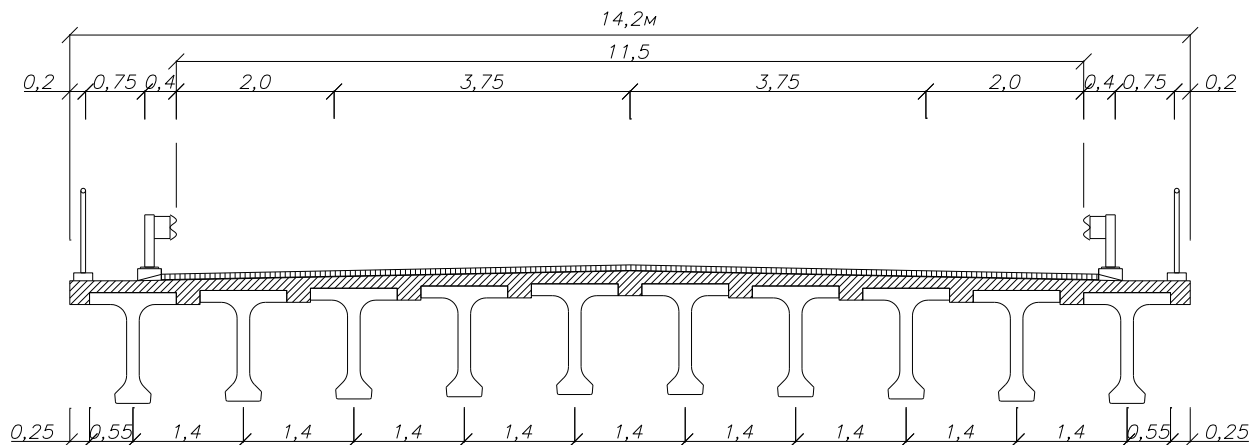
Белгілер

- (1) — вертикаль тұрған (шкаф) қабырға;
- (2) — көпірдің бойлама құрылысы;
- (3) — жағалық тірек

5.12-сурет[4.11-сурет]-вертикаль тұрған (шкаф) қабырғаларға әсер ететін жүктемелерді анықтау

5.8Темір бетон бойлама құрылысты ауыспалы жылжымалы LM1 жүктемесіне есептеу мысалы

Мысал ретінде ВТК бөренелерінен тұратын үлгі темір бетон бойлама құрылысты қарастырайық. Бойлама құрылыстың есептік ұзындығын 32,4 м-ге тең, жүріс габаритін Г-11,5 және екі жаяужолды 0,75 метрден деп аламыз. Бойлама құрылыстың кеңістік жұмысын бағалау кезінде қалыңдығы 15 см болатын салынба тақтаны да ескереміз. Бойлама құрылыстың көлденең қимасы 5.13-суретте берілген.



5.13-сурет - Бойлама құрылыстың көлденең қимасы

Жүктеме жолақтарының сапасын, жолақтардың нөмірін, LM1 және gr1a жүктемелерінен түсетін сипаттамалық күштерді, LM1 және gr1a жиі кездесетін жүктемелерден түсетін күүштерді анықтау қажет.

Бойлама құрылыстың кеңістік жұмысын бағалау үшін ұзыға бойғы құрылыстың негізгі элементтік схемасын жасаймыз. Негізгі элементтік схеманың көмегімен бөренелердің бойлама ортасының майысу сәттері әсерінің көлденең сызықтарын саламыз.

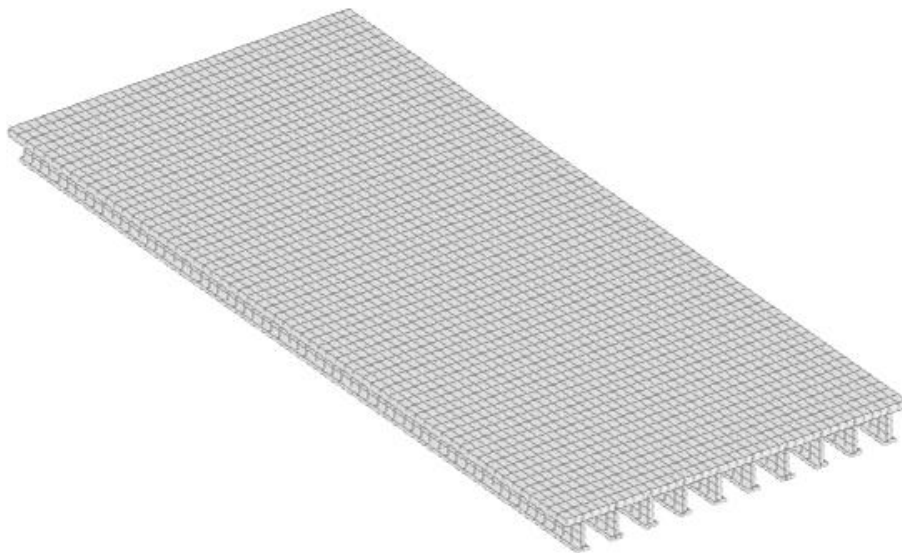
Көлденең сызықтарды салу рәсімін конструкциясы симметриясының күшіне қарай бес бөренеге дейін жүргіземіз. Бойлама ортасындағы майысу сәттері әсерінің көлденең сызықтарының негізінде бөренеге келетін жүктеме үлесін көрсететін әрбір бөренеге бөліп таратылған қысым әсерерінің көлденең сызықтарын саламыз.

Конструкцияның кеңістік жұмысын есептеудің мұндай әдімі өзінің қиындығына байланысты жиі қолданылмайды. Жобалау кезінде конструкцияның кеңістік жұмысын есептеудің жалпы қабылданған кез-келген әдісі пайдаланыла алады.

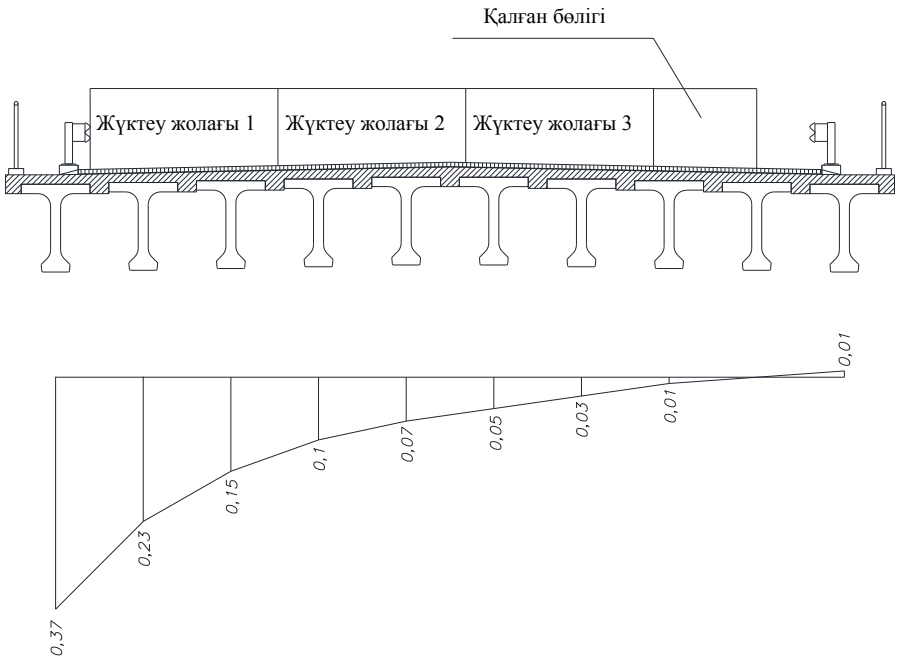
Бойлама құрылыстың негізгі элементтік схемасы 5.14-суретте көрсетілген.

Жүктеме жолақтарының ең жоғарғы саны $11,5/3 = 3$, қалған бөліктің жалпы ені -2,5 м бойлама құрылыс көлік дәлізінің құрамына кіретін 1-санаттағы жолда орналасты деп алайық. Белдікке түсетін күш пен бір қалыпты бөліп таратылған жүктемелердің қарқындылық мәні осы құралдың 5.1-кестесіне сәйкес қабылдаймыз.

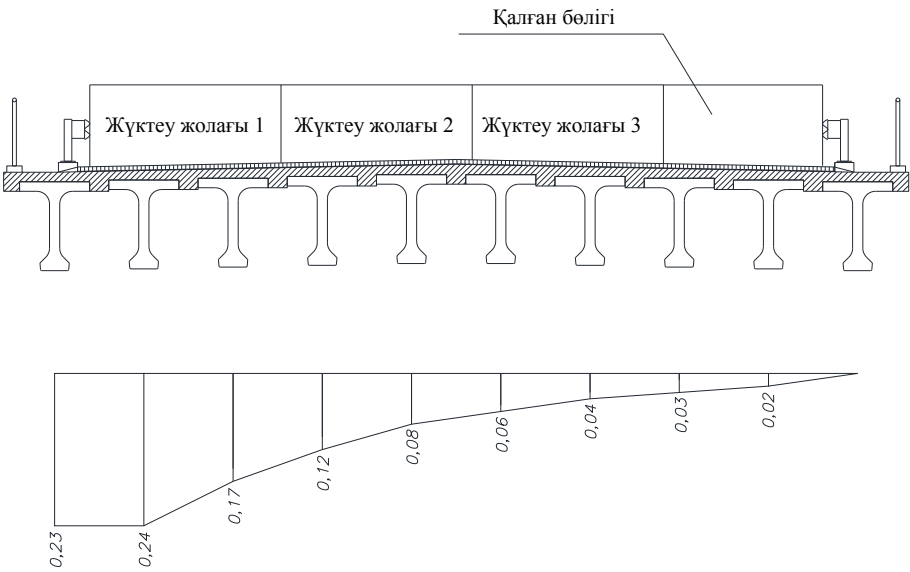
Әсер етудің көлденең сызықтарының сараптамалық түріне сүйене отырып, әрбір бөрене үшін жолақтарды нөмірлейміз және олардың орналасуын белгілейміз. Әсер етудің көлденең сызықтары, сондай-ақ жолақтардың нөмірі 5.15÷5.19-суреттерде берілген.



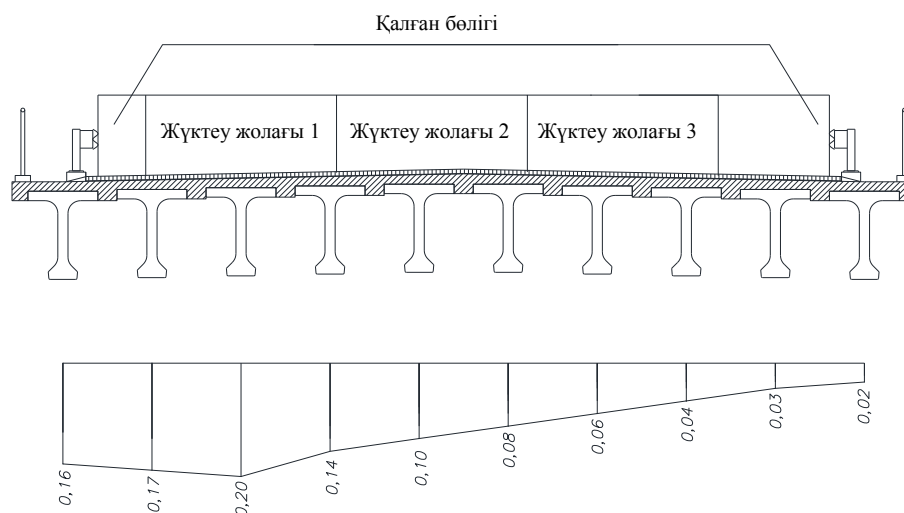
5.14-сурет – Негізгі элементтік схеманың жалпы түрі



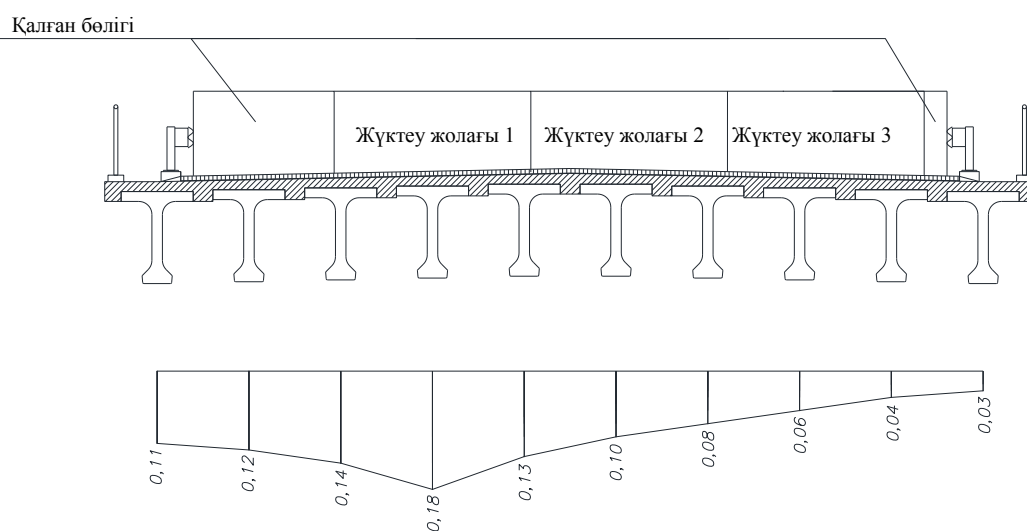
5.15– сурет –1-бөренеге арналған жүктеме жолақтарының нөмірлері



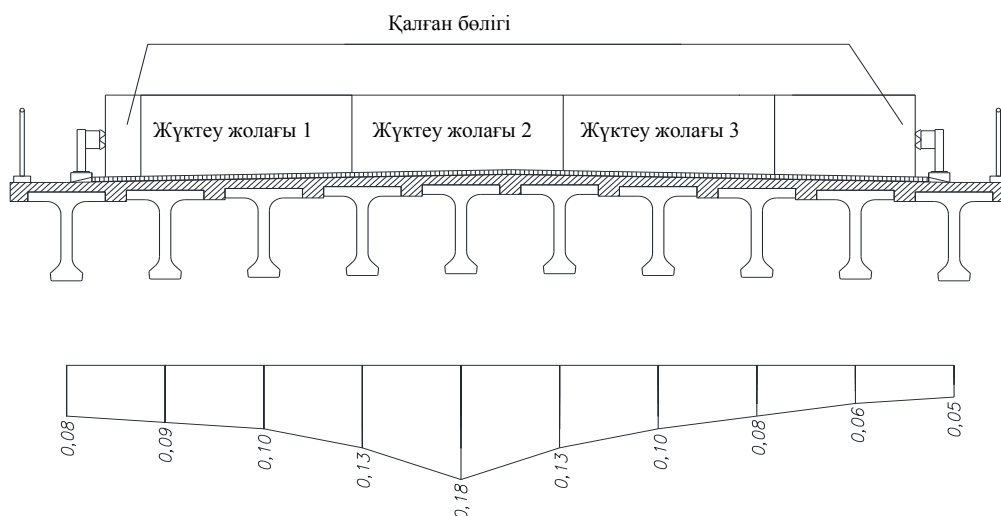
5.16-сурет - 2-бөренеге арналған жүктеме жолақтарының нөмірлері



5.17-сурет - 3-бөренеге арналған жүктеме жолақтарының нөмірлері



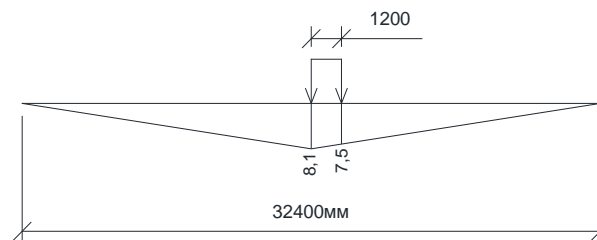
5.18-сурет —4-бөренеге арналған жүктеме жолақтарының нөмірлері



5.19-сурет - 5-бөренеге арналған жүктеме жолақтарының нөмірлері

Бойлама құрылыстың соңғышекті жағдайын негізгі есептік топтармен тексеру кезінде (егер LM3 жүктемесі қарастырылып жатса) конструкцияда анағұрлым көп күштер тудыратын g_{1a} тобы қарқындылығы 3кН/м^2 болатын жаяужолға бір қалыпты бөліп таратылған LM1 + сипаттамалық жүктеме болып табылады. Осылайша, күштерді LM1 жүктеме моделінен ғана емес, жаяужолдағы жүктемелерден де есептеп алу керек.

Значения ординат продольной линии влияния изгибающего момента при нагружении двухосными тележками LM1 представлены на Рисунке 5.20



5.20-сурет –Бойлама ортасындағы майысу сәттері әсерінің көлденең сызықтары ординаттарының мәндері

Бірінші жүктеме жолағы үшін:

$$\text{Екі белдікті арбаша: } M = 8,1 \cdot 120 \cdot X_1 + 8,1 \cdot 120 \cdot X_2 + 7,5 \cdot 120 \cdot X_1 + 7,5 \cdot 120 \cdot X_2 = \\ = 1872(X_1 + X_2) \text{ кНм}$$

$$\text{Бір қалыпты бөліп таратылған жүктеме: } M = 7,2 \cdot 3 \cdot 32,4^2 \cdot X_3 / 8 = \\ = 2834,35 \cdot X_3 \text{ кНм}$$

Екінші жүктеме жолағы үшін:

$$\text{Екі белдікті арбаша: } M = 8,1 \cdot 100 \cdot Y_1 + 8,1 \cdot 100 \cdot Y_2 + 7,5 \cdot 100 \cdot Y_1 + 7,5 \cdot 100 \cdot Y_2 = \\ = 1560(Y_1 + Y_2) \text{ кНм}$$

$$\text{Бір қалыпты бөліп таратылған жүктеме: } M = 2,5 \cdot 3 \cdot 32,4^2 \cdot Y_3 / 8 = 984,2 \cdot Y_3 \text{ кНм}$$

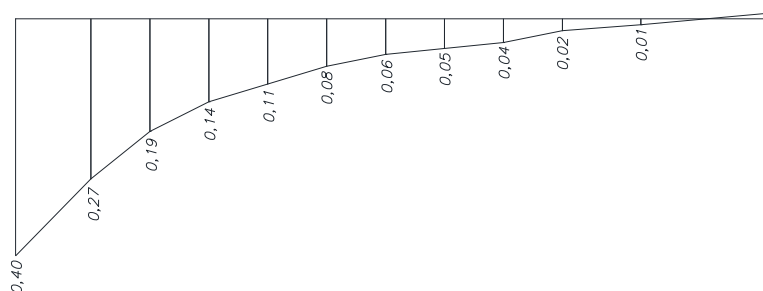
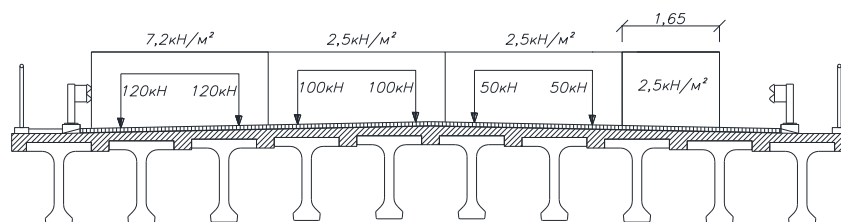
Үшінші жүктеме жолағы үшін:

$$\text{Екі белдікті арбаша: } M = 8,1 \cdot 50 \cdot Z_1 + 8,1 \cdot 50 \cdot Z_2 + 7,5 \cdot 50 \cdot Z_1 + 7,5 \cdot 50 \cdot Z_2 = 780(Z_1 + Z_2) \text{ кНм}$$

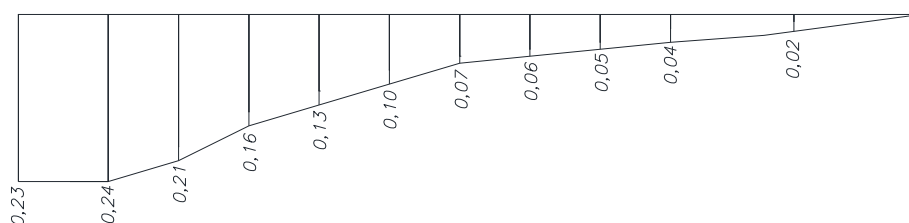
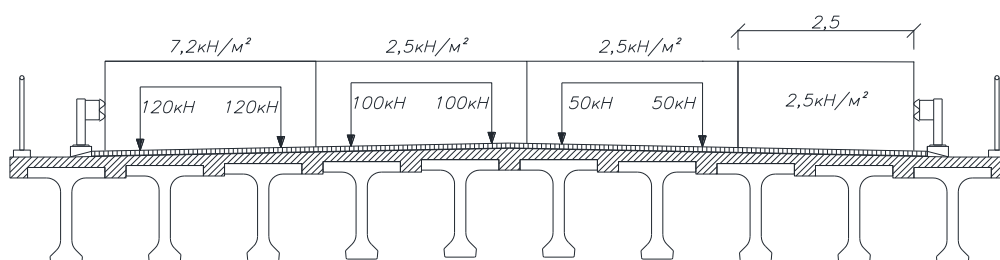
$$\text{Бір қалыпты бөліп таратылған жүктеме: } M = 2,5 \cdot 3 \cdot 32,4^2 \cdot Z_3 / 8 = 984,2 \cdot Z_3 \text{ кНм,}$$

мұндағы $X_1, X_2, X_3, Y_1, Y_2, Y_3, Z_1, Z_2, Z_3$ –майысу сәттері әсерінің көлденең сызықтарының сәйкес коэффициенттері.

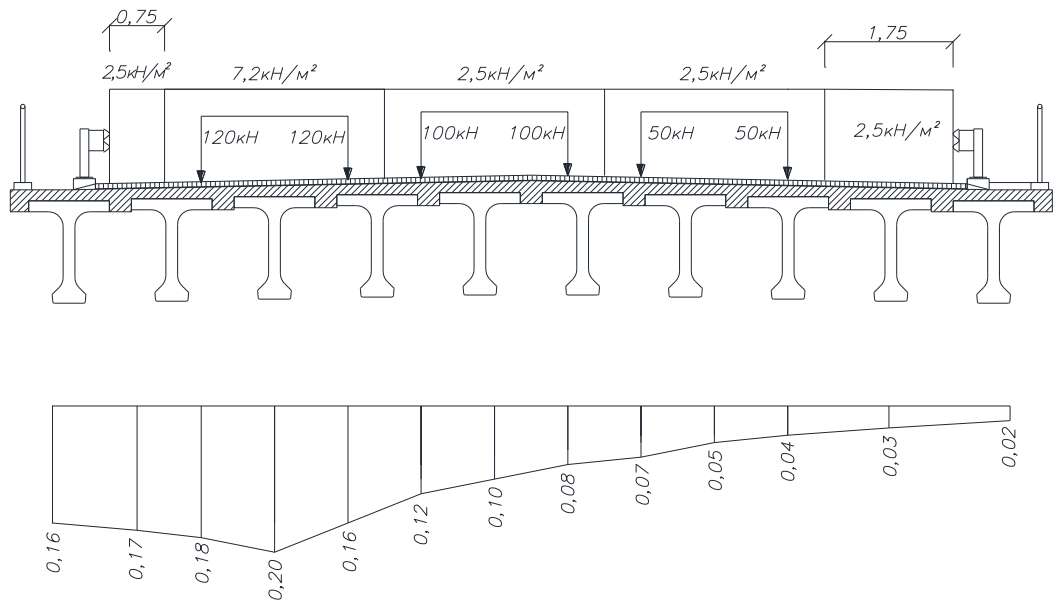
$X_1, X_2, X_3, Y_1, Y_2, Y_3, Z_1, Z_2, Z_3$ әрбір бөрене үшін арналған мәндер, сондай-ақ қалған бөлік пен жаяужолға сәйкес ординат мәндері 5.21÷ 5.25-суреттерде берілген.



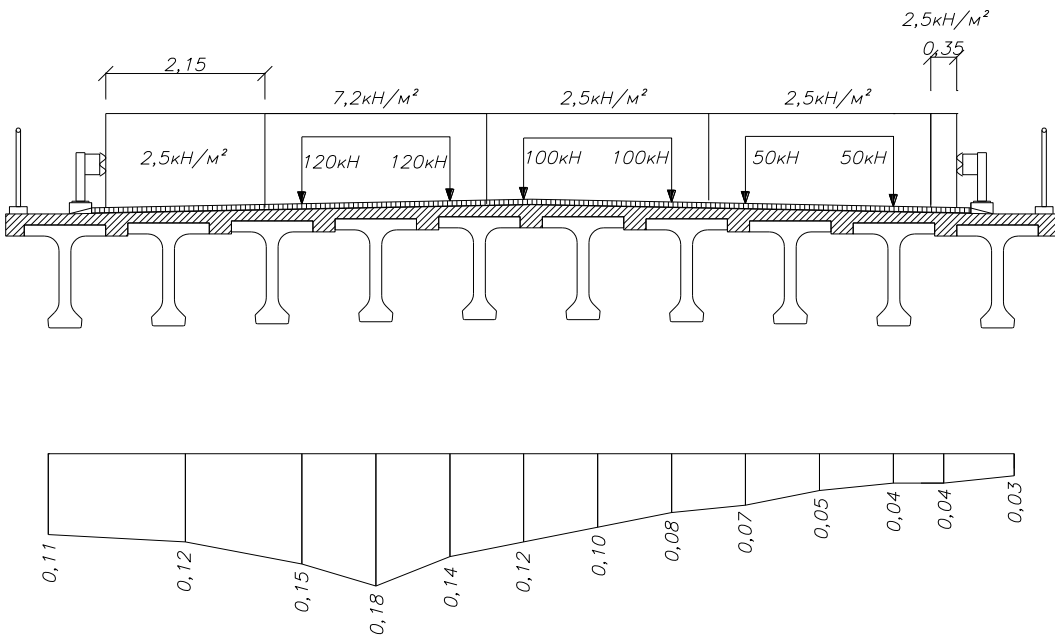
5.21-сурет –Бойлама құрылыстың 1- бөренесінің жүктеме параметрлері



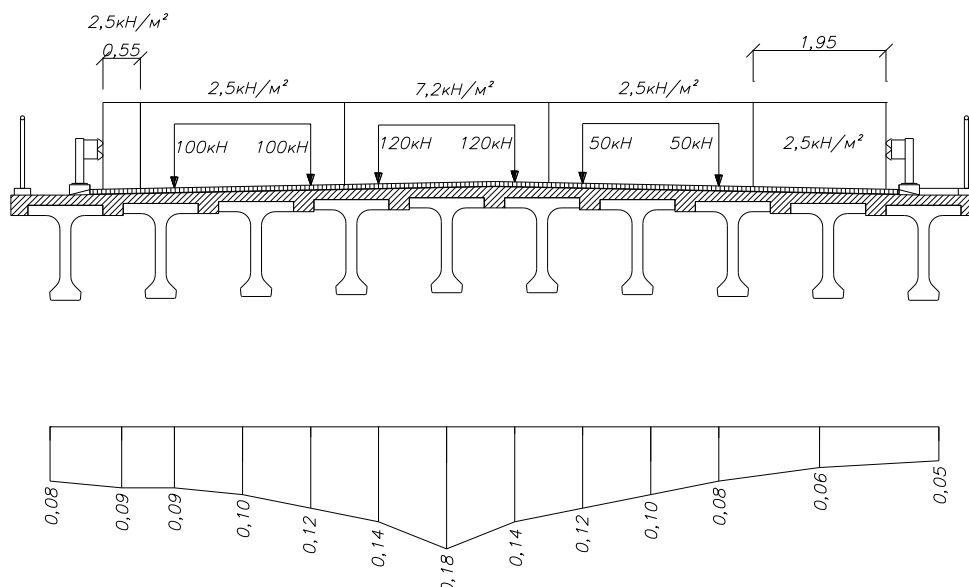
5.22-сурет - Бойлама құрылыстың 2- бөренесінің жүктеме параметрлері



5.23-сурет –Бойлама құрылыстың 3- бөренесінің жүктеме параметрлері



5.24-сурет – Бойлама құрылыстың 4- бөренесінің жүктеме параметрлері



5.25-сурет –Бойлама құрылыстың 5- бөренесінің жүктеме параметрлері

Бойлама құрылысты жүктеу кезінде жолдың жиектеріне түсетін жүктемелерді жеке есепке алатын боламыз(3кН/м^2).

LM1 жүктеме компоненттерінен және жолдың жиектерінен түсетін күштерді есептеп шығару, сондай-ақ gr1a жүктеме тобынан түсетін жиынтық күштер 5.13 ÷ 5.17 кестелерінде көрсетілген.

5.13-кесте - 1-бөренеге арналған күштерді есептеп шығару

1 жолақтағы екі белдікті арбаша, (кНм)	$1872 \cdot (0,27 + 0,14) = 767,5$	1 жолақта бір қалыпты бөліп таратылған жүктеме, (кНм)	$2834,35 \cdot 0,19 = 538,5$
2 жолақтағы екі белдікті арбаша, (кНм)	$1560 \cdot (0,11 + 0,06) = 265,2$	2 жолақта бір қалыпты бөліп таратылған жүктеме, (кНм)	$984,2 \cdot 0,08 = 78,7$
3 жолақтағы екі белдікті арбаша, (кНм)	$780 \cdot (0,05 + 0,02) = 54,6$	3 жолақта бір қалыпты бөліп таратылған жүктеме, (кНм)	$984,2 \cdot 0,04 = 39,4$
Қалған бөлік, (кНм)	$(2,5 \cdot 1,65) \cdot 32,4^2 \cdot 0,01 / 8 = 5,4$	Арбашалар жиынтығы LM1, (кНм)	1087,3
Жаяужол (кНм)	$3 \cdot 0,75 \cdot 32,4^2 \cdot 0,4 / 8 = 118,1$	Бір қалыпты бөліп таратылған жүктемелер жиынтығы LM1, (кНм)	662,0
Барлығы LM1	1749,3	gr1a үшін барлығы	1867,4

5.14-кесте - 2-бөренеге арналған күштерді есептеп шығару

1 жолақтағы екі белдікті арбаша, (кНм)	$1872 \cdot (0,24 + 0,16) = 748,8$	1 жолақта бір қалыпты бөліп таратылған жүктеме, (кНм)	$2834,35 \cdot 0,21 = 595,2$
2 жолақтағы екі белдікті арбаша, (кНм)	$1560 \cdot (0,13 + 0,07) = 312$	2 жолақта бір қалыпты бөліп таратылған жүктеме, (кНм)	$984,2 \cdot 0,1 = 98,4$
3 жолақтағы екі белдікті арбаша, (кНм)	$780 \cdot (0,06 + 0,04) = 78$	3 жолақта бір қалыпты бөліп таратылған жүктеме, (кНм)	$984,2 \cdot 0,05 = 49,2$
Қалған бөлік, (кНм)	$(2,5 \cdot 2,5) \cdot 32,4^2 \cdot 0,02 / 8 = 16,4$	Арбашалар жиынтығы LM1, (кНм)	1138,8
Жаяужол (кНм)	$3 \cdot 0,75 \cdot 32,4^2 \cdot 0,23 / 8 = 67,9$	Бір қалыпты бөліп таратылған жүктемелер жиынтығы LM1, (кНм)	759,2
Барлығы LM1	1898,0	gr1a үшін барлығы	1965,9

5.15-кесте– 3-бөренеге арналған күштерді есептеп шығару

1 жолақтағы екі белдікті арбаша, (кНм)	$1872 \cdot (0,18 + 0,16) = 636,5$	1 жолақта бір қалыпты бөліп таратылған жүктеме, (кНм)	$2834,35 \cdot 0,2 = 566,9$
2 жолақтағы екі белдікті арбаша, (кНм)	$1560 \cdot (0,12 + 0,08) = 312$	2 жолақта бір қалыпты бөліп таратылған жүктеме, (кНм)	$984,2 \cdot 0,1 = 98,4$
3 жолақтағы екі белдікті арбаша, (кНм)	$780 \cdot (0,07 + 0,04) = 85,8$	3 жолақта бір қалыпты бөліп таратылған жүктеме, (кНм)	$984,2 \cdot 0,05 = 49,2$
Қалған бөлік, (кНм)	$(2,5 \cdot 1,75) \cdot 32,4^2 \cdot 0,03 / 8 + (2,5 \cdot 0,75) \cdot 32,4^2 \cdot 0,17 / 8 = 59$	Арбашалар жиынтығы LM1, (кНм)	1034,3
Жаяужол (кНм)	$3 \cdot 0,75 \cdot 32,4^2 \cdot (0,02 + 0,16) / 8 = 53,1$	Бір қалыпты бөліп таратылған жүктемелер жиынтығы LM1, (кНм)	773,5
Барлығы LM1	1807,8	gr1a үшін барлығы	1860,9

5.16-кесте - 4-бөренеге арналған күштерді есептеп шығару

1 жолақтағы екі белдікті арбаша, (кНм)	$1872 \cdot (0,15+0,14)=542,9$	1 жолақта бір қалыпты бөліп таратылған жүктеме, (кНм)	$2834,35 \cdot 0,18=510,2$
2 жолақтағы екі белдікті арбаша, (кНм)	$1560 \cdot (0,12+0,08)=312$	2 жолақта бір қалыпты бөліп таратылған жүктеме, (кНм)	$984,2 \cdot 0,1=98,4$
3 жолақтағы екі белдікті арбаша, (кНм)	$780 \cdot (0,07+0,04)=85,8$	3 жолақта бір қалыпты бөліп таратылған жүктеме, (кНм)	$984,2 \cdot 0,05=49,2$
Қалған бөлік, (кНм)	$(2,5 \cdot 2,15) \cdot 32,4^2 \cdot 0,12/8 + (2,5 \cdot 0,35) \cdot 32,4^2 \cdot 0,04/8=89,2$	Арбашалар жиынтығы LM1, (кНм)	940,7
Жаяужол (кНм)	$3 \cdot 0,75 \cdot 32,4^2 \cdot (0,11+0,03)/8=41,3$	Бір қалыпты бөліп таратылған жүктемелер жиынтығы LM1, (кНм)	747,0
Барлығы LM1	1687,7	gr1a үшін барлығы	1729

5.17-кесте - 5-бөренеге арналған күштерді есептеп шығару

1 жолақтағы екі белдікті арбаша, (кНм)	$1872 \cdot (0,14+0,14)=524,2$	1 жолақта бір қалыпты бөліп таратылған жүктеме, (кНм)	$2834,35 \cdot 0,18=510,2$
2 жолақтағы екі белдікті арбаша, (кНм)	$1560 \cdot (0,12+0,09)=327,6$	2 жолақта бір қалыпты бөліп таратылған жүктеме, (кНм)	$984,2 \cdot 0,1=98,4$
3 жолақтағы екі белдікті арбаша, (кНм)	$780 \cdot (0,12+0,08)=156$	3 жолақта бір қалыпты бөліп таратылған жүктеме, (кНм)	$984,2 \cdot 0,1=98,4$
Қалған бөлік, (кНм)	$(2,5 \cdot 0,55) \cdot 32,4^2 \cdot 0,09/8 + (2,5 \cdot 1,95) \cdot 32,4^2 \cdot 0,06/8=54,6$	Арбашалар жиынтығы LM1, (кНм)	1007,8
Жаяужол (кНм)	$3 \cdot 0,75 \cdot 32,4^2 \cdot (0,05+0,08)/8=38,4$	Бір қалыпты бөліп таратылған жүктемелер жиынтығы LM1, (кНм)	761,6
Барлығы LM1	1769,4	gr1a үшін барлығы	1807,8

Бөренелердің бойлама ортасындағы майысу сәттерінің әсер теу сызықтарының есептеліп алынған мәндері сипаттамалық болып табылады. Алынған мәндерді пайдалануға жарамдылығын тексеру үшін пайдалануға болады. А.5-кестені қолданған кезде соңғы шекті жағдайын тексеруге арналған есептік мәндер есептеліп алынған күштерді $\gamma_{Q,1}=1,35$ көбейту жолымен алынады. 5.18-кестеде соңғы шекті жағдайын тексеру кезіндегі бөренелердің бойлама ортасындағы есептік майысу сәттері берілген.

5.18-кесте - Әрбір бөрененің ұзына бойының ортасындағы есептік майысу сәттері

Бөрене 1	2521,0 кНм
Бөрене 2	2654,0 кНм
Бөрене 3	2512,2 кНм
Бөрене 4	2334,2 кНм
Бөрене 5	2440,5 кНм

gr1a тобына кіретін жүктемелердің жиі кездесетін мәндері («кішірейтілген» мәндері) LM1 жүктеме моделінің компоненттерін 5.19-кестеде берілген сәйкес ψ коэффициенттеріне көбейту жолымен анықталады.

$\psi_{0,1}$ Q_k жүктемелерінің жиі кездесетін мәндерінен болатын күштер бойлама құрылыстың темір бетон бөренелерінің сызаттылыққа төзімділігін тексеру кезінде, сондай-ақ негізгі әсер ретінде көліктік емес (мысалы, жел) әсерлер алынған әсерлердің басқа да түрлерімен үйлестіру кезінде қолданылуы мүмкін.

5.19-кесте –gr1a үшін Ақосымшасындағы 35-кестесіне сәйкес ψ_0 коэффициенттері [ҚР ҚН EN 1990:2002+A1:2005/2011 A2.1-кесте]

Екі белдікті арбашалар	0,75
Бір қалыпты бөліп таратылған жүктеме	0,4
Жаяужолдардағы жүктеме	0,4

5.20-кестеде әрбір бөрене (кНм) үшін $\psi_{0,1}$ $Q_{k,1}$ күштерінің мәндері берілген ($\gamma_{Q,1}$ коэффициентін есепке алынбай):

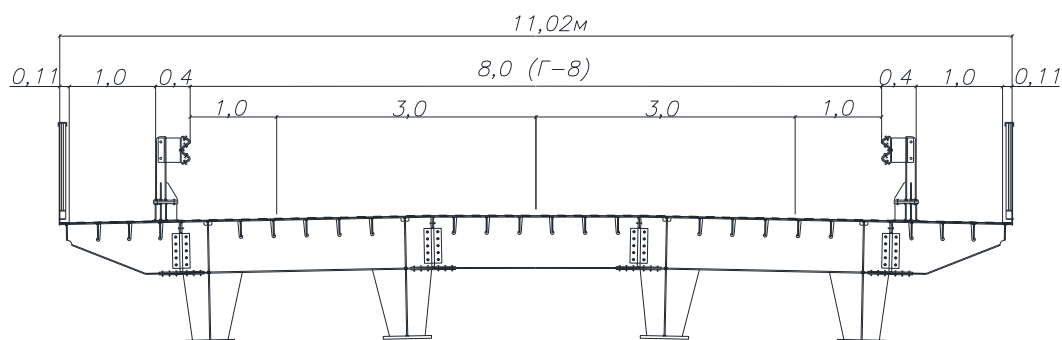
5.20-кесте - Әрбір бөрене үшін $\psi_{0,1}$ $Q_{k,1}$ күштерінің мәндері ($\gamma_{Q,1}$ коэффициентін есепке алынбай):

Бөрене 1	1127,5 кНм
Бөрене 2	1184,9 кНм
Бөрене 3	1106,4 кНм
Бөрене 4	1020,8 кНм
Бөрене 5	1075,9 кНм

5.9 Бойлама металл құрылыстың LM1 ауыспалы жылжымалы жүктемеге және төзімділікті есептеуге арналған жүктемеге есептеу мысалы

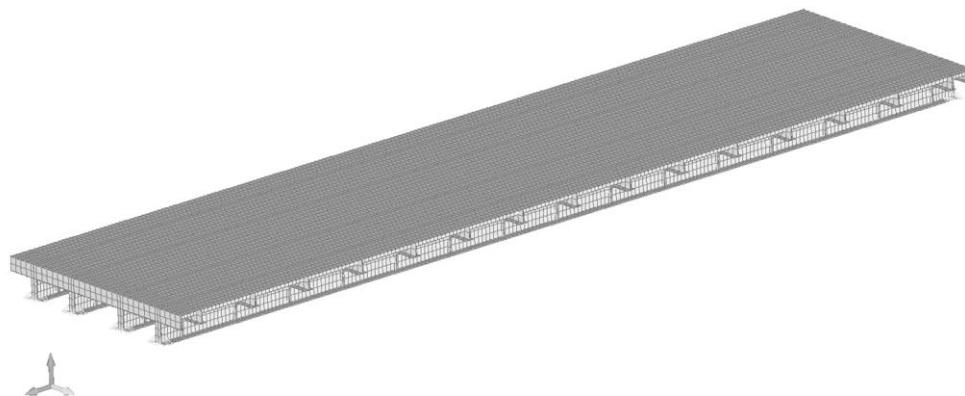
Жалпы ұзындығы 42 м, есептік ұзындығы 41,4 м Бойлама металл құрылыс. Жүріс габариті Г-8 екі қозғалыс бағытында. Жол категориясы - IV. Көлденең қима 5.26-суретте берілген.

LM1 жүктемесінен, g1a жүктеме топтарынан болатын және Төзімділікті есептеу үшін FLM1 ÷ FLM3 жүктемелерінің әсерінен болатын жүктлеген бөрене үшін де бойлама ортасының майысу сәттерін анықтау.



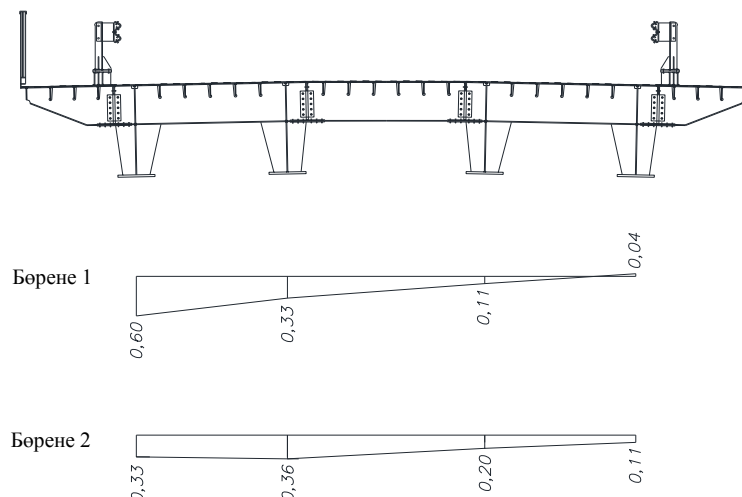
5.26-сурет – Бойлама құрылыстың көлденең қимасы

Майысу сәттерін анықтау үшін пластикалық элементтерден негізгі элементтік модель салынған (5.27-суретті қара) және қысымды көлденең бөліп тарату әсерінің сызықтары алынды.



5.27-сурет–Есептеліп жатқан бойлама құрылыстың негізгі элементтік моделінің жалпы түрі

Бірінші және екінші бөренелерге қысымды беру әсерінің көлденең сызықтары (конструкция симметриясының күшіне қарай қалған бөренелер қарастырылмайды) 5.28-суретте берілген.

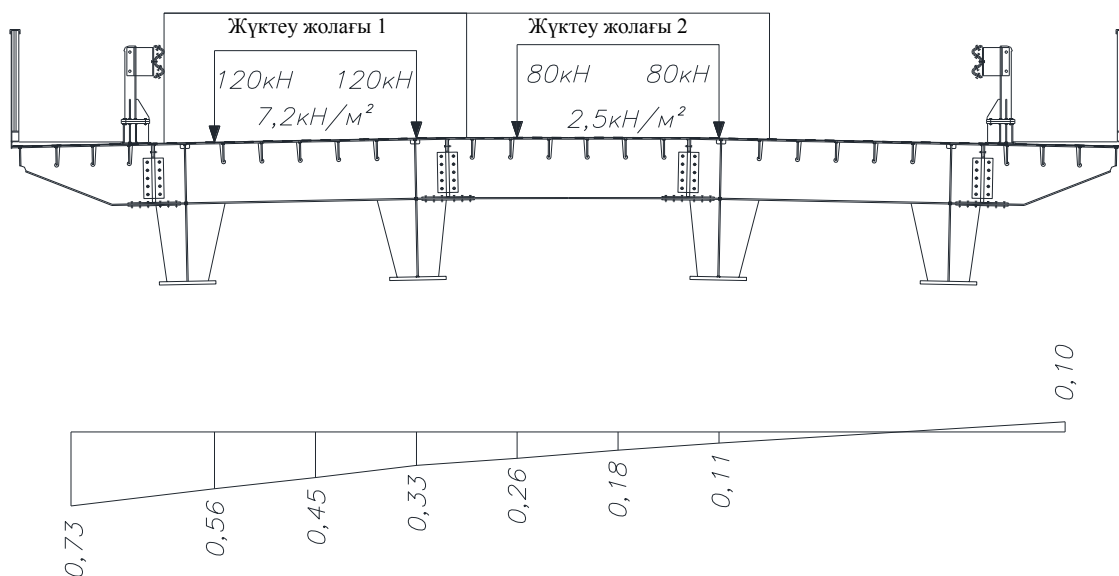


5.28-сурет –Қысымды беру әсерінің көлденең сызықтары

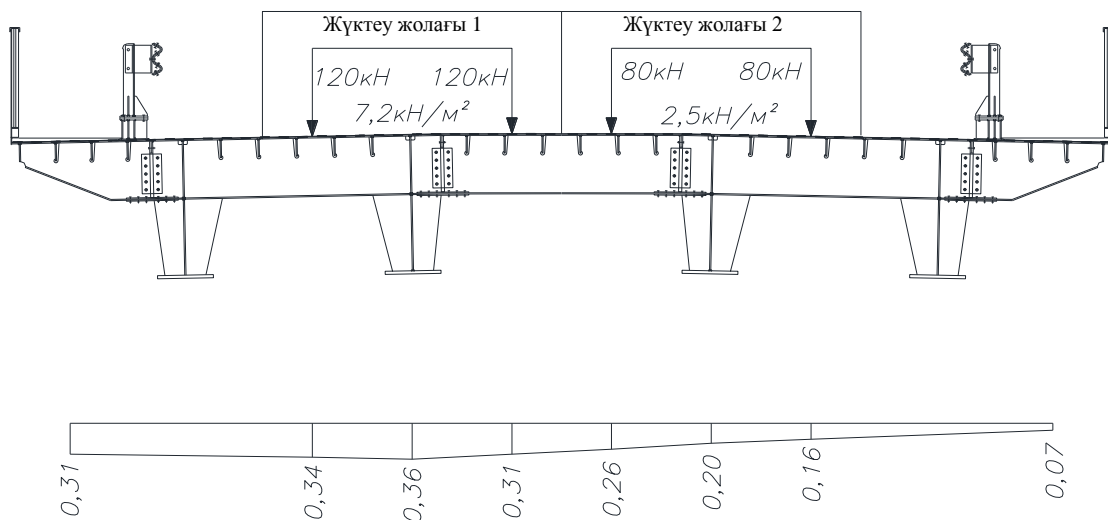
Г-8 габариті үшін жүктеме жолақтарының ең жоғарғы саны – 2. Қалған бөлік – 2 м.

Қысымды беру әсерінің көлденең сызықтарының түріне және ординаттарына сүйене отырып, жүктеме жолақтарын сәйкес орналастыру мен нөмірлеу жүргізіледі. LM1 жүктемесімен жүктеу кезінде 5.2-кестеде берілген мәндерді (IV категориялы жол үшін сияқты) басшылыққа аламыз.

LM1 жүктемесі үшін нөмірлеу мен сәйкес күш мәндерін беру 5.29 және 5.30 суреттерде берілген. Сондай-ақ 5.29 және 5.30 суреттерде бірінші (шеткі) және екінші бөренелерге қысымды беру әсерінің көлденең сызықтарының мәндері мен ординаттары берілген.

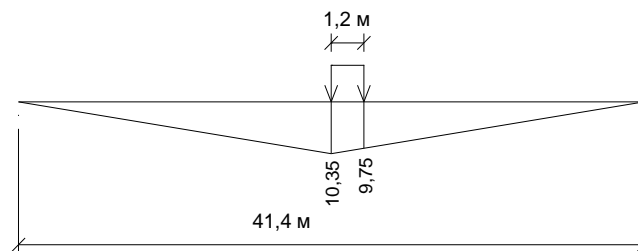


5.29-сурет - Бірінші бөренеге арналған жүктеме жолақтарының нөмірлері және қысымды беру әсерінің көлденең сызығы



5.30-сурет – Екінші бөренеге арналған жүктеме жолақтарының нөмірлері және қысымды беру әсерінің көлденең сызығы

LM1 екі белдікті арбашамен жүктеу кезінде майысу сәті әсерінің көлденең сызықтарының ординат мәндері 5.31-суретте берілген.



5.31-сурет –Бойлама ортасында майысу сәті әсерінің көлденең сызықтарымен жүктеу схемасы

LM1 жүктемесінен, жаяужолға түсетін жүктемеден болатын майысу сәттерінің сипаттамалық мәндерін есептеп аламыз және gr1a жүктеме тобынан болатын сипаттамалық майысу сәтін анықтаймыз (LM1+жаяужолға түсетін жүктеме).

Бірініші жүктеме жолағы үшін:

Екі белдікті арбаша:

$$M = 120 \cdot 10,35 \cdot X_1 + 120 \cdot 10,35 \cdot X_2 + 120 \cdot 9,75 \cdot X_1 + 120 \cdot 9,75 \cdot X_2 = 2412(X_1 + X_2) \text{ кНм}$$

$$\text{Бір қалыпты бөліп таратылған жүктеме: } M = 7,2 \cdot 3 \cdot 41,4^2 \cdot X_3 / 8 = 4627,7 \cdot X_3 \text{ кНм}$$

Екінші жүктеме жолағы үшін:

Екі белдікті арбаша:

$$M = 80 \cdot 10,35 \cdot Y_1 + 80 \cdot 10,35 \cdot Y_2 + 80 \cdot 9,75 \cdot Y_1 + 80 \cdot 9,75 \cdot Y_2 = 1608(Y_1 + Y_2) \text{ кНм}$$

$$\text{Бір қалыпты бөліп таратылған жүктеме: } M = 2,5 \cdot 3 \cdot 41,4^2 \cdot Y_3 / 8 = 1606,8 \cdot Y_3 \text{ кНм}$$

мұндағы X_1 , X_2 , X_3 , Y_1 , Y_2 , Y_3 – майысу сәттері әсерінің көлденең сызықтарының сәйкес мәндері.

$X_1, X_2, X_3, Y_1, Y_2, Y_3$ әрбір бөрене үшін арналған мәндер, сондай-ақ қалған бөлік пен жаяужолға сәйкес ординат мәндері 5.29 және 5.30-суреттерде берілген.

LM1 жүктеме компоненттерінен және жаяулға түсетін жүктемелерден болатын күштерді есептеп шығару, сондай-ақ gr1a жүктеме топтарынан болатын жиынтық күштер 5.21÷5.22-кестелерде берілген.

5.21-кесте - 1-бөренеге арналған күштерді есептеп шығару

1 жолақтағы екі белдікті арбаша, (кНм)	$2412 \cdot (0,56 + 0,33) = 2146,7$	1 жолақта бір қалыпты бөліп таратылған жүктеме, (кНм)	$4627,7 \cdot 0,45 = 2082,5$
2 жолақтағы екі белдікті арбаша, (кНм)	$1608 \cdot (0,26 + 0,11) = 595$	2 жолақта бір қалыпты бөліп таратылған жүктеме, (кНм)	$1606,8 \cdot 0,18 = 289,2$
Жаяужол (кНм)	$3 \cdot 1,0 \cdot 41,4^2 \cdot 0,73 / 8 = 469,2$	Арбашалар жиынтығы LM1, (кНм)	2741,7
Барлығы LM1	5113,4	Бір қалыпты бөліп таратылған жүктемелер жиынтығы LM1, (кНм)	2371,7
		gr1a үшін барлығы	5582,6

5.22-кесте - 2-бөренеге арналған күштерді есептеп шығару

1 жолақтағы екі белдікті арбаша, (кНм)	$2412 \cdot (0,34 + 0,31) = 1567,8$	Арбашалар жиынтығы LM1, (кНм)	$4627,7 \cdot 0,36 = 1666$
2 жолақтағы екі белдікті арбаша, (кНм)	$1608 \cdot (0,26 + 0,16) = 675,4$	Бір қалыпты бөліп таратылған жүктемелер жиынтығы LM1, (кНм)	$1606,8 \cdot 0,2 = 321,4$
Жаяужол (кНм)	$3 \cdot 1,0 \cdot 41,4^2 \cdot (0,31 + 0,07) / 8 = 244,2$	Арбашалар жиынтығы LM1, (кНм)	2243,2
Барлығы LM1	4230,6	Бір қалыпты бөліп таратылған жүктемелер жиынтығы LM1, (кНм)	1987,4
		gr1a үшін барлығы	4474,8

Орындалған есептеулерге сүйене отырып, бірінші бөрене анағұрлым аз жүктелген болып табылады. Төзімділікті тексеру үшін FLM1÷FLM3 жүктемелерінен болатын бірінші бөрене үшін майысу сәттерінің мәндерін анықтаймыз.

ҚР ҚН EN 1991-2:2003/2011 төзімділікті тексерудің екі әдісін анықтайды, бұл ретте сол не басқа әдісті таңдау туралы шешімді жобалаушы қабылдайды. Бойлама құрылысты FLM1÷FLM3 жүктемелерімен жүктеудің алынған нәтижелері «соңғы» нәтиже болып

табылмайды. Себебі тексеру жүргізілмейтін майысу сәттерінің интегралдық көлемдері бар. Қысымдарға өту үшін ҚР ҚН EN 1993-2:2006/2011 басшылыққа алу керек. майысу сәттерінен қысымға өткен кезде ҚР ҚН EN 1993-2:2006/2011 ережелеріне сәйкес қиманың берілген геометриялық сипаттамасын ескеру керек.

FLM1 жүктеме схемасы мен жүктемелер ережелері LM1 жүктемесіне ұқсас, дегенмен IV санаттағы жолдарға қолданылатын жоғарыда пайдаланылғандарға қарағанда LM1 схемасына қалған бөлікті қосу керек. Қысымды беру әсерінің көлденең сызықтарының ординат мәндері, сондай-ақ қалған бөліктің ені 5.32-суретте берілген.

FLM1 жүктемесімен жүктеуді орындаймыз

Екі белдікті арбаша 1-жүктеу жолағында:

$$105 \cdot 10,35 \cdot 0,56 + 105 \cdot 10,35 \cdot 0,33 + 105 \cdot 9,75 \cdot 0,56 + 105 \cdot 9,75 \cdot 0,33 = 1878,3 \text{ кНм}$$

Екі белдікті арбаша 2-жүктеу жолағында:

$$70 \cdot 10,35 \cdot 0,26 + 70 \cdot 10,35 \cdot 0,11 + 70 \cdot 9,75 \cdot 0,26 + 70 \cdot 9,75 \cdot 0,11 = 520,59 \text{ кНм}$$

Бір қалыпты бөліп таратылған жүктеме 1-жүктеу жолағында:

$$(2,7 \cdot 3) \cdot 41,4^2 \cdot 0,45 / 8 = 780,93 \text{ кНм}$$

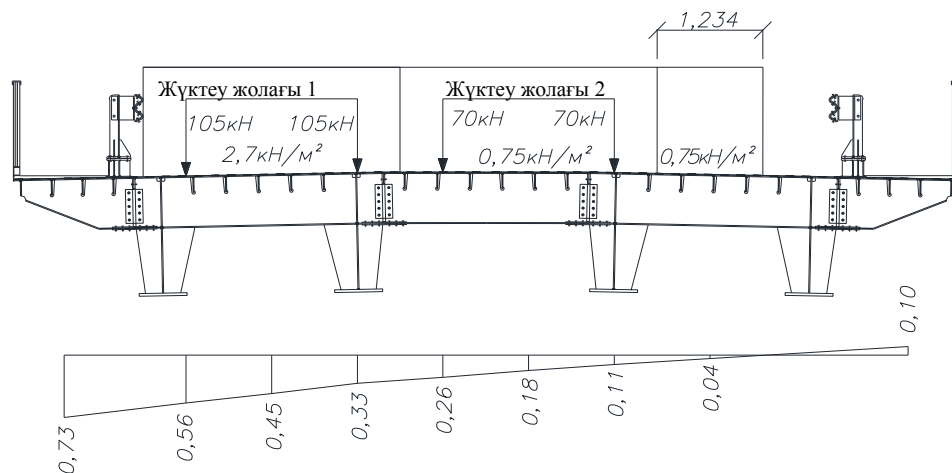
Бір қалыпты бөліп таратылған жүктеме 2-жүктеу жолағында:

$$(0,75 \cdot 3) \cdot 41,4^2 \cdot 0,18 / 8 = 86,8 \text{ кНм}$$

Бір қалыпты бөліп таратылған жүктеме қалған бөлікте:

$$(0,75 \cdot 1,234) \cdot 41,4^2 \cdot 0,04 / 8 = 7,9 \text{ кНм}$$

Барлығы: 3274,6 кНм.



5.32-сурет–Жүктеме схемасы және FLM1 жүктемесімен жүктеуге арналған бірінші бөренеде қысымды беру әсерінің көлденең сызықтары

FLM2 жүктемесі 5.5-бөлімде берілген жиі кездесетін жүк автомобильдерінің жиынтығынан тұрады. осы жүктемені қолдану үшін неғұрлым көп қолайсыз әсер жасайтын жүк автомобилін таңдау керек.

FLM2 және FLM3 жүктемелерін қарастырған кезде ҚР ҚН EN 1991-2:2003/2011 ұсынған жағдайды және нақты қозғалысқа жақын жағдайды қарастырайық.

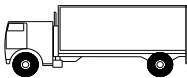
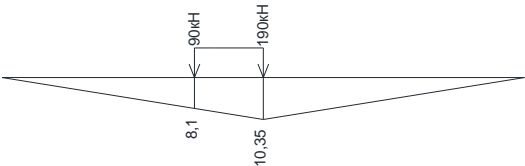
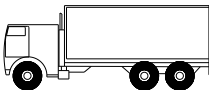
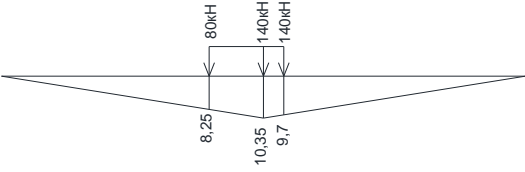

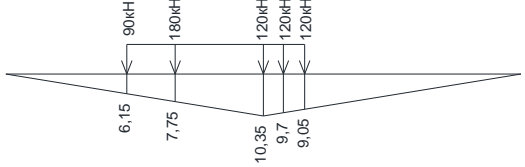
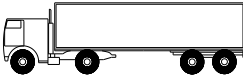
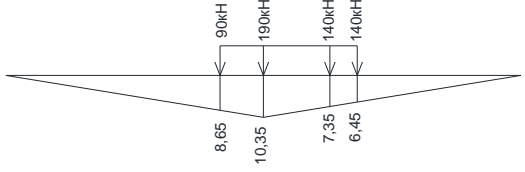
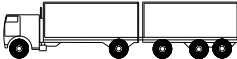
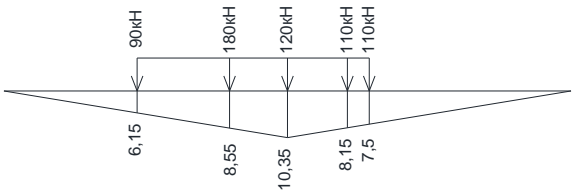
5.23-кестеде FLM2 қажу деңгейін тексеруге арналған жүктеме моделі, бойлама ортасында майысу сәттерінің әсер ету сызықтары, жиі кездесетін жүк автомобильдерімен

жүктеу параметрлері мен кеңістік жұмысты есепке алмай, әсер ету сызықтарын жүктеу нәтижелері берілген.

Мысал ретінде бес белдікті жүк автомобилімен жүктеу кезіндегі шеткі бөрененің бойлама ортасында майысу сәтінің көлемі алынған.

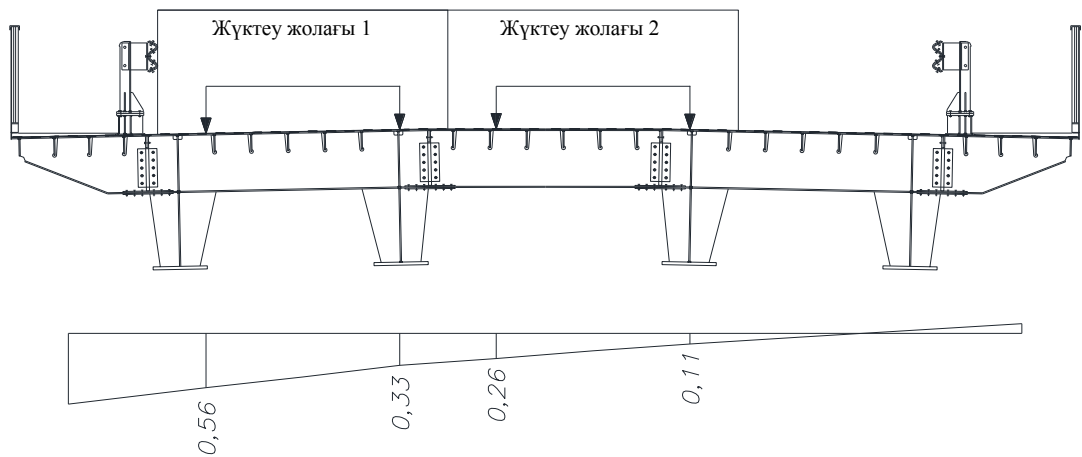
5.23-кестеден бес белдікті жүк автомобилі ең қолайсыз әсер жасап тұрғанын көруге болады. Бұдан кейін бұл схеманы шеткі бөренедегі майысу сәтін анықтау үшін қолданамыз.

5.23-кесте–FLM2қажу деңгейін тексеруге арналған жүктемесінің моделі және жиі кездесетін жүк автомобильдерінің әсерінен болатынмайысу сәттерінің мәндері

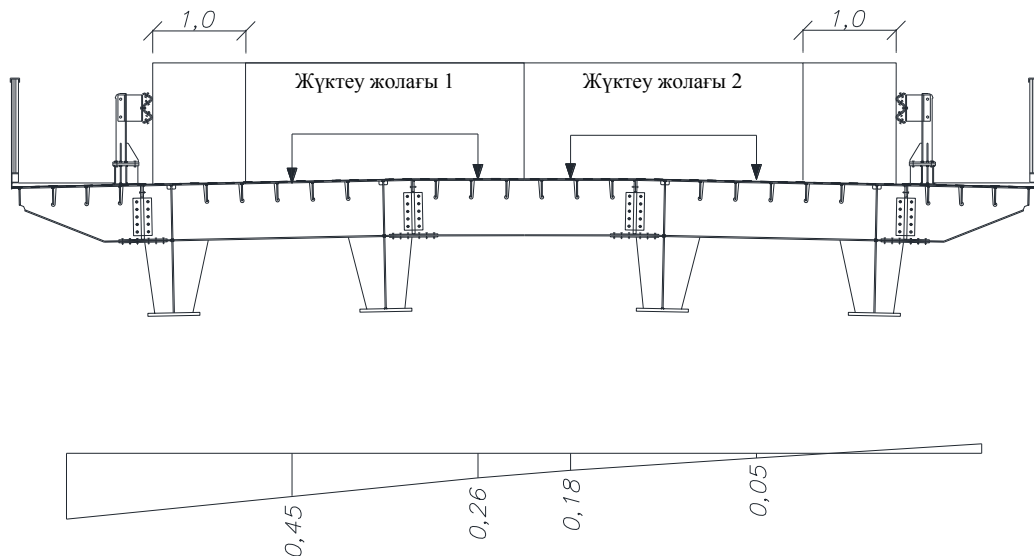
Жүк автомобилінің нұсқасы	Белдікаралық қашықтық, м	Әсер сызығының жүктеме көрсеткіші	M, кНм
	4,5		2700
	4,2 1,3		3470
	3,20 5,20 1,30 1,30		5440
	3,40 6,00 1,80		4680
	4,80 3,60 4,40 1,30		5060

Екі бағытта да қозғалатын (бір бағытта қозғалғанда жолақтар саны 1 болар еді) таңдалған Г-8 габариті үшін баяу жолақтар саны 2-ге тең болады.

Жолақтардың белгілі саны мен таңдалған жүк автомобилі үшін шеткі бөренедегі майысу сәтін анықтаймыз. ҚР ҚН EN 1991-2:2003/2011 ұсынған жағдай үшін жүктеме схемасы мен қысымды беру әсерінің көлденең сызықтарының ординаттары 5.33-суретте берілген. Нақты қозғалысқа жақын жағдай үшін жүктеме схемасы мен қысымды беру әсерінің көлденең сызықтарының ординаттары 5.34-суретте берілген.



5.33-сурет - Жүктеме схемасы және қысымды беру әсерінің көлденең сызығы



5.34-сурет - Жүктеме схемасы және нақты қозғалысқа жақындаған жағдайда қысымды беру әсерінің көлденең сызығы

ҚР ҚН EN 1991-2:2003/2011 ұсынған жағдай үшін майысу сәтінің мәні:
 $45 \cdot 6,15(0,56+0,33+0,26+0,11)+7,75 \cdot 90(0,56+0,33+0,26+0,11)+10,35 \cdot 60(0,56+0,33+0,26+0,11)+9,7 \cdot 60(0,56+0,33+0,26+0,11)+9,05 \cdot 60(0,56+0,33+0,26+0,11)=3427,5 \text{ кНм.}$

Нақты қозғалысқа жақын жағдай үшін майысу сәтінің мәні:
 $45 \cdot 6,15(0,45+0,26+0,18+0,05)+7,75 \cdot 90(0,45+0,26+0,18+0,05)+10,35 \cdot 60(0,45+0,26+0,18+0,05)+9,7 \cdot 60(0,45+0,26+0,18+0,05)+9,05 \cdot 60(0,45+0,26+0,18+0,05)=2557 \text{ кНм.}$

FLM3 моделін пайдаланған кездегі жүктеме параметрлері мен қозғалыстардың жүйелігі 5.5-бөлімде берілген. Осы мысалда шеткі бөренедегі майысу сәтін іздеумен шектелеміз. Түзету коэффициенттерін λ ҚР ҚН EN 1993-2:2006/2011 және ҚР ҚН EN

1993-1-9:2005/2011 ережелеріне сәйкес көпір ғимаратын пайдаланудың нақты шарттарына сүйене отырып табу керек.

Бөренеге түсетін күшті, сондай-ақ FLM2 үшін де есептеген кезде ҚР ҚН EN 1991-2:2003/2011 ұсынған жағдайы мен пайдаланудың нақты шарттарына жақын жағдайды қарастырамыз.

FLM3 жүктеме моделімен жүктеген кездегі майысу сәттері әсер етуінің көлденең сызықтарының ординаттарының мәні 5.35-суретте берілген.

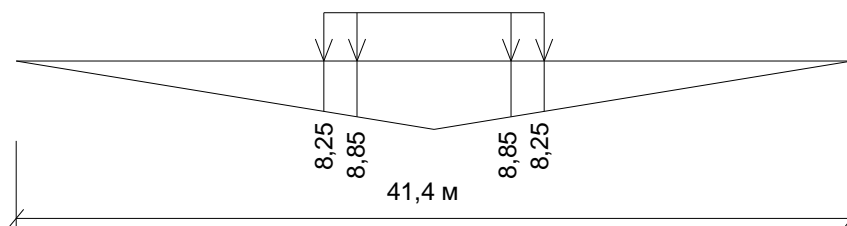


Рисунок 5.35 - FLM3 жүктемесімен жүктеуге арналған майысу сәттерінің көлденең әсер ету сызығы

Қысымды беру әсерінің көлденең сызықтарының ординаттарының мәндері FLM2 жүктемесінің мәндеріне ұқсас болып табылады.

FLM3 жүктемесімен жүктеме жүргізгенде, мыналарды аламыз:

ҚР ҚН 1991-2:2003/2011 ұсынған жағдай үшін:

$$60(0,56+0,33+0,26+0,11)(8,25+8,85+8,85+8,25)=2585,5\text{кНм}$$

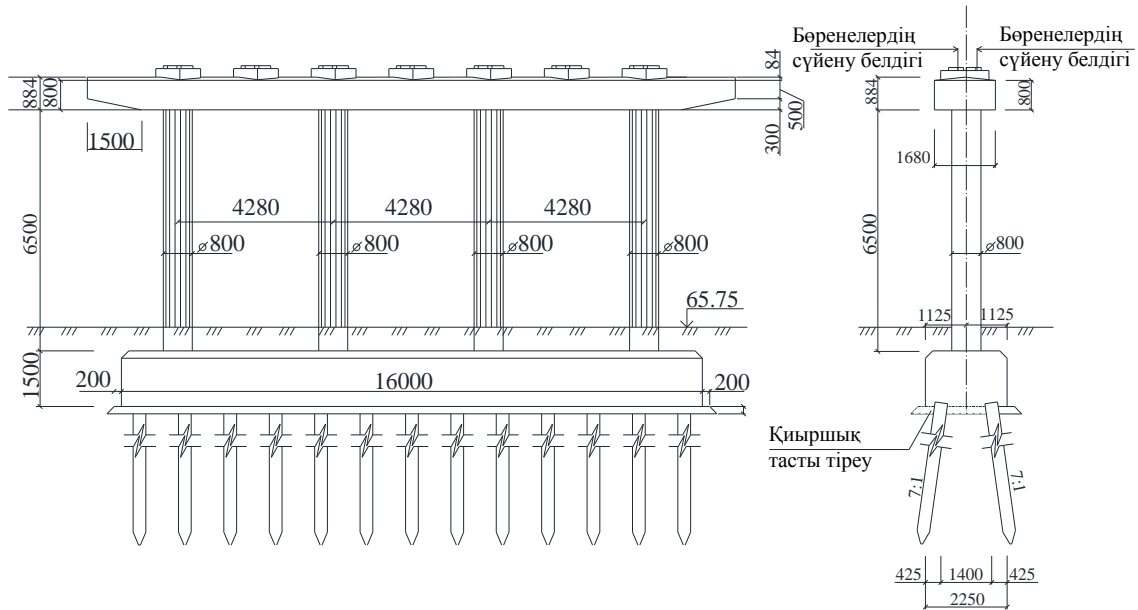
Нақты қозғалысқа жақын жағдай үшін:

$$60(0,45+0,26+0,18+0,05)(8,25+8,85+8,85+8,25)=1928,8\text{кНм.}$$

Майысу сәттерінен қысымға өткен кезде төзімділікті тексеру нүктелерін (пісіру тігістерін, ортотропты тақтаның жабу бетін немесе ортотропты тақтаның қабырғаларын, немесе олардың бекітулерін) белгілеу бойынша ҚР ҚН EN 1993-2:2006/2011 ережелерін, сондай-ақ тиісті геометриялық сипаттамаларын есептеу бойынша ережелерді басшылыққа алу керек.

5.10Автокөлік құралының соққысынан болатын тірек бағанасындағы күшті анықтау мысалы

Мысал ретінде 5.36-суретте бейнеленген тіректің таралған конструкциясын қарастырамыз.



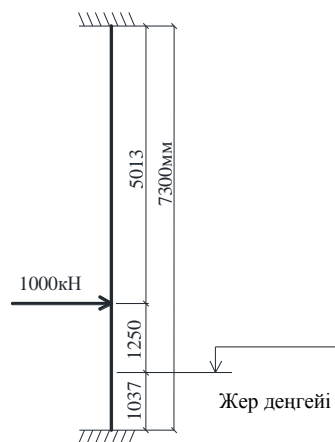
5.36-сурет – Тіректің жалпы көрінісі

Күштерді анықтау үшін бастапқы мәліметтер ретінде ҚР ҚН EN 1991-2:2003/2011 жеңілдетілген ережелерін аламыз – қозғалыс бағытының бойына түсетін соққы күші 1000 кН немесе қозғалысқа көлденең - 500 кН құрайды. Бағананың симметриялық болуына байланысты соңғыәсер 1000 кН тең болады.

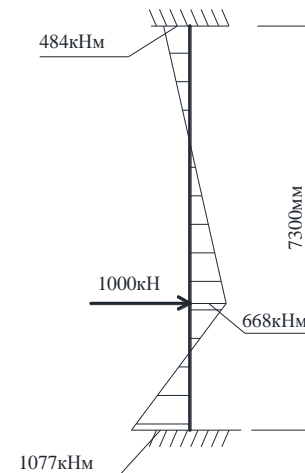
ҚР ҚН EN 1992-2:2005/2011 сәйкес тірек бағанасының ұзындығы 6,5 м (бағананың геометриялық ұзындығы) + $2 \cdot 0,4$ (бағана диаметрінің жартысы) = 7,3 м болады.

Көлік құралының көп бағаналы тірекпен соқтығысуын қарастырған кезде бір ғана бағанаға түскен әсерін қарастыру жеткілікті. Бағананың есептік схемасы 5.37-суретте берілген.

Майысу сәттер эпюрасының түрі 5.38-суретте көрсетілгендей болады. Есепке 1077 кНм және 668 кНм тең сәттерді мәндері қабылдануы тиіс.



5.37-сурет – Тірек бағанасының есептік схемасы



5.38-сурет –Тірек бағанасындағы майысу сәттерінің эпюрасы

6 ЖАЯУ ЖҮРГІНШІЛЕР КӨПІРЛЕРІНЕ ТҮСЕТІН ЖҮКТЕМЕЛЕР МЕН ӘСЕРЛЕР

6.1 Вертикаль ауыспалы жылжымалы жүктемелер

6.1.1 Жалпы ережелер

6.1.1.1 Жаяу жүргінші көпірлерін жобалағанда түрлі есептік сценарилерді суреттейтін ауыспалы вертикаль жүктемелердің үш түрін қолдану керек:

- Көлемі бойынша бір қалыпты бөліп таратылған жүктеме q_{fk} көпір құрылысында адамдардың көп жиналып тұру мүмкіндігінің болуын ескереді;
- Жинақталған күш Q_{fwk} көпірде ауыр ауыр жүктердің тұру мүмкіндігін ескереді;
- Көпірге қызмет көрсету қажеттігінен немесе төтенше жағдайлар салдарынан көлік құралдарының Q_{serv} бір немесе бірнеше түрінің болуы.

6.1.1.2 Бойлама құрылыста 6.1.1.1 тармағында аталған жүктеме түрінің біреуі ғана бола алады.

6.1.2 Бір қалыпты бөліп таратылған жүктеме

6.1.2.1 Егер көпір адамдардың көп шоғырлану мүмкіндігі бар жерде орналасқан болса, Тапсырыс берушінің шешімімен «Автожол көпірлеріне түсетін жүктемелер мен әсерлер» 5-тарауындағы LM4 жүктеме моделі қолданылуы тиіс.

6.1.2.2 Егер LM4 жүктеме моделі қолданылмаса, онда бір қалыпты бөліп таратылған жүктеменің қарқындылығы келесі тәсілмен қабылдануы тиіс:

$$2,5 \frac{\kappa H}{m^2} \leq q_{fk} = 2,0 + \frac{120}{L + 30} \leq 5,0 \frac{\kappa H}{m^2}, \quad (6.1)$$

мұндағы L – жүктеме ұзындығы.

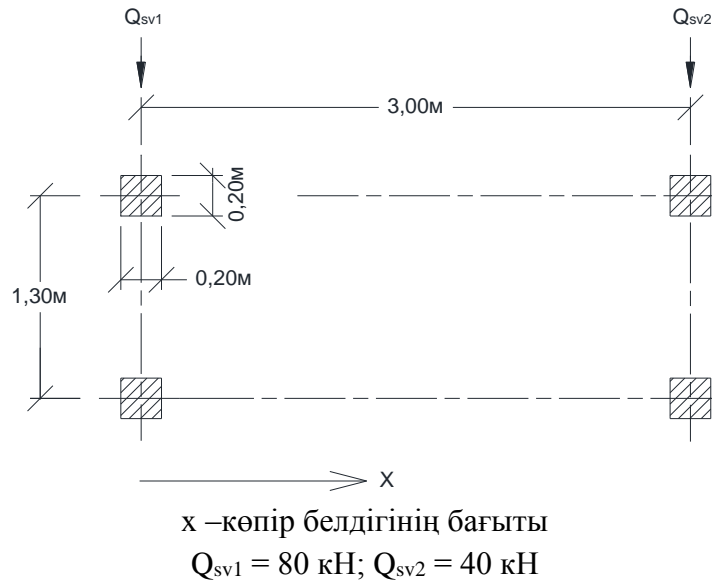
6.1.2.3 Көлемі бойынша бір қалыпты бөліп таратылған жүктемемен тек жүктемесі қатты деформацияланған күйдің ізделіп отырған факторының жағымсыз мәніне әкелетін учаскелер жүктеледі.

6.1.3 Жинақталған жүктеме

6.1.3.1 Көлемі бойынша 10 Кн тең жинақталған жүктеме Q_{fwk} жүретін бөлік тақтасының кез-келген жерінде қолданыла алады. Жинақталған жүктеменің жанасу ауданы жақтары 10 см болатын шаршыдан тұрады. Бұл жүктеме соңғымөлшерлі жағдайларды және көпірлердің жүретін бөліктерінің пайдалануға жарамдылығын тексеруге есептелінген. Егер жобалау кезінде қызмет көрсететін көлік құралдарының моделін қолдану қарастырылып жатса, онда Q_{fwk} жүктемесін қарастырудың қажеті жоқ.

6.1.4 Қызмет көрсететін көлік құралдары

6.1.4.1 Қызмет көрсететін көлік құралдарының геометриялық және салмақ сипаттамалары 6.1-суретте берілген. Осы көлік құралы жүретін бөліктің кез-келген жағдайында бола алады. Нақты жүктеу ережелері жоқ.



6.1-сурет[5.2-сурет]–Қызмет көрсететін көлік құралы

6.1.4.2 Жобалау кезінде жаяу жүргінші көпірлері үшін қызмет көрсететін көлік құралдары Q_{serv} жүретін бөлікте тұра алатын жағдайда (көлік құралының кіруіне кедергі жасайтын көпірге шығатын жерде баспалдақтардың және тұрақты қоршаулардың болмауы керек) ғана ескерілу қажет.

6.2 Горизонталь жүктемелер

6.2.1 Горизонталь жүктемелердің Q_{flk} сипаттамалық мәні мыналарды қабылдау керек:

- Бір қалыпты бөліп таратылған жүктеме кезінде – вертикаль жүктеме жиынтығының 10%;
- Қызмет көрсететін көлік құралы кезінде – көлік құралының толық салмағының 60%;

Есепке берілген екі мәннен горизонталь күш Q_{flk} мәнінің үлкені қабылданады.

6.2.2 [5.4(3)] Горизонталь күш сәйкес вертикаль жүктемемен бір уақытта әрекет етеді, бірақ жинақталған жүктемемен Q_{fwk} әрекет етпейді.

ЕСКЕРТПЕ Бұл күш әдетте жаяу жүргінші көпірлерінің горизонталь бойлама беріктігіне кепілдік бере алады. Ол басқа әсерлерді қарастыру жолымен немесе тиісті

жобалық іс-шаралармен қамтамасыз етілуі тиіс горизонталь көлденең беріктігіне кепілдік бермейді.

6.3 Көлік пен жаяу жүргіншіден түсетін жүктемелерді үйлестіру ережелері

6.3.1 Жаяу жүргінші көпірлерінің конструкциясын жобалағанда автомобиль көлігінен түсетін жүктемелер тобына ұқсас мына жүктеме топтарын (сипаттамалық мәндерді) есепке алу керек. Олар 6.1-кестеде көрсетілген.

6.1-кесте[5.1-кесте] - Жаяу жүргінші көпірлерін жобалағанда есепке алынатын жүктеме топтары

Жүктеме түрі		Вертикаль күштер		Горизонталь күштер
Жүктеме жүйесі		Бір қалыпты бөліп таратылған жүктеме	Қызмет көрсететін көлік құралы	
Жүктеме топтары	gr1	q_{fk}	0	Q_{fk}
	gr2	0	Q_{serv}	Q_{fk}

6.4 Жаяу жүргінші көпірлерінің бойлама құрылысын тексерудің динамикалық белгілері

6.4.1 Жаяу жүргінші көпірлерінің бойлама құрылысын жобалағанда шамадан тыс ауытқулардың немесе резонанс құбылыстардың болу мүмкіндігін сараптау үшін өз жиіліктерін және ауытқу түрлерін анықтау қажет.

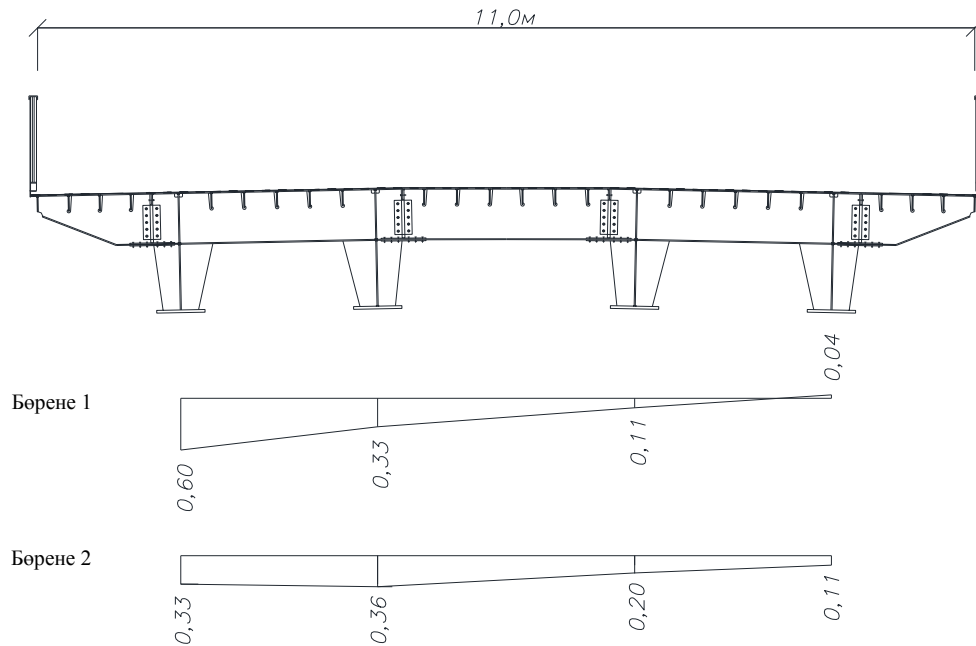
6.4.2 ҚР ҚН EN 1991-2:2003/2011 мәжбүрлі жаяу жүргіншілер жиіліктерін регламенттейді.

Жүріп келе жатқан жаяу жүргінші мынадай бір уақытта болатын периодты күштер тудырады:

- вертикаль бағытта жиілік диапазоны 1-3 Гц;
 - горизонталь бағытта жиілік диапазоны 0,5-1,5 Гц;
- жүгірушілер тобы жаяу жүргінші көпірін 3 Гц жиілікпен өтуі мүмкін.

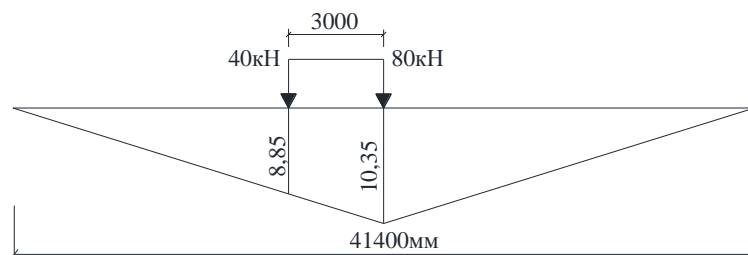
6.5 Қызмет көрсететін көлік құралдарынан түсетін вертикаль ауыспалы әсерлерге бойлама металл құрылысты есептеу мысалдары

Есептеу нысаны ретінде жылпы ұзындығы 42 м, есептік ұзындығы 41,4 м болатын бойлама құрылысты қарастырамыз. Бойлама құрылыс конструкциясын 5.8 бөлімінде айтылған мысалдағы сияқты етіп қабылдаймыз. Бойлама құрылыстың көлденең қимасы, жүретін жолдың габариттері, сондай-ақ бірінші және екінші бөренелерге арналған қысымды берудегі майысу сәттерінің көлденең әсер ету сызықтары 6.2-суретте берілген.



6.2-сурет–Қысым беру әсерінің көлденең сызықтары

6.3-суретте көрсетілгендей қызмет көрсететінкөлік құралының бойлай орналасуын есепке аламыз.



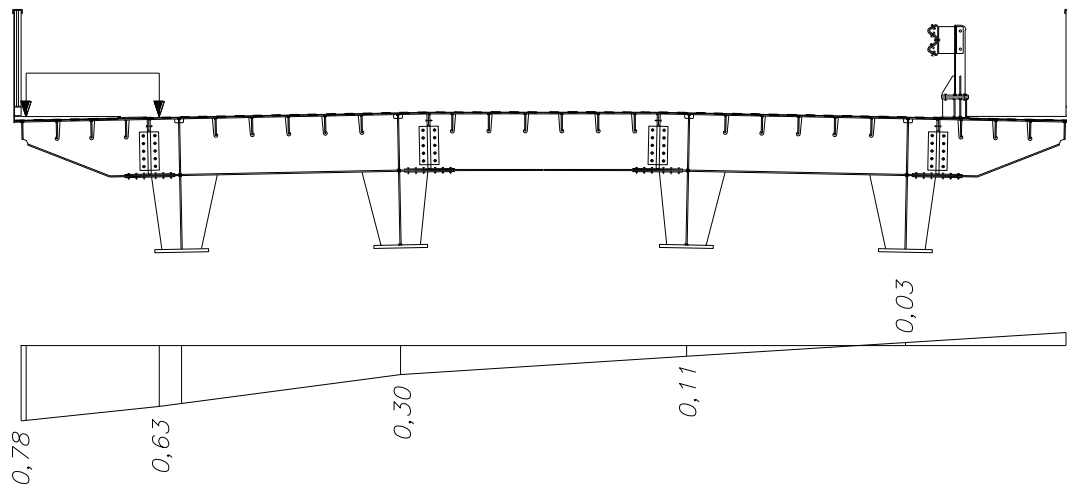
6.3-сурет–Бойлықтың ортасындағы майысу сәтінің көлденең әсер ету сызығы және қызмет көрсететін көлік құралының орналасуы

Қысымды берудегі майысу сәтінің көлденең әсер ету сызықтары пішіндерінің сараптамасына сүйене отырып, бірінші бөрене үшін қызмет көрсететін көлік құралының тиімсіз орналасуы 6.4-суретте, ал екінші бөрене үшін 6.5-суретте көрсетілген.

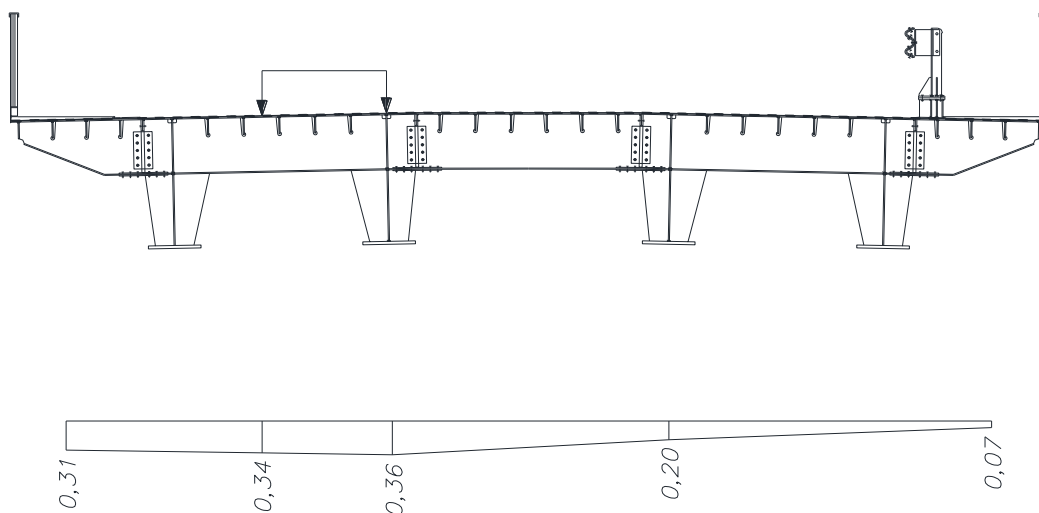
$$M=40 \cdot 10,35 \cdot 0,78 + 40 \cdot 10,35 \cdot 0,63 + 20 \cdot 8,85 \cdot 0,78 + 20 \cdot 8,85 \cdot 0,63 = 833,31 \text{ кНм.}$$

Екінші бөрененің бойлама құрылысының ортасындағы майысу сәтінің көлемін анықтаймыз:

$$M=40 \cdot 10,35 \cdot 0,34 + 40 \cdot 10,35 \cdot 0,36 + 20 \cdot 8,85 \cdot 0,34 + 20 \cdot 8,85 \cdot 0,36 = 413,7 \text{ кНм.}$$



6.4-сурет–Жүктеме схемасы және 1-бөренеге арналған қысымды беру әсерінің көлденең сызығы



6.5-сурет - Жүктеме схемасы және 2-бөренеге арналған қысымды беру әсерінің көлденең сызығы

7 ТЕМІРЖОЛ КӨЛІКТЕРІНЕН ТҮСЕТІН ЖҮКТЕМЕЛЕР

7.1 Жалпы ережелер

7.1.1 Айналып тұратын жылжымалы құрамнан болатын әсерлер тіреп тұратын конструкцияларға, сондай-ақ теміржолға жақын құрылыстарға әртүрлі жүктемелер түсіреді.

7.1.2 Жалпы жағдайда қалыпты пайдалану кезінде поездар қозғалысынан болатын бірнеше жүктеме топтарын бөліп айтуға болады:

- Вертикаль ауыспалы жүктемелер;

- Динамикалық әсерлер;
- Орталықтан сыртқа тебетін күштер;
- Дөңгелектердің көлденең соққылары;
- Тежеу және ауырлық күштері;
- Әуе толқынының қоршаған конструкцияға әсері.

ЕСКЕТПЕ ҚР ҚН EN 1991-2:2003/2011 отандық нормативтік құжаттарда ұқсас түрлері жоқ жүктеме модельдері туралы ақпарат бар. Мұндай жүктемелерге жоғары жылдамдықтағы қозғалыстардан (вертикаль, аэродинамикалық және т.б. жүктемелер) түсетін әсерлерді жатқызу керек.

Жүктеме модельдерінің көптеген параметрлерін конструкцияның болжамды қызмет ету мақсаты негізінде Тапсырыш беруші анықтайды.

7.1.3 ҚР ҚН EN 1991-2:2003/2011 ауыспалы вертикаль жүктемелердің келесі модельдерін анықтайды:

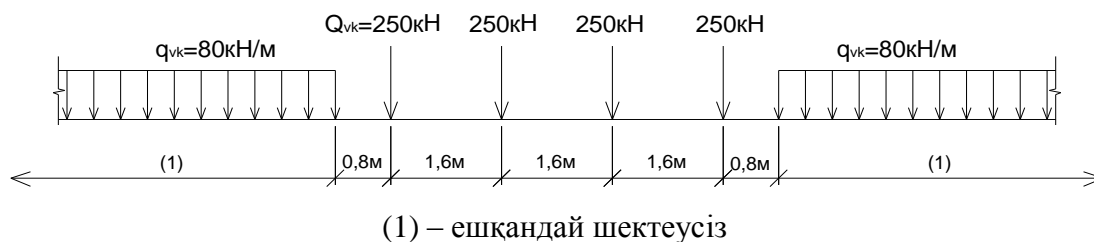
- 71-жүктеме моделі – қалыпты теміржол қатынасын анықтайтын модель;
- SW/0 жүктеме моделі– бөлінбейтінбойлама құрылыстарға арналған арнайы модель;
- SW/2 жүктеме моделі– ерекше қатты жүктелген желілерге арналған модель;
- HSLM жүктеме моделі – жоғары жылдамдықтағы жолаушылар қозғалысын суреттейтін жүктеме моделі;
- «Жүктелмеген поезд» жүктеме моделі бос жылжымалы құрамнан түсетін әсерді есептеуге арналған.

7.2 Жылжымалы құрамнан түсетін вертикаль жүктемелер

7.2.1 71 Жүктеме моделі

7.2.1.1 71-жүктеме моделі белдік жүктемелер тобынан және бір қалыпты бөліп таратылған жүктемелердің бөліктерінен тұрады.

7.1 Жүктеменің жалпы көрінісі 7.1-суретте көрсетілген.



7.1-сурет[6.1-сурет]–71-үктеме моделініңсхемасы

7.2.1.2 Түрлі қатты жүктелген желілерді есептеу мүмкіндігі үшін ҚР ҚН EN 1991-2:2003/2011 нормаларында «жүктемелерді жіктеу» түсінігі енгізілген. ҚР ҚН EN 1991-2:2003/2011 нормаларының 6.3.2(3)Р тармағына сәйкес 71 жүктеме моделін, сондай-ақ «туынды» болып табылатын немесе табиғаты 71- жүктеме моделімен ұқсас біруақытта

әрекет ететін барлық жүктемелерді коэффициентке α көбейту жолымен түрі өзгертілген жүктеме жіктелген жүктеме болып табылады.

Коэффициентке α мыналарды көбейту керек:

- 7.2.5 сәйкес жер қабаты үшін баламалы вертикаль жүктемені және топырақ қысымының әсерін;
- 7.4.1 сәйкес орталықтан сыртқа тебетін күштерді;
- 7.4.2 сәйкес дөңгелектердің бүйір қысымының күштерін (α көбейту тек $\alpha \geq 1$ болғанда);
- 7.10 сәйкес апаттық күштерді;
- Г қосымшасына сәйкес жолдың жоғарғы құрылысын есептеу кезіндегі күштер;
- 7.2.2 сәйкес бойлама құрылысы бөлінбейтін көпірлер үшін SW/0 жүктеме моделін.

Коэффициент α төмендегі мәндердің біреуіне ие болуы тиіс:

0,75 – 0,83 – 0,91 – 1,00 – 1,10 – 1,21 – 1,33 – 1,46

Ұлттық қосымша $\alpha \geq 1,10$ коэффициентін қабылдауды ұсынады.

ЕСКЕРТПЕ 71-жүктеме моделі ҚР ҚЕ 3.03-33-2013 «Көпірлер мен құбырлар» бойынша С14 жүктемесіне қарағанда айтарлықтай аз жүктеме ($\alpha = 1,46$ болған кезде де) әсеріне әкеледі. Осыған сүйене отырып, 1,33 мәнінен кем бомайтын коэффициент қабылдау ұсынылады. Бұл коэффициент бірінші және екінші мөлшерлі жағдайларды тексеру кезінде ескеріледі.

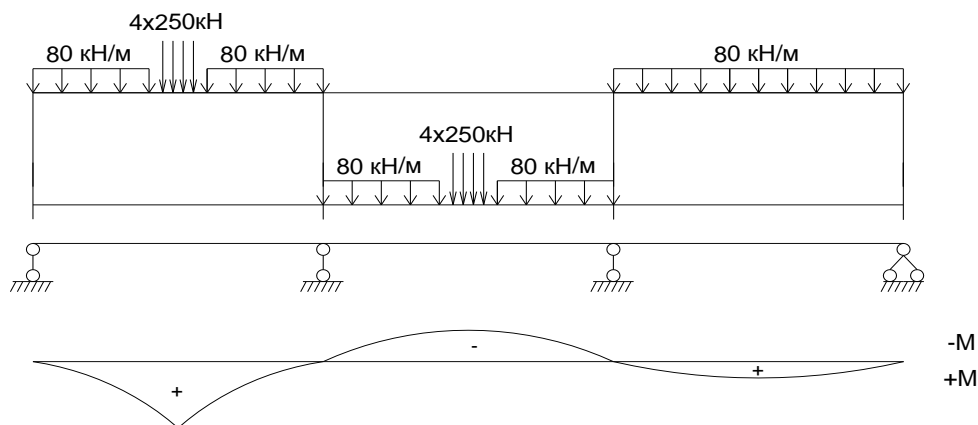
7.2.1.3 [6.3.2(4)P] Майысу шектеулерін тексеру кезінде жіктелген вертикаль жүктемелер және 7.2.1.2 сәйкес (жолаушылардың жайлылығын қамтамасыз ететін талаптардан басқа, ол жерде α 1-ге тең болуы тиіс) α көбейтумен ұлғайған басқа да әсерлер қолданылуы тиіс.

МЫСАЛ

Берілді: Шеткі бойлықтың ортасындағы көп бойлықты бөренедегі майысу сәтінің әсер ету сызығы.

Талап етіледі: 71-жүктеме моделін орналастыру.

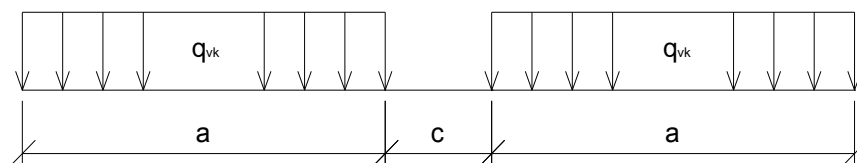
Шешім: 71-жүктеме моделінің жүктеу схемасы 7.2-суретте көрсетілген.



7.2-сурет – 71 жүктеме моделінің бойлама құрылыста орналасуы

7.2.2 SW/0 және SW/2 жүктеме модельдері

7.2.2.1 SW/0 және SW/2 жүктемелерінің принципті геометриялық схемасы дәл 7.3-суретте көрсетілгендей болып табылады. Жүктеме компоненттерінің мәндері 7.31-кестеде көрсетілген.



7.3-сурет[6.2-сурет] –SW/0 және SW/2 жүктеме модельдерінің схемасы

7.1-кесте[6.1-кесте]–SW/0 және SW/2 жүктеме модельдері үшін вертикаль жүктемелердің сипаттамалары

Жүктеме моделі	q_{vk} , кН/м	a , м	c , м
SW/0	133	15,0	5,3
SW/2	150	25,0	7,0

7.2.2.2 SW/0 жүктеме моделі 7.2.1.2-тармақшасына сәйкес коэффициентке α көбейтілуі тиіс.

7.2.3 «Жүктелмеген поезд» жүктеме моделі

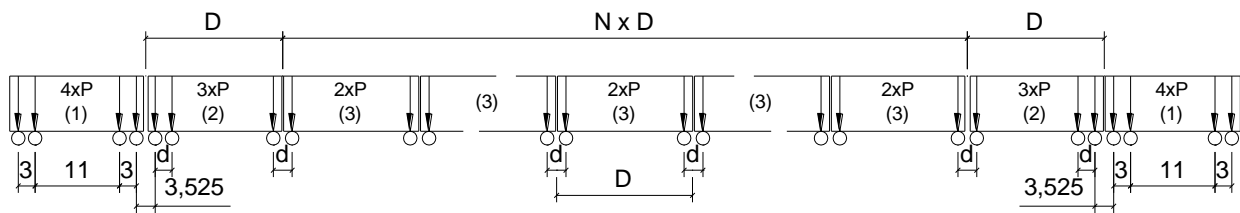
7.2.3.1 Жүктеме моделі «жүктелмеген поезд» сипаттамалық мәні 10 кН/м вертикаль бір қалыпты бөліп таратылған жүктеме болып табылады.

7.2.4 HSLM жүктеме моделі

7.2.4.1 HSLM жүктеме моделі екі жүктемеден тұрады: HSLM-A және HSLM-B. Бұл жүктеме модельдері 200 км/сағ жылдамдықтан асатын жоғары жылдамдықтағы жолаушылар қозғалысы болатын жасанды құрылыстарды жобалағанда қолданылуы тиіс.

7.2.4.2 HSLM жүктеме моделі конструкцияларды динамикалық қойылымда есептеу кезінде резонанс құбылыстарын, сондай-ақ бойлама құрылыстың шамадан тыс жылдамдатуын болдыртпау үшін қолданылуы тиіс.

7.2.4.3 HSLM жүктеме моделі 10 стандарт A1-A10 поездардан тұрады, олар өздерінің құрастырылуына байланысты ерекшеленеді. HSLM-A жүктемесінің жалпы құрастырылу схемасы 7.4-суретте берілген. Стандарт жолаушылар поездарының сипаттамалары 7.2а-кестеде берілген.



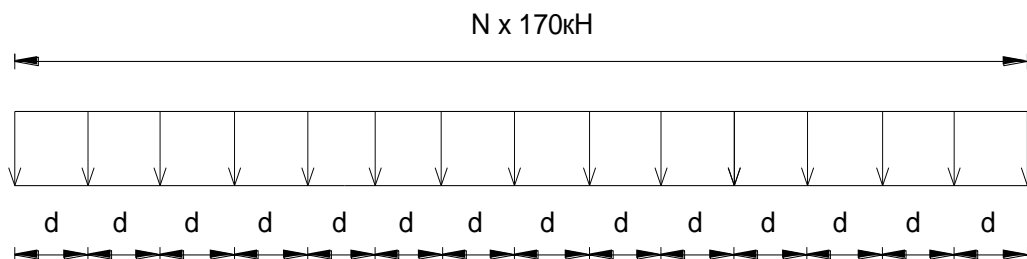
1) –күш беретін вагон (алдыңғы және артқы күш беретін вагондар бірдей);2) –соңғы жолаушылар вагоны (соңғы және артқы жолаушылар вагоны бірдей); 3) –аралық жолаушылар вагоны.

7.4-сурет[6.12-сурет] - HSLM-Aмоделі

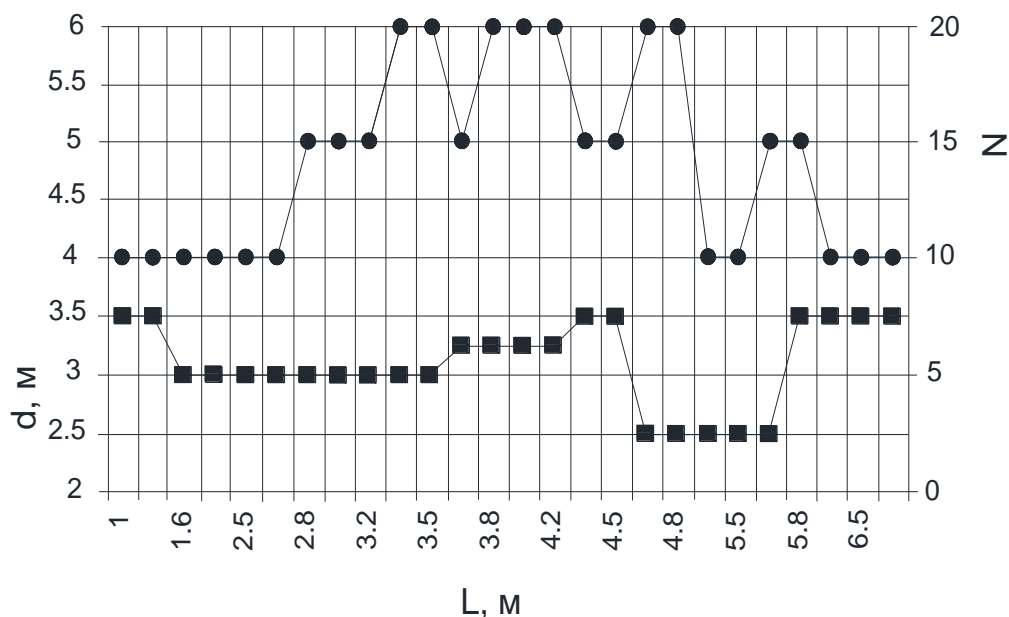
7.2а-кесте[6.3-кесте]- HSLM-A моделі

Әмбебап поезд	Аралық жолаушылар вагонының саны, N	Жолаушылар вагонының ұзындығыD, м	Арбашалар арасындағы белдіктердің қашықтығыd, м	Жинақталған күшP, кН
A1	18	18	2,0	170
A2	17	19	3,5	200
A3	16	20	2,0	180
A4	15	21	3,0	190
A5	14	22	2,0	170
A6	13	23	2,0	180
A7	13	24	2,0	190
A8	12	25	2,5	190
A9	11	26	2,0	210
A10	11	27	2,0	210

7.2.4.4 HSLM-B жүктемесі 170 кН болатын жинақталған күштерді N білдіреді. Олар біркелкі d интервал сайын қойылған, олардың N және d параметрлері 7.5а және 7.5b-суреттерде көрсетілген



7.5а-сурет[6.13-сурет] –HSLM–B Моделі



мұндағы L — бойлама ұзындығы, м.

7.5b-сурет[6.14-сурет] - HSLM-B моделі

7.2.4.5 HSLM-B жүктемесі бойлама ұзындығы 7 м-ге дейін болатын бөлінген конструкцияларда қолданылады. Бұл жағдай HSLM-B жүктемесінің қолданылуы шектеулі екенін көрсетеді.

7.2.4.6 [6.4.6.1.1(6)] HSLM-A немесе HSLM-B моделі 7.2б-кестесінің талаптарына сәйкес қолданылуы тиіс.

7.2б-кесте[6.4-кесте] — HSLM-A және HSLM-B модельдерінің қолданылуы

Конструкцияның сырт пішіні	Бойлама ұзындығы	
	$L < 7$ м	$L \geq 7$ м
Еркін тірелген аралық ^{a)}	HSLM-B ^{b)} моделі	HSLM-A ^{c)} моделі
Бөлінбейтін конструкция ^{a)} немесе Кешенді конструкция ^{e)}	HSLM-A моделі A1–A10 поездарынқоса алғанда ^{d)}	HSLM-A моделі A1–A10 поездарынқоса алғанда ^{d)}

^{a)} Бөлек ұзына бойлы сызықты бөрене немесе қатты тіректерде орналасқан елеусіз аз қисықтық әсері бар қарапайым тақталар сияқты жұмыс істейтін көпірлер үшін.

^{b)} Ұзындығы 7 м-ге дейін болатын еркін тірелген аралықтар үшін HSLM-B моделінің жалғыз соңғыәмбебап поезды 7.2.4.4 сәйкес есептеу үшін қолданылуы мүмкін.

^{c)} Ұзындығы 7 м-ге дейін және одан көп болатын еркін тірелген аралықтар үшін HSLM-A моделінің жалғыз соңғыәмбебап поездыҚР ҚН EN 1991-2:2003/2011 Е қосымшасына сәйкес динамикалық есептеу үшін қолданылуы мүмкін (баламасы ретінде A1-A10 қоса алғанда әмбебап поездары қолданыла алады).

^{d)} Барлық поездар A1 – A10 қоса алғанда есептеу кезінде қолданылуы тиіс.

^{e)} Жоғарыда айтылған ескертпелерге сәйкес келмейтін кез-келген конструкция, мысалы, қисық көпір, едәуір қисық көпір, жүретін жолдың және негізгі бөренелердің және т.б. айтарлықтай ауытқу түрлері бар ортасынан жүретін конструкциялар. Сондай-ақ жүретін жолдағы тақталардың айтарлықтай ауытқу түрі бар соңғыконструкцияларда да (мысалы, тақталары жұқа, ортасынан жүретін көпірлер немесе төменінен жүретін көпірлер) HSLM-B моделі қолданылуы тиіс.

7.2.5 Жер қабатына түсетін балама вертикаль жүктеме және топырақ қысымының әсері

7.2.5.1 Егер жергілікті жүктеме әсерін елемеуге болатын болса, онда сәйкес жүктеме моделінен балама вертикаль жүктемені қабылдау керек (LM71, 7.2.1.2 сәйкес жіктелген вертикаль жүктеме немесе SW/2).

7.2.5.2 Балама жүктеме рельс жолының түйіске бетінен 0,7 м төмен 3,0 м ендікте бір қалыпты бөліп таратылып қабылданады.

7.2.5.3 Жоғарыда аталған бір қалыпты бөліп таратылған жүктемеге динамикалық коэффициент (күшейту) енгізілмейді.

7.2.5.4 Рельс жолымен жанасқан жеке элементтерді (мысалы, балласт тірек қабырғаларды) есептеу кезінде қарастырылып жатқан элементке теміржол көлігінен түсетін ең жоғарғы жергілікті вертикаль, бойлама және көлденең жүктемелерді есепке алатын арнайы есеп орындалуы тиіс.

7.3 Конструкцияның динамикалық күйінің әсерлерін есептеу

7.3.1 Жалпы ережелер

7.3.1.1 Конструкцияның динамикалық күйін (жолдардың жергілікті ақауларының салдарынан жүріп өткен поездардан болатын соққы әсерлер, мүмкін резонанс құбылыстар және т.б.) есептеу үшін ҚР ҚН EN 1991-2:2003/2011 мынадай динамикалық коэффициенттер берілген:

- Динамикалық коэффициент $1+\phi$;
- Динамикалық коэффициент Φ ;
- Динамикалық «қосымша» коэффициенті ϕ_{dyn}^I .

Динамикалық коэффициент $1+\phi$ поездың жылдамдығына, бойлама құрылыстың өзінің жеке жиілігіне, сондай-ақ L_ϕ анықтаушы ұзындығына байланысты функция болып табылады. Динамикалық коэффициент $1+\phi$ тек нақты айналыстағы поездардың жағдайына қарай қолданылады және LM71, SW/0 және SW/2 жүктемелеріне Φ коэффициентін анықтауға арналған негіз болып табылады.

Динамикалық коэффициент Φ LM 71, SW/0 және SW/2 жүктемелері бар жаңа көпір конструкцияларын жобалау үшін қолданылады. Динамикалық коэффициент Φ қызмет көрсететін жолдың анықтаушы ұзындығына және сапасына байланысты болады.

Динамикалық «қосымша» коэффициенті ϕ_{dyn}^I HSLM немесе нақты поездардан болатын жүктемелердің жүктеме әсеріне сараптама жасау кезінде тиімсіз жүктеме сипатын бекіту үшін динамикалық қойылымда есептер жүргізу қажеті болғанда қолданылады.

7.3.2 Динамикалық коэффициент $1+\phi$

7.3.2.1 Динамикалық коэффициент $1+\phi$ көптеген тәжірибелер негізінде алынды. Онда конструкцияның түрлі конструктивтік формалары мен олардың құрамдас

бөлшектері қарастырылған. Осы коэффициент HSLM жүктемелеріне немесе нақты поездарға LM71, SW/0 немесе SW/2 жүктеме модельдерін қолдану кезінде алынған нәтижелермен есептеу нәтижелерін салыстырғанда қолданылады.

Төменде динамикалық коэффициент $1+\varphi$ анықтаумен байланысты негізгі ережелер берілген.

7.3.2.2 Коэффициент φ^I бөліктен тұрады:

- φ^I – конструкцияның жалпы реакциясына динамикалық қосымша;
- φ^{II} – жолдың вертикаль тегіс емес жерлеріне динамикалық қосымша.

7.3.2.3 HSLM немесе нақты поездардан түсетін статикалық жүктемелері көбейтілуі тиіс динамикалық коэффициент $1+\varphi$:

- $1+\varphi=1+\varphi^I+\varphi^{II}$ – рельс жоларына қарапайым қызмет көрсетуде;
- $1+\varphi=1+\varphi^I+0,5\varphi^{II}$ – рельс жолдарына жете қызмет көрсетуде.

Рельс жолдарына жете қызмет көрсету туралы мәлімет болмағанда рельс жолдарына қарапайым қызмет көрсетудегі динамикалық коэффициент $1+\varphi$ қабылдау ұсынылады.

7.3.2.4 Коэффициент φ^I L_Φ анықтаушы ұзындыққа (Құралдың 7.3.4 тармағын қара), поездың ең жоғарғы рұқсат етілген жылдамдығына v (м/с) және тұрақты әсерлермен жүктелген бойлама құрылыстың өзінің жеке жиілігіне n_0 байланысты K коэффициентін қолдану арқылы есептелінеді:

$$K = \frac{v}{2L_\Phi n_0} \quad (7.1)$$

$K < 0,76$ коэффициенті үшін φ^I мына жолмен есептелінеді:

$$\varphi^I = \frac{K}{1-K+K^4} \quad (7.2)$$

$K \geq 0,76$ коэффициенті үшін φ^I мынаған тең:

$$\varphi^I = 1,325$$

φ^{II} коэффициентінің мәні келесі формуламен анықталады:

$$\varphi^{II} = \frac{\alpha}{100} \left[56 \cdot e^{-\left(\frac{L_\Phi}{10}\right)^2} + 50 \left(\frac{L_\Phi \cdot n_0}{80} - 1 \right) e^{-\left(\frac{L_\Phi}{10}\right)^2} \right] \quad (7.3)$$

$$\varphi^I \geq 0,$$

$$\text{мұндағы } \alpha = \frac{v}{22}, \text{ егер } v \leq 22 \text{ м/с;}$$

$$\alpha = 1, \text{ егер } v > 22 \text{ м/с}$$

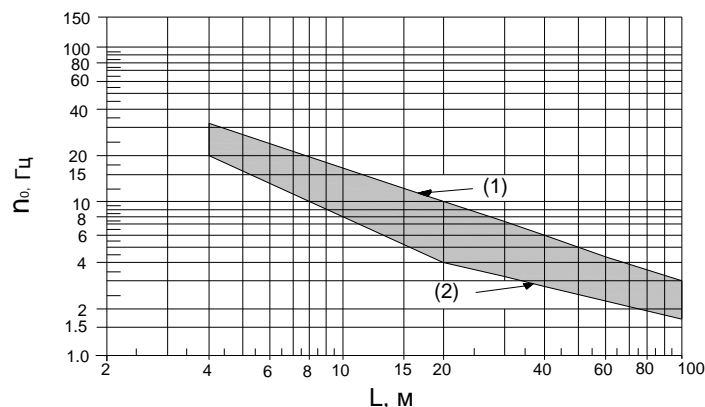
мұндағы v – көлік құралының жоғарғы рұқсат етілген жылдамдығы, м/с;

n_0 – көпірдің майысу ауытқуларының бірінші жеке жиілігі,

L_Φ - анықтаушы ұзындық, м, 7.3.5 тармағына сәйкес;

α – жылдамдық коэффициенті.

7.3.2.5 (7.2) және $\phi^I = 1,325$ тәуелділігі бойынша анықталған ϕ^I көлем үшін қолданылатын шама 7.6-суретте көрсетілген өз жиілігінің төменгі шек және 200 км/сағ болып табылады. Басқа жағдайлар үшін ϕ^I көлем 7.2.4-тармағына және 7.7-бөліміне сәйкес динамикалық есептің көмегімен анықталуы тиіс. ҚР ҚН EN 1991-2:2003/2011 ұлттық қосымшасына сәйкес динамикалық есеп үшін қолданылатын әдіс мемлекеттік органның уәкілетті ұйымымен келісілуі қажет.



(1) — өз жиілігінің жоғарғы мөлшерлі мәні; (2) — өз жиілігінің төменгі мөлшерлі мәні.

7.6-сурет[6.10-сурет] - L бойлама ұзындығына байланысты көпірдің өз жиілігінің n_0 мөлшерлі мәні

7.3.2.6 Қажеттілігі бойынша анықталған (7.3) ϕ^I көлем үшін қолданылатын шама 7.6-суретте көрсетілген өз жиілігінің жоғарғы мөлшері болып табылады. Басқа қалған жағдайлар үшін ϕ^I көлемі 7.2.4-тармағына және 7.7-бөлімге сәйкес поездың серіппесіз белдіктерінің массалары мен көпір массасы арасындағы өзара байланысты қарастыратын динамикалық есеп көмегімен анықталуы тиіс.

7.3.2.7 Өз жиіліктерін анықтау кезінде олардың өзгеру мүмкіндігін ескеру керек. Егер бұл өзгерісті анықтау мүмкін болмаса, онда өз жиілігінің n_0 жоғарғы және төменгі шектері 7.7.1.7 сәйкес анықталуы тиіс.

7.3.3 Φ (Φ_2, Φ_3) динамикалық коэффициенті

7.3.3.1 Φ динамикалық коэффициенті LM71, SW/0 және SW/2 жүктемелерімен бірлесе қолданылады. 71, SW/0 және SW/2 жүктеме модельдеріне арналған статикалық жүктемелерден болатын әсерлер нәтижесін ұлғайтатын Φ динамикалық коэффициенті Φ_2 немесе Φ_3 коэффициенттеріне тең қабылдануы тиіс.

ЕСКЕРТПЕ Бұл динамикалық коэффициент өзінің болмысы жағынан жүктеме әсерге тек «қосымша» болып табылады (ұқсасы ҚР ҚЕ 3.03-33-2013 бойынша 1+μ «Көпірлер мен құбырлар»), яғни резонанс құбылыстардың болу мүмкіндіктерін ескермейді, сондықтан оны қолдану LM71, SW/0 және SW/2 жүктеме модельдерімен ғана шектелген.

7.3.3.2 Егер конструкцияны жобалау және есептеу кезінде конструкция күйінің динамикалық сараптамасының (мысалы, жоғары жылдамдықтағы қозғалыста) қажеттігі туындаса, онда Φ коэффициентін және HSLM жүктемелеріне немесе ϕ коэффициентін есепке ала отырып, нақты поездардың динамикалық есептерін есепке ала отырып, LM71, SW/0 және SW/2 жүктемелеріне (конструкцияға байланысты) статикалық есептер жүргізіледі.

7.3.3.3 Жете қызмет көрсетілетін теміржол жолдары үшін Φ коэффициенті мынадай:

$$\Phi_2 = \frac{1,44}{\sqrt{L_\Phi} - 0,2} + 0,82, \quad (7.4)$$

бұл ретте $1,00 \leq \Phi_2 \leq 1,67$.

Қарапайым қызмет көрсетілетін теміржол жолдары үшін Φ коэффициенті мынадай

$$\Phi_3 = \frac{2,16}{\sqrt{L_\Phi} - 0,2} + 0,73, \quad (7.5)$$

бұл ретте $1,00 \leq \Phi_3 \leq 2,00$,

мұндағы L_Φ - анықтаушы ұзындық (м) (Φ -пен байланысты ұзындық), оның мәні 7.3-кестеде көрсетілген.

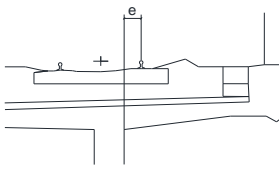
7.3.3.4 Φ динамикалық коэффициент мыналар үшін ескерілмеуі тиіс:

- нақты поездармен негізделген жүктемелер;
- қажу деңгейін есептеу кезіндегі нақты поездармен негізделген жүктемелер (В қосымшасы);
- HSLM (7.2.4.1, 7.2.4.2) жүктемесінің модельдері;
- «жүктелмеген» поезд жүктемелерінің моделі (7.2.3).

7.3-кесте[6.2-кесте] – Анықтаушы ұзындық L_Φ

Жағдай	Конструкция элементі	Анықтаушы ұзындық L_Φ
Бойлама құрылыстың болат тақтасы: балласт жастығы бар «жабық» (тегіс) тақта (ортотропты тақта) (жергілікті және көлденең қысымдар үшін)		
	Көлденең бөренелерден және бөлінбейтін бойлама кабырғалардан тұратын бойлама құрылыс:	
1.1	Бойлама құрылыстың тақтасы (бағыттардың екеуі үшін де)	Көлденең бөренелер арасындағы үш еселенген қашықтық
1.2	Бөлінбейтін көлденең кабырғалар (0,50 м дейінгі консольді қоса алғанда) ^{a)}	Көлденең бөренелер арасындағы үш еселенген қашықтық
1.3	Көлденең бөренелер	Көлденең бөренелердің екі еселенген ұзындығы
1.4	Шеткі көлденең бөренелер	3,6 м ^{b)}
	Көлденең бөренелері бар тақта:	
2.1	Бойлама құрылыстың тақтасы (бағыттардың екеуі үшін де)	Көлденең бөренелер арасындағы екі еселенген ұзындық+3 м
2.2	Көлденең бөренелер	Көлденең бөренелер арасындағы екі еселенген ұзындық+3 м
2.3	Шеткі көлденең бөренелер	3,6 м ^{b)}

7.3-кесте[6.2-кесте] – Анықтаушы ұзындық L_{Φ}

Жағдай	Конструкция элементі	Анықтаушы ұзындық L_{Φ}
Болат арқалық тор: балласт жастығы жоқ «жабық» (тегіс) тақта (өтпелі) (жергілікті және көлденең қысымдар үшін)		
	Бойлама рельс бөренелері:	
3.1	–бөлінбейтін арқалық тор элементі ретінде	Көлденең бөренелер арасындағы үш еселенген қашықтық
	– еркінтірілген	Көлденең бөренелер арасындағы қашықтық +3 м
3.2	бойлама рельс бөренелерінің консоли ^{а)}	3,6 м
3.3	Көлденең бөренелер (көлденең бөренелерден жәнебөлінбейтінбойлама рельс бөренелерден тұратын аралық тордың бөлігі ретінде)	Көлденең бөренелердің екі еселенген ұзындығы
3.4	Шеткі көлденең бөренелер	3,6 м ^{б)}
^{а)} Ереже бойынша теміржол қозғалысының әсерін қабылдайтын 0,50 м-ден жоғары консольдер мемлекеттік органның уәкілетті ұйымымен келісілген жүктемені қоя отырып, 7.7 сәйкес арнайы сараптаманы талап етеді. ^{б)} Осы конструкцияларға жолдарға қызмет көрсету сапасына қарамастан тек F_3 қодану ұсынылады.		
Балласт жастығы бар бетон тақта (жергілікті және көлденең қысымдар үшін)		
4.1	қорапшалы бөрененің немесе негізгі бөрененің жоғарғы белінің бөлігі ретіндегі бойлама құрылыстың тақтасы:	
	–негізгі бөренелерге көлденең орналасқан	Бойлама құрылыс тақтасының үш еселенген бойлығы
	– бойлама бағытта орналасқан	Бойлама құрылыс тақтасының үш еселенген бойлығы
	– көлденең бөренелер	Көлденең бөрененің екі еселенген ұзындығы
	– теміржол жолдарынан болатын жүктемелерді қабылдайтын көлденең консоль	 <p> $e \leq 0,5$ м — қабырғалар арасындағы үш еселенген қашықтық $e > 0,5$ м — см.^{а)} 7.7-сурет — Теміржол жолдарынан болатын жүктемелерді қабылдайтын көлденең консоль </p>
4.2	Бөлінбейтін, бойлама құрылыстың тақтасы (негізгі бөрене бағытында)	Көлденең бөренелер арасындағы екі еселенген қашықтық
4.3	Ортасынан және төменін жүретін көпірлерге арналған бойлама құрылыстың тақтасы:	

7.3-кесте[6.2-кесте] – Анықтаушы ұзындық L_{Φ}

Жағдай	Конструкция элементі	Анықтаушы ұзындық L_{Φ}										
	–негізгі бөренелерге перпендикуляр орналасқан	Бойламақұрылыс тақтасының екі еселенген бойлығы+3 м										
	– бойлама бағытта орналасқан	Бойламақұрылыс тақтасының екі еселенген бойлығы										
4.4	Бетон типті бойламақұрылыстардағы бойлама болат бөренелер арасында көлденең орналасқан бойламақұрылыстың тақталары	Бойлама бағытта екі еселенген анықтаушы ұзындық										
4.5	Бойламақұрылыс тақтасының бойлама консолі	$e \leq 0,5$ м — 3,6 м ^{b)} $e > 0,5$ м — см. ^{a)}										
4.6	Шеткі көлденең бөренелер немесе тіреуіш диафрагмалар	3,6 м ^{b)}										
^{a)} Ереже бойынша теміржол қозғалысының әсерін қабылдайтын 0,50 м-ден жоғары консольдер мемлекеттік органның уәкілетті ұйымымен келісілген жүктемені қоя отырып, 7.7 сәйкес арнайы сараптаманы талап етеді. ^{b)} Осы конструкцияларға жолдарға қызмет көрсету сапасына қарамастан тек Φ_3 кодану ұсынылады. ЕСКЕРТПЕ 1.1 – 4.6 қоса алғандағы жағдайлар үшін L_{Φ} негізгі бөренелердің ең жоғарғы анықтаушы ұзындығымен анықталады.												
Негізгі бөренелер												
5.1	Еркін тірелген бөренелер мен тақталар(бетонмен монолиттелген болат бөренелерді қоса)	Негізгі бөрене бағытындағы бойлама										
5.2	$L_m = 1/n (L_1 + L_2 + \dots + L_n)$ кезінде бойлықтар бойымен нүздіксіз орналасқан бөренелер мен тақталар <div>Порталды рамалар және бекітілген рамалар немесе қорапшалар: – бір бойлықты</div>	$L_{\Phi} = k \times L_m$ $\max L_i (i= 1 \dots, n)$ кем емес <table><tr><td>$n=$</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>≥ 5</td></tr><tr><td></td><td>1,2</td><td>1,3</td><td>1,4</td><td>1,5</td></tr></table> Үш бойлықты бөлінбейтін бөрене ретінде қарастыру керек (рама элементерінің немесе қорапшаның вертикаль және горизонталь ұзындығы бар 5.2 қолдану керек)	$n=$	2	3	4	≥ 5		1,2	1,3	1,4	1,5
$n=$	2	3	4	≥ 5								
	1,2	1,3	1,4	1,5								
5.3	– көп бойлықты	Көп бойлықты бөлінбейтін бөрене ретінде қарастыру керек (шеткі вертикаль элементтердің және горизонталь элементтердің ұзындығы бар 5.2 қолдану керек)										
5.4	Жеке арка, қатты қисық сызықты бөрене, конструкцияның созылмалы қатты бөренелері	Бойлықтың жартысы										
5.5	Толтырылғандарды ұстап тұратын тегіс құрылыстары бар аркалар тізімі	Жарықта екі еселенген өлшем										
5.6	Аспалар (қатты бөренелермен қосқанда)	4 бойлама аспалар қадамына көбейтілген										
Конструкцияның тіректері												
6	Бағаналар, эстакадалар, тірек бөліктері, бойламақұрылыстың көтеріліп тұратын тіректері, түйіске қсымыды анықтауға арналған тірек бөліктерінің астындағы анкерлер	Ұстап тұратын элементтердің анықтаушы ұзындығы										

7.3.3.5 Аркалы көпірлер конструкциясына және 1 м-ден астам қалыңдықта құйылған темір бетон бойламақұрылыстарға қолданылатын Φ динамикалық коэффициенті мынадай тәсілмен есептелінеді:

$$red\Phi_{2,3} = \Phi_{2,3} - \frac{h-1,00}{10} \geq 1,0, \quad (7.6)$$

мұндағы h –бойламақұрылыстың төбесінен шпалдың төбесіне дейінгі балаасты қоса алғандағы құюдың қалыңдығы (аркалы көпірлер үшін арканың төбесіне дейін), м.

7.3.4 Анықтаушы ұзындық L_Φ

7.3.4.1 Жалпы жағдайда қарастырылып жатқан элементтің майысудың әсер ету сызығының ұзындығы анықтаушы ұзындық болып табылады.

ЕСКЕРТПЕ Анықтаушы ұзындық түсінігі өзінің физикалық мағынасы жағынан ҚР ҚЕЗ.03-33-2013 «Көпірлер мен құбырлар» бойынша λ мәніне (әсер сызығы жүктемесінің ұзындығы) жақын.

7.3.4.2 Әртүрлі сындарлы нышандар үшін ҚР ҚН EN 1991-2:2003/2011 мынадай анықтаушы ұзындық L_Φ мәндерін ұсынады, олар 7.3-кестеде берілген.

7.3.5 Динамикалық «қосымша» коэффициенті Φ_{dyn}^I

7.3.5.1 Φ_{dyn}^I коэффициенті тура динамикалық есеп негізінде есептелінеді және динамикалық есеп кезіндегі HSLM жүктеме моделінен болатын жүктеме әсері конструкцияны HSLM жүктемесімен немесе нақты поездбен статикалық жүктеу кезіндегі жүктеме әсерінен қанша есе айырмашылығы бар екенін көрсетеді: $\Phi_{dyn}^I = \max|y_{dyn}/y_{stat}| - 1$, мұндағы y_{dyn} – нақты поезд немесе HSLM жүктеме моделінен болатын конструкцияның кез-келген белгілі бір нүктесіндегі ең жоғарғы динамикалық мән.

Φ_{dyn}^I коэффициенті Φ^II коэффициентімен бірге қолданылады, ол туралы жоғарыда айтылды.

7.4 Сипаттамалық горизонталь жүктемелер

7.4.1 Орталықтан сыртқа тебетін күштер

7.4.1.1 Орталықтан сыртқа тебетін күштерден болатын жүктемелерді есептеу кезінде мына ұсыныстарды орындаған жөн:

- Орталықтан сыртқа тебетін күш рельстің түйіскен бетінен 1,8 м биіктікте болады (4.1-суретті қара);

- орталықтан сыртқа тебетін күштердің сипаттамалық мәні Φ динамикалық коэффициенті көбейтілмейді;

ЕСКЕРТПЕ Орталықтан сыртқа тебетін жүктемелердің вертикаль әсерлерін қарастырғанда бұрылыстың еңекеюінен болған кез-келген азайтуды шегеріп, сәйкес динамикалық коэффициентке көбейтумен ұлғаяды.

- Орталықтан сыртқа тебетін күштердің сипаттамалық мәні келесі әдіспен есептелінеді:

$$Q_{tk} = \frac{v^2}{g \cdot r} (f \cdot Q_{vk}) = \frac{V^2}{127r} (f \cdot Q_{vk}), \quad (7.7)$$

$$q_{tk} = \frac{v^2}{g \cdot r} (f \cdot q_{vk}) = \frac{V^2}{127r} (f \cdot q_{vk}), \quad (7.8)$$

мұндағы Q_{tk} , q_{tk} – орталықтан сыртқа тебетін күштердің сипаттамалық мәні, кН, кН/м, ол 71 жүктеменің құрамдас бөліктерінен алынған;

Q_{vk} , q_{vk} – 71, SW/0, SW/2 және «жүктелмеген поезд» жүктеме модельдеріне арналған (динамикалық коэффициенттерді есепке алмай) вертикаль жүктемелердің сипаттамалық мәндері. HSLM жүктеме моделін қолданғанда орталықтан сыртқа тебетін күш 71 жүктемесінен болған табылған мәнге тең етіңп қабылданады

f - төмендетуші коэффициент, мынаған тең:

$$f = \left[1 - \frac{V-120}{1000} \cdot \left(\frac{814}{V} + 1,75 \right) \cdot \left(1 - \sqrt{\frac{2,88}{L_f}} \right) \right] \quad (7.9)$$

ең аз мәні 0,35 болған шартымен,

мұндағы v – сызықтың берілген учаскесіндегі ең жоғарғы жылдамдық, м/с (SW/2 жүктемесі үшін, 22,22 м/с);

V – сызықтың берілген учаскесіндегі ең жоғарғы жылдамдық, м/с (SW/2 жүктемесі үшін, 80 км/ч);

g – ауырлық күшін жылдамдату, 9,81 м/с²;

r – қисық радиусы, м;

L_f – дәсер сызығын жүктеу ұзындығы («әсер етуші ұзындық»), м;

$f=1$ немесе $v \leq 120$ үшін немесе $L_f \leq 2,88$ үшін;

$f < 1$ $120 < v \leq 300$ үшін ;

(7.4-кестесін немесе 7.8-суретті және (7.9) формуласын қара), және $L_f > 2,88$ $f_{(v)} = f_{(300)}$ $v > 300$ үшін.

7.4.1.2 [6.5.1(5)P] Есептеулер берілген жердегі белгілі (берілген) ең жоғарғы сызықтық жылдамдыққа негізделуі тиіс. SW/2 жүктеме моделінің жағдайында баламалы ең жоғарғы жылдамдық қабылдана алады.

ЕСКЕРТПЕ 1 Нақты жоба талаптарды белгілей алады.

ЕСКЕРТПЕ 2 SW/2 моделі үшін ең жоғарғы жылдамдық 80 км/сағ бола алады.

ЕСКЕРТПЕ 3 Инфрақұрылымның болашақта болатын өзгерістер мен болашақ жылжымалы құрамды ескеру үшін берілген жердегі жоғарлаған ең жоғарғы сызықты жылдамдықты анықтауға кеңес беріледі.

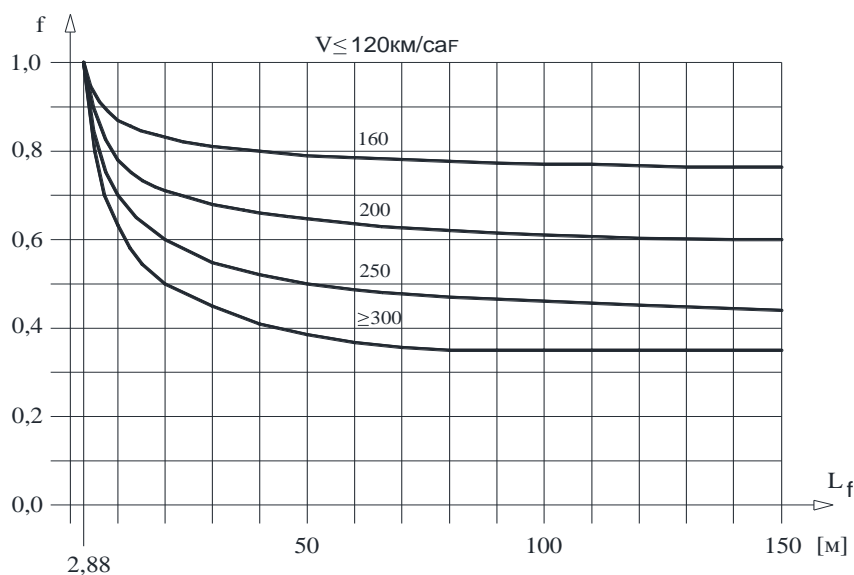
**7.4-кесте[6.7-кесте] —71 және SW/0 жүктеме модельдеріне арналған
f коэффициент**

$L_f, \text{ м}$	7.4.1.2 сәйкес ең жоғарғы жылдамдық , км/сағ				
	≤ 120	160	200	250	≥ 300
$\leq 2,88$	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
3	1,00	0,99	0,99	0,99	0,98
4	1,00	0,96	0,93	0,90	0,88
5	1,00	0,93	0,89	0,84	0,81
6	1,00	0,92	0,86	0,80	0,75
7	1,00	0,90	0,83	0,77	0,71
8	1,00	0,89	0,81	0,74	0,68
9	1,00	0,88	0,80	0,72	0,65
10	1,00	0,87	0,78	0,70	0,63
12	1,00	0,86	0,76	0,67	0,59
15	1,00	0,85	0,74	0,63	0,55
20	1,00	0,83	0,71	0,60	0,50
30	1,00	0,81	0,68	0,55	0,45
40	1,00	0,80	0,66	0,52	0,41
50	1,00	0,79	0,65	0,50	0,39
60	1,00	0,79	0,64	0,49	0,37
70	1,00	0,78	0,63	0,48	0,36
80	1,00	0,78	0,62	0,47	0,35
90	1,00	0,78	0,62	0,47	0,35
100	1,00	0,77	0,61	0,46	0,35
≥ 150	1,00	0,76	0,60	0,44	0,35

7.4.1.3 Жол учаскесіндегі ең жоғарғы жылдамдық 120 км/сағ асатын боса, онда мына есептеулерді ескеру қажет:

- 71 вертикаль ауыспалы жүктеме (егер бұл қажет боса, SW/0 жүктеме моделі үшін), $f=1$ коэффициенті бар 120 км/сағ жылдамдықта (7.7) және (7.8) формулаларымен есептелінген оның динамикалық коэффициенті, α коэффициенті мен орталықтан сыртқа тебетін күші бар;

- 71 вертикаль ауыспалы жүктеме (егер бұл қажет болса, SW/0 жүктеме моделі үшін), f коэффициентін ескере отырып, жолдың берілген жер учаскесіндегі ең жоғарғы жылдамдықты қолданып, 7.9 формуласы немесе 7.4-кесте немесе 7.8-сурет бойыша есептелінген динамикалық коэффициенті, $\alpha=1$ коэффициенті мен орталықтан сыртқа тебетін күші бар.



7.8-сурет[6.16-сурет]— 71 және SW/0 жүктеме модельдеріне арналған f коэффициент

7.4.1.4 LM71 және SW/0 модельдері үшін орталықтан сыртқа тебетін күш (7.7) және (7.8) формулаларымен және 7.5-кестеде көрсетілген жүктемелер жағдайына сәйкес жіктелген вертикаль жүктемелерді пайдаланып анықталуы тиіс. α коэффициенті 7.2.1.2 тармақшасында берілген.

7.5-кестеде төмендегілер берілген:

V — 7.4.1.2 сәйкес ең жоғарғы жылдамдық, км/ч;

f — 7.4-кестеге сәйкес төмендетуші коэффициент;

α — 7.2.1.2 сәйкес жіктелген вертикаль жүктемелерге арналған коэффициент;

LM71 " + " SW/0 — 71 жүктеме моделі және, егер бұл жағдайға сәйкес келсе, SW/0 жүктеме моделі бөлінбейін көпірлер үшін.

7.4.2 Дөңгелектердің бүйір қысымының күші

7.4.2.1 Дөңгелектердің бүйір қысымының күші горизонталь әрекет ететін, рельс жолының деңгейіндегі, рельс жолының белдік сызығына перпендикуляр жинақталған күш ретінде қабылдануы тиіс.

7.5-кесте [6.8-кесте] — α мәніне және берілген жердегі α ең жоғарғы сызықты жылдамдығының мәніне сәйкес келетін орталықтан сыртқа тебетін күшке арналған жүктемелерді анықтау жағдайлары

Мән α	Берілген жердегі ең жоғарғы сызықты жылдамд ық, км/ч	^{d)} негізделген орталықтан сыртқа тебетін күш				^{a)} негізделген сәйкес вертикаль көліктік әсер
		V , км/сағ	α	f		
$\alpha < 1$	>120	V	$1^c)$	f	$1^c) \times f \times$ (LM71" + "SW/0) 7.4.1.3 ^{b)} жағдайы үшін	$\Phi \times \alpha \times 1 \times$ (LM71" + "SW/0)
		120	α	1	$\alpha \times 1 \times$ (LM71" + "SW/0) 7.4.1.3 ^{a)} жағдайы үшін	$\Phi \times \alpha \times 1 \times$ (LM71" + "SW/0)
		0	—	—	—	
	≤ 120	V	α	1	$\alpha \times 1 \times$ (LM71" + "SW/0)	
		0	—	—	—	
$\alpha = 1$	>120	V	1	f	$1 \times f \times$ (LM71" + "SW/0) 7.4.1.3 ^{b)} жағдайы үшін	$\Phi \times 1 \times 1 \times$ (LM71" + "SW/0)
		120	1	1	$1 \times 1 \times$ (LM71" + "SW/0) 7.4.1.3 ^{a)} жағдайы үшін	$\Phi \times 1 \times 1 \times$ (LM71" + "SW/0)
		0	—	—	—	
	≤ 120	V	1	1	$1 \times 1 \times$ (LM71" + "SW/0)	
		0	—	—	—	
$\alpha > 1$	>120 ^{b)}	V	1	f	$1 \times f \times$ (LM71" + "SW/0) 7.4.1.3 ^{b)} жағдайы үшін	$\Phi \times 1 \times 1 \times$ (LM71" + "SW/0)
		120	α	1	$\alpha \times 1 \times$ (LM71" + "SW/0) 7.4.1.3 ^{a)} жағдайы үшін	$\Phi \times \alpha \times 1 \times$ (LM71" + "SW/0)
		0	—	—	—	
	≤ 120	V	α	1	$\alpha \times 1 \times$ (LM71" + "SW/0)	
		0	—	—	—	

^{a)} (LM71" + "SW/0) орнына $(0,5 \times (LM71" + "SW/0))$, мұнда вертикаль көліктік әсерлер қолайлы.

^{b)} 120 км/сағ шектелген ең жоғары жылдамдықпен ауыр жүктерді тасымалдау жобаланып тұрса қолданылады.

^{c)} $\alpha = 1$, f коэффициентпен поезд салмағының азаюын екі рет есептеуді болдырмас үшін.

^{d)} Орталықтан сыртқа тебетін күштен болатын вертикаль жүктеменің әсері бұрылыстың еңкеюінен болған кез-келген азайтуды шегеріп, сәйкес динамикалық коэффициентке көбейтумен ұлғаюы тиіс. Орталықтан сыртқа тебетін жүктемелердің вертикаль әсерлерін қарастырғанда α коэффициенті жоғарыда көрсетілгендей есепке алынуы тиіс.

7.4.2.2 Дөңгелектердің бүйір қысымы күштерінің сипаттамалық мәні $Q_{sk} = 100$ кН тең етіп алынады және 7.3.3 тармағында берілген Φ динамикалық коэффициентке немесе 7.4.1 тармағында берілген f коэффициентке көбейтілмеуі тиіс.

7.4.2.3 [6.5.2(3)] дөңгелектердің бүйір қысымы күштерінің сипаттамалық мәні 7.4.2.2 бойынша $\alpha \geq 1$ үшін 7.2.1.2 тармақшасында берілген α коэффициентке көбейтілуі тиіс.

7.4.2.4 Дөңгелектердің бүйір қысымы күштерінің сипаттамалық мәні жылжымалы құрамнан түсетін вертикаль жүктемемен ескерілуі тиіс.

7.4.3 Тежеу және ауырлық күштері

7.4.3.1 Тежеуден болатын әсерлер немесе ауырлық күштері $L_{a,b}$ әсер ету сызығы жүктемесінің ұзына бойы рельстердің басына қойылған бір қалыпты бөліп таратылған күштерді білдіреді.

7.4.3.2 Ауырлық және тежеу күштері әрекетінің бағыттары бойламақұрылыстағы жылжымалы құрам қозғалысының мүмкін бағытына сүйене отырып, қабылданады.

7.4.3.3 71, SW/0, SW/2 және HSLM модельдері үшін ауырлық күшінің сипаттамалық мәні $Q_{lak} = 33$ [кН/м] $\times L_{a,b}$ [м] тең етіп алынады, бірақ өзінің жүктеме ұзындығынан 1000 кН аспайды.

7.4.3.4 71, SW/0, SW/2 және HSLM модельдері үшін тежеу күшінің сипаттамалық мәні $Q_{lak} = 20$ [кН/м] $\times L_{a,b}$ [м] тең етіп алынады, бірақ өзінің жүктеме ұзындығынан 6000 кН аспайды.

7.4.3.5 SW/2 жүктеме моделі үшін тежеу күші шектеусіз 35 [кН/м] $\times L_{a,b}$ [м] тең етіп қабылданады.

7.4.3.6 Тежеу және ауырлық күштерінің сипаттамалық мәндерін Φ және f коэффициенттерін есепке алмай қабылау керек.

7.4.3.7 71 және SW/0 жүктеме модельдері үшін тежеу және ауырлық күштері 7.2.1.2 тармақшасында берілген α коэффициентіне көбейтілуі тиіс.

7.4.3.8 Тежеу және ауырлық күштері сәйкес вертикаль ауыспалы жүктемелер моделімен бірге әрекет етулері керек.

7.4.3.9 [6.5.3(8)] Егер рельс жолы көпірдің бір немесе екі шетінде де үздіксіз болса, онда тежеу және ауырлық күшінің бір бөлігі ғана бойламақұрылыс арқылы тіректерге беріледі, ал күштің қалған бөлігі рельс жолы арқылы жаға тұрақтарының артына беріледі. Бойламақұрылыс арқылы тіректерге берілетін күштің бір бөлігі Γ қосымшасына сәйкес конструкция мен рельс жолдарының ортақ реакциясын есепке ала отырып, анықталуы тиіс.

7.4.3.10 Егер көпірде әртүрлі қозғалыс бағытында екі не одан көп рельс жолы орналасқан болса, онда жолдың біруінде тежеу күштерін екінші жолдағы ауырлық күшімен бірлесіп қарастыру керек. Егер көпірде бір қозғалыс бағытында екі не одан көп рельс жолы орналасқан болса, онда екі рельс жолындағы ауырлық күштерінің немесе тежеу күштерінің ортақ әрекет ету жағдайлары ескерілуі тиіс.

7.4.3.11 SW/0, SW/2 жүктеме модельдері үшін ауырлық және тежеу күштері 7.3-муретке және 7.1-кестеге сәйкес бойламақұрылыстың осы вертикаль жүктемелері бар учаскелеріне беріледі.

7.4.3.12 Тежеу және ауырлық күштері «жүктелмеген поезд» жүктеме моделі үшін ескерілмесе болады.

7.5 Жүктеу ережелері

7.5.1 Теміржол қозғалысына арналған көпірлерді жоспарлағанда бойлама құрылыста бірнеше жолдың болуын ескеру керек. Егер бойлама құрылыста жобалау тапсырмасында жазылғаннан да көп бірнеше рельс жолдарын салу мүмкін болса, онда барлық мүмкін жолдарды жүктеу кезіндегі шекті жағдайын тексеру жүргізілуі тиіс. Бойлама құрылыстағы рельс жолдарының мүмкін саны бойлама құрылыстың ені, сондай-ақ жылжымалы құрамның жақындау габариттерінің негізінде анықталады.

7.5.2 Жүктеме әсерлері жүктеме модельдерінің ең қолайсыз жағдайынан алынуы тиіс. Бұл ретте қолайлы жағдай туғызатын жүктеме моделінің бөлігі еспке алынбайды.

7.5.3 Бойлама құрылыстарды 71-жүктеме моделімен жүктегенде ең қолайсыз жағдайға қол жеткізу үшін мына қосымша ережелерді қолдану қажет:

- Бір қалыпты бөліп таратылған жүктеме бөліктері қолайсыз әсер тудыратын әсер ету сызықтарының учаскелеріне ғана қойылады;

- Бір рельс жолында 71- жүктеме моделінен тұратын бір ғана жинақталған жүктеме бола алады;

- Екі немесе одан да көп рельс жолдары бар бойлама құрылыстар үшін мына жүктеме жағдайларын қарастыру қажет: бір немес екі жолды толығымен 71 жүктемесімен және үш немесе одан да көп жолдарды 0,75 төмендету коэффициенті бар 71 жүктеме моделімен жүктеу.

7.5.4 SW/0 жүктеме моделін қолданғанда 71 жүктеме моделіне қолданылатын ережелер де қолданылады.

7.5.5 Бірнеше рельстен тұратын конструкциялар үшін SW/2 жүктеме моделі кез-келген рельстің біреуіне қойыла алады, бірақ бұл кезде 71 жүктеме моделі немесе SW/0 жүктеме моделі 7.5.3 және 7.5.4 сәйкес басқа рельс жолына қойылуы тиіс.

7.5.6 71 жүктеме моделіне ынғайланып жобаланатын бөлінбейтін бойлама құрылыстар үшін SW/0 жүктемесіне төзімділігін тексеру міндетті.

7.5.7 «Жүктелмеген поезд» жүктеме моделі үшін келесі ережелер берілген:

- Бос жылжымалы құрам жүктемесімен жүктеу ізделіп отырған жүктеме нәтижесі мәнінің өсуін тудыратын әсер ету сызықтарының учаскелерінде ғана жүргізіледі.

- Бір рельс жолы бар бойлама құрылыстар үшін «жүктелмеген поезд» жүктеме моделін қолданып, шекті жағдайын тексеру міндетті болып табылады.

7.5.8 7.7.1 сәйкес ұзына буюйғы құрылыстың динамикалық есебін анықтау қажеттілігі анықталса, онда есепті теміржол желісіне қарай нақты поезддардан немесе HSLM жүктемесінен түсетін жүктемелерге жүргізу керек. Нақты поезддардан түсетін жүктемелердің ең қолайсыз әсерлерін анықтау және HSLM жүктеме моделін қолдану 7.2.4.6 және 7.7.8.3 тармақтарына сәйкес орындалуы тиіс.

7.5.9 Майысқан жерлерді, деформациялар мен ауытқуларды тексергенде есепке келесі жүктеме модельдері алынуы тиіс:

- 71 жүктеме моделі және SW/0 және SW/2 модельдері, қажет болғанда;

–HSLM жүктеме моделі, егер жоғары жылдамдықтағы поездарды пайдалану болжанса;

–Нақты поезд моделі, егер бойлама құрылыстың динамикалық сараптамасының қажеттілігі болса.

7.5.10 [6.8.1(11)P] бір немесе бірнеше рельс жолдарынан тұратын бойлама құрылыстар үшін майысқан жерлердің және тербелістердің шекті мәндерін тексеру рельс жолдарын 7.6-кестеге сәйкес қабылданған барлық тиісті көліктік әсерлермен жүктелгенде орындалуы тиіс. Егер бұл 7.2.1.2 тармағына сәйкес қажет болса, онда жіктелген жүктемелер есепке алынуы тиіс.

7.6-кесте [6.10-кесте] — Майысқан жерлердің және тербелістердің шекті мәндерін тексеру үшін жүктелуі тиіс рельс жолдарының саны

Шекті жағдайы және сәйкес жарамдылық белгілері	Көпірдегі рельстер саны		
	1	2	≥3
Жол қозғалысы қауіпсіздігін тексеру:			
- бойлама құрылыстың бұралуы (ҚР ҚН EN 1990, A2.4.4.2.2)	1	1 немесе 2	1,немесе 2,немесе 3, немесеодан жоғары
- бойлама құрылыстың вертикаль деформациялануы (ҚР ҚН EN 1990, A2.4.4.2.3)	1	1 немесе 2	1,немесе 2,немесе 3, немесеодан жоғары
- бойлама құрылыстың горизонталь деформациялануы(СН РК EN 1990, A2.4.4.2.4)	1	1 немесе 2	1,немесе 2,немесе 3, немесеодан жоғары
- конструкция мен рельс жолының ауыспалы әсерлерге, бойлама құрылыс шегінің вертикаль және ұзынан жылжуының шекті мәндерін қоса алғандағы ортақ реакциясы (ҚР ҚН EN 1991-2:2003/2011, 6.5.4)	1	1 немесе 2	1 немесе 2
- бойлама құрылыстың вертикаль жылдамдауы (ҚР ҚН EN 1991-2:2003/2011, 6.4.6 және ҚР ҚН EN 1990:2002+A1:2005/2011, A2.4.4.2.1)	1	1	1
SLS тексерулері:			
- жолаушылар жайлылығының белгілері (ҚР ҚН EN 1990:2002+A1:2005/2011, A2.4.4.3)	1	1	1
ULS тексерулері			
- бойлама құрылыс тіректерін көтеру (ҚР ҚН EN 1990:2002+A1:2005/2011, A2.4.4.1(2)P)	1	1 немесе 2	1,немесе 2,немесе 3, немесеодан жоғары
ЕСКЕРТПЕ Егер жүктемелер тобы қолданылса, онда қарауға жататын рельстер саны 7.7-кестеге сәйкес келуі тиіс. Егер жүктемелер тобы қолданылмаса, онда қарауға жататын рельстер саны 7-7-кестеге сәйкес болуы тиіс.			

7.6 Жүктемелер тобы

7.6.1 «Жүктемелер тобы» бұл жылжымалы құрамнан түсетін жүктемелерді ҚР ҚН EN 1990:2002+A1:2005/2011 A2 қосымшасында және осы НТҚ А қосымшасында айтылған теңестірулерде бірыңғай жүктеме болып табылатын жүктемелер комбинациясы.

7.6.2 Төменде берілген әрбір топ бірыңғай жүктеме ретінде қабылдануы тиіс және А қосымшасына сәйкес көліктік емес жүктемелермен үйлесімде болуы тиіс (немесе айтылған топтардан алынған жүктеме әсері басқа жүктемелер әсерімен (ауыспалы көліктік емес) үйлесімді болуы тиіс).

7.6.3 Әрбір жүктеме тобы үшін «негізгі» және «ілеспелі» жүктемелер белгіленген. «Негізгі» жүктемелер сипаттамалық болып қабылданады, «ілеспелі» 7.7-кестеде берілген төмендету коэффициенттерін есепке алып қабылданады. А қосымшасына сәйкес жалпы жүктеме әсерін есептеп шығарғанда барлық тұрақты және ауыспалы әсерлерден көліктен болатын жүктеме тобына ψ бірыңғай коэффициенті қолданылады және шекті соңғыжағдайын тексергенде γ_Q бірыңғай коэффициенті қолданылады. Жүктемелер тобы 7.7.-кестеде берілген. Ψ және γ_Q коэффициенттерінің мәндері А қосымшасында берілген.

7.7 Динамикалық есеп параметрлері

7.7.1 Жалпы ережелер

7.7.1.1 Бойлама құрылыстан жоғары жылдамдықтағы поездар өткенде резонанс құбылыстарының, бойлама құрылыстың елеулі жылдамдауы немесе жол беруге бомайтын майысулар шығу мүмкіндігі бар. Олар конструкцияның төзімділігіне, бойлама құрылыстың да поездардың да қауіпсіз пайдаланылуына әсер етеді. Мұндай құбылыстар нақты айналымдағы поездардан да болуы мүмкін.

7.7.1.2 Өтіп жатқан жүктемелер астындағы бойлама құрылыстың динамикалық күйі келесі факторларға байланысты болады:

а) Жүктеме параметрлері:

- 1) Өтіп бара жатқан поездардың жылдамдығы;
- 2) Бойлық ұзындығы;
- 3) Көлемі.

б) Жол параметерлері:

- 1) Жеке жиіліктері .

в) Конструкция параметрлері:

- 1) Белдіктер саны, олардың арасындағы қашықтық;
- 2) Белдіктерге түсетін жүктеме;
- 3) Демпфирлеу;
- 4) Жол ақаулары.

Сонымен қатар конструкцияның динамикалық күйіне әсер ететін факторлар болып мыналар болып табылады::

–бойлама құрылыс тақталарының және/немесе рельс жолдарының үнемі орналасқан тірек конструкцияларының болуы (көлденең бөренелер, шпалдар және т.б.);

–рельс жолдарының динамикалық сипаттамалары (балласт, шпалдар, рельс жолдарының компоненттері және т.б.);

–Көлік құралының жетілмегендігі (дөңгелектердің ойылуы, домалақ емес дөңгелектер, аспалардың зақымдануы және т.б.);

–Көлік құралының серіппелі/серіппесіз салмағы және көлік аспасының сипаттамасы.

7.7.1.3 Нақты поездың динамикалық әсері жылжымалы нүкте қойылған жинақталған күштердің жиынтығы болып табылуы мүмкін. Көлік құралының және конструкция салмақтарының өзара байланыс әсерін елемеуге болады.

7.7-кесте[6.11-кесте]–Теміржол көлігінен түсетін жүктемелер тобы (көп компонентті әсерлердің сипаттамалық мәндері)

Конструкция дағы рельс жолдарының саны			Жүктемелер тобы			Вертикаль күштер			Горизонталь күштер			Ескертпе
			Ссылка на СН РК EN 1991-2:2003/2011			7.2.1; 7.2.2	7.2.2	7.2.3	7.4.3	7.4.1	7.4.2	
1	2	3	Жүктелген рельс жолдарының саны	Жүктемелер тобы ⁽⁸⁾	Жүктелген рельс жолы	LM 71 ⁽¹⁾ SW/0 ^{(1);(2)} HSLM ⁽⁶⁾ :(7)	SW/2 ^{(1);(3)}	Жүктелмеген поезд	Ауырлық күші, тежеу күштері ⁽¹⁾	Ортаықта н сыртқа тебетін күш ⁽¹⁾	Дөңгелектердің бүйір қысымының күштері ⁽¹⁾	
			1	gr11	T ₁	1			1 ⁽⁵⁾	0,5 ⁽⁵⁾	0,5 ⁽⁵⁾	Ең жоғарғы вертикаль 1 ең жоғарғы бойлама
			1	gr12	T ₁	1			0,5 ⁽⁵⁾	1 ⁽⁵⁾	1 ⁽⁵⁾	Ең жоғарғы вертикаль 2 ең жоғарғы көлденең
			1	gr13	T ₁	1 ⁽⁴⁾			1	0,5 ⁽⁵⁾	0,5 ⁽⁵⁾	Ең жоғарғы бойлама
			1	gr14	T ₁	1 ⁽⁴⁾			0,5 ⁽⁵⁾	1	1	Ең жоғарғы бүйір
			1	gr15	T ₁			1		1 ⁽⁵⁾	1 ⁽⁵⁾	«Жүктелмеген поездбен» көлденең төзімділік
			1	gr16	T ₁		1		1 ⁽⁵⁾	0,5 ⁽⁵⁾	0,5 ⁽⁵⁾	SW/2 ең жоғарғы бойлама
			1	gr17	T ₁		1		0,5 ⁽⁵⁾	1 ⁽⁵⁾	1 ⁽⁵⁾	SW/2 ең жоғарғы көлденең
			2	gr21	T ₁ T ₂	1 1			1 ⁽⁵⁾ 1 ⁽⁵⁾	0,5 ⁽⁵⁾ 0,5 ⁽⁵⁾	0,5 ⁽⁵⁾ 0,5 ⁽⁵⁾	Ең жоғарғы вертикаль 1 ең жоғарғы бойлама
			2	gr22	T ₁ T ₂	1 1			0,5 ⁽⁵⁾ 0,5 ⁽⁵⁾	1 ⁽⁵⁾ 1 ⁽⁵⁾	1 ⁽⁵⁾ 1 ⁽⁵⁾	Ең жоғарғы вертикаль 2 ең жоғарғы көлденең
			2	gr23	T ₁ T ₂	1 ⁽⁴⁾ 1 ⁽⁴⁾			1 1	0,5 ⁽⁵⁾ 0,5 ⁽⁵⁾	0,5 ⁽⁵⁾ 0,5 ⁽⁵⁾	Ең жоғарғы бойлама
			2	gr24	T ₁ T ₂	1 ⁽⁴⁾ 1 ⁽⁴⁾			0,5 ⁽⁵⁾ 0,5 ⁽⁵⁾	1 1	1 1	Ең жоғарғы көлденең
			2	gr26	T ₁ T ₂	1 1	1		1 ⁽⁵⁾ 1 ⁽⁵⁾	0,5 ⁽⁵⁾ 0,5 ⁽⁵⁾	0,5 ⁽⁵⁾ 0,5 ⁽⁵⁾	SW/2 ең жоғарғы бойлама
			2	gr27	T ₁ T ₂	1 1	1		0,5 ⁽⁵⁾ 0,5 ⁽⁵⁾	1 ⁽⁵⁾ 1 ⁽⁵⁾	1 ⁽⁵⁾ 1 ⁽⁵⁾	SW/2 ең жоғарғы көлденең
			≥3	gr31	T _i	0,75			0,75 ⁽⁵⁾	0,75 ⁽⁵⁾	0,75 ⁽⁵⁾	Қосымша жүктеме жағдайы

⁽¹⁾Барлық сәйкес мәндер (α , Φ , f ,...) есепке алынуы тиіс.

⁽²⁾ SW/0 моделі бөренелі бөлінбейтін конструкциялар үшін ғана есепке алынуы тиіс.

⁽³⁾ SW/2 моделін желі үшін ескертілген болған жағдайда ғана есепке алынуы тиіс.

⁽⁴⁾Егер әсер қолайлы болса, коэффициентті 0,5-ке дейін азайтуға болады, бірақ ол 0-ге тең бола алмайды.

⁽⁵⁾Қолайлы жағдайларда осы басым емес мәндер 0-ге тең болып алынуы керек.

⁽⁶⁾ HSLM және нақты поезддардан түсетін жүктеме модельдері, егер олар талап етілсе, 7.7.1 және 7.2.4 сәйкес.

⁽⁷⁾7.7.1-тармағына сәйкес динамикалық жүктемені есептеу керек болса, сондай-ақ 7.7.8.3 және 7.7.7. қара.

⁽⁸⁾Сондай-ақ А қосымшасының А3-кестесін және ҚР ҚН EN 1990:2002+A1:2005/2011 А2.3-кестесін қара

Басым компоненттің әсері, егер ол қолданылатын болса.

Бір рельс жолынан тұратын конструкцияны есептегенде қарау керек (жүктемелер тобы 11-17).

Екі рельс жолынан тұратын конструкцияны есептегенде қарау керек (жүктеме тобы 11 -27, 15-тен басқа). Осы рельс жолдарының әрқайсысын T₁ (рельс жолы 1), немесе T₂ (рельс жолы 2) ретінде қарау керек. .

Үш немес одан да көп рельс жолдарынан тұратын конструкцияны есептегенде қарау керек (жүктемелер тобы 11-31, 15-тен басқа). Әрбір рельс жолы басқа әрбір рельс жолы сияқты T₂ ретінде, ал қалған рельс жолдары жүктелмеген сияқты қабылдануы тиіс. Сонымен қатар жүктемелер тобы 31 қосымша жүктеме жағдайы ретінде қарастыру керек. Онда барлық қолайсыз рельс жолдарының ұзындықтары T_i-мен жүктелген.

7.7.1.4 Есептегенде поездың бар ұзындығы бойынша белдік күштерінің түрлендірмесі және жеке белдіктер мен белдік топтары үшін интервалдың түрлендірмесі есепке алынуы тиіс.

Ереже бойынша есептеу әдісі конструкцияның келесі динамикалық сипаттамаларын есепке алуы тиіс:

- көрші жиіліктердің жақындығы мен ауытқудың сәйкес түрлері – соңғы конструкциялар үшін;
- майысатын және айналатын түрлердің арасындағы өзара байланыс;
- бойлама құрылыстың жеке элементтерінің күйі (аз ғана қалыңдықтағы көпір жабындысы және ортасынан жүретін көпірдің немесе ферманың көлденең бөренелері және т.б.)
- тақталардың ассиметриялық күйі және т.б.

7.7.1.5 Әрбір бөлек жинақталған күш белдігін белгілеу ұзындығы 10 м аспайтын жүктемелер үшін динамикалық әсерлердеі қайта бағалауға әкеледі. Мұндай жағдайларда рельстерден, шпалдар мен балластан түскен жүктемелерді бөліп тарату есептерінің нәтижелері есепке алынуы мүмкін.

7.7.1.6 Жеке белдік жүктемелері динамикалық жүктемені есептеу кезінде бойлама бағытта бір қалыпты бөліп таратылмауы тиіс.

7.7.1.7 Бойлама құрылысты статикалық немесе динамикалық қалыпта есептеу қажеттілігі 7.8-суретте берілген логикалық схема негізінде анықталады.

7.7.1.8 7.9-суретте берілген логикалық схеманы қолданғанда мына қосымша ережелерді басшылыққа алу керек:

- Статикалық конструкция деп негізгі бөренемен еркін тірелген бойлама құрылысты, немесе аз ғана қисықтығы бар бойлама тақталарда айтамыз;

- Д1 және Д2 кестелері мен оларды қолданудың сәйкес шамалары Д қосымшасында берілген;

- Динамикалық жүктемені есептеу нақты поездың жиі кездесетін пайдалану жылдамдығы конструкцияның резонанс жылдамдығына тең болған жерде талап етіледі;

- ϕ_{dyn}^1 нақты поездарға арналған динамикалық әсер компонентін анықтайды және 7.7.8.3 сәйкес есептелінеді;

- Бөлінбейтін жүйелі көп бойлама құрылыс жағдайында А2 ҚР ҚН EN 1990:2002+A1:2005/2011 (А2, А2.4.4 кара) А2 қосымшасында берілген төзімділік, шекті деформация, жолаушылар жайлылығының өте жақсы стандартына сәйкес келетін жолаушылар вагоны корпусының ең жоғарғы жылдамдату (немесе сәйкес шекті ауытқуларға арналған) талаптарын қанағаттандыру тиіс.

- 7.6-суретте көрсетілген шекті мәндер аймағына кіретін бірінші жеке жиілігі n_0 бар және берілген жердегі ең жоғарғы сызықты жылдамдығы 200 км/сағ аспайтын көпірлер үшін динамикалық жүктемені есептеу талап етілмейді;

- Жоғарғы шектен (1) асатын (7.6-суретте) бірінші жеке жиілігі n_0 бар көпірлер үшін (динамикалық жүктемені есептеу талап етіледі;

- Жоғарғы шек n_0 рельс жолдарының ақауларына негізделіп динамикалық қосымша әсерімен анықталады және $n_0 = 94,76 \cdot L^{-0,748}$ формуласымен беріледі;

- Төменгі шек n_0 динамикалық әсер белгілерімен анықталады және $n_0 = 80/L$ 4 м үшін $\leq L \leq 20$ м және $n_0 = 23,58 \cdot L^{-0,592}$ 20 м $< L \leq 100$ м үшін, мұндағы n_0 – тұрақты жүктеме болғандағы көпірдің бірінші жеке жиілігі, ГЦ; L – бойлама құрылыстың, бөлінетін көпірлердің ұзындығы, м немесе L_{Φ} - көпірдің басқа түрлері үшін.

- Майысуға ғана ұшырайтын бөлінетін бойлама құрылыс үшін жеке жиілік, Гц мына формуламен анықтала алады:

$$n_0 = \frac{17,75}{\sqrt{\delta_0}}, \quad (7.10)$$

мұндағы δ_0 —тұрақты әсерлерден болған бойлама құрылыстың ортасындағы майысу. Ол көпірдің жеке жиілігіне сәйкес келетін жүктеме мерзімдеріне сәйкес темір бетон көпірлерге арналған төзімділіктің қысқа мерзімді модулін қолдану арқылы есептелінеді.

7.7.1.9 7.9-суретте берілген логикалық схемаға сәйкес жоғары жылдамдықтағы қозғалыспен пайдалануға арналмаған бөлінбейтін бойлама құрылыстар динамикалық есептеуді қажет етпейді.

7.7.2 HSLM жүктеме модельдерімен конструкцияларды динамикалық жүктеу параметрлері

7.7.2.1 HSLM жүктеме модельдерімен конструкцияларды динамикалық жүктеу параметрлері әмбебап поезддарды іріктеу негізінде анықталады. Әмбебап поездды іріктегенде Еуропа Одағының теміржол желісінде жүретін поезддарға тән келесі шекті шектеулерді пайдалану керек.

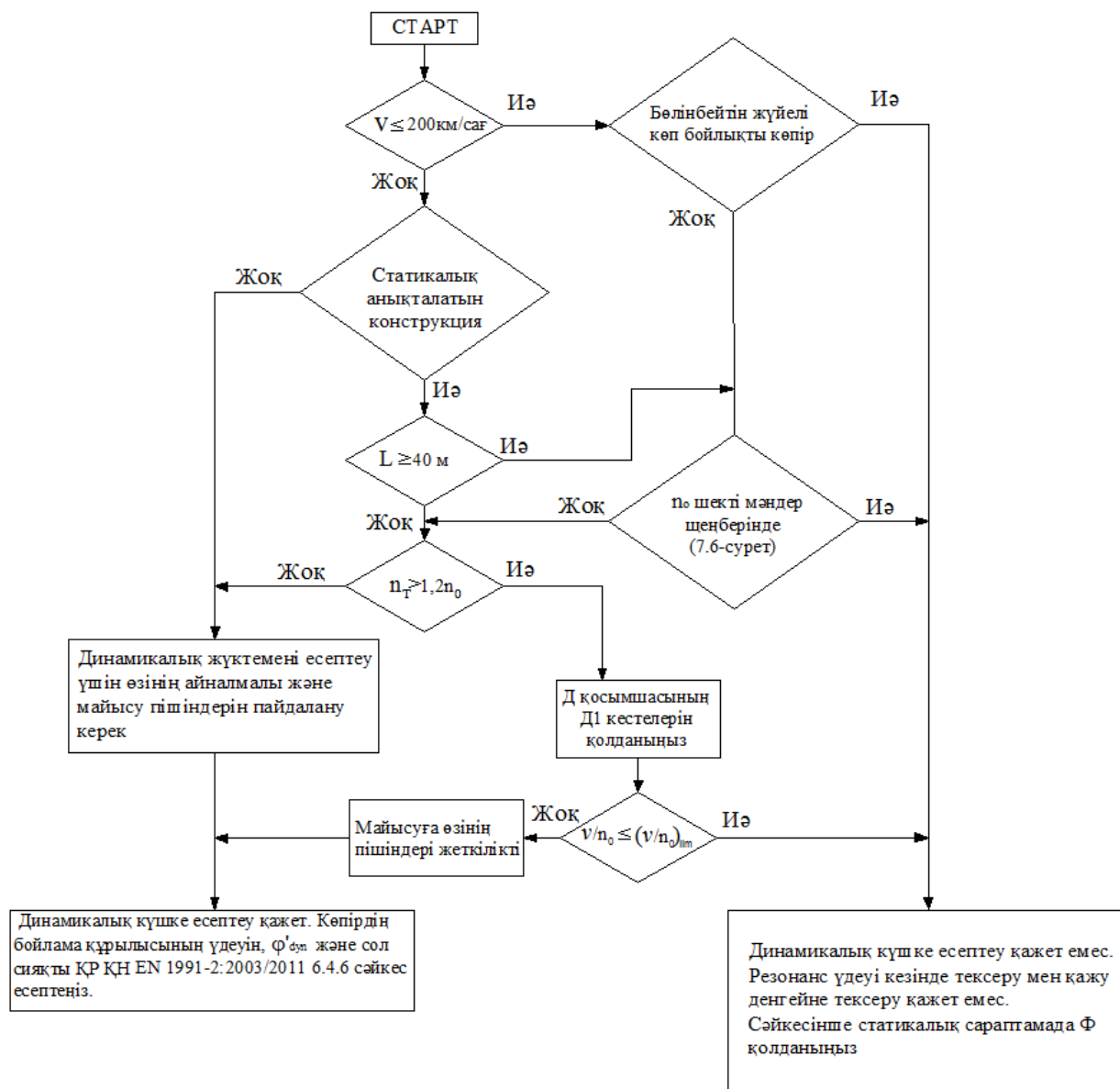
Поездар үш категорияға бөлінеді:

- бөлшектелген;
- қарапайым;
- тұрақты айналымдағы.
- әрбір белдік жүктеме P 170 кН мәнімен шектелген, ал қарапайым поезддар үшін де (7.11) формуласына сәйкес қабылданған мәнмен шектелген:

$$4P \cdot \cos\left(\frac{\pi d_{BS}}{D}\right) \cos\left(\frac{\pi d_{BA}}{D}\right) \leq 2P_{HSLMA} \cdot \cos\left(\frac{\pi d_{HSLMA}}{D_{HSLMA}}\right), \quad (7.11)$$

мұндағы P_{HSLMA} , d_{HSLMA} және D_{HSLMA} — 7.4-суретке және 7.2-кестеге сәйкес әмбебап поезддардың және D_{HSLMA} жолаушылар вагонының ұзындығына сәйкес келетін параметрлер:

- жеке әмбебап поезд үшін, мұндағы $D_{HSLMA} D$ мәніне тең;
- екі әмбебап поезд үшін, мұндағы D_{HSLMA} тең емес, ал D_{HSLMA} мәні D асатын және D аспайтын болып алынады;
- D , D_{IC} , P , d_{BA} , d_{BS} және e_{CM} мәндері 7.10 ÷ 7.12 суреттерінде берілген бөлшектелген, қарапайым және тұрақты айналымдағы поезддар үшін сәйкес сияқты берілген:



Схемадағы белгілер:

V — берілген жердегі ең жоғарғы сызықтық жылдамдық, км/сағ;

L — бойлама құрылыс ұзындығы, м;

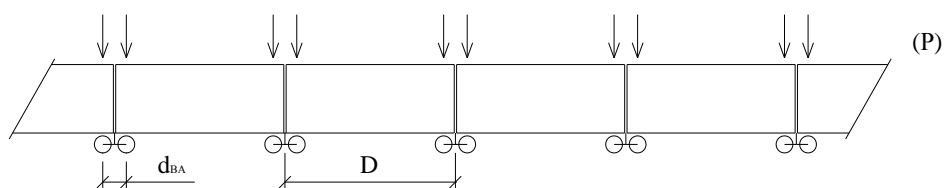
n_0 — тұрақты әсерлермен жүктелген көпірдің майысқан жерінің жеке бірінші жиілігі, Гц;

n_T — тұрақты әсерлермен жүктелген көпірдің майысқан жерінің жеке бірінші айналмалы жиілігі, Гц;

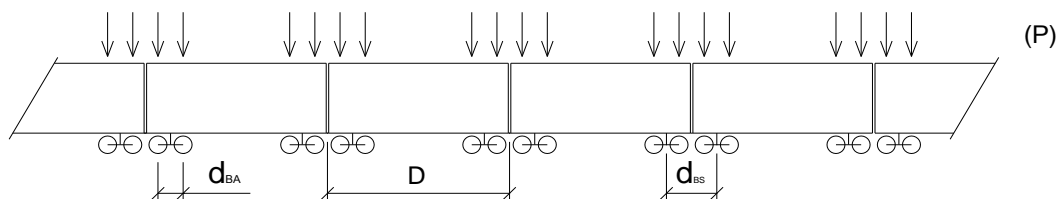
v — ең жоғарғы берілген жылдамдық, м/с;

$(v/n_0)_{lim}$ — Д қосымшасында берілген және осы қосымшада берілген поездардың жеке түрлеріне ғана жүреді. Осы қосымша HSLM жүктеме моделі үшін таралмайды.

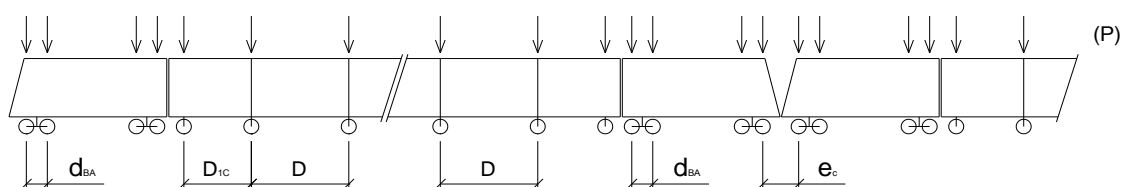
7.9-сурет[6.9-сурет]—Динамикалық қалыпта есептеудің қажеттігін анықтауға арналған логикалық схема



7.10-сурет[E.1-сурет] –Бөлшектелген поезд



7.11-сурет[E.3-сурет] -Қарапайым поезд



7.12[E.2-сурет] –Тұрақты айналымдағы поезд

- D қашықтығы, м жолаушылар вагонының ұзындығына немесе 7.8-кестеге сәйкес тұрақты қайталанатын белдіктер арасындағы қашықтыққа сәйкес;
- белдік аралық интервал d_{BA} $2,5 \leq d_{BA} \leq 3,5$ формуласына сәйкес арбаша шегінде орналасады;
- қарапайым поезддар үшін (7.11) формуласымен анықталатын жақынкөлік құралдарының арбашалары ортасының арасындағы қашықтық d_{BS} , м.;

7.8-кесте-HSLM жүктеме моделіне сәйкес келетін жоғары жылдамдықтағы жолаушылар поезддарына арналған шектеу параметрлері

Поезд түрі	P , кН	D , м	D_{IC} , м	e_c , м
Бөлшектелген	170	$18 \leq D \leq 27$	—	—
Қарапайым	(7.14) формуласына сәйкес келетін 170-тен аз мән	$18 \leq D \leq 27$	—	—
Тұрақты айналымдағы	170	$10 \leq D \leq 14$	$8 \leq D_{IC} \leq 11$	$7 \leq e_c \leq 10$

- D/d_{BA} мәндері ($d_{BS} - d_{BA}$)/ d_{BA} бүтін сандарға жақын болмауы тиіс;
- поездың ең жоғарғы толық салмағы 10 000 кН тең болуы тиіс;
- поездың ең жоғарғы салмағы 400 м тең болуы тиіс;
- белдіктің ең жоғарғы серіппесіз салмағы 2 т тең болуы тиіс.

7.7.2.2 [Е.2(1)] Желілік бөренелерге тән динамикалық күй көрсететін және ұзындығы 7 м және одан да көп еркін тірелген бойлама құрылыстар үшін HSLM-A жүктеме моделі негізінде алынған бөлек әмбебап поезд динамикалық жүктемені есептеуге пайдаланыла алады.

7.7.2.3 ҚР ҚН EN 1991-2:2003/2011 ережелеріні Е.2(2) сәйкес соңғы әмбебап поезд төмендегілердің функциясы ретінде берілген:

- қозу толқынының аумалы ұзындығы λ_c , м, мұндағы қозу толқынының аумалы ұзындығы λ_c :

- ең жоғарғы есептік жылдамдықтағы λ_v қозу толқыны ұзындығының, м;
- көпірдің ұзына бойының L , м;
- қозу толқынының ұзындық диапазоны 4,5 м-ден λ_v көлеміне м дейінгі $A_{(L/\lambda)} G_{(\lambda)}$, кН/м қаттылығының шекті мәнінің қызметі болып табылады.

7.7.2.4 ҚР ҚН EN 1991-2:2003/2011 ережелерінің Е.2(3) сәйкес ең жоғарғы есептік жылдамдықтағы қозу толқынының ұзындығы мына формуламен беріледі:

$$\lambda_v = v_{DS} / n_0, \quad (7.12)$$

мұндағы n_0 - еркін тірелген бойлама құрылыстың бірінші жеке жиілігі, Гц;

v_{DS} - ең жоғарғы есептік жылдамдық, ереже бойынша 1,2 тең боуы тиіс х берілген учаскедегі ең жоғарғы желілік жылдамдық м/с.

7.7.2.5 [Е.2(4)] Қозу толқынының аумалы ұзындығы ҚР ҚН EN 1991-2:2003/2011 ережелерінің Е.4÷Е.17-суреттерінде ұзындығы L , м, қозу толқынының ұзындық диапазоны 4,5 –тен λ_v , м дейін болатын бойлама құрылыс үшін $A_{(L/\lambda)} G_{(\lambda)}$ қаттылықтың шекті мәніне сәйкес келетін λ_c көлемі ретінде берілуі тиіс

Егер бойлама құрылыстың ұзындығы ҚР ҚН EN 1991-2:2003/2011 ережелерінің Е қосымшасындағы Е.4÷Е.17-суреттерінің базалық ұзындығына L сәйкес келмесе, онда L көлеміне сәйкес келетін екі сурет назарға алынуы тиіс. Олар бойлама құрылыстың ұзындыған аз немесе бойлама құрылыстың ұзындыған көп қабылданған. Қозу толқынының аумалы ұзындығы λ_c ең жоғарғы қаттылыққа сәйкес келетін сурет негізінде анықталуы тиіс. Диаграммалар арасында интерполяция жасауға рұқсат етілмейді.

МЫСАЛ

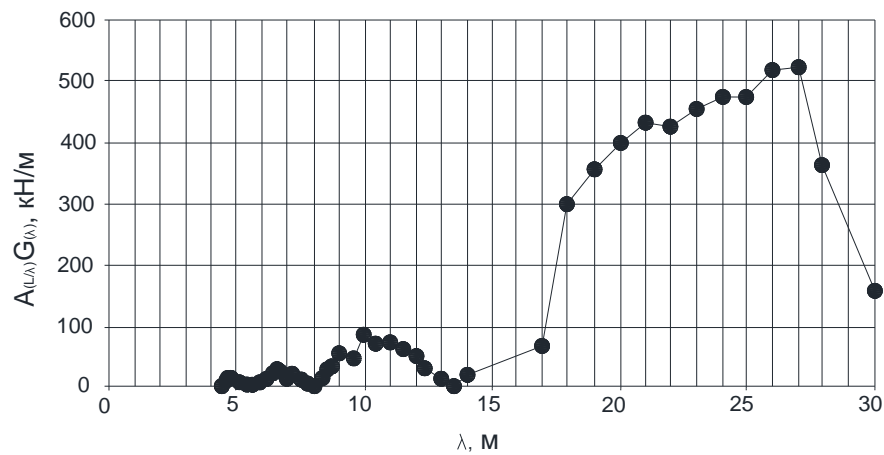
Берілгені: Бір бойлықты бөлінетін бойлама құрылыс ұзындығы 20 м ($L=20$ м). Жеке жиілігі 5 Гц ($f_0=5$ Гц) құрайды. Демпфирлеу $\zeta = 1,0\%$. Поездың ең жоғарғы жылдамдығы 300 км-сағ.

Талап етіледі: Аумалы поездардың сипаттамалары.

Шешімі: Ең жоғарғы есептік жылдамдық $v_{\max}=300 \cdot 1,2/3,6=100$ м/с

$$\lambda_{\max} = v_{\max} / f_0 = 100 / 5 = 20 \text{ м}$$

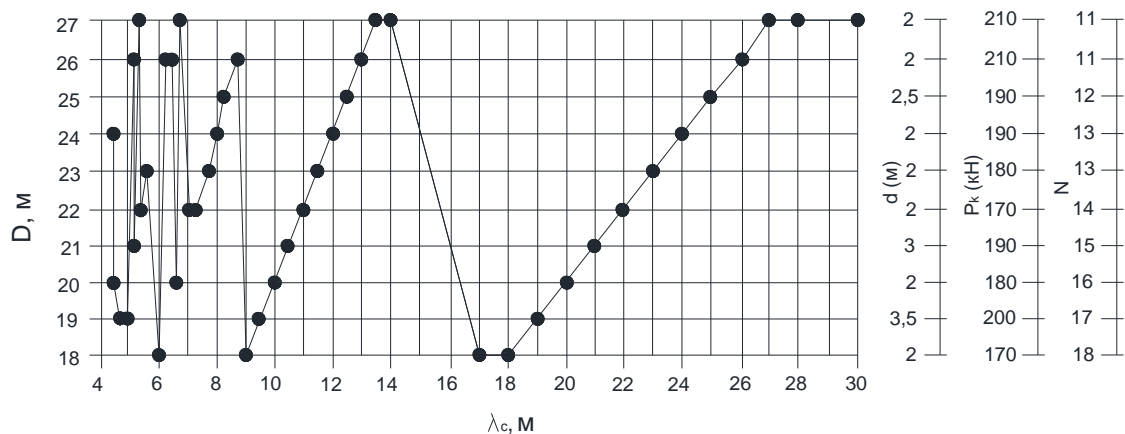
ҚР ҚН EN 1991-2:2003/2011 Е қосымшасынан қажетті 7.13-суретті табамыз:



7.13-сурет

7.13-суретке сәйкес, 0 –ден 20 м дейінгі диапазонда ең жоғарғы қаттылық мәніне 20 м болғанда қол жеткізеді. Онда $\lambda = \lambda_{\max}$.

7.14-суретте аумалы поездың сипаттамасын анықтаймыз $\lambda = 20$ үшін:



7.14-сурет

$D=20\text{ м, } d=2\text{ м, } P_k=180\text{ кН.}$

7.7.3 Қарастыруға жататын жылдамдықтар

7.7.3.1 [6.4.6.2(1)P] Әбір нақты поезд және HSLM жүктеме моделі үшін ең жоғарғы жылдамдықты қоса алғанда жылдамдықтар мәнінің бірқатарын қарастыру керек. ең жоғарғы жылдамдық ереже бойынша $1,2 \times$ берілген учаскедегі желілік жылдамдықтан болуы тиіс. Берілген учаскедегі ең жоғарғы желілік жылдамдық бекітілуі тиіс.

7.7.3.2 ҚР ҚН EN 1991-2:2003/2011 ережелерінің 6.4.6.2(2)-тармақшасына сәйкес есептер 40 м/с –тен ең жоғарғы есептік жылдамдық болатын жылдамдықтар қатарына жүргізілуі тиіс. Жылдамдықтың аз сатымен көбеюі резонанс жылдамдықтар ауданында қолданылуы тиіс.

Сызықты бөренелер сияқты бейнелене алатын еркін тірелген бойлама құрылыстар (бөлінетін) үшін резонанс жылдамдықтар мына формула $v_i = n_0 \cdot \lambda_i$ бойынша және ең жоғарғы есептік жылдамдық $40 \text{ м/с} \leq v_i \leq$ бойынша анықталуы тиіс.

мұндағы v_i – резонанс жылдамдық, м/с;

n_0 – жүктелмеген конструкцияның бірінші жеке ауытқу жиілігі;

λ_i – қозу жиілігі толқынының негізгі ұзындығы, ол мына формуламен анықталады:

$$\lambda_i = \frac{d}{i}, \quad (7.13)$$

мұндағы d – белдік топтарының арасындағы тұрақты интервал;

$i = 1, 2, 3$ немесе 4.

7.7.4 Конструкцияны демпфирлеу

7.7.4 Конструкцияның резонанс жылдамдығына сәйкес келетін көлік жылдамдығына ең жоғары шекті әсері демпфирлеуге байланысты.

7.7.4.2 Есептерде демпфирлеудің төменгі шектері ғана қолданылуы тиіс. Динамикалық жүктемелерді есептеудің ең төменгі демпфирлеу мәндері 7.9-кестеде берілген.

7.9-кесте [6.6-кесте] - Есепке алынуы тиіс демпфирлеу мәндері

Бойлама құрылыстардың түрі	Төменгі шекті мәні ζ (аумалы демпфирлеуден пайздық мөлшерде), %	
	Ұзына бойлық $L < 20 \text{ м}$	Ұзына бойлық $L \geq 20 \text{ м}$
Болат және болат темір бетон	$\zeta = 0,5 + 0,125 \cdot (20 - L)$	$\zeta = 0,5$
Алдын ала жүктелген бетон	$\zeta = 1,0 + 0,07 \cdot (20 - L)$	$\zeta = 1,0$
Темір бетон және қатты арматурасы бар темір бетон	$\zeta = 1,5 + 0,07 \cdot (20 - L)$	$\zeta = 1,5$

7.7.4.3 [6.4.6.4(4)] 30 м-ден аспайтын бойлама құрылыстар үшін көлік құралдары мен көпір салмақтарының өзара байланысының динамикалық нәтижелерінде ең жоғарғы шекті реакцияның резонансқа бетбұрысы байқалады. Осы нәтижелердің әсері төмендегілердің есебінен есепке алынуы мүмкін:

–көлік құралы мен конструкцияның өзара байланысының динамикалық сараптамасын орындау,

ЕСКЕРТПЕ Қолданыстағы көлік құралы мен көпір конструкциясының динамикалық өзара байланысын есепке алу әдісі мемлекеттік органның уәкілетті ұйымымен келісілуі тиіс.

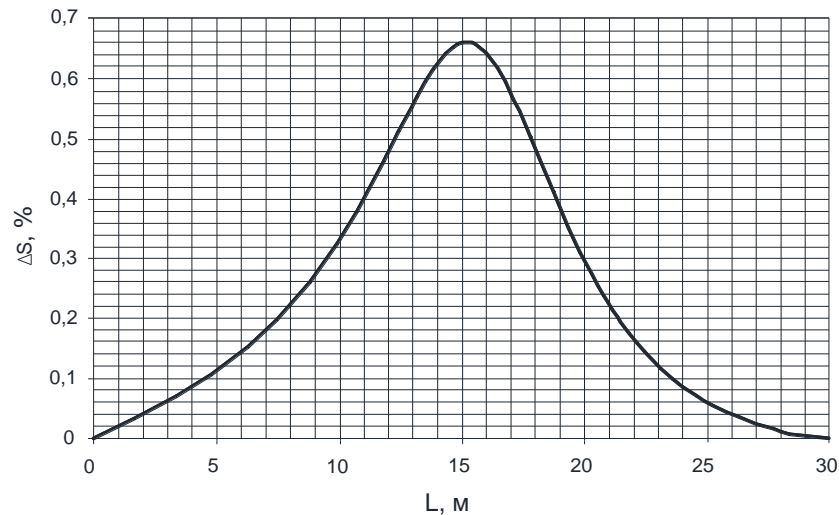
–Конструкция үшін қолданылатын демпфирлеу мәнінің жоғарлауы 7.15-суретке сәйкес.

Бөлінбейтін бөренелер үшін барлық бойлама құрылыстарға арналған ең аз мән $\Delta\zeta$, % қолданылуы тиіс. Қолданылуға жататын толық демпфирлеу мына формуламен беріледі:

$$\zeta_{TOTAL} = \zeta + \Delta\zeta, \quad (7.14)$$

$$\Delta\zeta = \frac{0,0187 \cdot L - 0,00064 \cdot L^2}{1 - 0,0441 \cdot L - 0,0044 \cdot L^2 + 0,000255 \cdot L^3} [\%], \quad (7.15)$$

мұндағы ζ — аумалы демпфирлеуден болатын төменгі шегінің мәні, %, ол 7.9.-кестесі бойынша анықталады.



7.15-сурет[6.15-сурет]-Бойлама құрылыс ұзындығы L, м ретінде қосымша демпфирлеу $\Delta\zeta$, %

7.7.5Көпірдің қаттылығы

7.7.5.1 ҚР ҚН EN 1991-2:2003/2011 ережелерінің 6.4.6.3.3(1) сәйкес сәйкес динамикалық жүктеменің ең жоғарғы әсері ереже бойынша жүктеменің еселенген жиілігі мен конструкцияның өз жиілігінің мәндері сәйкес келгенде резонанстың ең жоғары шегінде болады.

7.7.5.2[6.4.6.3.3(2)P] Барлық конструкция үшін қаттылықты бағалаудың төменгі шегі қолданылуы тиіс.

7.7.5.3 ҚР ҚН EN 1991-2:2003/2011 ережелерінің 6.4.6.3.3(3) сәйкес сәйкес конструкция элементтерінің қаттылығын анықтауды қоса алғанда жалпы конструкцияның қаттылығы ҚР ҚН EN 1992 – СН РК EN 1994 сәйкес бағалануы мүмкін.

Юнга моделінің (серпімділік модулі) мәндері ҚР ҚН EN 1992 – ҚР ҚН EN 1994 бойынша анықталады.

$f_{ck} \geq 50$ Н/мм² қысқанда ($f_{ck, cube} \geq 60$ Н/мм² қысқанда текше беріктігінде) бетонның цилиндрлік беріктігінде Юнга (E_{cm}) статикалық модулінің мәні сәйкес бетон беріктігінің мәнімен $f_{ck} = 50$ Н/мм² ($f_{ck, cube} = 60$ Н/мм²) шектелуі тиіс.

7.7.6 Көпірдің салмағы

7.7.6.1 ҚР ҚН EN 1991-2:2003/2011 ережелерінің 6.4.6.3.2(1) сәйкес сәйкес салмақтың кез-келген бағаланмауы конструкцияның өз жиілігінің және резонанс болатын көлік құралдары жылдамдығының жоғарлауына әкеледі.

Резонанста конструкцияның ең жоғарғы жылдамдауы конструкцияның салмағына кері пропорционалды.

7.7.6.2 [6.4.6.3.2(2)P] Балласт пен рельс жолын қоса алып, конструкция салмағының екі жеке жағдайын қарастыру керек:

- құрғақ таза күйдегі ең төменгі мүмкін тығыздықты және балласттың ең төменгі қалыңдығын қолданып, бойлама құрылыстың ең жоғарғы жылдамдауын болжауға арналған салмақты бағалаудың төменгі шегі;

- рельс жолдарының болашақ көтерілуіне жол беретін батпақты сулы балласттың ең жоғарғы мүмкін тығыздығын қолданып, ең аз жылдамдықтарды болжауға арналған салмақты бағалаудың жоғарғы шегі.

7.7.6.3 Балласттың ең төменгі тығыздығы 1700 кг/м^3 тең болып қабылдануы мүмкін. Басқа мәндер жобалық құжаттамада берілуі мүмкін.

7.4.6.4 Тексеру мәліметтері болмаған жағдайда материалдар тығыздығының мәндері ҚР ҚН EN 1991-1-1:2002/2011 бойынша қабылдануы тиіс.

7.7.7 Жүктемелердің үйлесімдігі мен HSLM жүктемесіне арналған коэффициенттердің комбинациясы

7.7.7.1 ҚР ҚН EN 1991-2:2003/2011 ережелерінің 6.4.6.1.2(1) сәйкес сәйкес динамикалық жүктемені есептеу үшін бойлама құрылыстан (балласт және т.б.) алынып тасталуы мүмкін өз салмағы мен жүктемелерге байланысты салмақ мәндерін есептеп шығарғанда тығыздықтың берілген мәндері қолданылуы тиіс.

7.7.7.2 Динамикалық жүктемені есептеу үшін 7.10-кестеге сәйкес бір рельс жолы (ең қолайсыз) жүктелкі тиіс.

7.10-кесте — Көпірдегі рельс жоларының санына байланысты жүктеу жағдайларының тізімі

Көпірдегі рельс жолдарының саны	Жүктелген рельс жолы	Динамикалық жүктемені есептеуге арналған жүктеме
1	Біреу	Қозғалысқа рұқсат етілген бағытта (тарда) қозғалатын әрбір нақыт поезд мен HSLM жүктеме моделі (қажет етілсе)
2 (әдетте қарма-қарсы бағытта жүретін поезддар ^{a)})	Кез-келген рельс жолы	Қозғалысқа рұқсат етілген бағытта (тарда) қозғалатын әрбір нақыт поезд мен HSLM жүктеме моделі (қажет етілсе)
	Басқа рельс жолы	Жоқ

^{a)} Әдетте бір бағытта жүретін поезддардан тұратын екі рельс жолы бар немесе берілген жердегі ең жоғарғы желілік жылдамдығы 200 км/сағ асатын үш немесе одан да көп рельс жолдарынан тұратын көпірлер үшін жүктеме мемлекеттік органның уәкілетті ұйымымен келісілуі тиіс.

7.7.7.3 ҚР ҚН EN 1991-2:2003/2011 ережелерінің 6.4.6.1.2 (4) сәйкес сәйкес динамикалық жүктемені есептеу шеңберінде алынған есептеу нәтижелері 7.7.8.3 тармағына сәйкес рельс жолына арналған 71 жүктеме моделінің негізінде (немесе бөлінбейтін конструкциялар үшін SW/0 жүктеме моделі) алынған нәтижелерден асатын болса, онда динамикалық жүктемені есептеу шеңберінде алынған есептеу нәтижелері:

- рельс жолына әсер ететін динамикалық жүктемені есептегенде жүктемеге ұшырайтын горизонталь күштер есебінің нәтижелерімен;
- басқа рельс жолына (жолдарына) әсер ететін вертикаль және горизонталь жүктемелер есебінің нәтижелерімен сәйкес болуы тиіс.

7.7.7.4 ҚР ҚН EN 1991-2:2003/2011 ережелерінің 6.4.6.1.2(5) тармағына сәйкес егер динамикалық жүктемені есептеу шеңберінде алынған есептеу нәтижелер 71 жүктеме моделінің негізінде (немесе бөлінбейтін конструкциялар үшін SW/0 жүктеме моделі) алынған нәтижелерден асатын болса, онда динамикалық жүктемені (жылдамдаудан басқа майысу сәттері, жылжу, деформациялар және т.б.) есептеу шеңберінде алынған есептеу нәтижелері А қосымшасында берілген үйлесімділік коэффициенттерінің көмегімен көбейтілуі тиіс. Үйлесімділік коэффициенттері көпірдің жылдамдауын анықтағанда HSLM жүктемесіне қолданылмауы тиіс.

7.7.7.5 ҚР ҚН EN 1991-2:2003/2011 ережелерінің 6.4.6.1.2(7) тармағына сәйкес көпір кез-келген рельс жолдарында резонанстағы төзімділігіне әсер ететін қосымша әсерлерге есептелінуі тиіс.

7.7.8 Динамикалық есептеу қажет болғанда шекті жағдайларды тексеру

7.7.8.1 ҚР ҚН EN 1991-2:2003/2011 ережелерінің 6.4.6.1.2(1) тармағына сәйкес теміржол қозғалысының қауіпсіздігіне кепілдік беру үшін мыналарды орындау қажет:

- бойлама құрылыстың жылдамдауының ең жоғарғы шегіне тексеру жүргізу, оны теміржол қозғалысының қауіпсіздігіне арналған талаптар ретінде қарастыру керек; рельс жолдарының тұрақсыздығын болдырмауға арналған екінші шекті жағдайы (пайдалану жарамдылығын) үшін тексеріледі:

- жүктеме әсерінің динамикалық қосымшасы статикалық жүктемені динамикалық коэффициентке Φ көбейту арқылы есепке алынуы тиіс. Егер динамикалық жүктемені есептеу қажет болса, онда динамикалық жүктеме нәтижелері коэффициентке Φ көбейтілген (егер қажет болса, α коэффициентіне көбейтілген) статикалық сараптама нәтижелеріне сәйкес келуі тиіс, сонымен бірге есептеудің ең қолайсыз нәтижелері қолданылуы тиіс;

- егер динамикалық жүктемені есептеу қажет болса, ($\Phi \times 71$ жүктеме моделі) түрінің есептеу нәтижелеріне және қажет болғанда, бөлінбейтін конструкция мен жіктелген вертикаль жүктемеге, егер қажет болса, арналған ($\Phi \times$ модель нағрузки SW/0) түрінің нәтижелеріне сертті қысымдарды қарастыра отырып, күштердің жоғары жылдамдықтардағы және резонанстағы төзімділігін тексеретін қосымша жүктеменің асып аспағанын анықтау үшін төзімділікке қосымша тексеру жүргізілуі тиіс. Төзімділікті тексеру үшін жобада ең қолайсыз жүктеме қолданылуы тиіс.

7.7.8.2 Рельс жолының бойымен есептелген бойлама құрылысы жылдамдауының есептік рұқсат етілген мәнінің ең жоғарғы шегі ҚР ҚН EN 1990:2002+A1:2005/2011 ережелерінің А.2 қосымшасындағы А2.4.4.2.1-тармағында ұсынылған мәндерден аспауы тиіс.

7.7.8.3 ҚР ҚН EN 1991-2:2003/2011 ережелерінің 6.4.6.5(3)-тармағына сәйкес динамикалық жүктемені есептеу қажет болса, онда ол φ^I_{dyn} динамикалық қосымшаны анықтау үшін қолданылуы тиіс, ол туралы 7.3.5.1-тармағында берілген.

Көлік құралдарынан түсетін вертикаль жүктемелер әсерінің барлық нұсқасын есептегенде көпірді есептеу кезінде көлемдердің ең қолайсызы пайдаланылуы тиіс:

$$\left(1 + \varphi^I_{dyn} + \varphi^{II} / 2\right) \cdot \begin{pmatrix} HSLM \\ или \\ RT \end{pmatrix}, \quad (7.16)$$

немесе

$$\Phi \cdot (LM71 \text{ «+» } SW/0), \quad (7.17)$$

мұндағы HSLM – нақты жоба үшін қолданылатын жүктеме моделі;

(LM71 «+» SW/0)71 жүктеме моделі болып табылады, және бұл бөлінбейтін көпірлерге арналған SW/0 жүктеме моделімен негізделген болса (немесе жіктелген вертикаль жүктеме үшін);

RT– барлық нақыт поездардан болған жүктемелер;

$\varphi^{II}/2$ – рельс жолдарының ақауларынан және рельске жетік қызмет көрсететін көлік құралының кемшіліктерінен болған динамикалық жүктемелер (қысымдар, майысулар, көпірдің бойлама құрылысының жылдамдауы және т.б.) үшін есептік нәтижелердің ұлғаюы (φ^{II} көлемі қалыпты қызмет көрсететін рельс жолдары үшін қолданылуы тиіс);

Φ - 7.3.3-тармағына сәйкес анықталатын динамикалық коэффициент.

7.8 Жүріп жатқан поездардан түсетін аэродинамикалық әсерлер

7.8.1 Жалпы ережелер

7.8.1.1 Жүріп жатқан поездардан түсетін аэродинамикалық әсерлер теміржол жолдарына жақын орналасқан ғимараттар мен құрылыс конструкцияларын есептегенде еспке алынуы тиіс.

ЕСКЕРТПЕ Осы бөлім негізінен теміржол арқылы өтетін көпір өткелдеріне, сондай-ақ рельс жолдарына жақын орналасқан әртүрлі ғимараттар мен құрылыстарға қатысты.

Теміржол құрамдарының жүріп өтуі рельс жолының маңында орналасқан кез-келген конструкцияны ауыспалы қысымы бар (өз бағыты бойынша) кума толқындар әсеріне ұшыратады.

Әсердің көлемі негізінде:

- поезд қозғалысының шаршысына;
- поездың аэродинамикалық түріне;
- конструкцияның түріне;

— поезд бен конструкция арасындағы қашықтыққа байланысты болады.

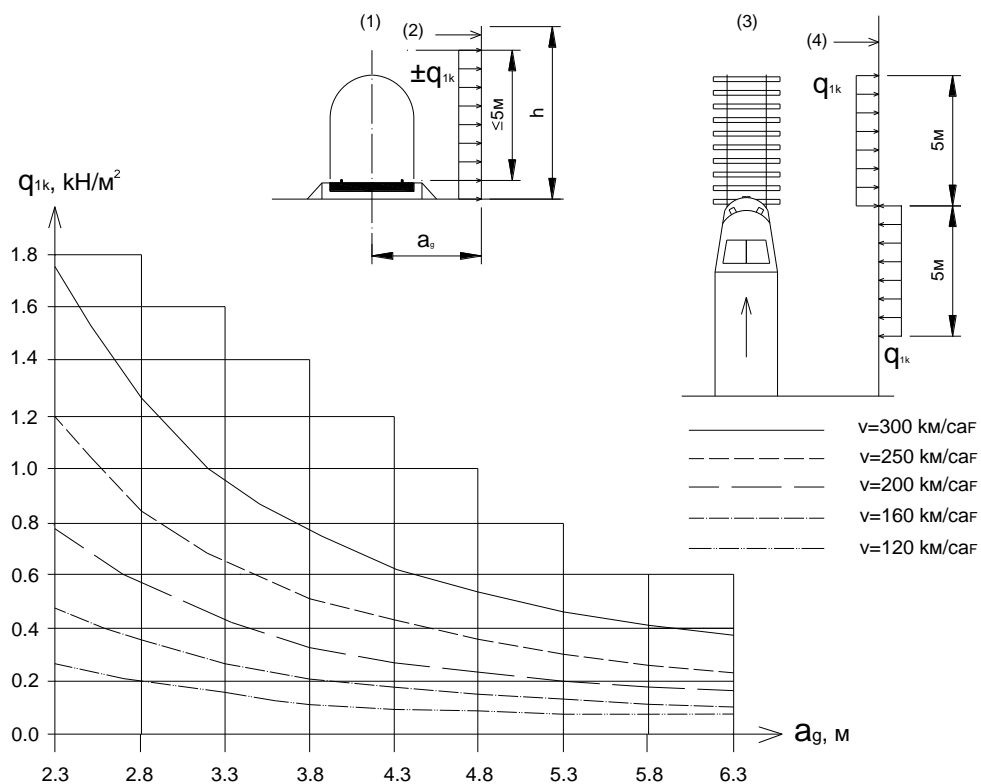
Аэродинамикалық әсерлер поездың басында және соңында баламалы жүктемелермен алмасады. Осы жүктемелер пайдалану жарамдылығы және тірек қабілетінің жоғалуы бойынша шекті жағдайларын тексергенде, сондай-ақ теміржол жолдарын қоршайтын конструкциялар мен құрылыстардың төзімділігін тексергенде есепке алынуы тиіс.

7.8.1.2 7.8.2÷7.8.6-тармақтарына ең жоғарғы есептік жылдамдық V , км/сағ сындарлы нышан жел күштерінің тура әсеріне ұшырамаған кездегі жағдайлардан басқа берілген жердегі ең жоғарғы желілік жылдамдыққа тең болып қабылдануы тиіс, ал аэродинамикалық әсер нәтижесінде болған q_{1k} әсер поезд қозғалысының жылдамдығына сүйене отырып анықтау керек.

7.8.1.3 Рельс жолдарымен түйіскен конструкциялардың басында және соңында рельс жолымен параллель өлшенген конструкцияның басынан соңына дейінгі 5 м ұзындықта осы құралдың 7.8.2 ÷ 7.8.6 –тармақтарында айтылған баламалы жүктемелер 2,0 тең жоғарлатушы динамикалық коэффициентке көбейтілуі тиіс.

7.8.2 Рельс жолдарына параллель (мысалы, шудан қорғайтын экрандар) вертикаль жабындыларға түсетін аэродинамикалық әсерлер

7.8.2.1 Әсерлердің сипаттамалық мәндері $\pm q_{1k}$ поездар жылдамдығына тәуелділігінің және баламалы қысымның көлеміне әсер ететін конструкцияның шетіне дейінгі қашықтық негізінде есептеледі. Тәуелділіктер 7.16-суреттегі кескіндемелерде берілген.



(1) — қима; (2) — конструкцияның беті;

(3) — жоғарыдан қарағандығы көрініс; (4) — конструкцияның беті

7.16-сурет [6.22-сурет]-Рельс жолдарына параллель вертикаль беттері үшін баламалы қысымның q_{1k} сипаттамалық мәндері

7.8.2.2 [6.6.2(2)] Осы динамикалық мәндер қолайсыз аэродинамика пішіндері бар поезддарға қатысты және:

—беттері тегіс жылжымалы құрамы бар поезддар үшін - $k_1 = 0,85$ коэффициентімен;

—сүйір бітімді жылжымалы құрам үшін (масылы, ETR, ICE, TGV, Eurostar немесе ұқсас поезддар үшін) $k_1 = 0,6$ коэффициентімен азайтылуы мүмкін.

7.8.2.3 Егер биіктігі $\leq 1,00$ м және ұзындығы $\leq 2,50$ м вертикаль қабырғаның кішкене бөлігі, мысалы шудан қорғау қабырғасының элементі), қарастырылып жатса, q_{2k} әсерлері $k_2 = 1,3$ коэффициентіне көбейтілуі тиіс.

7.8.3 Рельс астындағы горизонталь жабындыларға (мысалы, жоғарғы қорқайтын конструкциялар) түсетін аэродинамикалық әсерлер

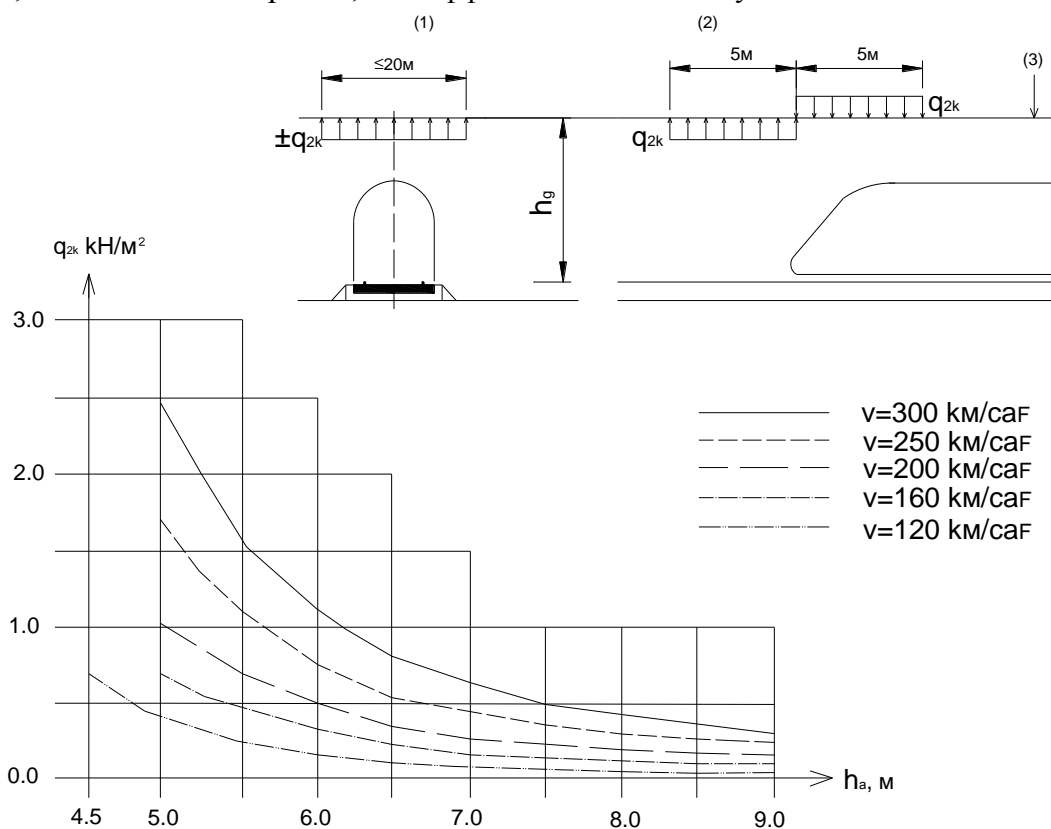
7.8.3.1 Әсерлердің $\pm q_{2k}$ сипаттамалық мәндері 7.17-суретте берілген.

7.8.3.2 Есептелінетін сындарлы нышанның жүктеме ені рельс жолдарының белдік жиілігінің кез-келген жағынан ені 100 м дейін болады.

7.8.3.3 В [6.6.3(3)] Бір-біріне қарама-қарсы бағытта жүерітн поезддар үшін әсерлер қосылуы тиіс. Поездардан түсетін жүктемені екі рельс жолында ғана қарастыру керек.

7.8.3.4 q_{2k} әсерлері 7.8.2.2.-тармақшасында берілген k_1 коэффициентінің көмегімен азайтылуы мүмкін.

7.8.3.5 рельс жолын кесіп өтетін кең конструкцияның шетіне әсер ететін әсерлер қосымша 1,50 м дейінгі ендік үшін 0,75 коэффициентіне көбейтілуі тиіс.



(1) — кима; (2) — вертикаль кескін; (3) — конструкцияның артқыжағы

7.18-сурет[6.24-сурет] - Рельс жолдарынан жоғары горизонталь беттеріне арналған q_{2k} эквивалентті қысымының сипаттылық мәні

7.8.4 Рельс жолдарына жақын горизонталь жабындыларға (мысалы, вертикаль қабырғалары жоқ платформаның төбесі) әсер ететін аэродинамикалық әсерлер

7.8.4.1 Әсерлердің $\pm q_{3k}$ сипаттамалық мәндері 7.18-суретте берілген тәуелділіктер бойынша анықталады және поездың аэродинамикалық пішініне қарамастан қолданылады.

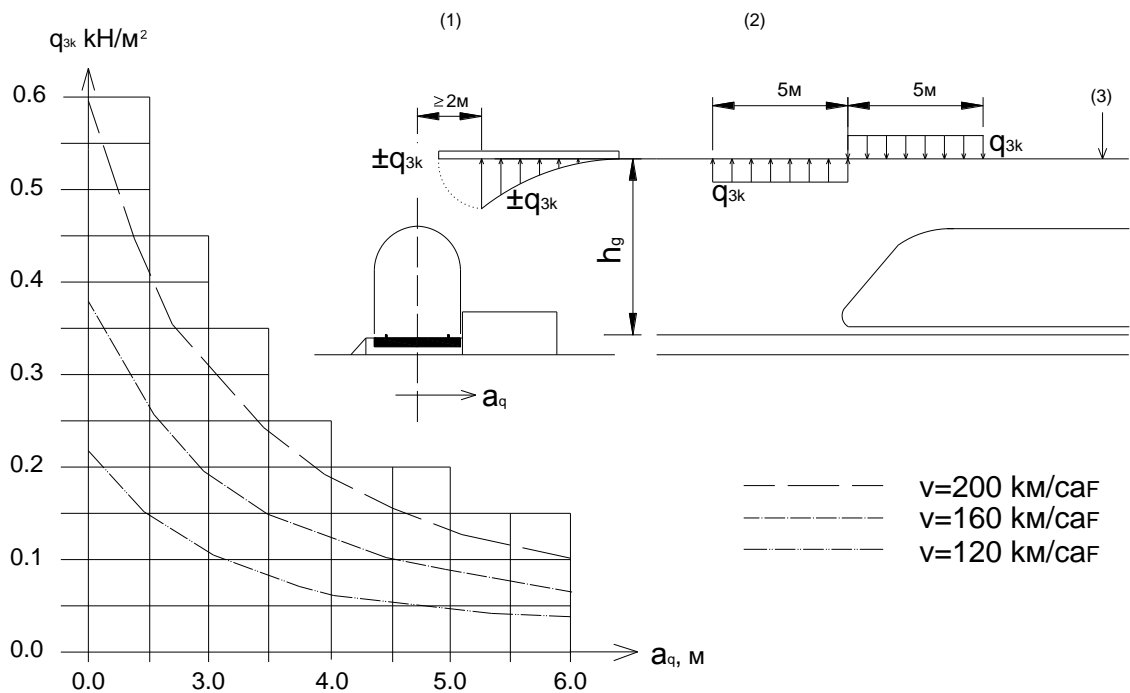
7.8.4.2 [6.6.4(2)] Конструкция бойының әрбір жағдайы үшін есептелуге жататын көлемі q_{3k} жақын рельс жолынан қашықтық функциясы a_g ретінде берілуі тиіс. Егер қарастырылып жатқан конструкция элементінің екі жағына да рельс жолдары болса, әсерлер қосылуы тиіс.

7.8.4.3 Егер h_g қашықтық 3,80 м-ден асатын болса, яғни $3,8\text{ м} < h_g < 7,5\text{ м}$, онда әсер q_{3k} төмендегі формула бойынша анықталатын k_3 коэффициентінің көмегімен азайтылуы мүмкін:

$$k_3 = \frac{(7,5 - h_g)}{3,7}, \quad (7.18)$$

мұндағы h_g — рельстің жоғарғы деңгейінен конструкцияның артқы жағына дейінгі қашықтық, м.

$h_g \geq 7,5\text{ м}$ болғанда коэффициент $k_{3k} = 0$ тең етіп алынады.



(1) — қима; (2) — вертикаль кескін; (3) — конструкцияның артқы жағы

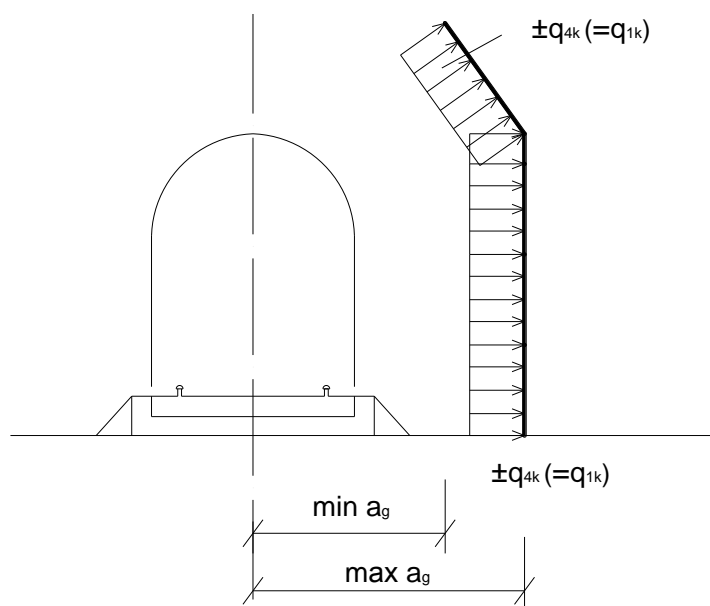
7.18-сурет [6.24-сурет] - Рельс жолдарына жақын горизонталь жабындыларға әсер ететін әсерлердің сипаттамалық мәндері

7.8.5 Рельс жолының қасындағы көп жабындылардан (вертикаль, горизонталь немесе көлбеу) тұратын конструкцияға әсер ететін аэродинамикалық әсерлер (мысалы, еңкейген шу оқшаулары, вертикаль қабырғалары бар платформалардың төбелері)

7.8.5.1 [6.6.5(1)] 7.19-суретте берілген $\pm q_{4k}$ әсерлердің сипаттамалық мәндері нормаль бағытында қарастырылып жатқан жабындыларға қолдану керек. Бұл әсерлер 7.16-суреттегі кескіндемеден алынуы тиіс және еске салатын нарсе жолдан қашықтық төмендегіден аз болуы тиіс:

$$a'_g = 0,6 \cdot \min a_g + 0,4 \cdot \max a_g \text{ или } 6 \text{ м,}$$

мұндағы $\min a_g$ және $\max a_g$ қашықтықтары 7.19-суретте көрсетілген.



7.19-сурет [6.25-сурет] - Рельс жолының белдік сызығынан $\min a_g$ және $\max a_g$ қашықтықтарын анықтау

7.8.5.2 [6.6.5(2)] Егер $\max a_g > 6$ м болса, онда $\max a_g = 6$ м мәні қолданылуы тиіс.

7.8.5.3 [6.6.5(3)] 7.8.2.-тармағында берілген k_1 және k_2 коэффициенттері қолданылуы тиіс.

7.8.6 Шектелген ұзындық бойында (20 м дейін) конструкцияның жақындату габариттеріне (рельс жолдарының үстіндегі горизонталь жабынды, аз дегенде бір вертикаль қабырға, мысалы төсеме тақталар, уақытша ғимараттар) жақын жабындыларға әсер ететін аэродинамикалық әсерлер

7.8.6.1 [6.6.6(1)] Барлық әсерлер поездың аэродинамикалық пішініне қарамастан қолданылуы тиіс:

— вертикаль жабындылардың толық биіктігіне $\pm k_4 q_{1k}$;

мұндағы q_{1k} — 7.8.2-тармағына сәйкес анықталады;

$k_4 = 2$;

— горизонталь жабындыларға $\pm k_5 q_{2k}$,

мұндағы q_{2k} — 7.8.3-тармағына сәйкес тек бір ғана рельс жолы үшін;

$k_5 = 2,5$, егер жақын конструкциялармен бір рельс жолы қоршалған болса;

$k_5 = 3,5$, егер жақын конструкциялармен екі рельс жолы қоршалған болса.

7.9 Қажу деңгейін бағалауға арналған темір жол қозғалысынан түсетін жүктемелер

7.9.1 Қажу деңгейінің әсерлерін бағалауды темір жол қозғалысының ауыспалы жүктемелерінің әсерінен болатын қысым деңгейінің айырмасына ұшырайтын конструкцияның барлық элементтерінде орындалуы тиіс. Қажу деңгейін тексеру ҚР ҚН EN 1992-2, ҚР ҚН EN 1993-2 және ҚР ҚН EN 1994-2 ережелеріне сәйкес орындалады.

7.9.2 71 жүктеме моделінің сипаттамалық мәндеріне, Φ динамикалық коэффициентті қоса алғанда, негізделген қалыпты көлік ағымы кезінде қажу деңгейін бағалау көліктік композициялар негізінде орындалуы тиіс.

«Қалыпты көлік ағымының», «Белдікке түсетін жүктемесі 250 кН көлік ағымының» көліктік композициялары немесе «қарқынды көлік ағымының композициялары» пайдаланудың болжамды режиміне қарай анықталады. Қарастырылып жатқан қызмет көрсететін поездар мен көліктік композициялар және қолданылатын динамикалық қосымшалар туралы толық мәліметтер В қосымшасында, сондай-ақ осы құралдың 7.2-бөлімінде берілген.

7.9.3 Егер пайдаланудың болжамды шарттары берілген көліктік композициялардан айтарлықтай ерекшеленетін болса (мысалы, пайдаланғанда көбіне бөлек ауыр құрамдар немесе 1-ден жоғары α мәні бар көлік ағымы үшін), онда пайдалудың болжамды режимі туралы мәліметтері негізінде балама көліктік композиция берілуі тиіс.

7.9.4 Әрбір композиция әрбір рельс жолында көпір арқылы өтетін $25 \cdot 10^6$ т жылдық жүк айналым тоннажына негізделген.

7.9.5 [6.9(5)P] Көп жолды теміржол желісінен тұратын конструкциялар үшін қажу деңгейін тексеруге арналған жүктемелер ең қолайсыз жағдайлардағы көп дегенде екі рельс жолына қолданылуы тиіс.

7.9.6 [6.9(6)] Қажудан болған зақым 100 жыл болып қабылданған пайдаланудың есептік мерзімі бойы бағалануы тиіс.

7.9.7 [6.9(7)] Балама әдіс ретінде қажу деңгейін тексеру нақты жобада берілген және Тапсырыс берушімен келісілген арнайы көліктік композиция негізінде орындалуы мүмкін.

Динамикалық әсерлер мен орталықтан сыртқа тебетін күштерде қоса алғанда теміржол қозғалысының вертикаль әсерлері қажу деңгейін бағалау кезінде есепке алынуы тиіс. Ереже бойынша қажу деңгейін тексергенде дөңгелектердің бүйір қысымдарын және бойлама көлік әсерлерін ескермесе де болады. Кейбір арнайы жағдайларда, мысалы, соңғы станцияларда бірнеше рельс жолдарынан тұратын көпірлер үшін қажу деңгейін бағалағанда бойлама әсерлерді ескеру керек.

7.10 Апаттық әсерлер. Рельстерден шығып кету

7.10.1 Теміржол көпірінде теміржол көлігінің рельстерден шығып кетуі кезінде болатын әсерлер

7.10.1.1 [6.7.1(1)P] Теміржол көпірінде теміржол көлігінің рельстерден шығып кетуі апаттық есептік жағдай ретінде қарастырылуы тиіс.

7.10.1.2 [6.7.1(2)P] Мынадай екі есептік жағдай қарастырылуы тиіс:

— есептік жағдай I: рельстерден теміржол көлігінің шығып кетуі, және де рельстен шыққан теміржол көлігі көпірдің бойлама құрылысында рельс жолдары аймағында қалады және көрші рельстерде немесе вертикаль қабырғаларда ұсталынып тұрады;

— есептік жағдай II: рельстерден теміржол көлігінің шығып кетуі, және де рельстен шыққан теміржол көлігі көпірдің шетінде теңгеріліп тұрады және конструктивті емес элементтерден басқа, мысалы жаяу жүргінші жолы, бойлама құрылыстың шетін жүктеп тұрады.

7.10.1.3 [6.7.1(3)P] Есептік жағдай I үшін конструкцияның негізгі бөлігінің бұзылуын болдырмау керек, дегенмен жергілікті ақауларға жол беріледі. Қарастырылатын конструкцияның бөліктері мына апаттық есептік жағдайларда қолданылатындай жобалануы тиіс (7.20-суретті қара):

- $\alpha \times 1,4 \times LM 71$ (жинақталған жүктеме сияқты бір қалыпты бөліп таратылған жүктеме Q_{A1d} және q_{A1d}), ең қолайсыз жағдайда рельс жолдарына параллель қойылған, ішкі аймақтағы ені жолдың еніне тең, рельс жолының орталық желісінің екі жағынан да 1,5-ке көбейтілген.

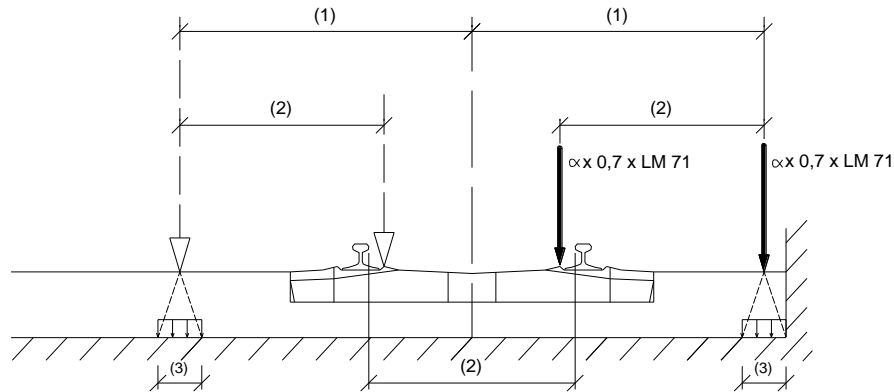
7.10.1.4 Есептік жағдай II үшін көпірдің құламауы немесе бұзылмауы тиіс. Жалпы төзімділікті анықтау үшін $q_{A2d} = \alpha \times 1,4 \times LM 71$ үшін ең жоғарғы жалпы ұзындық қабылдануы тиіс. Ол қарастырылып жатқан конструкцияның шетіндегі бір қалыпты бөліп таратылған вертикаль жүктеме ретінде қабылданады. Осы жүктеме конструкцияның жалпы беріктік және төзімділік шегін анықтау үшін қарастырылады.

7.10.1.5 I және II есептік жағдайлар жеке-жеке қарастырылуы тиіс. Осы жүктемелердің комбинациясын қарастырмаған жөн (7.20 және 7.21-суреттерді қара).

7.10.1.6 I және II есептік жағдайларда рельстен шығып кетуіне негізделген әсерлерге ұшырайтын рельс жолдарына үшін теміржол қатынасының басқа әсерлері ескерілмесе болады.

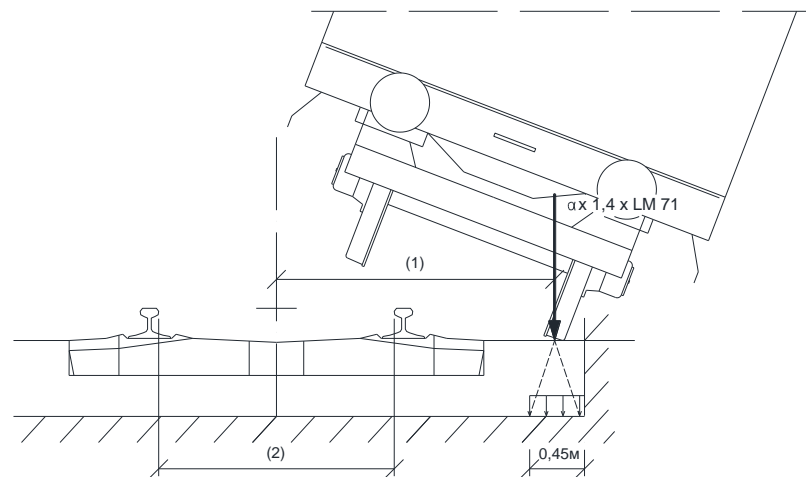
Динамикалық әсерлер 7.10.1.3 және 7.10.1.4 бойынша есептік жүктемелерге қолданылмауы тиіс.

7.10.1.7 [6.7.1(8)P] Рельс деңгейінен жоғары орналасқан конструкцияның элементтері үшін рельстерден шығып кетуден болған салдарды жеңілдетуге арналған шаралар көрсетілген талаптарға жауап беруі тиіс.



- (1) — қабырғаға қарама-қарсы болса, $\max 1,5s$ немесе одан да аз;
 (2) — жолдың еніс;
 (3) — балласт тақтайлары үшін жинақталған күштер тақтайдың үстінен жақтары 450 мм квадрат бойынша бөліп таратылған деп қабылдауға болады.

7.20-сурет[6.26-сурет] –Есептік жағдай I– Q_{A1d} және q_{A1d} баламалы жүктемесі



- (1) — конструкцияның шетіне әсер ететін жүктеме; (2) — жолдың еніс

7.21-сурет[6.27-сурет] –Есептік жағдай II– q_{A2d} баламалы жүктемесі

7.10.2 Апаттық есептік жағдайларға арналған конструкцияның астында немесе оның қасында рельстерден шығып кетуі және басқа да әсерлер

7.10.2.1 [6.7.2(1)P] Рельстерден шығып кеткенде рельстерден шығып кеткен көлік құралы мен рельс жолының үстінде немесе оған жақын орналасқан конструкция арасында соқтығысу қаупі бар. Соққы жүктемелерге талаптар мен басқа да есептік талаптар ҚР ҚН EN 1991-1-7:2006/2011 ережелерінде берілген.

7.10.2.2 [6.7.2(2)] Апаттық есептік жағдайларға арналған басқа әсерлер ҚР ҚН EN 1991-1-7:2006/2011 ережелерінде берілген және есепке алынуы тиіс.

Ақосымшасы
(*ақпараттық*)

А.1 Жалпы ақпарат

А.1.1 ҚР ҚН EN 1990:2002+A1:2005/2011 «Құрылысты жобалау негіздері» екі шекті жағдайды қарстырады, оларды құрылыстарды жобалағанда ескеру керек:

- соңғы шекті жағдай (тірек қабілетінің шекті жағдайы - ULS);
- пайдалану жарамдылығы бойынша соңғы шекті жағдайы (SLS).

А.1.2 Тірек қабілетінің соңғы шекті жағдайы адамдар қауіпсіздігі мен жалпы ғимараттың қауіпсіздігімен байланысты. Осындай шекті жағдайларға ең алдымен беріктік, пішіннің тұрақтылығы мен орнының тұрақтылығы, төзімділігі жатады.

А.1.3 Пайдалану жарамдылығы бойынша шекті жағдайларғимаратты қалыпты пайдалану мүмкіндігімен, адамдардың ғимаратты жайлы қолдануын қамтамасыз етумен, эстетикалық ерекшеліктеріне байланысты. Пайдалану жарамдылығы бойынша шекті жағдайларға ең алдымен деформацияларды, майысқан жерлерді, поезд пішінінің сынған бұрыштарын, жылдамдатуды, жүктемесі бар ғимараттың ауытқу шегі мен ауытқу жиілігін, сызаттарға төзімділігін және т.б. бақылау жатады.

А.1.4 Әрбір шекті жағдайды есептік жағдайларға қатысты қарастыру керек. Олар ғимараттың барлық қызмет көрсету мерзімі бойынша қолданылуы мүмкін. Көпір ғимараттары үшін қызмет көрсету мерзімі 100 жылға тең.

А.1.5 Келесі есептік жағдайлар ерекшеленеді:

- ғимаратты қалыпты пайдалану шарттарына сәйкес тұрақты есептік жағдайлар;
- уақыт жағынан шектелген, мысалы құрылыс немесе жөндеу барысында, шарттарға сәйкес жылжымалы есептік жағдайлар;
- ерекше жағдайларға немесе ғимарат өрт, жарылыс, соққы немесе жергілікті бұзылу салдары болатын жағдайларға жататын апаттық есептік жағдайлар;
- ғимаратқа сейсмикалық әер ететін әсерлерге сәйкес сейсмикалық есептік жағдайлар.

А.1.6 Құралды автомобиль, жаяу жүргінші және темір жол қозғалысымен байланысты тұрақты, жылжымалы және апаттық есептік жағдайлар берілген.

А.2Ауыспалы әсерлердің көрнекі мәндері

А.2.1 Әсерлердің көрнекі мәндері (жобалағанда ескерілуі тиіс мәндер) ретінде әртүрлі шекті жағдайларда қолданылатын төрт мән деңгейі беріледі. Характеристическое значение Q_k ;

- Комбинациялық мән $\psi_0 Q_k$;
- Жиі болатын мән $\psi_1 Q_k$;
- Тұрақты сияқты мәндер $\psi_2 Q_k$.

А.2.2. Сипаттамалық мән ең алдымен тірек қабілетінің шекті жағдайын және пайдалану жарамдылығы бойынша тексерулер бөлімінде қолданылады. Сипаттамалық

мәндер «нормативтік» терминіне ұқсас болып табылады. Ғимарттың қызмет көрсетуінің барлық мерзімі кезінде осы әсердің мәні бір ретте қолданылмауы мүмкін.

А.2.3 Әсердің комбинациялық мәні басқа ауыспалы әсерлермен бірге есепке алынуы тиіс сипаттамалық мәnniң бір бөлігін білдіреді.

А.2.4 Жиі кездесетін мән тұрақты қолданылуы мүмкін ауыспалы әсерді білдіреді. Осы мән ең алдымен пайдалану жарамдылығы бойынша шекті жағдайларда қолданылады.

А.2.5 Әсерлердің тұрақты сияқты мәндері ұзақ процестер мен апаттық есептік жағдайларды есепке алғанда қолданылады. Ауыспалы әсердің тұрақты тұрақты мәндері тұрақты болып саналатын ауыспалы әсер деңгейіне сәйкес келеді.

А.2.6 Автожол көпірлері үшін әртүрлі жүктеме модельдеріне арналған ψ коэффициент мәні А.1-кестеде берілген. Жаяк жүргінші көпірлері үшін ψ коэффициенттерінің мәндері А.2-кестеде берілген. Теміржол көпірлері үшін коэффициенті мәндері А.3-кестеде берілген.

А.1-кесте[ҚР ҚН EN 1990:2002+A1:2005/2011 А2.1-кестесі] – Автожол көпірлеріне арналған ψ коэффициентінің ұсыналатын сандық мәндері

Әсер	Белгіленуі		Ψ_0	Ψ_1	Ψ_2
Көлікті жүктемелер	gr1a (LM1+жаяу жүргінші немесе велосипедшілер жолына түсетін жүктемелер) ¹⁾	Екі белдікке	0,75	0,75	0
		Бір қалыпты бөліп таратылған жүктеме	0,40	0,40	0
		Жаяу жүргінші немесе велосипедшілер жолына түсетін жүктемелер ²⁾	0,40	0,40	0
	gr1b (бір белдікке)		0	0,75	0
	gr2 (горизонталь күтер)		0	0	0
	gr3 (жаяу жүргіншілер жолына түсетін жүктемелер)		0	0,4	0
	gr4 (LM4 – адамдардың жиналуы)		0	—	0
	gr5 (LM3 – арнайы көлік құралдары)		0	—	0

¹⁾ gr1a и gr1b жүктеме топтары үшін ұсынылатын Ψ_0 , Ψ_1 , Ψ_2 мәндері автожол қозғалысына таралады және тең бірлікте α_{Q1} , α_{qi} , α_{qj} және β_Q түзету коэффициенттерімен қолданылады. Бір қалыпты бөліп таратылған жүктемеге арналған мәндер жүк көлік құраларының жиналуы сирек кездесетін қарапайым қозғалыс сценарилеріне сәйкес келеді. Жолдың басқа кластары мен басқа жол-көлікті жағдайлар үшін коэффициенттердің басқа сандық мәндері α қолданылуы мүмкін. Мысалы, егер көпірүнемі ауыр көлік құралдарының үздіксіз ағымынан түсетін жүктемелерге ұшырайтын болса, нөлден бастап керемет, LM1 жүйесінде бір қалыпты бөліп таратылған жүктеме үшін Ψ_2 мәні қолданылуы мүмкін. Сондай-ақ EN 1998 қара.

²⁾ Комбинационное значение нагрузок на пешеходные и велосипедные дорожки, указанное в Таблице EN 1991-2 ережелерінің 4.4a-кестесінде берілген жаяу жүргінші және велосипедшілер жолына түсетін жүктемелердің комбитнациялық мәні «азайтылған» мән болып табылады. Бұл коэффициент үшін Ψ_0 және Ψ_1 коэффициенттері қолданылады.

А.2-кесте[ҚР ҚН EN 1990:2002+A1:2005/2011 А2.2-кестесі] – Жаяу жүргінші жолдарына арналған ψ коэффициенттердің ұсынылатын мәндері

Әсер	Белгіленуі	ψ_0	ψ_1	ψ_2
Көліктік жүктемелер	gr1	0,40	0,40	0
	Q_{fwb}	0	0	0
	gr2	0	0	0

А.3-кесте[ҚР ҚНЕН 1990:2002+А1:2005/2011 А2.3-кестесі] – Теміржол көпірлеріне арналған ψ коэффициенттердің ұсынылатын мәндері

Әсерлер			Ψ_0	Ψ_1	$\Psi_2^{2)}$
Көлік құралдарының құрамдас жүктемелері ¹⁾	LM 71		0,80	¹⁾	0
	SW/0		0,80	¹⁾	0
	SW/2		0	1,00	0
	Бос поезд		1,00	—	—
	HSLM		1,00	1,00	0
	Ауырлық және тежеу күштері Орталықтан сыртқа тебетін күштер Вертикаль көлік жүктемелері кезіндегі деформациялардан болатын өзара қатынас күштері		Көліктік жүктеме жүктемелер тобы ретінде емес бір көп компонентті басым әсер ретінде қарастырылғанда есептік жағдайда бөлек құрамдас көліктік әсерлер үшін сәйкес вертикаль жүктемелерге ұсынылатын коэффициенттер ψ қолдану керек.		
	Горизонталь жазықтықтағы көпір бойлығы (Бүйірден болатын соққы. Динамикалық жүктеме.)		1,00	0,80	0
	Шаруашылық (қызметтік) жолдарға түсетін жүктемелер		0,80	0,50	0
Негізгі көліктік жүктемелердің әсері (жүктемелер тобы)	Көпірге түсетін жүктеменің есептік схемасы (көпірлерге арналған «қалыпты поезд»)		1,00	1,00	0
	Көпір тіректеріне және ғимараттарға жақын аумақтарда көліктік жүктемелердің жоғарлау салдарынан топырақтың горизонталь қысымы		0,80	¹⁾	0
	Аэродинамикалық әсерлер		0,80	0,50	0
	gr11 (LM71+SW/0)	Ең жоғарғы бойлығы бар ең жоғарғы вертикаль 1	0,80	0,80	0
	gr12 (LM71+SW/0)	Ең жоғарғы көлденеңді ең жоғарғы вертикаль 2			
gr13 (тежеу/ қозғалыстың басы)	Ең жоғарғы бойлық				
gr14 (орталықтан сыртқа тебетін күш/горизонталь жазықтықтағы көпір бойлығы)	Ең жоғарғы бүйір				
	gr15 (бос поезд)	«бос поезд» кезінде бүйір төзімділігі			

А.3-кесте[ҚР ҚН EN 1990:2002+A1:2005/2011 А2.3-кестесі] – Теміржол көпірлеріне арналған ψ коэффициенттердің ұсынылатын мәндері (жалғасы)

Әсерлер			Ψ_0	Ψ_1	$\Psi_2^{2)}$
Негізгі көліктік жүктемелердің әсері (жүктемелер тобы)	gr16 (SW/2)	SW/2 ең жоғарғы бойлығы бар			
	gr17 (SW/2)	SW/2 ең жоғарғы көлденең			
	gr21 (LM71+SW/0)	Ең жоғарғы бойлығы бар ең жоғарғы вертикаль 1	0,80	0,70	0
	gr22 (LM71+SW/0)	Ең жоғарғы көлденеңді ең жоғарғы вертикаль 2			
	gr23 (тежеу/қозғалыстың басы)	Ең жоғарғы бойлық			
	gr24 (орталықтан сыртқа тебетін күш/горизонталь жазықтықтағы көпір бойлығы)	Ең жоғарғы бүйір			
	gr26 (SW/2)	SW/2 ең жоғарғы бойлығы бар			
	gr27 (SW/2)	SW/2 ең жоғарғы көлденең			
	gr31 (LM71+SW/0)	Қосымша жүктемелер жағдайы	0,80	0,60	0
Басқа эксплуатациялық жағдайлар	Аэродинамикалық әсерлер		0,80	0,50	0
	Шаруашылық жолдарындағы жөндеу жұмыстарынан түсетін жалпы жүктемелер		0,80	0,50	0

¹⁾ 0,8 бір ғана рельске түсетін жүктеме кезінде.
0,7 екі рельске бір уақытта түсетін жүктеме кезінде.
0,6 үш рельске бір уақытта түсетін жүктеме кезінде.

²⁾Тұрақты және ауыспалы есептік жағдайларда теміржол көлік құралдарының әсерінен түсетін деформацияларды есепке алу жағдайында 1,00 тең Ψ_2 қолданылады. Сейсмикалық есептік жағдайлар үшін ҚР ҚН EN 1990:2002+A1:2005/2011 А2.5-кестесін қара

³⁾бөлек құрамдас көліктік жүктемелермен (мысалы, орталықтан сыртқа тебетін күшпен, ауырлық немесе тежеу күштерімен) бір уақытта әсер ететін ең жоғарғы вертикаль жүктеме 0,5LM71 және т.б. құрайды.

А.3 Әсерлердің есептік мәндері

А.3.1 Шекті жағдайларды тексеру үшін қатты деформацияланған күйдің ізделіп жатқан факторының жалпы қолайсыз мәнін анықтау үшін есептерде қолданылатын формуланың үш түрі берілген. Әрбір формула үшін беріктік коэффициенттерінің өз мәндері мен үйлесімдік ержелері сәйкес келеді:

–А тобы жағдайдың тұрақтылығын тексеру үшін қолданылады;
 –В тобы соңғы және эксплуатациялық шекті жағдайларының негізгі тексерулері үшін қолданылады;

–С тобы геотехникалық тапсырмаларды шешу үшін қолданылады.

–В негізгі топ болып табылады. Сондай-ақ апаттық жағдайлар жеке бөлініп алынған.

А.3.2 Соңғы шекті жағдайлар үшін тұрақтылықтың комбинация ережелері мен коэффициенттер А.4÷А.6-кестелерінде берілген.

Апаттық жағдайлар А.7-кестесінде қарастырылады.

А.4-кесте [ҚР ҚН EN 1990:2002+А1:2005/2011 А2.4(А)-кестесі] – (EQU) әсерлердің есептік мәндері (А тобы)

Тұрақты және жылжымалы есептік жағдайлар	Тұрақты әсерлер		Алдын ала қысым	Басым ауыспалы әсерлер	Ілеспелі ауыспалы әсерлер	
	қолайсыз	қолайлы			негізгі (болған кезде)	басқалары
Формула(6.10) ҚР ҚН EN 1990	$\gamma_{G,j,sup} G_{kj,sup}$	$\gamma_{G,j,inf} G_{kj,inf}$	$\gamma_P P$	$\gamma_{Q,1} Q_{k,1}$		$\gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$
<p>ЕСКЕРТПЕ</p> <p>Тұрақты есептік жағдайлар үшін келесі коэффициенттер ұсынылады:</p> <p>$\gamma_{G,sup} = 1,05$; $\gamma_{G,inf} = 0,95$; $\gamma_Q = 1,35$ қолайсыз әсер кезіндегі автожол көлігі және жаяу жүргінші қозғалысынан болатын әсер үшін (0 қолайлы жағдайда); $\gamma_Q = 1,45$ қолайсыз жағдай кезіндегі теміржол көлігінен болатын әсер үшін (0 қолайлы жағдайда); $\gamma_Q = 1,50$ қолайсыз жағдай кезіндегі тұрақты есептік жағдайларда барлық ауыспалы әсерлер үшін (0 қолайлы жағдайда); γ_P = ұсынылатын мәндер сәйкес ҚР ҚН EN берілген. $Q_{k,1}$ басым тұрақсыздандырушы ауыспалы әсерді білдіреді, ал $Q_{k,i}$ – ауыспалы есептік жағдайларда тұрақты жағдайды растауға арналған негізгі ілеспелі тұрақсыздандырушы ауыспалы әсерлер. Тиісті бақылау болғанда, құрылыс жұмыстарының кезеңіне арналған коэффициенттердің γ келесі мәндері ұсынылады: $\gamma_{G,sup} = 1,05$; $\gamma_{G,inf} = 0,95$; $\gamma_Q = 1,35$ жұмыс өндірі кезінде қолайсыз әсерлер үшін (0 қолайсыз жағдайларда); $\gamma_Q = 1,50$ қолайсыз жағдайда барлық ауыспалы әсерлер үшін (0 қолайсыз жағдайларда).</p> <p>* Ауыспалы әсерлер А.1÷А.3-кестелерінде берілген.</p>						

А.5-кесте[ҚР ҚН EN 1990:2002+A1:2005/2011 A2.4(B)-кестесі] – (STR/GEO) әсерлердің есептік мәндері (Втобы)

Тұрақты және жылжымалы есептік жағдайлар	Тұрақты әсерлер		Алдын ала қысым	Басым ауыспалы әсерлер*	Ілеспелі ауыспалы әсерлер *		Тұрақты және жылжымалы есептік жағдайлар	Тұрақты әсерлер		Алдын ала қысым	Басым ауыспалы әсерлер	Ілеспелі ауыспалы әсерлер *	
	қолайсыз	қолайлы						қолайсыз	қолайлы			негізгі (болған кезде)	басқалары
Формула (6.10) ҚР ҚН EN 1990	$\gamma_{G,j,sup} \cdot G_{k,j,sup}$	$\gamma_{G,j,inf} \cdot G_{k,j,inf}$	γ_P	$\gamma_{Q,1} Q_{k,1}$		$\gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$	Формула (6.10a)	$\gamma_{G,j,sup}$	$\gamma_{G,j,inf} \cdot G_{k,j,inf}$	γ_P		$\gamma_{Q,1} \psi_{0,1} Q_{k,1}$	$\gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$
							Формула (6.10b)	$\xi \gamma_{G,j,sup}$	$\gamma_{G,j,inf}$	γ_P	$Q_{k,1}$		$\gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$

ЕСКЕРТПЕ. 6.10 немесе 6.10a және 6.10b формулалары үшін мына мәндер ұсынылады: γ және ξ :

$\gamma_{G,sup} = 1,35^1$;

$\gamma_{G,inf} = 1,00$;

$\gamma_Q = 1,35$, егер Q – автожол және жаяу жүргінші қозғалысынан болатын қолайсыз жағдай (0 қолайлы жағдайда);

$\gamma_Q = 1,45$, егер Q 1-ден 31 дейінгі жүктемелер тобында, LM71, SW/0 және HSLM жүктеме модельдерінде, сондай-ақ нақты поезддарда

теміржол қозғалысынан болатын қолайсыз жағдайларды білдірсе (16, 17, 26³ және 27³ басқа);

$\gamma_Q = 1,20$, егер Q – от 16 және 17 және SW/2 жүктемелер тобының формасында теміржол қозғалысынан болатын қолайсыз жағдай (0 қолайлы жағдайда);

$\gamma_Q = 1,50$ басқа көліктік және басқа ауыспалы әсерлер үшін²;

$\xi = 0,85$ ($\xi \gamma_{G,sup} = 0,85 \cdot 1,35 \approx 1,15$ болатындай).

$\gamma_{Gset} = 1,20$ сызықтық қатты есептер жағдайында және $\gamma_{Gset} = 1,35$ сызықтық емес қатты есептер жағдайында, қалыпсыз деформациялардан (отырулардан) болған қолайлы әсер туғызатын есептік жағдайларда осы әсерлер есепке алынбайды.

γ есептік параметрлерді анықтау бойынша ҚР ҚН EN ұсынылған коэффициентке тең.

¹) Осы мән конструктивті және конструктивті емес элементтердің өз салмағына, шебін басластына, топыраққа, топырақты және ағынды суларға, көлік жүктемелеріне және т.б. жатады.

²) Осы мән топырақтың ауыспалы вертикаль қысымға, топырақты және ағынды суларға, шебін басластына, топырақ қысымын тудыратын шой таспен толтырылған жерлердегі көліктік жүктемелерге, көліктен түсетін аэродинамикалық әсерлерге және т.б. жатады.

³) 26 және 27 жүктеме топтарының формасында теміржол көлігінен түсетін әсерлер кезінде $\gamma_Q = 1,20$ бөлек құрамдастарға SW/2, ал $\gamma_Q = 1,45$ – к - LM71, SW/0 және HSLM және т.б. бөлек құрамдас жүктеме модельдеріне қолдануға рұқсат етіледі.

* Ауыспалы әсерлер A1÷A.3-кестелерінде берілген.

А.6-кесте[ҚР ҚН EN 1990:2002+A1:2005/2011 А2.4 (С)-кестесі] –**(STR/GEO) әсерлердің есептік мәндері (С тобы)**

Тұрақты және ауыспалы есептік жағдайлар	Тұрақты әсерлер		Алдын ала қысым	Басым ауыспалы әсер*	Ілеспелі ауыспалы әсерлер*	
	қолайсыз	қолайлы			негізгі (болған кезде)	басқалары
Формула(6.10) ҚР ҚН EN 1990	$\gamma_{G,j,sup} G_{k,j,sup}$	$\gamma_{G,j,inf} G_{k,j,inf}$	$\gamma_P P$	$\gamma_{Q,1} Q_{k,1}$		$\gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$
<p>ЕСКЕРТПЕ γкоэффициенттер Ұлттық ерекшеліктері бар қосымшада беріледі.Келесі коэффициенттер ұсынылады:</p> <p>$\gamma_{G,sup} = 1,00$;</p> <p>$\gamma_{G,inf} = 1,00$;</p> <p>$\gamma_{G,set} = 1,00$;</p> <p>$\gamma_Q = 1,15$ қолайсыз әсер кезіндегі автожол көлігі және жаяу жүргінші қозғалысынан болатын әсер үшін (0 қолайлы жағдайда);</p> <p>$\gamma_Q = 1,25$ қолайсыз жағдай кезіндегі теміржол көлігінен болатын әсер үшін (0 қолайлы жағдайда);</p> <p>$\gamma_Q = 1,30$ топырақтың ауыспалы горизонталь қысымына, топырақты және ағынды суларға, шебін басластына, топырақ қысымын тударытан шой таспен толтырылған жерлердегі көліктік жүктемелерге (0 қолайлы жағдайда) арналған;</p> <p>$\gamma_Q = 1,30$ қолайсыз жағдайдағы барлық ауспалы әсерлер үшін (0 қолайлы жағдайда);</p> <p>$\gamma_{Gset} = 1,00$ сызықтық қатты есептер жағдайында және сызықтық емес қатты есептер жағдайында, қалыпсыз деформациялардан (отырулардан) болған қолайсыз әсерлі есептік жағдайларда. Қалыпсыз деформациялардан (отырулардан) болған әсерлер қолайлы жағдай туғызатын есептік жағдайларда осы әсерлер есепке алынбайды.</p> <p>γ_P = ҚР ҚН EN ұсынған коэффициент.</p> <p>* Ауыспалы әсерлер А.1÷А.3-кестелерінде берілген.</p>						

А.7-кесте[ҚР ҚН EN 1990:2002+A1:2005/2011 А2.5-кестесі] –**Апаттық ауыспалы жағдайлардағы және жер сілкінісі кезіндегі әсерлердің есептік мәндері**

Есептік жағдай	Тұрақты әсерлер		Алдын ала қысым	Апаттық ауыспалы жағдайлардағы және жер сілкінісі	Ілеспелі ауыспалы әсер**	
	қолайсыз	қолайлы			негізгі (болған кезде)	басқалары
Апаттық * (Формула 6.11 а/б) ҚР ҚН EN 1990	$G_{k,j,sup}$	$G_{k,j,inf}$	P	A_d	$\psi_{1,1}Q_{k,1}$ или $\psi_{2,1}Q_{k,1}$	$\psi_{2,i}Q_{k,i}$
Жер сілкінісі*** (Формула 6.12 а/б) ҚР ҚН EN 1990	$G_{k,j,sup}$	$G_{k,j,inf}$	P	$A_{Ed} = \gamma_l A_{Ek}$	$\psi_{2,i}Q_{k,i}$	

ЕСКЕРТПЕ Жер сілкінісінен басқа барлық әсерлер үшін $\gamma = 1,0$ ұсынылды.

* Ілеспелі әсері басым апаттық есептік жағдайларда оның жиі кездесетін мәнін немесе жер сілкінісі кезіндегідей оның тұрақты сияқты мәндерін қабылдауға рұқсат етіледі.

** Ауыспалы әсерлер А.1÷А.3-кестелерінде берілген.

*** Сейсмикалық есептік жағдай әрбір нақты нысан үшін жеке анықталуы тиіс. Теміржол көпірлері үшін жүктемені бір ғана жолға қабылдайды және SW/2 жүктеме моделін еспке алмайды.

Пайдалану жарамдылығы бойынша шекті жағдайлар үшін қатты деформацияланған күйдің ізделіп жатқан факторының есептік мәнін А.8-кестеге сәйкес табу керек.

А.8-кесте[СН РК EN 1990:2002+А1:2005/2011 А2.6-кестесі] –**Әсерлер комбинациясындағы әсерлердің есептік мәндері**

Әсерлер комбинациясы	Тұрақты әсерлер G_d		Алдын ала қысым	Ауыспалы әсерлер, Q_d	
	неблагоприятные	благоприятные		басым	басқалары
Сипаттамалық	$G_{k,j,sup}$	$G_{k,j,inf}$	P	$Q_{k,1}$	$\Psi_{0,i}Q_{k,i}$
Жиі кездесетін	$G_{k,j,sup}$	$G_{k,j,inf}$	P	$\Psi_{1,1}Q_{k,1}$	$\Psi_{2,i}Q_{k,i}$
Тұрақты сияқты	$G_{k,j,sup}$	$G_{k,j,inf}$	P	$\Psi_{2,1}Q_{k,1}$	$\Psi_{2,i}Q_{k,i}$

А.3.4Пайдалану жарамдылығы бойынша шекті жағдайлар үшін әсер мәндерін таңдар туралы ақпарат (сипаттамалық, жиі кездесетін немесе тұрақты сияқты) ҚР ҚН EN 1992÷СН РК EN 1994 ережелерінде берілген.

Бқосымшасы

(ақпараттық)

LM3 жүктемесі

Б.1 Егер арнайы ауыр көлік құралдардың өтуін есепке ала отырып, көпір құрылысын жобалау қажеттігі болғанда Тапсырыс беруші Б.1-суреттегі Б.1 және Б.2-кестелер бойынша берілген көлік құралдарын анықтауы тиіс.

Б.1-кесте [Таблица А.1] — Арнайы көлік құралдарының кластары

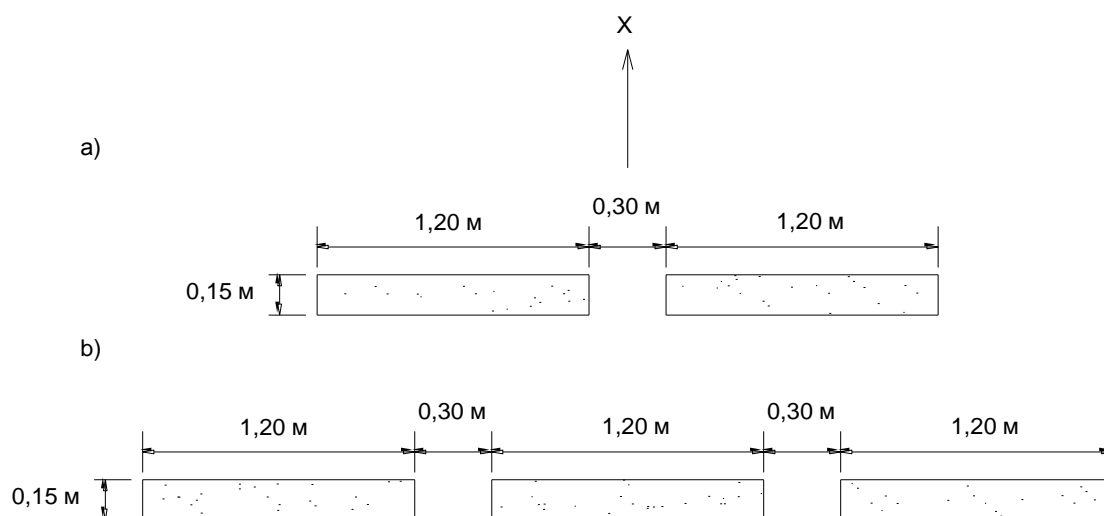
Жалпы салмағы, кН	Құрамы	Белгіленуі
600	150 кН бойынша 4 белдік	600/150
900	150 кН бойынша 6 белдік	900/150
1200	150 кН бойынша 8 белдік немесе 200 кН бойынша 6 белдік	1200/150 1200/200
1500	150 кН бойынша 10 белдік немесе 200 кН бойынша 7 белдік 100 кН-ке 1 белдік	1500/150 1500/200
1800	150 кН бойынша 12 белдік немесе 200 кН бойынша 9 белдік	1800/150 1800/200
2400	200 кН бойынша 12 белдік немесе 240 кН бойынша 10 белдік немесе 200 кН (бойлық 12 м) бойынша 6 белдік + 200 кН бойынша 6 белдік	2400/200 2400/240 2400/200/200
3000	200 кН бойынша 15 белдік немесе 240 кН бойынша 12 белдік + 120 кН бойынша 1 белдік немесе 200 кН (бойлық 12 м) бойынша 8 белдік + 200 кН бойынша 7 белдік	3000/200 3000/240 3000/200/200
3600	200 кН бойынша 18 белдік немесе 240 кН бойынша 15 белдік немесе 200 кН бойынша 9 белдік (бойлық 12 м) + 200 кН бойынша 9 белдік	3600/200 3600/240 3600/200/200

Б.2-кесте [А.2кесте] — Арнайы көлік құралдарын суреттеу

Жалпы салмағы, кН	150 кН бойынша белдіктері	200 кН бойынша белдіктері	240 кН бойынша белдіктері
600	$n = 4 \cdot 150$ $e = 1,50$ м		
900	$n = 6 \cdot 150$ $e = 1,50$ м		
1200	$n = 8 \cdot 150$ $e = 1,50$ м	$n = 6 \cdot 200$ $e = 1,50$ м	
1500	$n = 10 \cdot 150$ $e = 1,50$ м	$n = 1 \cdot 100 + 7 \cdot 200$ $e = 1,50$ м	
1800	$n = 12 \cdot 150$ $e = 1,50$ м	$n = 9 \cdot 200$ $e = 1,50$ м	

Б.2-кесте [А.2-кесте] — Арнайы көлік құралдарын суреттеу (жалғасы)

Жалпы салмағы, кН	150 кН бойынша белдіктері	200 кН бойынша белдіктері	240 кН бойынша белдіктері
2400		$n = 12 \cdot 200$ $e = 1,50 \text{ м}$ $n = 6 \cdot 200 + 6 \cdot 200$ $e = 5 \cdot 1,5 + 12 + 5 \cdot 1,5$	$n = 10 \cdot 240$ $e = 1,50 \text{ м}$
3000		$n = 15 \cdot 200$ $e = 1,50 \text{ м}$ $n = 8 \cdot 200 + 7 \cdot 200$ $e = 7 \cdot 1,5 + 12 + 6 \cdot 1,5$	$n = 1 \cdot 120 + 12 \cdot 240$ $e = 1,50 \text{ м}$
3600		$n = 18 \cdot 200$ $e = 1,50 \text{ м}$	$n = 15 \cdot 240$ $e = 1,50 \text{ м}$ $n = 8 \cdot 240 + 7 \cdot 240$ $e = 7 \cdot 1,5 + 12 + 6 \cdot 1,5$
ЕСКЕРТПЕ n – әрбір топта әрбір белдіктің жүктемесіне көбейтілген белдіктер саны; e – әрбір топтың шамасындағы және топтар арасындағы белдік аралық қашықтық, м.			



X — көпір белдігінің бағыты

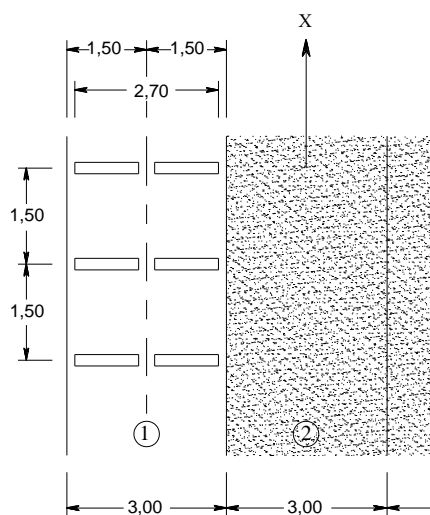
a) — 100-ден 200 кН дейінгі белдік сызықтары;

b) — 240 кН бойынша белдік сызықтары

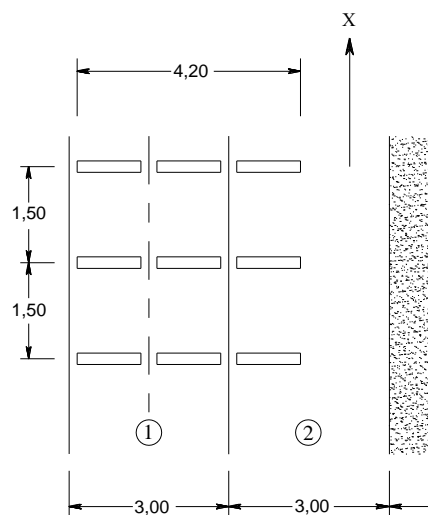
Б.1-сурет [А.1-сурет] — Белдік сызықтарының орналасуы және дөңгелектердің түйісу ауданын анықтау

Б.2 Осы Қосымшада айтылған жүктемелердің сипаттамалық мәндері тек қана ауыспалы есептік жағдайларда қарастырылуы тиіс.

Б.3 150 немесе 200 кН бойынша белдіктерден жасалған LM3 жүктеме моделі 1 жүктеме жолағына жолақтарды нөмірлеу ережесінесәйкес қойылуы тиіс (Б.2-суретті қара). 240 кН бойынша белдіктерден құралған жүктеме моделі де жүктеме жолағының бір бөлігін ала алады (Б.2-суретті қара). Жүктегенде жүретін жол енінен қауіпсіздік жолағын алып тастауға рұқсат етіледі.



**150 немесе 200 кН бойынша
белдіктер (b=2,7 м)**
X – көпір белдігінің бағыты;
(1) – 1 жүктеме жолағы;



**240 кН бойынша белдіктер
(b=4,20 м)**
X – көпір белдігінің бағыты;
(1) – 1 жүктеме жолағы;

Б.2-сурет[А.2-сурет] — Арнайы көлік құралдарын жүктеме жолақтарына қою

Б.4 Тапсырыс беруші бойлама құрылыспен LM3 жүктеме моделінің өту режимін белгілеуі тиіс. Екі өту режимі ұсынылады: төменгі жылдамдықта (5 км/сағ аспайтын) немесе қалыпты жылдамдықты (70 км/сағ).

Б.5 Егер модельдердің төмен жылдамдықта қозғалғаны болжанса, онда динамикалық қосымша есепке алынбайды.

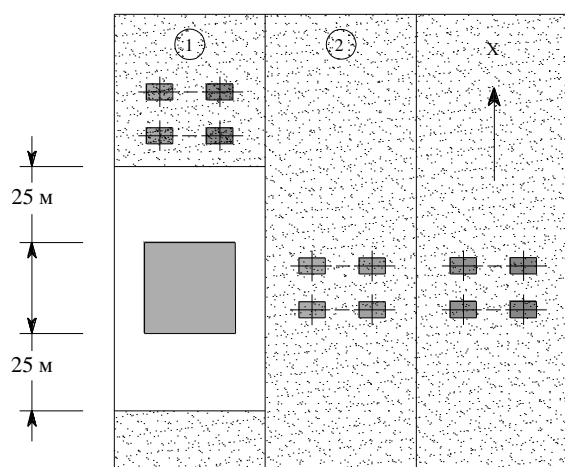
Б.6 [А.3(5)] Егер модельдердің қалыпты жылдамдықта қозғалғаны болжанса, онда динамикалық қосымша есепке алынуы тиіс. Ол мына формула бойынша есептеледі:

$$\varphi = 1,40 - \frac{L}{500} \quad \varphi \geq 1 \quad (\text{Б.1})$$

мұндағы L — «әсер етуші» ұзындық, м.

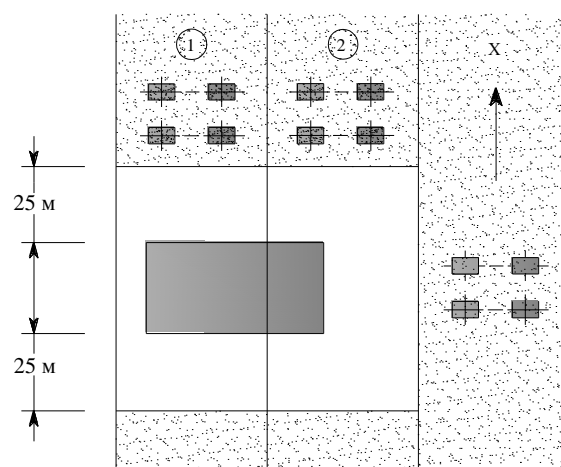
Б.7 [А.3(6)] Егер модельдердің төмен жылдамдықта қозғалғаны болжанса, онда әрбір жүктеме жолағы және бойлама құрылыстың жүретін бөлігінің қалған бөлігі жиі кездесетін мәндері бар LM1 жүктеме моделімен жүктелуі тиіс. Ол мәндер ҚР ҚН EN 1990:2002+A1:2005/2011 ережелерінің А қосымшасы мен А.2 қосымшасында берілген. Стандартталған көлік құралы бар қозғалу жолағында (жолақтарында) бұл жүйе Б.3-

суретінде көрсетілгендей қарастырылып жатқан көлік құралының сыртқы белдіктерінен 25 м қашықтықта қойылуы тиіс.



**150 немесе 200 кН бойынша
белдіктер**

X — көпір белдігінің бағыты;
(1) — 1 жүктеме жолағы;
(2) — 2 жүктеме жолағы.



240 кН бойынша белдіктер

X — көпір белдігінің бағыты;
(1) — 1 жүктеме жолағы;
(2) — 2 жүктеме жолағы.



Стандартталған көлік құралы



LM1 моделінің жиі кездесетін мәндерінің көмегімен жүктелген бөлік

Б.3-сурет [А.3-сурет] — LM1 жүктеме модельдері мен арнайы көлік құралдарын бір уақытта қолдану

Б.8 [А3(7)] Егер модельдер қалыпты жылдамдақта қозғалғаны болжанса, онда екі арнайы көлік құралы осы көлік құралдары бар жолақтарда қоданылуы тиіс. Басқа жолақтар мен көпірдің бойлама құрылысының жүретін бөлігінің қалған бөлігінде ҚР ҚН EN 1990:2002+A1:2005/2011 ережелерінің А қосымшасы мен А.2 қосымшасында берілген бөлігі жиі кездесетін мәндері бар LM1 жүктеме моделімен жүктелуі тиіс.

ВҚОСЫМШАСЫ

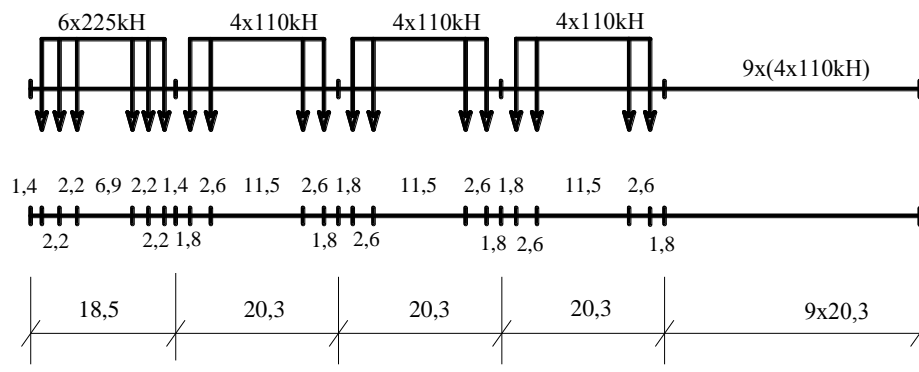
(ақпараттық)

Қажу деңгейін бағлауға арналған поезд типтері. Көліктік композициялар

(1) Стандарт және жүкпен жүктелмеген көлік ағымына арналған композиция

1 тип Локомотивпен сүйретілетін жолаушылар поезды

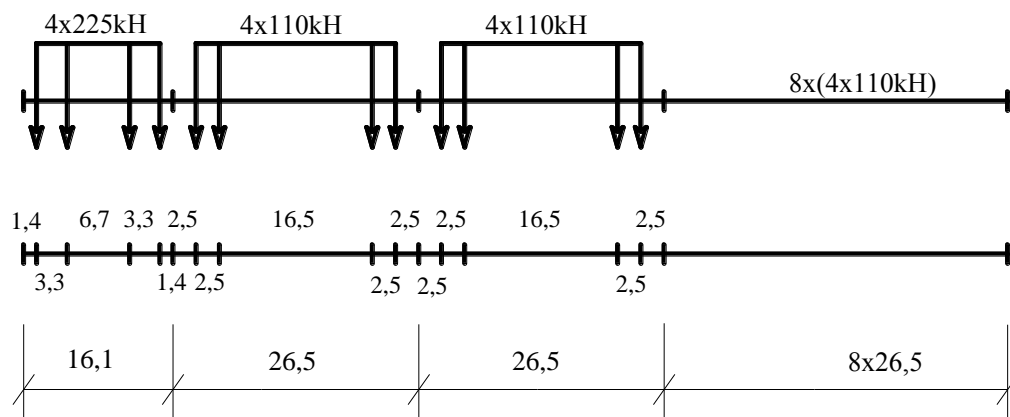
$$\Sigma Q = 6630 \text{ кН}; \quad V = 200 \text{ км/сағ}; \quad L = 262,10 \text{ м}; \quad q = 25,3 \text{ кН/м}$$



В.1-сурет–бірінші типтегі локомотивпен сүйретілетін жолаушылар поезды

2 тип Локомотивпен сүйретілетін жолаушылар поезды

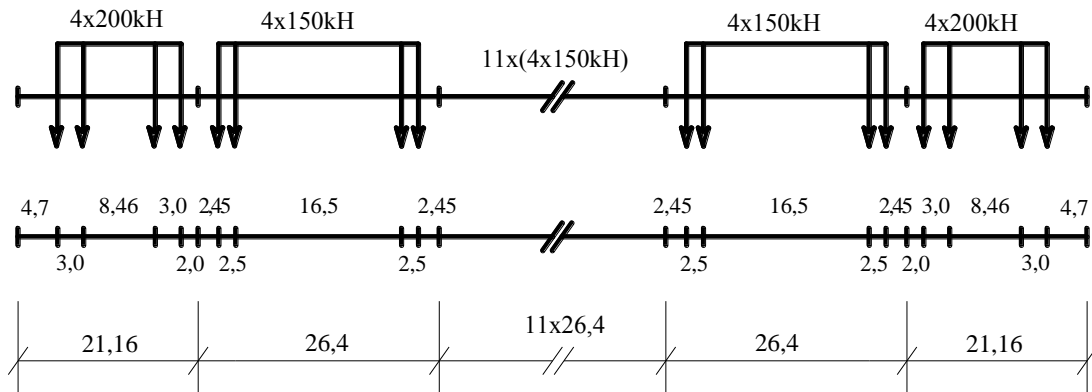
$$\Sigma Q = 5300 \text{ кН}; \quad V = 160 \text{ км/сағ}; \quad L = 281,10 \text{ м}; \quad q = 18,9 \text{ кН/м}$$



В.2-сурет– екінші типтегі локомотивпен сүйретілетін жолаушылар поезды

3 тип Жүрдек жолаушылар поезды

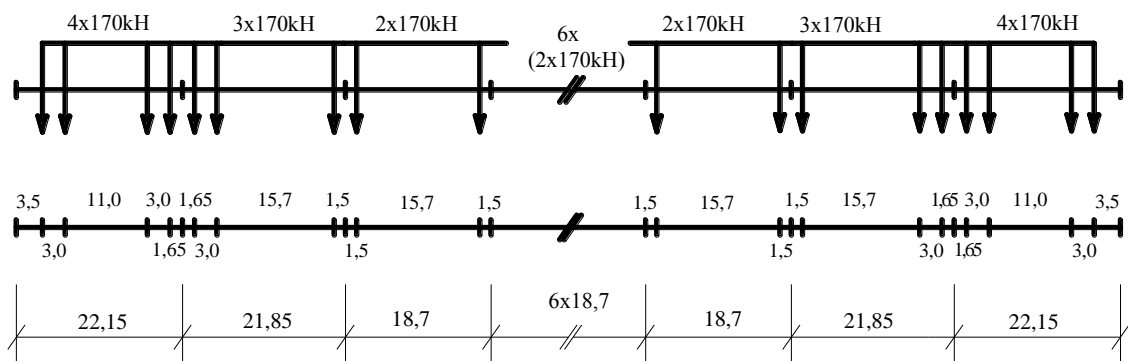
$\Sigma Q = 9400 \text{ кН}$; $V = 250 \text{ км/сағ}$; $L = 385,52 \text{ м}$; $q = 24,4 \text{ кН/м}$



В.3-сурет- үшінші типтегі жүрдек жолаушылар поезды

4 тип Жүрдек жолаушылар поезды

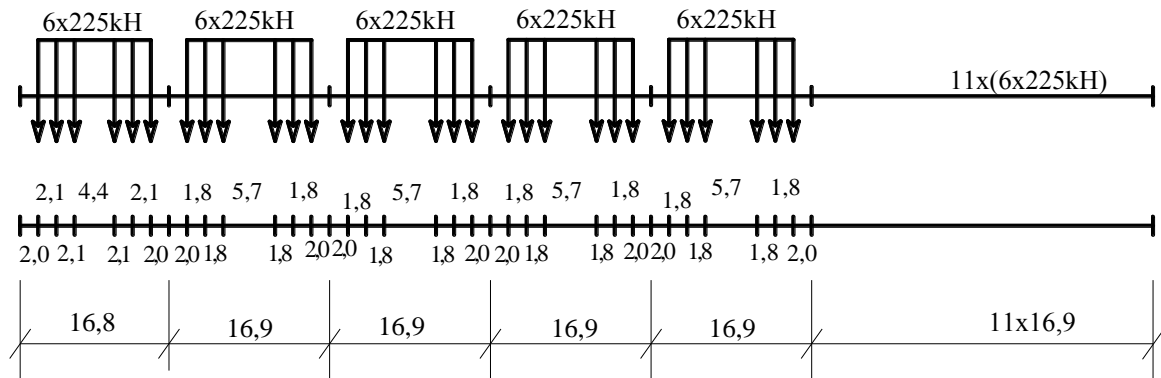
$\Sigma Q = 5100 \text{ кН}$; $V = 250 \text{ км/сағ}$; $L = 237,68 \text{ м}$; $q = 21,5 \text{ кН/м}$



В.4-сурет-төртінші типтегі жүрдек жолаушылар поезды

5 тип Локомотивпен сүйретілетін жүк поезды

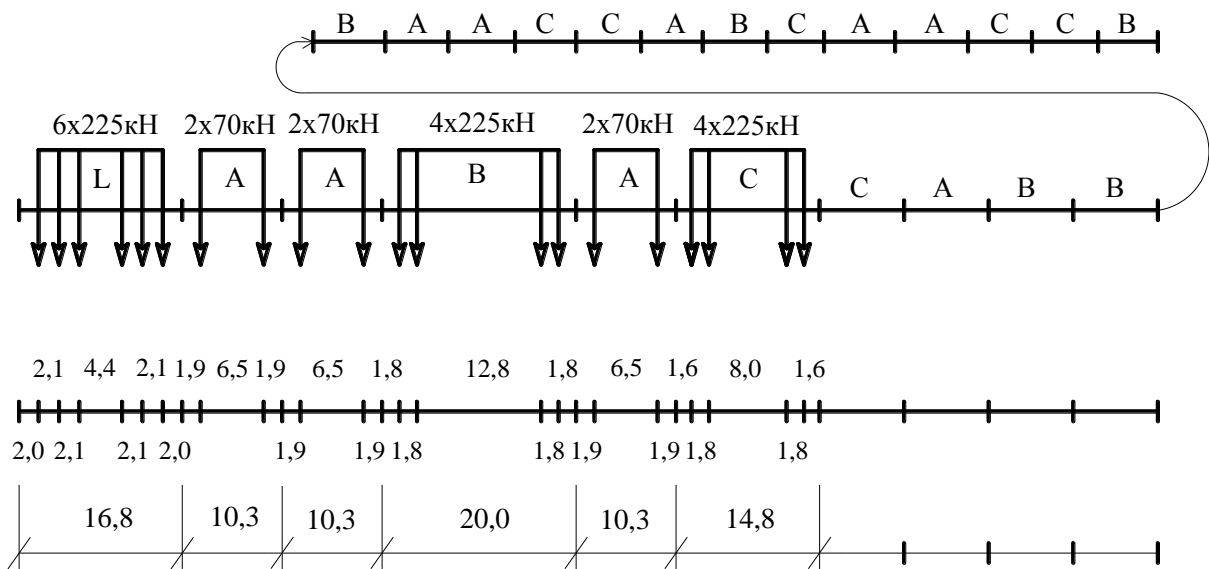
$\Sigma Q = 21\,600 \text{ кН}$; $V = 80 \text{ км/сағ}$; $L = 270,30 \text{ м}$; $q = 80,0 \text{ кН/м}$



В.5-сурет – бесінші типтегі локомотиві бар жүк поезды

6 тип Локомотивпен сүйретілетін жүк поезды

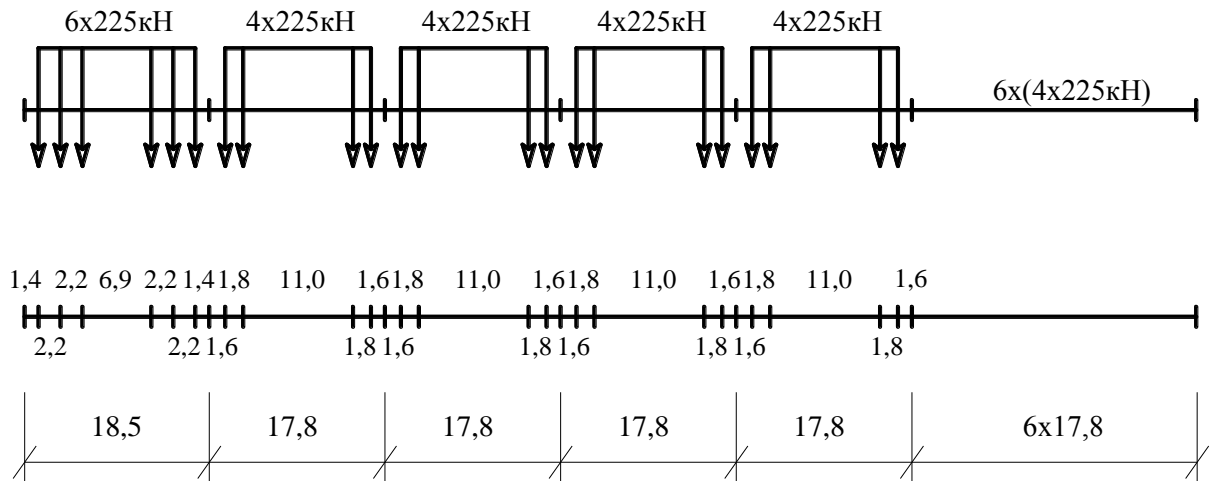
$$\Sigma Q = 14\,310 \text{ кН}; \quad V = 100 \text{ км/сағ}; \quad L = 333,10 \text{ м}; \quad q = 43,0 \text{ кН/м}$$



В.6-сурет – алтыншы типтегі локомотивпен сүйретілетін жүк поезды

7 тип Локомотивпен сүйретілетін жүк поезды

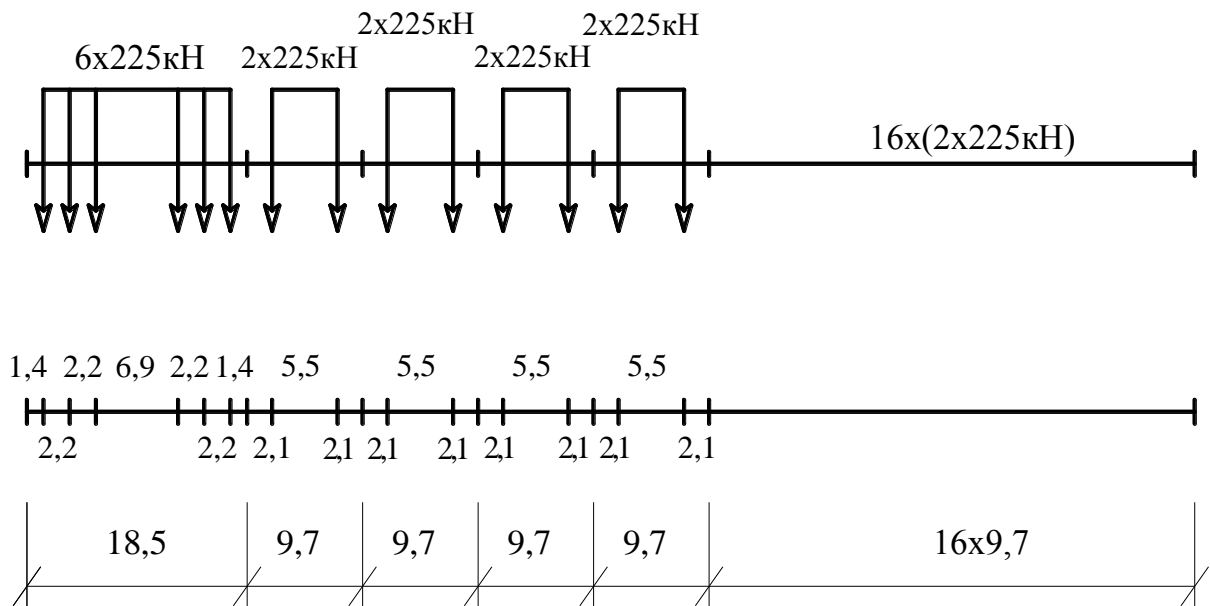
$$\Sigma Q = 10\,350 \text{ кН}; \quad V = 120 \text{ км/сағ}; \quad L = 196,50 \text{ м}; \quad q = 52,7 \text{ кН/м}$$



В.7-сурет – жетінші типтегі локомотивпен сүйретілетін жүк поезды

8 тип Локомотивпен сүйретілетін жүк поезды

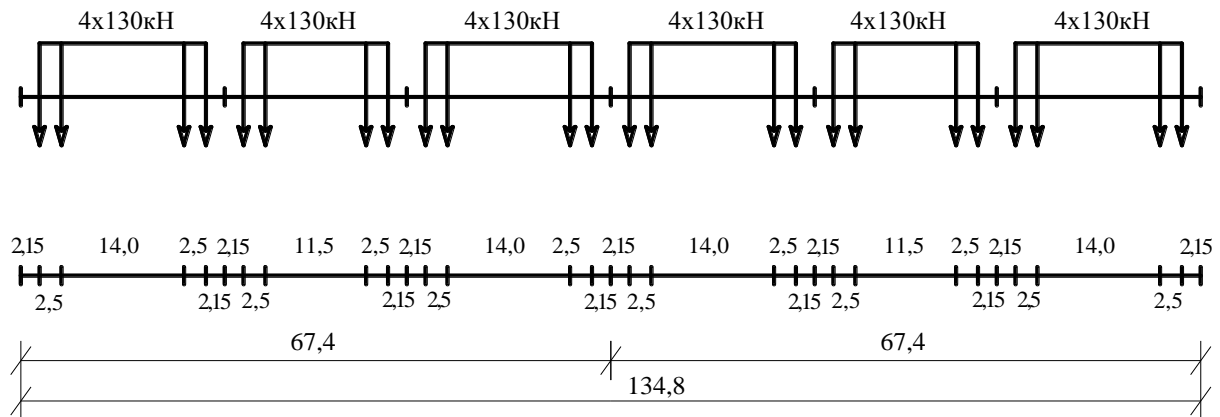
$\Sigma Q = 10\,350$ кН; $V = 100$ км/сағ; $L = 212,50$ м; $q = 48,7$ кН/м



В.8-сурет – сегізінші типтегі локомотивпен сүйретілетін жүк поезды

9 тип Қала маңы мотор вагонды поезд

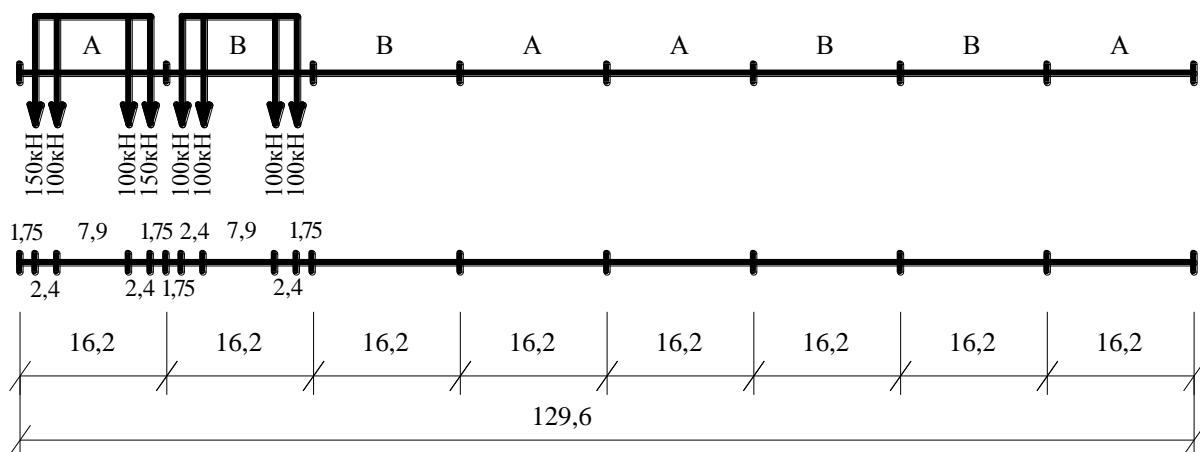
$\Sigma Q = 2960$ кН; $V = 120$ км/сағ; $L = 134,80$ м; $q = 22,0$ кН/м



В.9-сурет – тоғызыншы типтегі қала маңы мотор вагонды поезд

10 тип Метрополитен

$$\Sigma Q = 3600 \text{ кН}; \quad V = 120 \text{ км/сағ}; \quad L = 129,60 \text{ м}; \quad q = 27,8 \text{ кН/м}$$

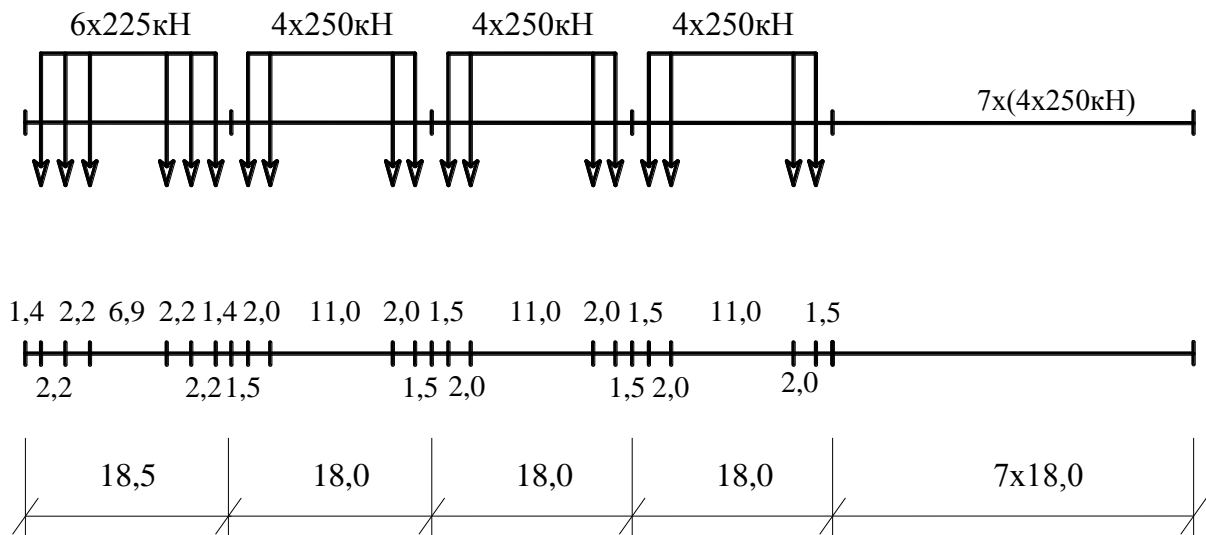


В.10-сурет – Метрополитен

(2) 250 кН бойынша белдігі бар жүкпен жүктелген көлік ағымы

11 тип Локомотивпен сүйретілетін жүк поезды

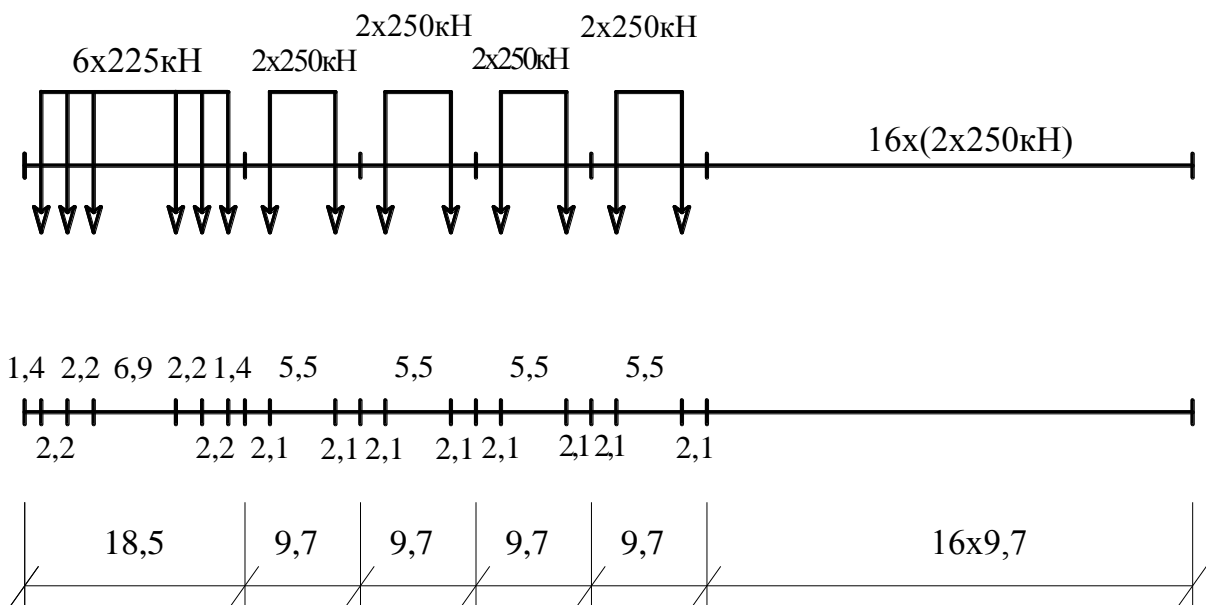
$$\Sigma Q = 11\,350 \text{ кН}; \quad V = 120 \text{ км/сағ}; \quad L = 198,50 \text{ м}; \quad q = 57,2 \text{ кН/м}$$



В.11-сурет – он бірінші типтегі локомотивпен сүйретілетін жүк поезды

12 тип Локомотивпен сүйретілетін жүк поезды

$$\Sigma Q = 11\,350 \text{ кН}; \quad V = 100 \text{ км/сағ}; \quad L = 212,50 \text{ м}; \quad q = 53,4 \text{ кН/м}$$



В.12-сурет – он екінші типтегі локомотивпен сүйретілетін жүк поезды

Көліктік композиция:

В.1-кесте[D.1-кесте] —белдіктері $\leq 22,5$ т (225 кН) болатын стандарт көліктік композиция

Поезд типі	Күніне жүретін поездар саны	Поездың салмағы, т	Көлік ағымының көлемі, 10^6 т/жыл
1	12	663	2,90
2	12	530	2,32
3	5	940	1,72
4	5	510	0,93
5	7	2160	5,52
6	12	1431	6,27
7	8	1035	3,02
8	6	1035	2,27
	67		24,95

В.2-кесте[D.2-кесте]—Белдіктері 25 т (250 кН) болатын жүкпен жүктелген ағымдарға арнаған композиция

Поезд типі	Күніне жүретін поездар саны	Поездың салмағы, т	Көлік ағымының көлемі, 10^6 т/жыл
5	6	2160	4,73
6	13	1431	6,79
11	16	1135	6,63
12	16	1135	6,63
	51		24,78

В.3-кесте [D.3-кесте]—Белдіктері $\leq 22,5$ т (225 кН) болатын жүктелмеген ағымдарға арналған композиция

Поезд типі	Күніне жүретін поездар саны	Поездың салмағы, т	Көлік ағымының көлемі, 10^6 т/жыл
1	10	663	2,4
2	5	530	1,0
5	2	2160	1,4
9	190	296	20,5
	207		25,3

Гқосымшасы
(ақпараттық)

Ауыспалы әсерлерге конструкция мен рельс жолдарының бірге жұмыс істеуі

Г.1 Жалпы ережелер

Г.1.1 Егер рельстер деформациялық тігістермен бөлінбейтін болса, онда конструкция (бойлама құрылыс, тірек бөліктер мен тірек) мен рельс жолы (рельстер, балласт және т. б.) ауырлық немесе тежеу күштерінің салдарынан болған бойлама әсерді бірге қабылдайды. Бойлама әсерлер рельстер арқылы жартылай тіректік артына үйіндімен және бойлама құрылыстың тірек бөліктерімен көпір тірегі арқылы фундамент пен негізге беріледі.

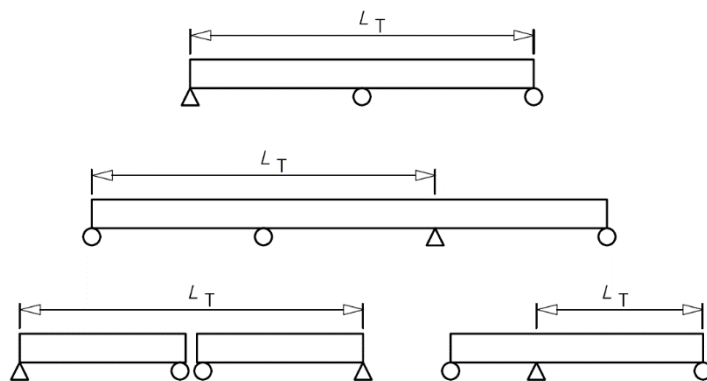
Г.1.2 Егер рельстер көпірдің бойлама құрылысының еркін орын ауыстыруын шектейтін болса, онда көпірдің бойлама құрылысының деформациясы (мысалы, температураның өзгеруімен, вертикаль жүктемеден, сырғымалығы болуынан және отыруынан болған) рельстер мен көпірдің бойламы құрылысының тірек бөліктерінде бойлама күш тудырады. ҚР ҚН EN 1991-2:2003/2011 ережелерінің 6.5.4 сәйкес ауыспалы әсерлерде конструкция мен рельс жолдарының бірге жұмыс істеуінен болған күштерді көпірдің бойлама құрылысының, бойлама құрылыстың жылжымайтын тірек бөліктерінің көпір тіректің есептегенде және рельстердегі қысымдарды есептегенде есепке алу керек.

Г.1.3 Г қосымшасының талаптары қарапайым балласт рельс жолына таралады және балластсыз көпір жабындысына таралмайды.

Г.2 Көпір конструкциясы мен рельс жолының бірге жұмыс істеуіне әсер ететін параметрлер

Г.2.1 [6.5.4.2 (1)P] Есептегенде көпір конструкциясы мен рельс жолының бірге жұмыс істеуіне әсер ететін келесі параметрлер ескерілуі тиіс:

- а) конструкция конфигурациясы:
 - еркін тірелген бөрене, бөлінбейтін бөренелер;
 - бөлек бойлама құрылыстардың саны және әрбір бойлама құрылыстың ұзындығы;
 - бойлықтар саны және әрбір бойлықтың ұзындығы;
 - бойлама құрылыстың жылжымайтын тірек бөліктерінің күйі;
 - жылжымайтын «температуралық» тіректің күйі;
 - жылжымайтын «температуралық» тірек пен бойлама құрылыс шетінің арасындағы $L_{\text{температуралық}}$ бойлықтың ұзындығы (Г.1-сурет);
- б) рельс жолдарының конфигурациясы:
 - баластты және баластсыз рельс жолдарының жүйесі;
 - бойлама құрылыстың жоғарғы жабындысы мен рельстердің нейтраль белдіктері арасындағы вертикаль қашықтық;
 - рельстер ұзаруының өтеу қондырғысының (теңестіру қондырғысы);



Г.1-сурет[6.17-сурет]— L_T температуралық бойлық ұзындығының мысалы

с) конструкция сипаты:

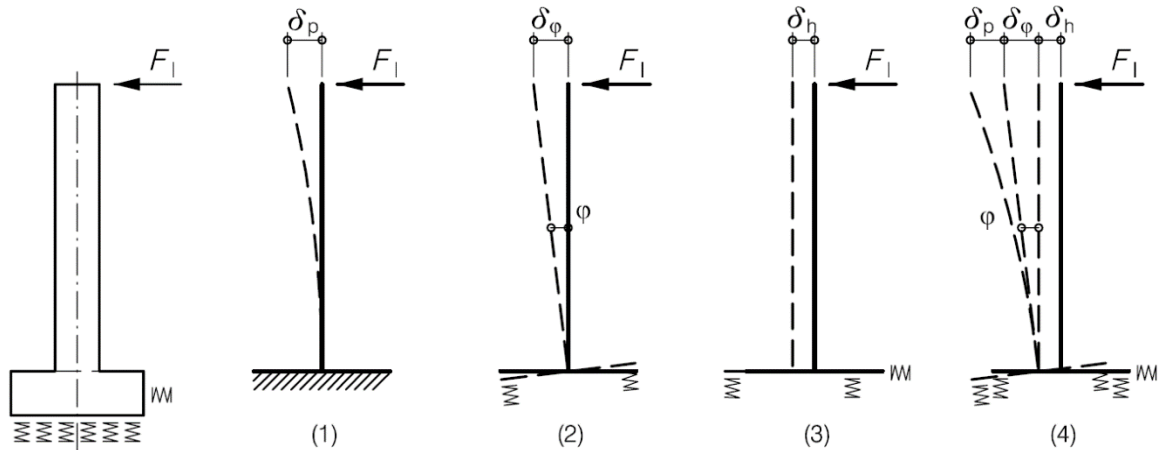
- бойлама құрылыстың вертикаль қаттылығы;
- бойлама құрылыстың нейтраль белдігі мен оның жоғарғы жабындысы арасындағы вертикаль қашықтық;
- бойлама құрылыстың нейтраль белдігі мен тірек бөлігінің айналу белдігінің арасындағы вертикаль қашықтық;
- бойлама құрылыстың бұрыштық айналу салдарынан бойлық шетінің бойлама қимасын жасайтын бойлама құрылыстың тірек бөліктерінің конструкциясы ;
- толық қаттылық ретінде анықталған конструкцияның бойлама қаттылығы. Ол рельс жолдарының бойлама бағытында әсерлерге қарсы көпір тірегімен жасалынуы мүмкін. Толық қаттылық (Г.2-сурет) бойлама құрылыстың тірек бөліктерінің қаттылығын және көпір тірегі мен фундаментті есепке алып қабылданады.

d) рельс жолдарының сипаты :

- рельстердің белдік қаттылығы;
- рельс жолдарының немесе рельстердің бойлама қимаға қарсыластығы, ол мыналардан құралады:

Төсеме балластқа қатысты;

- рельс жылжуларының тойтарысы рельс бекіткіштері мен негіздерге қатысты,мысалы, қатып қалған балласт кезінде немесе тікелей бекітілген рельстер. Ол жерде жылжуға тойтарыс рельс жолы ұзындығының бірлігіне түсетін күшке тең, ол рельстер мен оларды ұстап тұратын бойлама құрылыс конструкцияларының немесе үйіндінің арасындағы салыстырмалы жылжудың функциясы ретінде жалжуға қарсы әрекет етеді.



Белгілері

- (1) — аралық тіректің майысуы; (2) — фундамент бұрылысы;
 (3) — фундаменттің жылжуы; (4) — аралық тірек басының толық жылжуы

Г.2-сурет[6.18-сурет] —Бойлама құрылыстың тірек бөліктерінің деңгейінде балама бойлама қаттылықты анықтау мысалы

Г.3 Ескерілуі тиіс әсерлер

Г.3.1 [6.5.4.3(1)P] Келесі әсерлерді ескеру керек:

- ауырлық және тежеу күштері;
- конструкция мен рельс жолының ортақ жүйесіндегі температуралық әсерлер ;
- SW/0 және SW/2 модельдерін қоса лағанда, қажет болған жерде, көлік құралдарынан түсетін вертикаль жіктелген жүктемелер. Динамикалық әсерлерді ескермесе де болады. «Жүктелмеген поезд» және HSLM жүктеме модельдерінен болатын әсерлерде конструкция мен рельс жолдарының ортақ реакциясын ескермесе де болады.

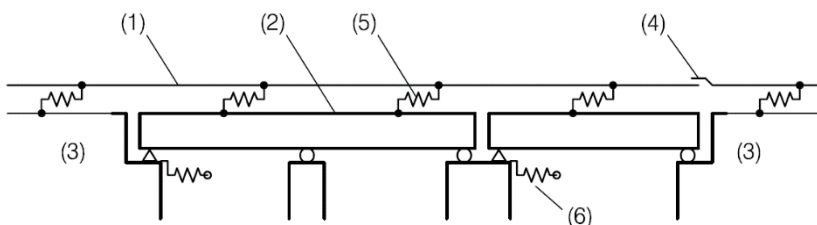
— сырғымалық, отыру, температуралық градиент және т.б. сияқты басқа да әсерлерді ескеру қажет, егер олар бойлама құрылысы алдының бұрылуын және онымен байланысты бойлама құрылыс алдының бойлай жылжуын тудырса.

Г.3.2 [6.5.4.3 (2)] Температуралық ауытқулар ΔT_N сияқты есепке алынуы тиіс (СН РК EN 1991-1-5:2003/2011 қара) және де μ және $\mu/1,0$ тең деп алу керек. бойлама құрылыс температурасының ауытқуын жеңіл есептеу үшін $\Delta T_N = \pm 35$ К(кельвин) ың болып қабылдануы мүмкін.

Г.3.3 [6.5.4.3 (3)] Рельс жолдары мен конструкцияның ауырлық және тежеу күштеріне ортақ жұмыстарын бағалағанда берілген бойлама жүктемелер көрші үйінділерге берілмеуі тиіс. Егер көпірге теміржол көлігінің келуін, оның көпір үстінде жүруін және жүктеменің неғұрлым қолайсыз әсерлерін бағалау үшін көпірге жақын үйінділермен көпірден шығуын қосатын толық жолдың есептеу орындалса, ауырлық және тежеу күштері көрші үйіндіге беріле алады.

Г.4 Рельс жолдары мен конструкцияның біріккен жүйесін бейнелеу және есептеу

Г.4.1 [6.5.4.4 (1)] Рельс жолдары мен конструкцияның біріккен жүйесінің жүктеме әсерлерін анықтау үшін Г.3-суретте көрсетілген модельді қолдануға болады



Белгіленуі

- (1) - рельсжолы;
- (2) – бойлама құрылыс (бір екі бойлық бөлінбейтін бойлама құрылыс және бір бөлінетін бойлама құрылысы);
- (3) - үйінді;
- (4) –рельстер ұзаруының өтеу қондырғысы (теңестіруші құрал) (егер бар болса);
- (5) – бойлама сызықтық емес серіппелер, олар рельс жолдарына арналған бойлама жүктемеден болатын жылжу тәуелділігін тудырады;
- (6) - К фундамент, аралық тіректердің, бойлама құрылыстың тірек бөліктерінің және т.б. қаттылығын есептегенде бойлама құрылысқа қатысты жылжымайтын тіректің бойлама қаттылығын бейнелейтін бойлама серіппелер.

Г.3-сурет[6.19-сурет] — «Рельс жолдары –конструкция» жүйесі моделінің мысалы

Г.4.2 [6.5.4.4(2)] Рельс жолдары немесе рельс тіректерінің «бойлама жүктеме-жылжу» тәуелділігі басында жылжуға мықты тойтарысы (кН/мм рельс жолының метрге жылжуы) және содан кейін жылжуға пластикалық тойтарысы (кН/мм рельс жолының) Г.4-суреттегі кескіндемеде көрсетілген.

Г.4.3 [6.5.4.4(3)] Рельс жолдарының сипаттамалары болашақта өзгеру мүмкіндігін дәлелді болжайтын болсақ, онда ол есептеулерде ескерілуі тиіс.

Г.4.4 [6.5.4.4(4)] Толық бойлама тірегінің реакциясын F_L есептеу үшін және рұқсат етілген мәндерімен рельстегі жалпы балама қысымды салыстыру үшін толық әсерді мына формула бойынша анықтау керек.

$$F_L = \sum \psi_{0i} \cdot F_{li} \quad (\text{Г.1})$$

мұндағы

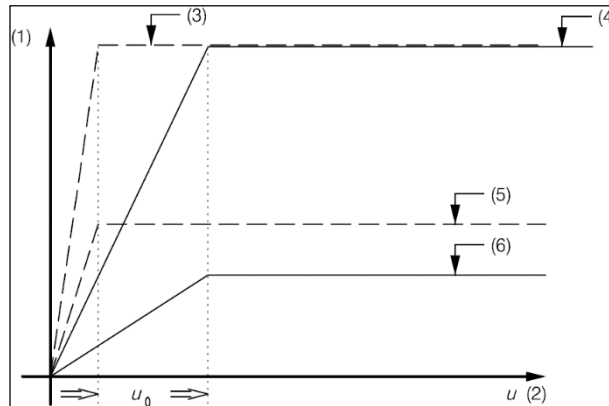
F_{li} - і әсеріне сәйкес келетін жеке бойлама тірегінің реакциясы;

ψ_{0i} - А қосымшасында берілген;

ψ_{0i} - рельстегі қысымды есептеу үшін ψ_{0i} 1,0 тең етіп алыну тиіс.

Г.4.5 [6.5.4.4(5)] Әрбір әсерді анықтағанда рельс жолының сызықтық емес күйінің қаттылығын назарға алу керек, ол Г.4-суретте көрсетілген.

Г.4.6 [6.5.4.4(6)] Әрбір әсердің нәтижесінде пайда болған рельстер мен бойлама құрылыстың тірек бөліктерінің бойлама күштері сызықтық суперпозицияларды қолданып, әрекет ете алады.



Белгіленуі

- (1) – рельс жолындағы ұзындық бірлігіне жылжыған ұзына бойы жылжу күші;
- (2) – бойлама құрылыстың төбесіне қатысты рельстің жылжуы ;
- (3) – рельстің шпалдағы тойтарысы (жүктелген рельс жолы) (қатып қалған балласт немесе дәстүрлі бекітілген балластсыз рельс);
- (4) – шпалдың балластағы тойтарысы (жүктелген рельс жолы);
- (5) - рельстің шпалдағы тойтарысы (жүктелмеген рельс жолы) (қатып қалған балласт немесе дәстүрлі бекітілген балластсыз рельс);
- (6) - шпалдың балластағы тойтарысы (жүктелмеген рельс жолы);

Г.4-сурет[6.20-сурет] -Бір рельс жолы үшін рельс жолының бойлама жылжуы кезіндегі ұзына бойғы жылжуының өзгеруі

Г.5 Есептік өлшемдер

Г.5.1 Рельс жолы

Г.5.1.1[6.5.4.5.1 (1)] Көпірдегі рельстер үшін және жақын тіректерде рұқсат етілген конструкция мен рельс жолының ауыспалы әсерге ортақ реакциясынан пайда болған рельстегі қосымша қысымдар келесі есептік мәндермен шектелуі тиіс:

- қысым 72 Н/мм²;
- созылу 92 Н/мм².

Г.5.1.2 [6.5.4.5.1 (2)] Рельстердегі қысымдар үшін Г.5.1.1 берілген шекті мәндер келесі талаптарды орындайтын рельс жолдары үшін қолданылады:

- рельс маркасы UIC 60 созылуға беріктігі 900 Н/мм² кем болмайды;
- рельс жолы тура немесе $r \geq 1\,500$ мм радиуста қойылған;
- ауыр бетон шпалдарымен балласталған, 65 см интервалмен немесе рельс жолы конструкциясында көрсетілген балама орналасқан рельс жолдары;

— шпалдар астында 30 см кем болмайтын тығыздалған балластпен балласталған рельс жолдары.

Г.5.2 Конструкция деформациясының шекті мәндері

Г.5.2.1 [6.5.4.5.2(1)P] Ауырлық және тежеу күштерінен пайда болған деформациялар δ_B , мм, келесі мәндерден аспауы тиіс:

- 5 мм—рельстер ұзаруының өтеу қондырғысы жоқ немесе бойлама құрылыстың бір шетіндегі рельстер ұзаруының өтеу қондырғысы бар үздіксіз (жапсарсыз) пісірілген рельстер үшін;

- 30 мм—егер бойлама құрылыстың шеттерінде балласт шексіз болса, бойлама құрылыстың екі шетіндегі рельстер ұзаруының өтеу қондырғысы үшін;

— 30 мм асатын жылжуларға балласт жылжу саңылауларымен жабдықталған жағдайда және рельстер ұзаруының өтеу қондырғысы болғанда ғана рұқсат етіледі.

δ_B , мм ретіндетөмендегілерге тең шаманы қабылдайды:

- бойлама құрылыстың соңы мен жақын тірек арасындағы салыстырмалы ұзына бойы жылжуға;

немесе

- кезек-кезек орналасқан екі бойлама құрылыстар арасындағы салыстырмалы ұзына бойы жылжуға.

Г.5.2.2 [6.5.4.5.2(2)P] Вертикаль көлік құралдары үшін (LM 71 жүктеме моделімен жүктелген екі рельс жолдарына дейін(және қажет болса SW/0 моделімен) δ_H көлемі келесі мәндерден аспауы тиіс:

- 8 мм, конструкция мен рельс жолдарының ортақ жұмысы есепке алынғанда когда (бойлама құрылысқа бір ғана рельстер ұзаруының өтеу қондырғысы болғанда немесе мұндай қондырғылар мүлдем болмағанда қолданылады);

- 10 мм конструкция мен рельс жолдарының ортақ жұмысын есепке алмағанда.

δ_H , мм ретінде төмендегіге тең шаманы қабылдайды:

- бойлама құрылыстың шетінде бойлама құрылыстың жоғарғы бетінің ұзына бойы жылжуына (оның деформация салдарынан).

Г.5.2.3 [6.5.4.5.2(3)P] Бойлама құрылыстың жоғарғы бетінің жақын конструкцияға салыстырмалы вертикаль жылжуы δ_V , мм келесі мәндерден аспауы тиіс:

- 3 мм —берілген жердегі ең жоғарғы, 160 км/сағ аспайтын желілік жылдамдық үшін;

- 2 мм -берілген жердегі ең жоғарғы, 160 км/сағ асатын желілік жылдамдық үшін.

Г.5.2.4[6.5.4.5.2(4)P] Рельс тіректеріне және бекіту жүйесіне әсер ететін көтеру күштерінің(көлік құралдарынан түсетін вертикаль жүктемелер) тікелей бекітілген рельстер үшін рельс тіректері мен бекіту жүйелерінің шекті жағдайларының (қажу деңгейін қоса алғанда) жұмыс параметрлеріне сәйкестігін тексеру қажет.

Г.6 Жеке бойлама құрылысқа арналған жеңілдетілген есептеу әдісі

Г.5.2 берілген есептік өлшемдерге сәйкес рельсжолдары мен конструкцияның ортақ жұмысын бағалауға мүмкіндік беретін келесі әдістерді қолдануға рұқсат етіледі.

Балласталған бойлама құрылыстар үшін осы есептік өлшемдер мыналарға әкелуі мүмкін:

а) бойлама құрылыстың шетінде бойлама салыстырмалы жылжу екі компонентке бөлінеді. Бұл рұқсат етілген көлемдерде салыстырма жасауға мүмкіндік береді: δ_b компоненті тежеу және ауырлық күштерінің салдарынан және δ_n бойлама құрылыстың вертикаль деформациясы салдарынан болған;

б) рельстердегі ең жоғарғы қосымша қысымдар;

с) бойлама құрылыстың шетінде δ_n ең жоғарғы вертикаль салыстырмалы жылжу. Тікелей бекітілген рельстер үшін көтеру күшін тексеруге қосымша тексеру қажет.

Г.6.2 Бір бойлама құрылыс үшін (еркін тірелген бөлінетін, бір шетінде жылжымайтын тірегі бар бөлінбейтін бойлама құрылыс немесе аралық жылжымайтын тірегі бар бөлінбейтін бойлама құрылыс үшін) рельстердегі қысымдарды тексеру мына шарттарда орындамауға рұқсат етіледі:

- тіректің δ_b көлемін, яғни ауырлықтан немесе тежеуден болған бойлық бағытта бойлама құрылыстың жылжуын, шектейтін жеткілікті K қаттылығы болады, 5 мм дейін жетеді;

- вертикаль көліктік әсерлер үшін δ_n мәні, яғни деформациядан болған бойлама құрылыстың алдында бойлама құрылыстың жоғарғы жабындысының ұзына бойы жылжуы 5 мм аспайды;

- температуралық бойлықтың ұзындығы $L \leq 40$ м аспайды.

Г.6.3 Есептеу әдісінің қолдану шегі:

- рельс жолы Г.5.1.2 берілген конструкция талаптарына жауап береді;
- рельс жолы үшін ұзына бойы жылжуға k пластикалық тойтарыс:
- жүктелмеген рельс долы: $k = 20$ -дан 40 кН дейін рельс жолының бір метріне;
- жүктелген рельс жолы: $k = 60$ кН рельс жолының бір метріне;
- вертикаль көліктік жүктеме:
- 71 жүктеме моделі (егер қажет болса SW/0 жүктеме моделі) 7.2.1.2 сәйкес $\alpha = 1$
- SW/2 жүктеме моделі;

ЕСКЕРТПЕ Бұл әдіс SW/2 ($\alpha \leq 0.71$) жүктеме әсері жүктемесінен болатын жүктеме әсерінен аз немесе тең болатын мәндерге қолданылады.

- тежеу салдарынан болатын әсерлер:
- 71 жүктеме моделі (егер қажет болса SW/0 жүктеме моделі) және HSLM жүктеме моделі: $q_{lbk} = 20$ кН/м;
- SW/2 жүктеме моделі:
- $q_{lbk} = 35$ кН/м;
- ауырлық салдарынан болған әсерлер:

$q_{lak} = 33 \text{ кН/м}$, шектелегн максимум $Q_{lak} = 1000 \text{ кН}$;

– температураның өзгеруінен болған:

– бойлама құрылыс температурасының ауытқуы ΔT_D : $\Delta T_D \leq 35 \text{ К(кельвин)}$;

– рельс температурасының ауытқуы ΔT_R : $\Delta T_R \leq 50 \text{ К(кельвин)}$;

– рельс пен бойлама құрылысы арасындағы температураының ең жоғарғы айырмашылығы:

$$|\Delta T_D - \Delta T_R| \leq 20 \text{ К (кельвин)}$$

Г.6.4 [6.5.4.6.1 (3)] Бойлама құрылыстың тірек бөлігінің жылжымайтын бөлігінде әрекет ететін ауырлық және тежеу күштерінен болған бойлық күштер ауырлық күштері мен тежеу күштерін Г.1-кестесінде көрсетілген төмендетуші ξ коэффициентке көбейту арқылы алынуы мүмкін.

48-кесте[6.9-кесте]— Бойлама құрылыстың тірек бөлігінің жылжымайтын бөлігінде әрекет ететін ауырлық және тежеу күштерін анықтауға арналған төмендетуші коэффициент ξ

Конструкцияны ң ытолық ұзындығы,м	Төмендетуші коэффициентт ξ		
	Үздіксіз (жапсарсыз) рельс жолы	Бір бойлама құрылыстың шетінде рельстер ұзаруының өтеу қондырғысы	Бойлама құрылыстың екі жағында да рельстер ұзаруының өтеу қондырғысы
≤ 40	0,60	0,70	1,00

Г.6.5 [6.5.4.6.1(4)] температураның ауытқу салдарынан бойлама құрылыстың жылжымайтын тірек бөлігінде әрекет ететін бір рельс жолына әсер ететін бойлық күштердің $F_{Тк}$ сипаттамалық мәндері келесі тәсілмен алыну мүмкін:

- бойлама құрылыстың екі жағынан да үздіксіз (жапсарсыз) пісірілген рельстерден және бойлама құрылыстың бір шетінде жылжымайтын тірек бөліктерінен тұратын көпірлер үшін Кн:

$$F_{Тк} = \pm 0,6 k \cdot L_T, \quad (\text{Г.2})$$

мұндағы

k - Г.4.2 сәйкес жүктелмеген рельс жолы үшін ұзындық бірлігіне рельс жолдарының ұзына бойы жылжуына пластикалық тойтатарыс, кН/м;

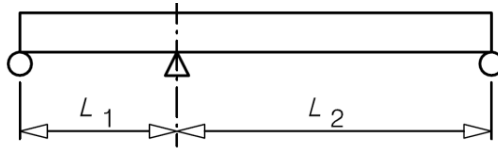
L_T - Г.2.1 сәйкес температуралық бойлық ұзындығы, м;

- бойлама құрылыстың екі жағынан да үздіксіз (жапсарсыз) пісірілген рельстерден және бойлама құрылыстың бір шетінде жылжымайтын тірек бөліктерінен тұратын, бойлама құрылыстың бір шетінен L_1 қашықтықта және бойлама құрылыстың екінші шетінен L_2 қашықтықта орналасқан көпірлер, кН:

$$F_{Тк} = \pm 0,6k \cdot (L_2 - L_1), (\text{Г.3})$$

мұндағы k - жүктелмеген рельс жолы үшін ұзындық бірлігіне рельс жолдарының ұзына бойы жылжуына пластикалық тойтатарыс, кН/м;

L_1 және L_2 - Г.5-суретін сәйкес, м;



Г.5 –сурет [6.21-сурет]— Бір шетінде орналаспаған жылжымайтын тірек бөліктері бар бойлама құрылыс

- бойлама құрылыстың бір шетінде үздіксіз (жапсарсыз) пісірілген рельстерден тұратын, бойлама құрылыстың жылжымайтын тірек бөліктерінен және бойлама құрылыстың бір бос шетінде рельстер ұзаруының өтеу қондырғысы бар көпірлер үшін, кН:

$$F_{Тк} = \pm 20 L_T, \text{ но } F_{Тк} \leq 1100, \quad (\text{Г.4})$$

мұндағы

L_T - Г.2.1 сәйкес температуралық бойлықтың ұзындығы, м;

- екі шетінде де рельстер ұзаруының өтеу қондырғысы бар көпірлерді бойлама құрылыстары үшін, кН:

$$F_{Тк} = 0.$$

Г.6.6 [6.5.4.6.1(5)] бойлама құрылыстың деформациялану салдарынан бойлама құрылыстың жылжымайтын тірек бөлігінде әрекет ететін бір рельс жолына әсер ететін бойлық күштердің F_{Qk} сипаттамалық мәндері келесі тәсілмен алыну мүмкін:

- бойлама құрылыстың бір шетінде үздіксіз (жапсарсыз) пісірілген рельстерден тұратын, бойлама құрылыстың жылжымайтын тірек бөліктерінен және бойлама құрылыстың бір бос шетінде рельстер ұзаруының өтеу қондырғысы бар көпірлер үшін, кН:

$$F_{Qk} = \pm 20 L, \quad (\text{Г.5})$$

мұндағы L – бойлама құрылыстың жылжымайтын тірек бөлігінің маңындағы бірінші бойлық ұзындығы, м;

- бойлама құрылыстың екі шетінде де рельстер ұзаруының өтеу қондырғысы бар көпірлерді бойлама құрылыстары үшін, кН: $F_{Qk} = 0$.

Г.6.7 [6.5.4.6.1(6)] Ауыспалы әсерлерден болған бойлама құрылыстың жоғарғы бетінің жақын конструкцияға (тірек немесе басқа бойлама құрылыс) вертикаль жылжуы конструкция мен рельс жолдарының ортақ жұмысына мән бермегенде анықталуы мүмкін және Г.5.2.3 бойынша өлшемдерге сәйкестігі тексерілуі мүмкін.

Д қосымшасы
(ақпараттық)

Динамикалық есептеудің қажеттігі болмағанда қанағаттандырылуы тиіс өлшемдер

Д.1 Д қосымшасы HSLM жүктеме моделі үшін таралмайды. Д қосымшасы Д.5-кестесінде берілген поезддарға қолданылады.

Қатынасы v/n_0 Д.1 және Д.2-кестелерінде берілген $(v/n_0)_{\lim}$ шекті мәндерден аз еркін тірелген конструкциялар үшін, сондай-ақ динамикалық жүктемеден болатын жоғарғы әсерлерден басқа жағдайларда (қысымдар, майысулар және т.б.) және жоғары жылдамдықта қажу деңгейін тексеруге арналған жүктеме (эксплуатациялық жылдамдықтың жиі кездесетін мәндері резонанс жылдамдықтарға сәйкес келеді және де мұндай жағдайларда спецификалық есеп және қажу деңгейін тексеру 7.7 сәйкес орындалуы тиіс) $\Phi_2 \times 71$ жүктеме моделінен есептелінген мәндерден аспайтын болса, динамикалық есеп керек емес. Бұл ретте бойлама құрылыстың ең жоғарғы жылдамдауы $3,50 \text{ м/с}^2$ немесе $5,0 \text{ м/с}^2$ аспайды.

Д.1-кесте [F.1-кесте] — Еркін тірелген бөренеге немесе тақтаға арналған ең жоғарғы рұқсат етілген жылдамдатудың $a_{\max} < 3,50 \text{ м/с}^2$ шекті мәндері $(v/n_0)_{\lim}$.

Салмағы m , 10^3 кг/м		$\geq 5,0$ $< 7,0$	$\geq 7,0$ $< 9,0$	$\geq 9,0$ $< 10,0$	$\geq 10,0$ $< 13,0$	$\geq 13,0$ $< 15,0$	$\geq 15,0$ $< 18,0$	$\geq 18,0$ $< 20,0$	$\geq 20,0$ $< 25,0$	$\geq 25,0$ $< 30,0$	$\geq 30,0$ $< 40,0$	$\geq 40,0$ $< 50,0$	$\geq 50,0$ -
Бойлық L , м	ζ , %	v/n_0 м	v/n_0 м	v/n_0 м	v/n_0 м	v/n_0 м	v/n_0 м	v/n_0 м	v/n_0 м	v/n_0 м	v/n_0 м	v/n_0 м	v/n_{0M}
[5,00; 7,50]	2	1,71	1,78	1,88	1,88	1,93	1,93	2,13	2,13	3,08	3,08	3,54	3,59
	4	1,71	1,83	1,93	1,93	2,13	2,24	3,03	3,08	3,38	3,54	4,31	4,31
[7,50; 10,0]	2	1,94	2,08	2,64	2,64	2,77	2,77	3,06	5,00	5,14	5,20	5,35	5,42
	4	2,15	2,64	2,77	2,98	4,93	5,00	5,14	5,21	5,35	5,62	6,39	6,53
[10,0; 12,5]	1	2,40	2,50	2,50	2,50	2,71	6,15	6,25	6,36	6,36	6,45	6,45	6,57
	2	2,50	2,71	2,71	5,83	6,15	6,25	6,36	6,36	6,45	6,45	7,19	7,29
[12,5; 15,0]	1	2,50	2,50	3,58	3,58	5,24	5,24	5,36	5,36	7,86	9,14	9,14	9,14
	2	3,45	5,12	5,24	5,24	5,36	5,36	7,86	8,22	9,53	9,76	10,36	10,48
[15,0; 17,5]	1	3,00	5,33	5,33	5,33	6,33	6,33	6,50	6,50	6,50	7,80	7,80	7,80
	2	5,33	5,33	6,33	6,33	6,50	6,50	10,17	10,33	10,33	10,50	10,67	12,40
[17,5; 20,0]	1	3,50	6,33	6,33	6,33	6,50	6,50	7,17	7,17	10,67	12,80	12,80	12,80
[20,0; 25,0]	1	5,21	5,21	5,42	7,08	7,50	7,50	13,54	13,54	13,96	14,17	14,38	14,38
[25,0; 30,0]	1	6,25	6,46	6,46	10,21	10,21	10,21	10,63	10,63	12,75	12,75	12,75	12,75
[30,0; 40,0]	1				10,56	18,33	18,33	18,61	18,61	18,89	19,17	19,17	19,17
$\geq 40,0$	1				14,73	15,00	15,56	15,56	15,83	18,33	18,33	18,33	18,33

^{a)} $L \in [a, b]$ білдіреді $a \leq L < b$.

ЕСКЕРТПЕ

1 Д.2-кестесі $(v/n_0)_{\lim}$ үшін жылдамдатуға, майысу және беріктік өлшемдеріне арналған қауіпсіздік коэффициентінің 1,2 мәнінен және $(v/n_0)_{\lim}$ үшін қажу деңгейіне арналған қауіпсіздік коэффициентінің 1,0 мәнінен

ЕСКЕРТПЕ 2 Д.2-кестесі рельс жолдары үшін $(1 + \varphi''/2)$ шегінен тұрады.

Д.2-кесте[F.2-кесте] — Еркін тірелген бөренене немесе тақтаға арналған ең жоғарғы рұқсат етілген жылдамдатудың $a_{\max} < 5,0$ м/с² шекті мәндері $(v/n_0)_{\lim}$.

Салмағы 10^3 кг/м	m	≥5,0 <7,0	≥7,0 <9,0	≥9,0 <10,0	≥10,0 <13,0	≥13,0 <15,0	≥15,0 <18,0	≥18,0 <20,0	≥20,0 <25,0	≥25,0 <30,0	≥30,0 <40,0	≥40,0 <50,0	≥50,0 -
Бойлық L €, ^{a)} м	ζ %	v/n_0	v/n_0	v/n_0	v/n_0	v/n_0	v/n_0	v/n_0	v/n_0	v/n_0	v/n_0	v/n_0	v/n_0
[5,00; 7,50)	2	1,78	1,88	1,93	1,93	2,13	2,13	3,08	3,08	3,44	3,54	3,59	4,13
	4	1,88	1,93	2,13	2,13	3,08	3,13	3,44	3,54	3,59	4,31	4,31	4,31
[7,50; 10,0)	2	2,08	2,64	2,78	2,78	3,06	5,07	5,21	5,21	5,28	5,35	6,33	6,33
	4	2,64	2,98	4,86	4,93	5,14	5,21	5,35	5,42	6,32	6,46	6,67	6,67
[10,0; 12,5)	1	2,50	2,50	2,71	6,15	6,25	6,36	6,36	6,46	6,46	6,46	7,19	7,19
	2	2,71	5,83	6,15	6,15	6,36	6,46	6,46	6,46	7,19	7,19	7,75	7,75
[12,5; 15,0)	1	2,50	3,58	5,24	5,24	5,36	5,36	7,86	8,33	9,14	9,14	9,14	9,14
	2	5,12	5,24	5,36	5,36	7,86	8,22	9,53	9,64	10,36	10,36	10,48	10,48
[15,0; 17,5)	1	5,33	5,33	6,33	6,33	6,50	6,50	6,50	7,80	7,80	7,80	7,80	7,80
	2	5,33	6,33	6,50	6,50	10,33	10,33	10,50	10,50	10,67	10,67	12,40	12,40
[17,5; 20,0)	1	6,33	6,33	6,50	6,50	7,17	10,67	10,67	12,80	12,80	12,80	12,80	12,80
[20,0; 25,0)	1	5,21	7,08	7,50	7,50	13,54	13,75	13,96	14,17	14,38	14,38	14,38	14,38
[25,0; 30,0)	1	6,46	10,20	10,42	10,42	10,63	10,63	12,75	12,75	12,75	12,75	12,75	12,75
[30,0; 40,0)	1				18,33	18,61	18,89	18,89	19,17	19,17	19,17	19,17	19,17
≥40,0	1				15,00	15,56	15,83	18,33	18,33	18,33	18,33	18,33	18,33

^{a)} $L \in [a, b)$ білдіреді $a \leq L < b$.

ЕСКЕРТПЕ 1 Д.2-кестесі $(v/n_0)_{\lim}$ үшін жылдамдатуға, кері қайтаруға және беріктікөлшемдеріне арналған қауіпсіздік коэффициентінің 1,2 мәнінен және $(v/n_0)_{\lim}$ үшін қажу деңгейіне арналған қауіпсіздік коэффициентінің 1,0 мәнінен
ЕСКЕРТПЕ 2 Д.2-кестесі рельс жолдары үшін $(1+\varphi''/2)$ шегінен тұрады.

Д.1 және Д.2 кестелерінде:

L — көпір бойлығының ұзындығы, м;

m — көпірдің салмағы, 10^3 кг/м;

ζ — в % тоқтау коэффициенті;

v — ең жоғарғы берілген жылдамдық және ереже бойынша берілген жердегі ең жоғарғы желілік жылдамдық. Азайтылған жылдамдық көлік құралының ең жоғарғы рұқсат етілген жылдамдығымен байланысты жеке нақты поедарды тексеруге қолдануға болады, м/с;

n_0 — бойлықтың бірінші жеке ауытқу жиілігі, Гц;

Φ_2 және φ'' 7.3-те берілген.

Д.3 Д.1 және Д.2-кестелерін мыналар үшін қолдану керек:

- аз ғана асимметрия әсерлері бар еркін тірелген бойлықтар үшін. Олар сызықтық бөрене немесе қатты тіректердегі тақталар ретінде бейнелене алады. Д.1 және Д.2 кестелері ортасынан жүретін көпірлер мен ашық фермалары бар және көпір жабындысының қалыңдығы аз көпірлер үшін немесе сызықтық бөренемен немесе тақтамен дұрыс көрсетілмейтін құрамдас басқа конструкцияларға қолданылмайды;

- рельс жолы мен бойлама құрылыстың төбесінен анықталатын нейтраль белдікке дейінгі конструкция қимасының төбесі кем дегенде 2,50 м қашықтықта жинақталған белдік жүктемелерді бөліп таратуға жеткілікті көпірлер үшін;

- Д.5 кестесінде айтылған поезд типтері үшін;

- вертикаль жүктемелердің немесе жіктелген вертикаль жүктемелердің $\alpha \geq 1$ болатын сипаттамалық мәндеріне есептелінген конструкциялар үшін;

- жетік қызмет көрсетілетін рельс жолдары үшін;

- жоғарғы шектен кем бомайтын жеке ауытқу жиілігі бар бойлықтар үшін $n_0 7.6$ -суретте көрсетілген;

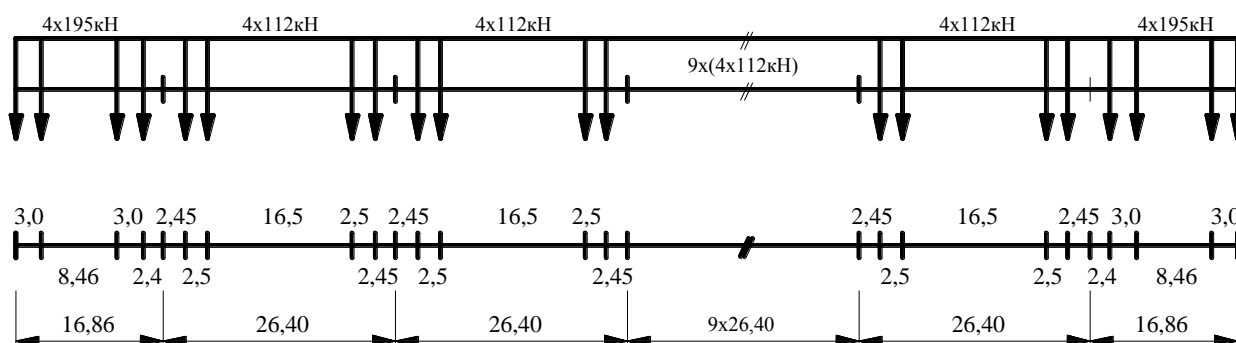
- $n_T > 1,2 n_0$ формуласын қанағаттандыратын айналмалы ауытқу жиілігі бар конструкциялар үшін.

Д.4 Егер жоғарыда айтылған өлшемдер орындалмаса, онда 7.7 сәйкес динамикалық есептеу орындалуы тиіс.

Д.5 Төменде Д.1-суретте Д қосымшасы таралатын нақты поездардың схемасы берілген.

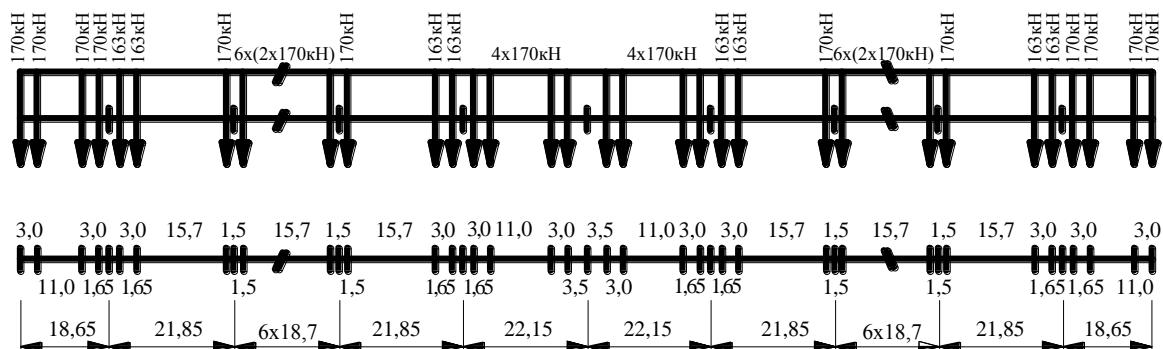
А типі

$$\Sigma Q = 6936 \text{ кН}; \quad V = 350 \text{ км/сағ}; \quad L = 350,52 \text{ м}; \quad q = 19,8 \text{ кН/м}$$



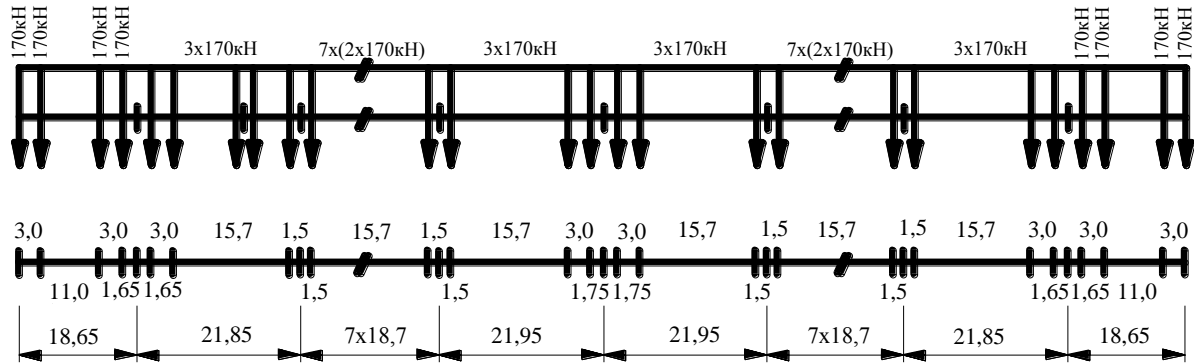
В типі

$$\Sigma Q = 8784 \text{ кН}; \quad V = 350 \text{ км/сағ}; \quad L = 393,34 \text{ м}; \quad q = 22,3 \text{ кН/м}$$



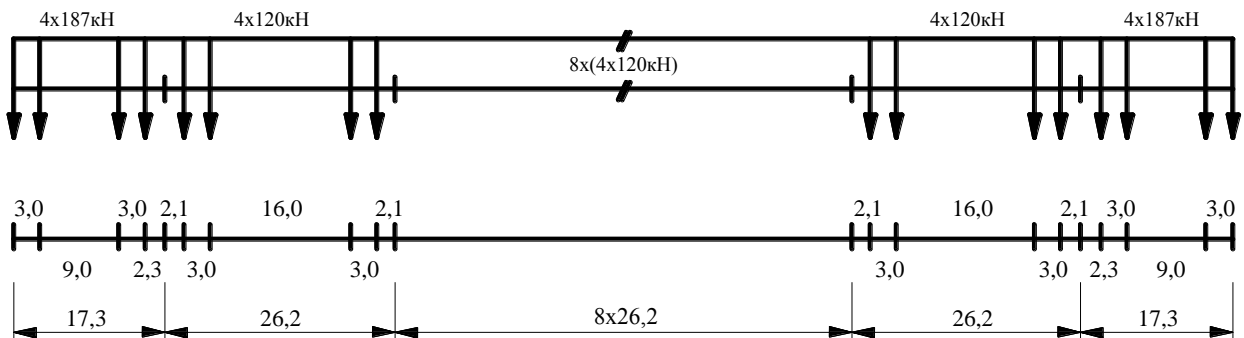
С типі

$$\Sigma Q = 8160 \text{ кН}; \quad V = 350 \text{ км/сағ}; \quad L = 386,67 \text{ м}; \quad q = 21,1 \text{ кН/м}$$



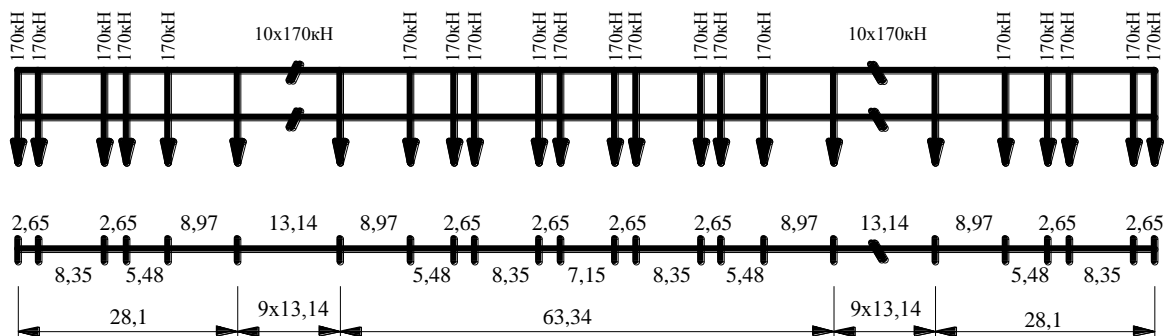
Д типі

$$\Sigma Q = 6296 \text{ кН}; \quad V = 350 \text{ км/сағ}; \quad L = 295,70 \text{ м}; \quad q = 21,3 \text{ кН/м}$$



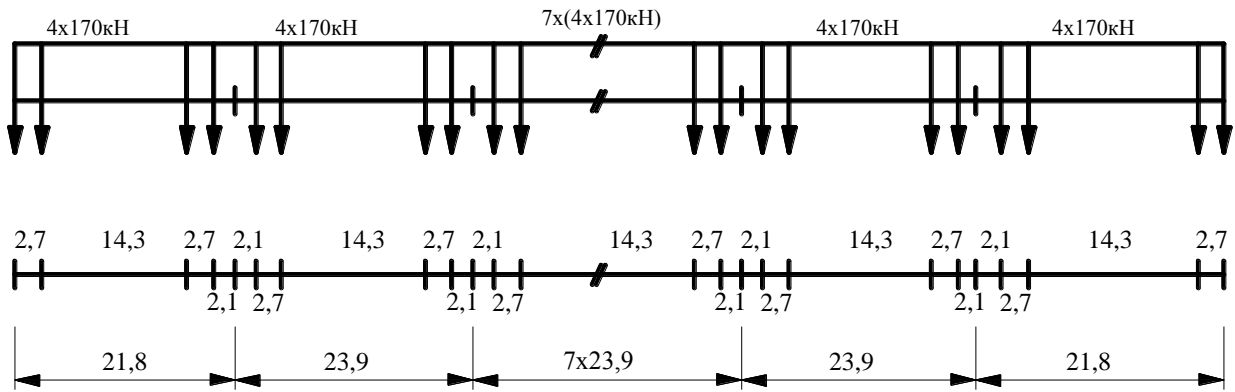
Е типі

$$\Sigma Q = 6800 \text{ кН}; \quad V = 350 \text{ км/сағ}; \quad L = 356,05 \text{ м}; \quad q = 19,1 \text{ кН/м}$$



Ғтипi

$\Sigma Q = 7480$ кН; $V = 350$ км/ч; $L = 258,70$ м; $q = 28,9$ кН/м



Д.1-сурет–нақты поездардың схемасы

ӘОК624.21

МКС 93.040

Негізгі сөздер: жүктемелер, әсерлер, автожол көпірі, жылжымалы жүктемелер, қажу деңгейі, жүктеу жолақтары, жүктеу жолақтарын нөмірлеу, горизонталь күштер, тежеу, жылдамдату, орталықтан сыртқа тебетін күштер, қажу деңгейін тексеруге арналған жүктемелер, темір бетон бойлама құрылыс, металл бойлама құрылыс, жаяу жүргінші көпірі, бір қалыпты бөліп таратылған жүктеме, жинақталған жүктеме, қызмет көрсететін көлік құралы, теміржол көпірі, жүктеме модельдері, динамикалық коэффициент, дөңгелектердің бүйір соққысы, жүктемелер тобы, демпфиroleу, жүріп бара жатқан поездардан болатын аэродинамикалық әсерлер, апаттық жағдайлар.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	VI
1 ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ	1
2 НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ	2
3 ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ	4
4 ОБОЗНАЧЕНИЯ И ЕДИНИЦЫ ИЗМЕРЕНИЯ	6
4.1 Общие обозначения	6
4.1.1 Обозначения, принятые для разделов 5 и 6	6
4.1.2 Обозначения, принятые для раздела 7	8
4.2 Единицы измерения	12
5 НАГРУЗКИ И ВОЗДЕЙСТВИЯ НА АВТОДОРОЖНЫЕ МОСТЫ	13
5.1 Общие положения	13
5.2 Вертикальные переменные подвижные нагрузки, используемые для всех проверок предельных состояний, кроме усталости (выносливости)	13
5.2.1 Общие сведения.....	13
5.2.2 Разделение проезжей части на полосы нагружения. Правила нумерации полос нагружения	14
5.2.3 Нагрузка LM1	16
5.2.4 Нагрузка LM2	18
5.2.5 Нагрузка LM3	19
5.2.6 Нагрузка LM4	19
5.3. Горизонтальные силы	20
5.3.1 Силы торможения и ускорения	20
5.3.2 Центробежные силы и другие поперечные силы	20
5.4 Сочетания переменных подвижных нагрузок (группы нагрузок)	21
5.5 Модели вертикальных переменных нагрузок от автомобильного транспорта для проверок выносливости	23
5.5.1 Общие положения.....	23
5.5.2 Модели усталостных нагрузок FLM1 и FLM2	24
5.5.3 Модель усталостной нагрузки FLM3.....	26
5.5.4 Модели усталостных нагрузок FLM4 и FLM5.....	30
5.5.5 Правила загрузки моделями усталостных нагрузок FLM1÷FLM4	31
5.6 Аварийные расчетные случаи для автомобильного транспорта	33
5.6.1 Общие положения	33
5.6.2 Столкновения транспортных средств с конструкциями мостового сооружения под мостом	33
5.6.3 Выезд транспортного средства на тротуар пролетного строения	33
5.6.4 Силы столкновения, действующие на бордюры	34
5.6.5 Силы столкновения, воздействующие на ограждающие устройства	35
5.7 Модели нагрузок для расчета устоев	35
5.8 Пример расчета железобетонного пролетного строения на переменную подвижную нагрузку LM1.....	36

5.9 Пример расчета металлического пролетного строения на переменную подвижную нагрузку LM1 и на нагрузки для расчета выносливости	47
5.10 Пример определения усилия в стойке опоры от удара автотранспортных средств	54
6 НАГРУЗКИ И ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ПЕШЕХОДНЫЕ МОСТЫ	56
6.1 Вертикальные переменные подвижные нагрузки	56
6.1.1 Общие положения.....	56
6.1.2 Равномерно-распределенная нагрузка	56
6.1.3 Сосредоточенная нагрузка	56
6.1.4 Транспортные средства обслуживания	57
6.2 Горизонтальные нагрузки	57
6.3 Правила комбинации нагрузок от транспорта и пешеходов	58
6.4 Динамические критерии проверки пролетных строений пешеходных мостов....	58
6.5 Пример расчета металлического пролетного строения на вертикальные переменные воздействия от транспортных средств обслуживания	58
7 НАГРУЗКИ ОТ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА	61
7.1 Общие положения.....	61
7.2 Вертикальные нагрузки от подвижного состава	61
7.2.1 Модель нагрузки 71	61
7.2.2 Модель нагрузки SW/0 и SW/2	63
7.2.3 Модель «ненагруженный поезд»	63
7.2.4 Модель нагрузки HSLM	64
7.2.5 Эквивалентная вертикальная нагрузка на земляное полотно и влияния давления грунта	66
7.3 Учет эффектов динамического поведения конструкции	66
7.3.1 Общие положения.....	66
7.3.2 Динамический коэффициент $1+\varphi$	67
7.3.3 Динамический коэффициент Φ (Φ_2 , Φ_3)	69
7.3.4 Определяющая длина L_Φ	72
7.3.5 Коэффициент динамической «добавки» φ_{dyn}^I	72
7.4 Характеристические горизонтальные нагрузки	73
7.4.1 Центробежная сила	73
7.4.2 Сила бокового давления колес	75
7.4.3 Силы торможения и тяги	77
7.5 Правила загрузки	78
7.6 Группы нагрузок	80
7.7 Параметры динамического расчета	80
7.7.1 Общие положения	80
7.7.2 Параметры динамического нагружения конструкции моделью нагрузки HSLM	83
7.7.3 Скорости, подлежащие рассмотрению	88
7.7.4 Демпфирование конструкции	88
7.7.5 Жесткость моста	89

7.7.6 Масса моста	90
7.7.7 Сочетания нагрузок и коэффициенты комбинаций для нагрузки HSLM	90
7.7.8 Проверки предельных состояний при необходимости динамического расчета	92
7.8 Аэродинамические воздействия от проходящих поездов	93
7.8.1 Общие положения.....	93
7.8.2 Аэродинамические воздействия на вертикальные поверхности, параллельные рельсовым путям (например, шумовые защитные экраны)	94
7.8.3 Аэродинамические воздействия на горизонтальные поверхности над рельсовыми путями (например, верхние защитные конструкции)	95
7.8.4 Аэродинамические воздействия на горизонтальные поверхности, прилегающие к рельсовым путям (например, навесы платформы без вертикальных стен)	95
7.8.5 Аэродинамические воздействия на конструкции, содержащие много поверхностей (вертикальных, горизонтальных или наклонных) рядом с рельсовым путем (например, наклоненные шумовые барьеры, навесы платформы с вертикальными стенами)	96
7.8.6 Аэродинамические воздействия на поверхности, окружающие габарит рельсовых путей вдоль ограниченной длины (до 20м) (горизонтальная поверхность над рельсовыми путями и, как минимум, одна вертикальная стена, например, подмости, временные сооружения)	97
7.9 Нагрузки от железнодорожных движения для оценки усталости.....	97
7.10 Аварийные воздействия. Сход с рельсов	98
7.10.1 Воздействия, возникающие при сходе с рельсов железнодорожного транспорта на железнодорожном мосту	98
7.10.2 Сход с рельсов под конструкцией или рядом с ней и другие воздействия для аварийных расчетных ситуаций	100
ПРИЛОЖЕНИЕ А (информационное).....	101
A.1 Общая информация	101
A.2 Репрезентативные значения переменных воздействий	101
A.3 Расчетные значения воздействий	103
ПРИЛОЖЕНИЕ Б (информационное) Нагрузка LM3.....	110
ПРИЛОЖЕНИЕ В (информационное) Типы поезда для оценки усталости. Транспортные композиции	114
ПРИЛОЖЕНИЕ Г (информационное) Совместная работа конструкции и рельсовых путей на переменные воздействия	121
Г.1 Общие положения	121
Г.2 Параметры, влияющие на совместную работу конструкции моста и рельсового пути.....	121
Г.3 Воздействия, которые следует учитывать.....	123
Г.4 Моделирование и расчет объединенной системы рельсовых путей и конструкции	124
Г.5 Расчетные критерии	125
Г.5.1 Рельсовый путь	125
Г.5.2 Предельные значения деформации конструкции	126

НТП РК 01-02.1-2012

Г.6 Упрощенный метод расчета для одиночного пролетного строения	127
ПРИЛОЖЕНИЕ Д (информационное) Критерии, которые должны быть	
удовлетворены при отсутствии необходимости динамического расчета.....	130

ВВЕДЕНИЕ

Настоящее нормативно-техническое пособие подготовлено Республиканским государственным предприятием «Казахский научно-исследовательский и проектно-экспериментальный институт сейсмостойкого строительства и архитектуры» (РГП «КазНИИССА») с целью совершенствования нормативной базы проектирования мостовых сооружений в Республике Казахстан и гармонизации ее с европейскими нормативными документами.

В нормативно-техническом пособии приведены: требования СН РК EN 1991-2:2003/2011 «Воздействия на конструкции. Часть 2. Транспортные нагрузки на мосты» к проектированию автодорожных, пешеходных и железнодорожных мостов; положения, детализирующие и развивающие эти требования; рекомендации и примеры применения положений СН РК EN 1991-2:2003/2011.

При создании настоящего пособия изучен ряд европейских стандартов, а также ряд аналогичных пособий европейских стран, подготовленных в рамках работ по внедрению системы норм Еврокод в странах Европейского Союза, содержащих результаты пробного проектирования различных мостовых конструкций.

Номера пунктов и таблиц СН РК EN 1991-2:2003/2011, текст которых идентичен пунктам и таблицам настоящего нормативно-технического пособия (НТП), указаны в квадратных скобках рядом с номерами пунктов и таблиц НТП.

Номера пунктов других СН РК EN, на которые сделаны ссылки в настоящем пособии, указаны в тексте соответствующих пунктов НТП.

При идентичности рисунка, приведенного в НТП, рисунку в СН РК EN 1991-2:2003/2011, рядом с номером рисунка в НТП приводится номер рисунка в СН РК EN 1991-2:2003/2011.

Настоящее нормативно-техническое пособие предназначено для инженерно-технических работников проектных организаций, научных работников, заказчиков проектной документации, преподавателей и студентов высших учебных заведений.

Настоящее 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 МОСТОВ. ЧАСТЬ 1.
ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ. ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАГРУЗОК И ВОЗДЕЙСТВИЙ

DESIGN BRIDGES. PART 1.
GENERAL. DETERMINATION OF LOADS AND ACTIONS

Дата введения 2015-07-01

1 ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

Настоящее нормативно-техническое пособие распространяется на нагрузки от транспорта и пешеходов и устанавливает положения и расчетные ситуации, связанные с движением транспортных средств, которые необходимо учитывать при проектировании новых мостовых сооружений, располагающихся на автомобильных и железных дорогах, а также расположенных на пешеходных маршрутах.

В настоящем нормативно-техническом пособии приведены:

- положения, базирующиеся на принципах и правилах определения транспортных нагрузок на автодорожные, пешеходные и железнодорожные мосты, содержащихся в СН РК EN 1991-2:2003/2011;
- примеры, иллюстрирующие практическое применение положений СН РК EN 1991-2:2003/2011 при проектировании мостов;
- некоторые соответствующие положения из других СН РК EN, например, из СН РК EN 1990:2002+A1:2005/2011 «Основы строительного проектирования»;
- апробированные результаты, содержащиеся в проектах автодорожных мостов, запроектированных по современным нормативным документам Республики Казахстан.

2 НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ

Для применения настоящего нормативно-технического пособия необходимы следующие ссылочные нормативные документы:

СН РК EN 1990:2002+A1:2005/2011 Основы проектирования несущих конструкций с национальным приложением

СН РК EN 1991-1-1:2002/2011 Воздействия на конструкции. Часть 1-1. Удельный вес, постоянные и временные нагрузки на здания с национальным приложением

СН РК EN 1991-1-7:2006/2011 Воздействия на конструкции. Часть 1-7. Общие воздействия. Особые воздействия с национальным приложением

Издание официальное

НТП РК 01-02.1-2012

СН РК EN 1991-2:2003/2011 Воздействия на конструкция. Часть 2. Транспортные нагрузки на мосты с национальным приложением

СН РК EN 1992-1-1:2004/2011 Проектирование железобетонных конструкций. Часть 1-1. Общие правила и правила для зданий с национальным приложением

СН РК EN 1992-2:2005/2011 Проектирование железобетонных конструкций. Часть 2. Железобетонные мосты. Правила проектирования и расчета с национальным приложением

СН РК EN 1993-1-9:2005/2011 Проектирование стальных конструкций. Часть 1-9. Усталостная прочность с национальным приложением

СН РК EN 1993-2:2006/2011 Проектирование стальных конструкций. Часть 2. Стальные мосты с национальным приложением

СН РК EN 1994-2:2005/2011 Проектирование сталежелезобетонных конструкций. Часть 2. Основные принципы и правила для мостов с национальным приложением

СН РК EN 1995-2:2004/2011 Проектирование деревянных конструкций. Часть 2. Мосты с национальным приложением

СН РК EN 1997-2:2007/2011 Геотехническое проектирование. Часть 1. Общие правила с национальным приложением

СН РК EN 1998-2:2005+A1:2009/2012 Проектирование сейсмостойких конструкций. Часть 2. Мосты с национальным приложением

СН РК EN 1999-1-1:2007+A1:2009/2011 Проектирование алюминиевых конструкций. Часть 1-1. Общие правила с национальным приложением

СП РК 3.03-33-2013 Мосты и трубы

СТ РК 1379-2005 Мостовые сооружения и водопропускные трубы на автомобильных дорогах. Габариты приближения конструкций

СТ РК ГОСТ Р 52607-2010 Ограждения дорожные удерживающие, боковые для автомобилей. Общие технические требования.

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

3 ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ

В настоящем нормативно-техническом пособии применяются следующие термины с соответствующими определениями, приведенными в СН РК EN 1991-2:2003/2011.

3.1 Пролетное строение (deck): Часть моста, которая воспринимает нагрузку от транспортных средств и передает их на промежуточные опоры, устои и другие конструкции, исключая пилоны.

3.2 Дорожные ограждающие устройства (road restraint system): Общее название ограждающих устройств, для транспорта и пешеходов, применяемых на дорогах.

ПРИМЕЧАНИЕ Дорожные ограждающие устройства по способу их использования подразделяются на:

- постоянные (неподвижные) или временные (разборные, т.е. они могут удаляться и использоваться в ходе временных дорожных работ, аварийных или подобных ситуациях);
- деформируемые или жесткие;
- односторонние, работающие только в одну сторону или двусторонние, работающие в обе стороны.

3.3 Защитное ограждающее устройство (safety barrier): Дорожное ограждающее устройство для транспортных средств, установленное вдоль дороги или на ее разделительной полосе.

3.4 Парапетное ограждение тротуара (vehicle parapet): Защитное ограждающее устройство, устанавливаемое на краю или рядом с краем моста или на подпорной стене или подобных конструкциях, где существует возможность падения с высоты, обеспечивающее пешеходов и других пользователей моста дополнительной защитой.

3.5 Пешеходное ограждение (pedestrian restraint system): Ограждение, ограничивающее и направляющее движение пешеходов.

3.6 Пешеходный парапет (pedestrian parapet): Ограждающее устройство для пешеходов или других пользователей, расположенное вдоль моста или на вершине подпорной стенки, не предназначенное для использования в качестве дорожного ограждающего устройства для транспортных средств.

3.7 Пешеходное перильное ограждение (pedestrian guardrail): Ограждающее устройство для пешеходов или других пользователей, расположенное вдоль края тротуара или пешеходной дорожки и предназначенное для исключения доступа пешеходов и других пользователей дороги в опасную зону.

ПРИМЕЧАНИЕ К другим пользователям могут относиться всадники, велосипедисты и скот.

3.8 Шумовой экран (noise barrier): Экран для уменьшения передачи шума.

3.9 Смотровой служебный проход (inspection gangway): Проход, обеспечивающий постоянный доступ для осмотра, закрытый для общественного движения.

3.10 Подвижная смотровая платформа (movable inspection platform): Специальное транспортное средство, используемое для осмотра мостовых конструкций.

3.11 Пешеходный мост (footbridge): Мост, предназначенный в основном для движения пешеходов и/или велосипедов, на котором запрещено движение транспортных средств, исключая технику обслуживающую мост.

Термины и определения, специфические для автодорожных мостов

3.12 Проезжая часть (carriageway): Часть дорожной поверхности, поддерживаемая единой конструкцией (пролетным строением, опорой и т.д.), включающая в себя все физические полосы движения (т.е. согласно дорожной разметке), твердые обочины, полосы безопасности, разметку.

3.13 Твердая обочина (hard shoulder): Полоса с покрытием, обычно шириной, равной одной полосе движения, примыкающая к внешней полосе движения и предназначенная для использования транспортными средствами в случае затруднений или при наличии препятствий на полосах движения.

3.14 Полоса безопасности (hard strip): Полоса с покрытием, шириной, как правило, 2 м или менее, расположенная между полосой движения и защитным ограждением.

3.15 Разделительная полоса (central reservation): Область, разделяющая полосы движения дороги с двумя отдельными проезжими частями и включающая резервную (среднюю) полосу и прилегающие к ней боковые полосы безопасности, отделенные от резервной полосы защитными ограждениями.

3.16 Полоса загрузки моста подвижной нагрузкой (notional lane): Полоса проезжей части, параллельная краю проезжей части, которая в соответствии с разделом 5 загружается легковыми автомобилями и/или грузовиками.

3.17 Остающаяся область (remaining area): Разность, если она есть, между полной площадью проезжей части и суммой площадей полос загрузки моста подвижной нагрузкой.

3.18 Тандемная система (tandem system): Тандем, двухосная тележка из двух соседних осей (транспортного средства), которые считаются загруженными одновременно.

3.19 Сверхнормативная нагрузка (abnormal load): Нагрузка от транспортного средства, которая не может проходить по маршруту без разрешения соответствующих властей.

Термины и определения, относящиеся к железнодорожным мостам

3.20 Рельсовые пути (tracks): Пути, включающие рельсы и шпалы, которые укладываются на балластную подушку или непосредственно крепятся к пролетному строению моста. Рельсовые пути могут быть снабжены температурными швами на одном конце или на обоих концах пролетного строения. Положение рельсовых путей и толщина балласта могут изменяться в течение срока службы моста при обслуживании рельсовых путей.

3.21 Пешеходная дорожка (footpath): Полоса, расположенная вдоль рельсовых путей, между рельсовыми путями и парапетами.

3.22 Резонансная скорость (resonant speed): Транспортная скорость, при которой частота нагрузки (или величина, кратная этой частоте) совпадает с собственной частотой конструкции (или величиной, кратной собственной частоте).

3.23 Часто встречающаяся обращающаяся скорость (frequent operating speed): Наиболее вероятная скорость в данном месте для определенного типа реального поезда (используемая при оценке усталости).

3.24 Максимальная линейная скорость в данном месте (maximum line speed at the site): Максимальная разрешенная скорость движения в данном месте, определенная для конкретного проекта (обычно ограниченная в соответствии с характеристиками инфраструктуры или с требованиями безопасной эксплуатации железных дорог).

3.25 Максимальная разрешенная скорость транспортного средства (maximum permitted vehicle speed): Максимальная разрешенная скорость реальных поездов, определяемая характеристиками транспортного средства и обычно не зависящая от инфраструктуры.

3.26 Максимальная номинальная скорость (maximum nominal speed): Обычно максимальная линейная скорость в данном месте. Если это определено для конкретного объекта, может быть использована сниженная скорость для проверки отдельных реальных поездов на связанную с ними максимальную разрешенную скорость транспортного средства.

3.27 Максимальная расчетная скорость (maximum design speed): Максимальная номинальная скорость, увеличенная на 20 % ($1,2 \times$ максимальная номинальная скорость).

3.28 Максимальная скорость, используемая при вводе поезда в эксплуатацию (maximum train commissioning speed): Максимальная скорость поезда перед вводом его в эксплуатацию, а также при специальных испытаниях и т. п. Эта скорость, как правило, превышает максимальную разрешенную скорость транспортного средства, причем соответствующие требования должны быть определены в индивидуальном проекте.

4 ОБОЗНАЧЕНИЯ И ЕДИНИЦЫ ИЗМЕРЕНИЯ

В настоящем нормативно-техническом пособии приняты следующие символы и обозначения, соответствующие СН РК EN 1991-2:2003/2011.

4.1 Общие обозначения

ПРИМЕЧАНИЕ Обозначения, использованные только в одном месте, не указаны в нижеприведенном списке.

Прописные буквы латинского алфавита

L — длина участка нагружения.

Строчные буквы латинского алфавита

gr_i — группа нагрузок, где *i* — номер нагрузки (*i* изменяется от 1 до *n*);

r — горизонтальный радиус проезжей части или центральной осевой линии рельсовых путей, расстояние между колесными нагрузками.

4.1.1 Обозначения, принятые для разделов 5 и 6

Прописные буквы латинского алфавита

- Q_{ak} — характеристическое значение одноосной нагрузки (модель нагрузки 2) для автодорожного моста;
- Q_{fk} — характеристическое значение горизонтальной силы, действующей на пешеходный мост;
- Q_{fwk} — характеристическое значение сосредоточенной нагрузки (колесная нагрузка) на пешеходный мост;
- Q_{ik} — характеристическое значение осевой нагрузки (модель нагрузки 1) на полосе загрузки подвижной нагрузкой с номером i ($i = 1, 2...$) автодорожного моста;
- Q_{lk} — характеристическое значение продольных сил (силы торможения и ускорения), действующих на автодорожный мост;
- Q_{serv} — модель нагрузки, соответствующая обслуживающему транспортному средству для пешеходных мостов;
- Q_{tk} — характеристическое значение поперечных или центробежных сил на автодорожных мостах;
- Q_{trk} — поперечная сила торможения на автодорожных мостах;
- TS — тандемная система для модели нагрузки 1;
- UDL — равномерно распределенная нагрузка для модели нагрузки 1.

Строчные буквы латинского алфавита

- f_h — собственная горизонтальная частота моста;
- f_v — собственная вертикальная частота моста;
- n_l — количество полос загрузки автодорожного моста подвижной нагрузкой;
- q_{eq} — эквивалентная равномерно распределенная нагрузка для осевых нагрузок на насыпях моста;
- q_{fk} — характеристическое значение вертикальной равномерно распределенной нагрузки на тротуары или пешеходные мосты;
- q_{ik} — характеристическое значение вертикальной распределенной нагрузки (модель нагрузки 1) на полосе загрузки с номером i ($i = 1, 2...$) автодорожного моста;
- q_{rk} — характеристическое значение вертикальной распределенной нагрузки на остающейся области проезжей части (модель нагрузки 1);
- w — ширина проезжей части для автодорожного моста, включая твердые обочины, полосы безопасности и полосы разметки;
- w_1 — ширина полосы загрузки автодорожного моста подвижной нагрузкой.

Прописные буквы греческого алфавита

$\Delta\varphi_{fat}$ — дополнительный динамический коэффициент при расчете на выносливость в зоне температурных швов.

Строчные буквы греческого алфавита

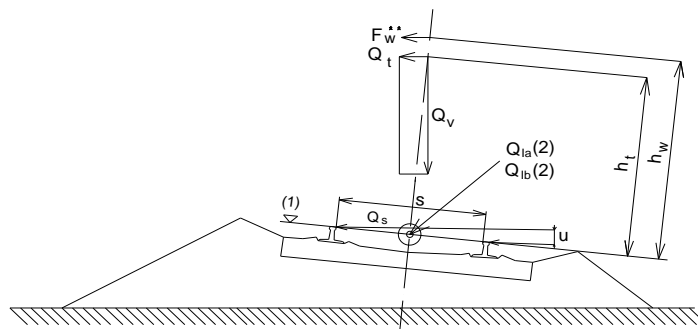
α_{qi}, α_{qi} — поправочные коэффициенты в некоторых моделях нагрузки для полосы движения с номером i ($i = 1, 2, \dots$);

α_{qr} — поправочный коэффициент в моделях нагрузки для остающейся области;

β_Q — поправочный коэффициент модели нагрузки 2;

φ_{fat} — динамический коэффициент при расчете на выносливость (усталость).

4.1.2 Обозначения, принятые для раздела 7



(1) - контактная поверхность рельса;

(2) - продольные силы, действующие вдоль центральной линии рельсовых путей.

Рисунок 4.1 [Рисунок 1.1] - Обозначения и размеры, специально предназначенные для железнодорожных мостов

Прописные буквы латинского алфавита

$A_{(L/\lambda)} G_{(\lambda)}$ — агрессивность;

D — длина пассажирского вагона или транспортного средства;

D_{IC} — длина промежуточного пассажирского вагона поезда регулярного обращения с одной осью на пассажирский вагон;

E_{cm} — секущий модуль упругости для нормального бетона;

F_L — полная продольная опорная реакция;

F_{Qk} — характеристическое значение продольной силы на один рельсовый путь, действующей на неподвижную опорную часть пролетного строения вследствие деформации пролетного строения;

$F_{Тк}$	— продольная сила, действующая на неподвижную опорную часть пролетного строения и вызванная совместной реакцией рельсовых путей и конструкции на температурное воздействие;
F_w^{**}	— сила ветра, совместимая с железнодорожным движением;
F_{li}	— отдельная продольная опорная реакция, соответствующая воздействию с номером i ;
G	— собственный вес (в общем случае);
H	— высота между (горизонтальной) осью вращения (неподвижной) опорной части пролетного строения и верхней поверхностью пролетного строения (подошва балласта ниже рельсовых путей);
K	— полная продольная жесткость опоры;
K_2	— продольная жесткость опоры в расчете на погонный метр рельсового пути, 2Е3 кН/м;
K_5	— продольная жесткость опоры в расчете на погонный метр рельсового пути, 5Е3 кН/м;
K_{20}	— продольная жесткость опоры в расчете на погонный метр рельсового пути, 20Е3 кН/м;
L	— длина (в общем случае);
L_T	— длина температурного пролета;
L_{TP}	— максимально допустимая длина температурного пролета;
L_f	— длина участка загрузки части криволинейного рельсового пути;
L_i	— длина участка загрузки;
L_Φ	— «определяющая» длина (длина, связанная с Φ);
M	— количество сосредоточенных сил в поезде;
N	— количество регулярно повторяющихся пассажирских вагонов или транспортных средств, или количество осей, или количество равных сосредоточенных сил;
P	— сосредоточенная сила; — отдельная осевая нагрузка;
Q	— сосредоточенная сила или переменное воздействие (в общем случае);
Q_{Ald}	— сосредоточенная нагрузка для подвижной нагрузки при сходе с рельсов;
Q_h	— горизонтальная сила (в общем случае);
Q_k	— характеристическое значение сосредоточенной силы или переменного воздействия (например, характеристическое значение вертикальной нагрузки на служебный проход);
Q_{lak}	— характеристическое значение силы тяги;
Q_{lbk}	— характеристическое значение силы торможения;
Q_r	— воздействие от железнодорожного движения (общее, например совокупное воздействие ветра и центробежной силы);
Q_{sk}	— характеристическое значение силы бокового давления колес;
Q_{tk}	— характеристическое значение центробежной силы;
Q_v	— вертикальная осевая нагрузка;

Q_{vi}	— колесная нагрузка;
Q_{vk}	— характеристическое значение вертикальной нагрузки (сосредоточенная нагрузка);
ΔT	— изменение температуры;
ΔT_D	— изменение температуры пролетного строения;
ΔT_N	— изменение температуры;
ΔT_R	— изменение температуры рельсов;
V	— скорость, км/ч;
	— максимальная линейная скорость в данном месте, км/ч;
X_i	— длина поезда, состоящего из i осей.

Строчные буквы латинского алфавита

a	— расстояние между рельсовыми опорами, длина распределенных нагрузок (модели нагрузки SW/0 и SW/2);
a_g	— горизонтальное расстояние до центра рельсовых путей;
a'_g	— эквивалентное горизонтальное расстояние до центра рельсовых путей;
b	— длина продольного распределения нагрузки шпалой и балластом;
c	— пространство между распределенными нагрузками (модели нагрузки SW/0 и SW/2);
d	— регулярный интервал для групп осей; — интервал между осями в пределах тележки; — интервал между сосредоточенными силами (модели HSLM-B);
d_{BA}	— интервал между осями в пределах тележки;
d_{BS}	— интервал между центрами смежных тележек;
e	— эксцентриситет вертикальных нагрузок, эксцентриситет результирующего воздействия (на плоскости отсчета);
e_c	— расстояние между смежными осями в месте сцепления двух отдельных регулярных поездных секций;
f	— понижающий коэффициент для центробежной силы;
$f_{ck}, f_{ck,cube}$	— характеристическое сопротивление нормального бетона осевому сжатию цилиндра/куба;
g	— ускорение силы тяжести;
h	— высота (в общем случае); — высота покрытия, включая балласт, от верха плиты пролетного строения до верха шпалы;
h_g	— расстояние по вертикали от контактной поверхности рельса до обратной стороны конструкции выше рельсовых путей;
h_t	— высота приложения центробежной силы над контактной поверхностью рельса;
h_w	— высота приложения силы ветра над контактной поверхностью рельса;
k	— продольное упругое сопротивление пластическому сдвигу для рельсовых путей;

k_1	— коэффициент формы поезда;
k_2	— повышающий коэффициент аэродинамического воздействия на вертикальные поверхности, параллельные рельсовым путям;
k_3	— понижающий коэффициент аэродинамического воздействия на простые горизонтальные поверхности, примыкающие к рельсовым путям;
k_4	— повышающий коэффициент аэродинамического воздействия на поверхности, примыкающие к рельсовым путям (горизонтальные воздействия);
k_5	— повышающий коэффициент аэродинамического воздействия на поверхности, примыкающие к рельсовым путям (вертикальные воздействия);
k_{20}	— пластическое сопротивление продольному сдвигу для рельсовых путей, 20 кН/м рельсового пути;
k_{40}	— пластическое сопротивление продольному сдвигу для рельсовых путей, 40 кН/м рельсового пути;
k_{60}	— пластическое сопротивление продольному сдвигу для рельсовых путей, 60 кН/м рельсового пути;
n_0	— первая собственная частота изгибных колебаний ненагруженной конструкции;
n_T	— первая собственная частота крутильных колебаний конструкции;
q_{A1d}, q_{A2d}	— распределенная нагрузка для учета при сходе поезда с рельсов;
q_{fk}	— характеристическое значение вертикальной нагрузки на служебный проход (равномерно распределенная нагрузка);
q_{ik}	— характеристическое значение эквивалентного распределенного аэродинамического воздействия;
q_{lak}	— характеристическое значение распределенной силы тяги;
q_{lbk}	— характеристическое значение распределенной силы торможения;
q_{tk}	— характеристическое значение распределенной центробежной силы;
q_{v1}, q_{v2}	— вертикальная нагрузка (равномерно распределенная нагрузка);
q_{vk}	— характеристическое значение вертикальной нагрузки (равномерно распределенная нагрузка);
r	— радиус кривизны рельсового пути; — поперечное расстояние между колесными нагрузками;
s	— ширина железнодорожной колеи;
u	— наклон, относительное вертикальное расстояние между верхними поверхностями двух рельсов в определенном месте вдоль рельсовых путей;
v	— максимальная номинальная скорость, м/с; — максимальная разрешенная скорость транспортного средства, м/с;
v_{DS}	— максимальная расчетная скорость, м/с;
v_i	— резонансная скорость, м/с;
y_{dyn}, y_{stat}	— максимальная динамическая реакция и соответствующая максимальная статическая реакция в любой точке конструкции.

Прописные буквы греческого алфавита

- Θ — угол поворота концевой сечения конструкции (в общем случае);
 Φ (Φ_2 , Φ_3) — динамический коэффициент для железнодорожных моделей нагрузки 71, SW/0 и SW/2.

Строчные буквы греческого алфавита

- α — коэффициент классификации нагрузки;
 — коэффициент скорости;
 — линейный температурный коэффициент при тепловом расширении;
 β — отношение расстояния между нейтральной осью и поверхностью пролетного строения к высоте H;
 δ — деформация (в общем смысле);
 — вертикальный прогиб;
 δ_0 — прогиб в середине пролета, вызванный постоянными воздействиями;
 δ_B — продольное относительно торца пролетного строения, смещение вызванное тяговым усилием и торможением;
 δ_H — продольное относительное смещение в конце пролетного строения, вызванное деформацией пролетного строения;
 δ_h — горизонтальное перемещение;
 — горизонтальное перемещение, вызванное продольным перемещением фундамента в основании;
 δ_p — горизонтальное перемещение, вызванное продольной деформацией основания;
 δ_v — вертикальное относительное перемещение торца пролетного строения;
 δ_ϕ — горизонтальное перемещение в продольном направлении, вызванное поворотом фундамента;
 γ_{ff} — частный коэффициент безопасности для усталостной нагрузки;
 γ_{mf} — частный коэффициент безопасности для усталостной прочности;
 φ , φ' , φ'' — динамическое усиление статического нагружения для реальных поездов;
 φ'_{dyn} — динамическое усиление статического нагружения для реального поезда, определенное на основе динамического расчета;
 k — коэффициент, связанный с жесткостью устоев относительно промежуточных опор;
 λ — коэффициент эквивалентного повреждения при расчете на выносливость;
 — длина волны возбуждения;
 λ_C — критическая длина волны возбуждения;
 λ_i — основная длина волны возбуждения;
 λ_v — длина волны возбуждения при максимальной расчетной скорости;
 ρ — плотность;
 σ — напряжение;

- $\sigma_A, \sigma_B, \sigma_M$ — давление на верхнюю поверхность плиты пролетного строения, вызванное воздействием железнодорожного сообщения;
- $\Delta\sigma_{71}$ — диапазон напряжений, вызванный моделью нагрузки 71 (и, где это требуется, моделью SW/0);
- $\Delta\sigma_C$ — номинальное значение усталостной прочности;
- ξ — понижающий коэффициент для определения продольных сил в неподвижных опорных частях монолитного пролетного строения, возникающих вследствие тяговых усилий и сил торможения;
- ζ — нижняя граница процентного содержания критического демпфирования, %, или коэффициент демпфирования (затухания);
- ζ_{TOTAL} — полное демпфирование, %;
- $\Delta\xi$ — дополнительное демпфирование, %.

4.2 Единицы измерения

В расчетах, выполняемых в соответствии с требованиями настоящего нормативно-технического пособия, следует использовать следующие единицы измерения:

1. силы - Н, кН;
2. линейные размеры - мм (для сечений), м (для элементов или их участков);
3. распределенные нагрузки - кН/м, Н/мм (на единицу длины);
- кН/м² (на единицу площади).
4. плотность - кг/м³;
5. напряжения и прочность - Н/мм² (МПа);
6. момент (изгибающий, крутящий) - кН·м.

5 НАГРУЗКИ И ВОЗДЕЙСТВИЯ НА АВТОДОРОЖНЫЕ МОСТЫ

5.1 Общие положения

5.1.1 В качестве переменных подвижных нагрузок на автодорожные мосты выделяются три основных типа нагрузок:

- Модели нагрузок, которые используются для проверки первого и второго предельных состояний (кроме выносливости);
- Модели нагрузок для проверки выносливости;
- Нагрузки в случае аварийных ситуаций.

5.1.2 Модели переменных нагрузок с учетом принятых правил загрузки и сочетания охватывают все возможные случаи нормальной эксплуатации сооружения.

При необходимости, в ряде случаев, решение о применении той или иной нагрузки производится исходя из предполагаемого режима эксплуатации мостового сооружения.

5.1.3 При рассмотрении переменных нагрузок от автотранспортных средств следует учитывать, что данные воздействия классифицируются согласно СН РК EN 1990:2002+A1:2005/2011 как свободные, то есть могут быть приложены в любом месте конструкции в рамках пределов согласно правилам загрузки для каждой модели.

5.1.4 При проектировании следует принимать во внимание, что воздействия от движения транспортных средств являются многокомпонентными, то есть представляют собой совокупность вертикальных и горизонтальных сил, действующих одновременно, согласно правилам сочетания.

5.2 Вертикальные переменные подвижные нагрузки, используемые для всех проверок предельных состояний, кроме усталости (выносливости)

5.2.1 Общие сведения

5.2.1.1 В качестве переменных вертикальных нагрузок от автотранспортных средств, используемых для проверок критических предельных состояний и эксплуатационной пригодности, согласно пунктам 4.3.2÷4.3.5 СН РК EN 1991-2:2003/2011 выделяются следующие:

- Нагрузка LM1;
- Нагрузка LM2;
- Нагрузка LM3;
- Нагрузка LM4.

5.2.1.2 Для каждой нагрузки определены свои правила загрузки проезжей части. Правила загрузки проезжей части выполняются в соответствии с пунктом 5.2.2 «Разделение проезжей части на полосы нагружения. Правила нумерации полос нагружения».

5.2.1.3 Модели нагрузок LM1 ÷ LM4 характеризуются тремя различными значениями:

- Характеристическими;
- Частыми;
- Квазипостоянными.

Данные значения имеют вероятностную природу и отражают различные уровни нагрузок.

Характеристическое значение нагрузки означает то, что нагрузка данного уровня имеет 1000 летний период повторяемости (или вероятность превышения 5% в течение 50 лет). Характеристическое значение нагрузки используется, прежде всего, для проверок несущей способности, и в некоторых проверках эксплуатационной пригодности.

Уровень частого значения нагрузки имеет период повторяемости одну неделю. Частое значение нагрузки используется во многих проверках предельных состояний по эксплуатационной пригодности, в частности для проверки ширины раскрытия трещин в железобетонных конструкциях.

Под квазипостоянным значением нагрузки понимается такой уровень нагрузки, который в силу характера и особенностей движения можно считать частью постоянной нагрузки. Для мостового сооружения, по которому из-за большой плотности движения и днем и ночью движется автотранспорт, часть переменной нагрузки можно считать постоянной. Квазипостоянное значение переменных воздействий используется редко.

Примером использования этого воздействия является рекомендация в СН РК EN 1992-2:2005/2011 при прогнозируемом плотном постоянном потоке транспортных средств на пролетном строении при вычислении эффектов от ползучести бетона. Общая информация о значениях нагрузок содержится в Приложении А настоящего пособия.

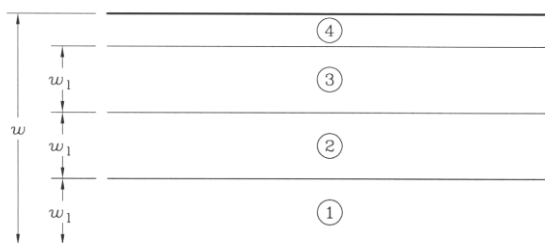
5.2.2 Разделение проезжей части на полосы нагружения. Правила нумерации полос нагружения

5.2.2.1 При определении полос нагружения, согласно пунктам 4.2.3÷4.2.5 СН РК EN 1991-2:2003/2011, необходимо пользоваться следующими правилами:

- За общую ширину проезжей части (w) принимают полную ширину между бордюрами или барьерными ограждениями за вычетом ширины разделительной полосы и ширины этих барьерных ограждений;
- Ширину полосы загрузки принимают равной 3 м;
- Максимальное количество полос загрузки (n), которое можно разместить на проезжей части, будет соответственно равно $n=(w/3)$;
- Ширина оставшейся области принимается равной $w-3n$.

ПРИМЕР

Для габарита Г-10,5 максимальное количество полос загрузки n равно 3, ширина оставшейся полосы 1,5 м. На Рисунке 5.1 приведен пример деления проезжей части на полосы для габарита Г-10,5. Для габарита Г-8,5 максимальное количество полос загрузки равно 2, ширина оставшейся полосы 2,5 м.



w - ширина проезжей части, равная 10,5 м; w_1 - ширина полосы нагружения, равная 3 м; 1 - полоса нагрузки номер 1; 2 - полоса нагрузки номер 2; 3 - полоса нагрузки номер 3; 4 - оставшаяся область, равная 1,5 м.

Рисунок 5.1 [Рисунок 4.1] – Пример деления проезжей части на полосы

5.2.2.2 Если проезжая часть на пролетном строении разделена разделительной полосой с постоянным барьерным ограждением, то деление на полосы не должно учитывать разделительную полосу. Если ограждения являются временными, то деление на полосы производят всей проезжей части, включая разделительную полосу.

ПРИМЕЧАНИЕ Правила, приведенные в 5.2.2.2 могут быть скорректированы для конкретного проекта, предусматривая будущие изменения полос движения на мосту, например для ремонта.

5.2.2.3 Алгоритмы нахождения нумерации и положения полос нагружения:

- Полосе, при нагружении которой привносится максимальный вклад в искомый компонент напряженно деформируемого состояния (НДС), присваивается номер 1;
- Полосе, при нагружении которой, вклад в искомый компонент НДС меньше первой, присваивается номер 2;
- Соответственно, полосе со вкладом меньше второй присваивается номер 3.

5.2.2.4 Нумерация полос не связана с их расположением и определяется только по значимости вклада в НДС.

5.2.2.5 Для каждой проверки НДС, и для каждого элемента принятое в расчет количество полос и их нумерация и положение может быть различно.

5.2.2.6 Нумерация полос нагружения зависит от формы поперечной линии влияния (характера и особенности пространственной работы пролетного строения).

ПРИМЕР

Для балочного разрезного пролетного строения общий вид поперечной линии влияния изгибающего момента в середине пролета крайней балки (пролетное строение длиной 33,0 м) и центральной балки, а также соответствующая нумерация полос нагружения представлены на Рисунке 5.2. Представленная нумерация полос была получена путем итерационного нагружения пролетного строения различных комбинаций полос нагрузки LM1. Данный пример иллюстрирует необходимость изменения нумерации и положения полос нагружения нагрузки LM1 в зависимости от положения рассчитываемого сечения и особенностей пространственной работы пролетного строения.

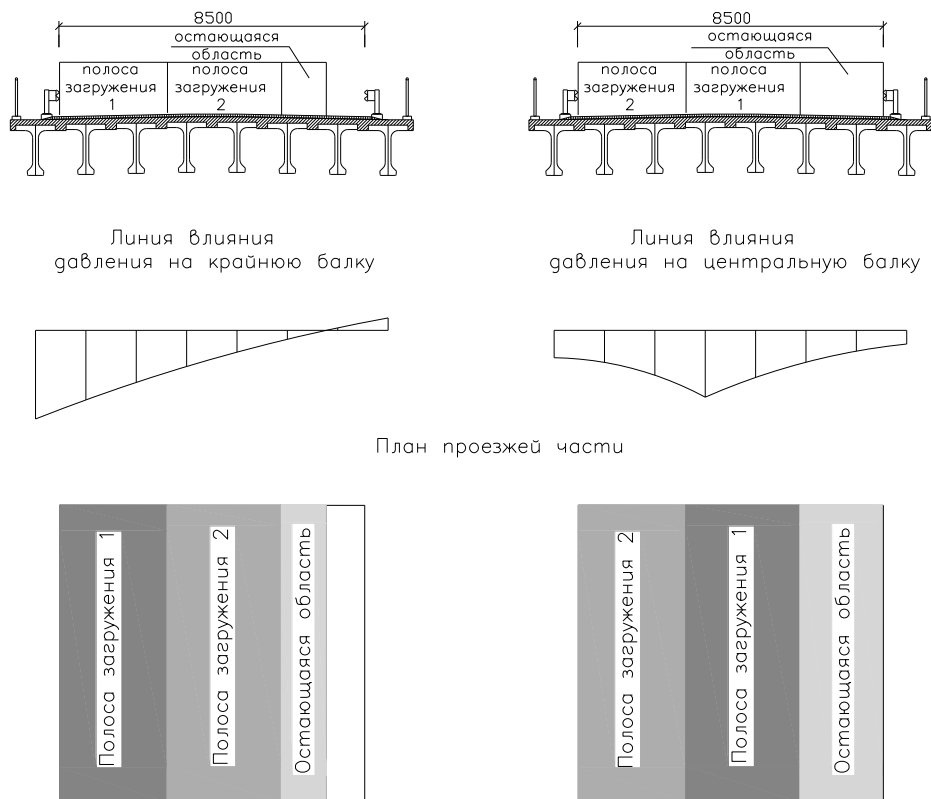


Рисунок 5.2 - Общий вид поперечной линии влияния изгибающего момента в середине пролета крайней и центральной балок, а также соответствующая нумерация полос нагружения

5.2.2.7 Если на одном пролетном строении расположены две проезжие части, то следует принимать единую нумерацию для всей проезжей части.

Если существуют два независимых пролетных строения под каждую проезжую часть и они расположены на одних опорах, то при расчете пролетных строений следует принимать раздельную нумерацию для каждого пролетного строения. При расчете опор, принимается единая нумерация полос загрузки.

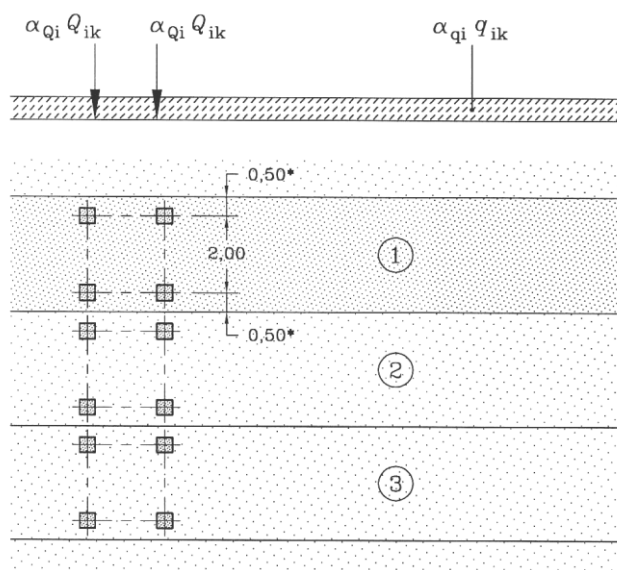
5.2.2.8 Модель нагрузки должна быть приложена на такой длине и ширине оставшейся области, чтобы создавать самый неблагоприятный эффект.

5.2.3 Нагрузка LM1

5.2.3.1 Модель нагрузки LM1 должна использоваться для общих и локальных проверок. Нагрузка LM1 согласно пункту 4.3.2 СН РК EN 1991-2:2003/2011 состоит из двухосной тележки и равномерно распределенной по площади нагрузки (см. Рисунок 5.3).

5.2.3.2 Весовые параметры нагрузки LM1 зависят от номера полосы загрузки (см. пункт 5.2.2 «Разделение проезжей части на полосы загрузки. Правила нумерации полос загрузки») и корректирующих коэффициентов α , принятых в Национальном Приложении к СН РК EN 1991-2:2003/2011.

5.2.3.3 Геометрические параметры двухосной тележки представлены на Рисунке 5.4. Нагрузки на оси в зависимости от номера полосы загрузки для различных случаев с учетом коэффициентов α представлены в Таблицах 5.1 и 5.2.



- (1) — полоса нагрузки номер 1: $Q_{1k} = 300$ кН; $q_{1k} = 9$ кН/м²;
- (2) — полоса нагрузки номер 2: $Q_{2k} = 200$ кН; $q_{2k} = 2,5$ кН/м²;
- (3) — полоса нагрузки номер 3: $Q_{3k} = 100$ кН; $q_{3k} = 2,5$ кН/м².

* Для $w_l = 3,0$ м

Рисунок 5.3 [Рисунок 4.2а] - Приложение модели нагрузки 1

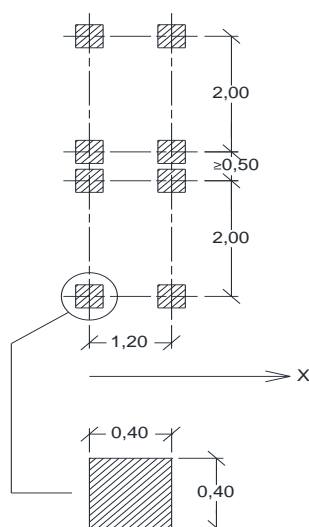


Рисунок 5.4 [Рисунок 4.2b] - Применение двухосных тележек для локальных проверок

Таблица 5.1 - Весовые характеристики модели нагрузки LM1 для мостовых сооружений на международных транспортных коридорах и дорогах 1 категории

Расположение	Тандемная система TS	Система UDL
	Осевая нагрузка $\alpha_{Qi}Q_{ik}$, кН	$\alpha_{qi}q_{ik}$, кН/м ²
Полоса движения номер 1	240	7,2
Полоса движения номер 2	200	2,5
Полоса движения номер 3	100	2,5
Другие полосы движения	0	2,5
Остающаяся область q_{rk}	0	2,5

Таблица 5.2 - Весовые характеристики модели нагрузки LM1 для мостовых сооружений на дорогах всех категорий кроме международных транспортных коридоров и дорог 1 категории

Расположение	Тандемная система TS	Система UDL
	Осевая нагрузка $\alpha_{Qi}Q_{ik}$, кН	$\alpha_{qi}q_{ik}$, кН/м ²
Полоса движения номер 1	240	7,2
Полоса движения номер 2	160	2,5
Полоса движения номер 3	80	2,5
Другие полосы движения	0	2,5
Остающаяся область q_{rk}	0	0

5.2.3.4 При использовании модели нагрузки LM1 необходимо руководствоваться следующими правилами:

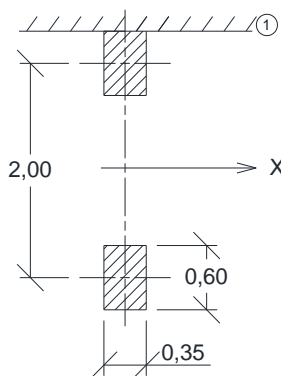
– Не более одной двухосной тележки должно располагаться на одной полосе загрузки;

- Двухосная тележка должна располагаться таким образом, чтобы вызывать наибольшее неблагоприятное воздействие искомого фактора НДС;
- Двухосная тележка располагается по оси полосы загрузки;
- В расчет необходимо принимать все четыре «колеса» двухосной тележки;
- Равномерно распределенная по площади нагрузка прикладывается только в тех областях, где вызывает неблагоприятное воздействие.

5.2.3.5 [4.3.2(5)] При локальных проверках тандемная система устанавливается в наиболее неблагоприятном месте. Если учитываются две тандемные системы на смежных полосах нагрузки, они могут быть сближены, при этом расстояние между осями колес должно быть не менее 0,50 м (см. Рисунок 5.4).

5.2.4 Нагрузка LM2

5.2.4.1 Модель нагрузки LM2, согласно пункту 4.3.3 СН РК EN 1991-2:2003/2011, представляет собой одноосную нагрузку (2 колеса) с нагрузкой на колесо 160 кН (с учетом принятых параметров национального приложения СН РК EN 1991-2:2003/2011). Данная модель нагрузки используется для местных проверок предельных состояний. Общий вид модели нагрузки LM2 с контактной поверхностью каждого колеса 0,35 и 0,6м представлен на Рисунке 5.5.



x - направление движения
1 – край тротуара

Рисунок 5.5 [Рисунок 4.3] - Модель нагрузки LM2

5.2.4.2 «Пятно» контакта LM2 (модели нагрузки 2) отличается от LM1 (модели нагрузки 1), что должно учитываться при расчете конструкций.

5.2.4.3 Модель нагрузки LM2 может быть приложена в любом месте проезжей части.

5.2.5 Нагрузка LM3

5.2.5.1 Рекомендованная согласно пункту 4.3.4 СН РК EN 1991-2:2003/2011 модель нагрузки LM 3 представляет собой набор различных тяжелых специальных транспортных средств, используемых для перевозки сверхтяжелых грузов. Параметры применения

данных нагрузок (правила провоза грузов, скорость движения и возможность комбинации с другими переменными нагрузками) определяются заказчиком.

5.2.5.2 Дополнительная информация о нагрузке LM3 содержится в Приложении Б.

5.2.6 Нагрузка LM4

5.2.6.1 Модель нагрузки LM4 согласно пункту 4.3.5 СН РК EN 1991-2:2003/2011 представляет собой равномерно распределенную по площади нагрузку интенсивностью 5 кН/м^2 .

5.2.6.2 Нагрузка LM4 описывает возможность появления большого скопления людей на пролетном строении.

5.2.6.3 Решение об использовании нагрузки LM4 принимает Заказчик, руководствуясь местоположением мостового сооружения.

5.3 Горизонтальные силы

5.3.1 Силы торможения и ускорения

5.3.1.1 Тормозные силы или силы ускорения (Q_{lk}) согласно пункту 4.4.1(1)Р СН РК EN 1991-2:2003/2011 прикладываются в продольном направлении в уровне поверхности проезжей части.

5.3.1.2 Характеристическое значение сил торможения и ускорения Q_{lk} , согласно принятым в национальном приложении к СН РК EN 1991-2:2003/2011 параметрам, вычисляется как часть полных максимальных вертикальных нагрузок, соответствующих модели нагрузки LM1. Как правило, силы торможения или ускорения прикладываются к полосе нагрузки 1. Характеристическое значение сил торможения и ускорения должно находиться в следующем диапазоне:

$$144 \text{ кН} \leq Q_{lk} = 288 + 2,16 \cdot L \leq 900 \text{ кН},$$

где L – длина пролетного строения или его рассматриваемого участка, м.

5.3.1.3 Как правило, должны определяться горизонтальные силы, связанные с моделью нагрузки 3. Эти силы также прикладываются в продольном направлении вдоль оси любой полосы нагрузки. Если влияние места приложения нагрузки не оказывает существенного влияния на искомый фактор напряженно-деформируемого состояния, то нагрузку можно прикладывать как равномерно распределенную по длине вдоль оси проезжей части.

5.3.1.4 [4.4.1(6)] Должна быть определена горизонтальная сила, передаваемая деформационными швами или приложенная к элементам конструкции, которые могут быть нагружены только одной осью.

Согласно принятому в национальном приложении к СН РК EN 1991-2:2003/2011 параметру $\alpha_{Q1}=0,8$, горизонтальная сила принимается равной $Q_{lk}=144 \text{ кН}$.

5.3.2 Центробежные и другие поперечные силы

5.3.2.1 Центробежная сила (Q_{tk}) представляет собой согласно пункту 4.4.2 СН РК EN 1991-2 :2003/2011 сосредоточенную нагрузку, прикладываемую в уровне проезжей части в направлении перпендикулярном продольной оси проезда.

5.3.2.2 Характеристическое значение центробежной силы зависит от категории дороги, количества полос загрузки и для tandemных систем модели нагрузки LM1 вычисляется следующим образом:

- $Q_{tk} = 0,2 \cdot \sum \alpha_{Qi} \cdot (2 \cdot Q_{ik})$ кН при $r < 200$ м;
- $Q_{tk} = (40/r) \cdot \sum \alpha_{Qi} \cdot (2 \cdot Q_{ik})$ кН при $200 \leq r \leq 1500$ м;
- $Q_{tk} = 0$ при $r > 1500$ м.

где r – горизонтальный радиус центральной линии проезжей части, м.

5.3.2.3 В случае, когда необходимо учитывать поперечные горизонтальные силы от косого торможения, поперечная сила торможения Q_{trk} принимается равной 25% от продольной силы торможения или ускорения Q_{lk} . При этом поперечную силу торможения Q_{trk} следует учитывать одновременно с продольной силой торможения Q_{lk} . Силы прикладываются на уровне проезжей части.

5.4 Сочетания переменных подвижных нагрузок (группы нагрузок)

5.4.1 Сочетания нагрузок, возникающих от воздействия подвижных нагрузок, называют группами нагрузок. Нагрузочный эффект, вычисленный от нагрузок, входящих в группу, в дальнейших комбинациях с нагрузками не транспортного характера (ветер, температура и т.д.) принимается как результат воздействия от единой нагрузки. То есть нагрузки, входящие в группу, в дальнейших комбинациях представляют собой одну нагрузку.

5.4.2 Для учета воздействия от проходящих автомобилей при проверках критических предельных состояний (кроме выносливости) и эксплуатационной пригодности согласно подразделу 4.5 СН РК EN 1991-2:2003/2011 должны быть рассмотрены следующие нагрузки, сформированные в группы:

- gr1a. Характеристическая нагрузка LM1 + равномерно распределенная нагрузка на тротуары интенсивностью 3 кН/м²;
- gr1b. Характеристическая нагрузка LM2;
- gr2. Комбинационное значение модели нагрузки LM1 (введение понижающих коэффициентов ψ ; значения коэффициентов ψ приведены в национальном приложении к СН РК EN 1990:2002+A1:2005/2011) + характеристические нагрузки от сил торможения и ускорения + центробежных и поперечных сил;
- gr3. Характеристическая нагрузка на тротуары интенсивностью 5 кН/м²;
- Gr4. Характеристическая нагрузка LM4 + характеристическая нагрузка на тротуары интенсивностью 5 кН/м²;
- Gr5. Характеристическая нагрузка LM3.

Правила сочетаний для характеристических воздействий от переменных воздействий приведены в Таблице 5.3.

5.4.3 Заказчиком могут быть определены дополнительные модели тяжелых транспортных средств, определенные в СН РК EN 1991-2 :2003/2011.

5.4.4 Для некоторых проверок, например, при проверках второго предельного состояния, для предварительно напряженных конструкций, необходимо пользоваться частыми значениями нагрузок. В данном случае, СН РК EN 1991-2:2003/2011 определяет следующие правила сочетаний различных составляющих компонентов автомобильного движения в соответствии с Таблицей 5.4.

5.4.5 В случае применения Таблицы 5.4, необходимо использовать только частые значения нагрузок LM1, LM2 и пешеходной нагрузки.

5.4.6 Для переходных расчетных ситуациях (плановый ремонт или обслуживание дороги или мостового сооружения) характеристические значения от тандемной системы должны быть приняты равными $0,8\alpha_{Qi}Q_{ik}$. Другие характеристические, частые и квазипостоянные значения, а также горизонтальные силы принимаются как для постоянных расчетных ситуаций без изменения.

Таблица 5.3 [Таблица 4.4a] - Правила сочетания различных компонентов переменного воздействия для автодорожных мостов (правила сочетания вертикальных и горизонтальных сил)

Тип нагрузки		Проезжая часть						Пешеходные и велосипедные дорожки
		Вертикальные силы				Горизонтальные силы		Только вертикальные силы
Система нагрузки		Модель LM1 (TS и UDL системы)	Модель LM2 (одноосная)	Модель LM3 (специальные транспортные средства)	Модель LM4 (нагрузка от скопления людей)	Силы торможения и ускорения	Центробежные и поперечные силы	Равномерно распределенная нагрузка
Группа нагрузок	gr1a	Характеристическое значение						Комбинационное значение
	gr1b		Характеристическое значение					
	gr2	Частые значения				Характеристическое значение	Характеристическое значение	
	gr3 ^{a)}							Характеристическое значение
	Gr4				Характеристическое значение			Характеристическое значение
	Gr5	См. приложение Б		Характеристическое значение				
Доминирующий компонент воздействия (обозначается как компонент, связанный с группой)								
^{a)} эта группа является неподходящей, если рассматривается Gr4								

**Таблица 5.4 [Таблица 4.4b] - Правила сочетаний частых значений
многокомпонентного воздействия**

Тип нагрузки		Проезжая часть		Пешеходные и велосипедные дорожки
		Вертикальные силы		
Система нагрузки		Модель LM1 (TS и UDL системы)	Модель LM2 (одноосная)	Равномерно распределенная нагрузка
Группа нагрузок	gr1a	Частые значения		
	gr1b		Частые значения	
	gr3			Частые значения ^{а)}
^{а)} только одна пешеходная дорожка должна рассматриваться нагруженной, если такого воздействия более неблагоприятен, чем результат воздействия двух нагруженных пешеходных дорожек.				

5.5 Модели вертикальных переменных нагрузок от автомобильного транспорта для проверок выносливости

5.5.1 Общие положения

5.5.1.1 СН РК EN 1991-2:2003/2011 в подразделе 4.6 определяет 5 моделей усталостных нагрузок для проверок выносливости (FLM1÷FLM5). Использование данных моделей нагрузок для проверок выносливости мостовых конструкций определено в СН РК EN 1992 - СН РК EN 1998 из-за необходимости этих проверок для конструкций из различных материалов.

5.5.1.2 Нагрузки для проверки выносливости были получены исходя из необходимости быстрого и сравнительно простого анализа конструкций. Подобный подход позволяет с минимальными затратами времени определять сечения или элементы конструкции наиболее подверженные усталостным явлениям. Также часть из приведенных нагрузок позволяет проводить уточненный расчет на основе теории накопления повреждений.

5.5.1.3 СН РК EN 1991-2:2003/2011 предполагает две методики проверок выносливости:

- Представление процесса накопления повреждений под нагрузками как процесс бесконечный и определяющийся уровнем разности напряжений;
- Проверка выносливости с учетом теории накопления повреждений по диаграммам выносливости (S-N).

5.5.1.4 Для оценки выносливости как процесса бесконечного используются модели нагрузок FLM1 и FLM2. Данный подход является упрощенным и его использование может приводить к значительному перерасходу материала в конструкции.

5.5.1.5 Второй подход с использованием диаграмм выносливости (S-N) считается более точным. Основной нагрузкой для использования данного подхода является нагрузка FLM3, которая позволяет упрощенными методами с помощью диаграмм выносливости и поправочных коэффициентов выполнить проверку конструкции на усталостную прочность.

5.5.1.6 Нагрузки FLM4 и FLM5 позволяют напрямую использовать аппарат диаграмм выносливости.

ПРИМЕЧАНИЕ Использование нагрузок FLM4 и FLM5, а также подхода учета истории нагружений является непростой задачей, требующих множества дополнительных данных о составе и структуре движения. Также необходимо иметь долгосрочный прогноз, на срок близкий к сроку службе сооружения, по составу и структуре движения.

5.5.1.7 При проверке выносливости, на стадии проектирования, необходима оценка возможности применения тех или иных моделей усталостных нагрузок на основе характера работы сооружения, его конструктивной формы и материала, а так же категории ответственности сооружения.

5.5.2 Нагрузки FLM1 и FLM2

5.5.2.1 Модель усталостной нагрузки FLM1 согласно пункту 4.6.2 СН РК EN 1991-2:2003/2011 представляет собой измененную модель LM1, с близкими к часто встречающейся нагрузке LM1 весовыми значениями. Модель усталостной нагрузки FLM1 имеет одинаковую схему с LM1. Весовые параметры ее приведены в Таблице 5.5.

Таблица 5.5 - Модель усталостной нагрузки FLM1

Расположение	Тандемная система TS Осевая нагрузка $0,7Q_{ik}$, кН	Система UDL $0,3q_{ik}$, кН/м ²
Полоса номер 1	210	2,7
Полоса номер 2	140	0,75
Полоса номер 3	70	0,75
Другие полосы	0	0,75
Остающаяся область q_{rk}	0	0,75

5.5.2.2 Модель усталостной нагрузки FLM2 согласно пункту 4.6.3 СН РК EN 1991-2:2003/2011 представляет собой набор из пяти часто встречающихся (типовых) грузовиков. Их геометрические размеры и нагрузки на оси представлены в Таблице 5.6. Поперечные расстояния между колесами на одной оси, а также контактные поверхности колес представлены в Таблице 5.7.

Таблица 5.6 [Таблица 4.6] - Модель усталостной нагрузки FLM2

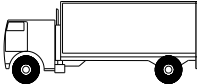
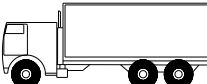
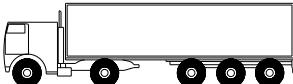
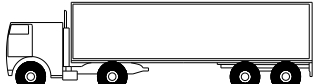
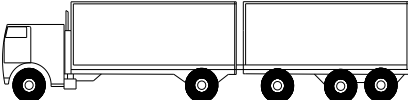
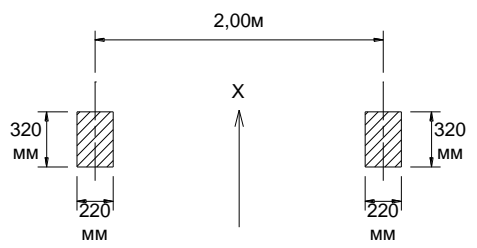
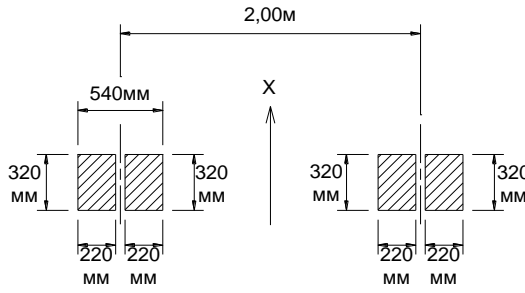
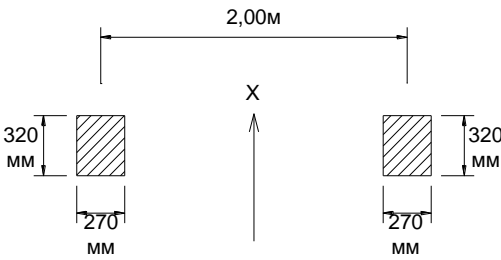
Силуэт грузовика	Межосевое расстояние, м	Часто встречающиеся осевые нагрузки, кН	Тип колеса (см. Таблицу 5.7)
	4,5	90 190	A B
	4,20 1,30	80 140 140	A B B
	3,20 5,20 1,30 <i>(продолжение)</i>	90 180 120 120 120	A B C C C
	3,40 6,00 1,80	90 190 140 140	A B B B
	4,80 3,60 4,40 1,30	90 180 120 110 110	A B C C C

Таблица 5.7 [Таблица 4.8] - Типы колес

Тип колеса/оси	Геометрическое определение
A	
B	
C	

5.5.2.3 Модель усталостной нагрузки FLM2 используется для определения максимальных положительных и отрицательных напряжений от одного из грузовиков, проходящих по медленной полосе движения. Под медленной полосой движения понимается полоса с преимущественным движением грузового транспорта (обычно одна крайняя правая полоса при двухполосном движении в одном направлении).

5.5.2.4 Модели усталостных нагрузок FLM1 и FLM2 выведены для проверки выносливости как процесса неограниченного (более 5×10^5 циклов) и могут быть использованы для проверки металлических конструкций.

ПРИМЕЧАНИЕ Модель усталостной нагрузки FLM1 более корректно чем модель усталостной нагрузки FLM2 описывает нагрузочный эффект от движения транспорта применительно к мостам с большими пролетами, где значительный вклад в искомый компонент НДС вносит равномерно-распределенная часть нагрузки. Модель усталостной нагрузки FLM2 более точно отражает воздействия от проходящего трафика при загрузке небольших длин линий влияния из-за более значительного вклада групп сосредоточенных сил составляющих нагрузки.

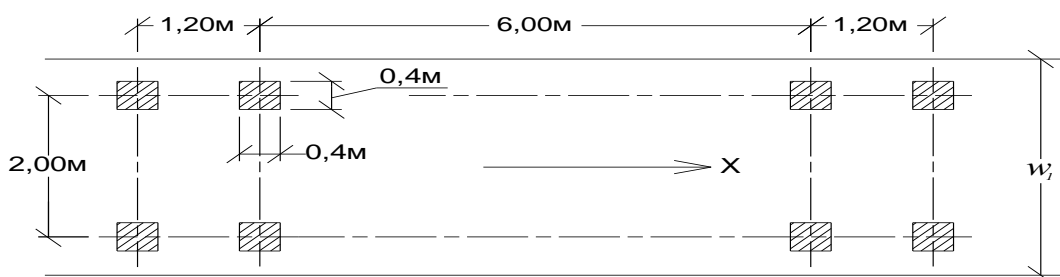
5.5.2.5 Модели нагрузки FLM1 и FLM2 для расчета на выносливость имеют значительные ограничения по применимости:

- Используются для металлических пролетных строений;
- Отсутствие четких границ применимости моделей усталостных нагрузок FLM1 и FLM2 в зависимости от габарита проезжей части и длины загрузки.

5.5.3 Модель усталостной нагрузки FLM3

5.5.3.1 Модель усталостной нагрузки FLM3 согласно пункту 4.6.4 СН РК EN 1991-2:2003/2011 является главной рекомендованной моделью СН РК EN 1991-2:2003/2011 для расчета конструкций на выносливость. Данная нагрузка выводилась таким образом, чтобы при расчете с использованием ряда поправочных коэффициентов была возможность учесть возникающие эквивалентные повреждения с учетом 2×10^6 циклов без обращения к повреждениям от реального транспортного потока. Модель усталостной нагрузки FLM3 представлена на Рисунке 5.6.

5.5.3.2 Модель нагрузки FLM3 представляет собой транспортное средство с двумя двухосными тележками с нагрузкой на ось 120 кН, расположенными на расстоянии 6 м между крайними смежными осями.



Обозначения

w_l – ширина полосы

x – продольная ось моста

Рисунок 5.6 [Рисунок 4.8] - Модель усталостной нагрузки FLM3

5.5.3.3 В определенных случаях (для пролетных строений с большими пролетами или для неразрезных пролетных строений в случае прогнозирования движения тяжелых автотранспортных средств с большой интенсивностью) следует учитывать два транспортных средства FLM3 на одной и той же полосе движения. При этом, одно транспортное средство принимается как в п. 5.5.3.2. Геометрия второго транспортного средства принимается такой же, как и для первого. Нагрузку на каждую ось второго транспортного средства следует принимать равной 36 кН. Расстояние между двумя транспортными средствами, измеренное между центрами транспортных средств, следует принимать не менее 40 м.

5.5.3.4 Общий алгоритм проверки на выносливость металлических пролетных строений с помощью модели усталостной нагрузки FLM3 выглядит следующим образом:

- Определяются максимальные и минимальные значения напряжений в элементе, и определяется уровень напряжений: $\Delta\sigma_{FLM} = |\max \sigma_{FLM} - \min \sigma_{FLM}|$

- Далее определяется уровень эквивалентных напряжений повреждения

$$\Delta\sigma_{fat} = \lambda_e \cdot \Delta\varphi_{fat} \cdot \Delta\sigma_{FLM} \quad (5.1)$$

где $\Delta\varphi_{fat}$ – динамический коэффициент, учитывающий возможность удара о деформационный шов и принимаемый по формуле: $\Delta\varphi_{fat} = 1,30 \cdot \left(1 - \frac{D}{26}\right)$; $\Delta\varphi_{fat} \geq 1$ (или по графику на Рисунке 5.7) в зависимости от удаленности рассматриваемого поперечного сечения (или элемента) от деформационного шва. Допускается для сечений, удаленных на расстояние не более 6 м от деформационного шва принимать постоянным значение $\Delta\varphi_{fat} = 1,3$. Для сечений, удаленных на расстояние более 6 м динамический коэффициент $\Delta\varphi_{fat}$ принимается равным 1.

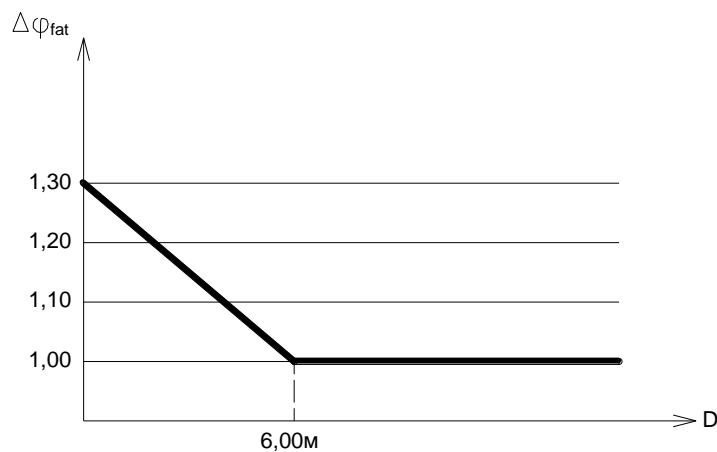


Рисунок 5.7 [Рисунок 4.7] – График изменения динамического коэффициента усиления в зависимости от расстояния до деформационного шва

$$\lambda_e = \lambda_1 \cdot \lambda_2 \cdot \lambda_3 \cdot \lambda_4 \leq \lambda_{\max}, \quad (5.2)$$

где λ_e – является общим поправочным коэффициентом, вычисляемым как произведение четырех следующих коэффициентов:

λ_1 – коэффициент, учитывающий возникающий повреждающий эффект от автотранспорта и зависящий от длины загрузения линии влияния;

λ_2 – коэффициент, учитывающий интенсивность движения;

λ_3 – коэффициент, являющейся функцией от проектного срока службы. Для срока службы равного 100 лет, коэффициент $\lambda_3 = 1$;

λ_4 – коэффициент, учитывающей наличие нескольких полос движения.

λ_{\max} – максимальное значение λ_e определяемое в соответствии с подпунктом 5.5.3.4.

Для определения коэффициента λ_2 в Таблице 5.8 приведено расчетное значение обращения тяжелых грузовиков на одну медленную полосу движения.

**Таблица 5.8 [Таблица 4.5n] - Расчетное значение тяжелых грузовиков
на одну медленную полосу движения**

Транспортная категория		N_{obs} в расчете на 1 год и на одну медленную полосу движения
1	Дороги и автострады, входящие в состав международных транспортных коридоров, дороги I категории	$2,0 \cdot 10^6$
2	Дороги II категории	$0,5 \cdot 10^6$
3	Дороги III и IV категории	$0,125 \cdot 10^6$
4	Дороги V категории	$0,05 \cdot 10^6$

В пункте 9.5.2 СН РК EN 1993-2:2006/2011 содержатся правила для определения коэффициентов λ для автодорожных мостов.

Коэффициент λ_1 для металлических пролетных строений назначается исходя из графиков, представленных на Рисунке 5.8а.

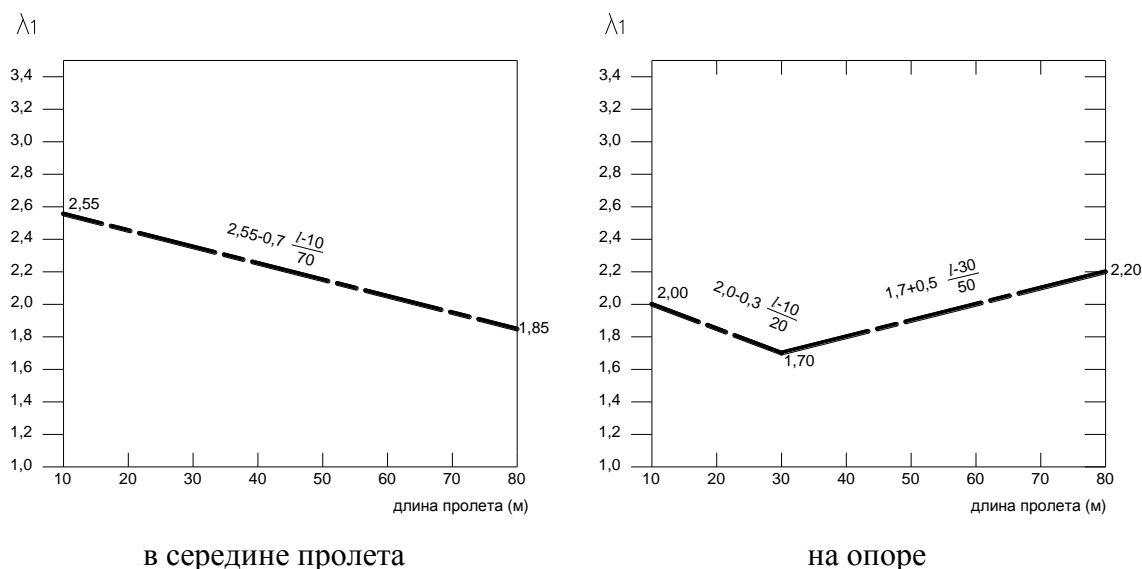


Рисунок 5.8а – Определение значения коэффициента λ_1

Коэффициент λ_2 определяется следующим образом:

$$\lambda_2 = \frac{Q_{m1}}{Q_0} \cdot \left(\frac{N_{obs}}{N_0} \right)^{1/5}, \quad (5.3)$$

где Q_{m1} - средний вес брутто, кН, транспортных средств, движущихся в медленной полосе, определенный следующим образом:

$$Q_{m1} = \left(\frac{\sum n_i \cdot Q_i^5}{\sum n_i} \right)^{1/5}, \quad (5.4)$$

где $Q_0 = 480$ кН;

$$N_0 = 0,5 \times 10^6;$$

Q_i - вес брутто (кН) транспортных средств i , движущихся по медленной полосе, по данным эксплуатирующих организаций;

n_i - количество грузовых автомобилей весом брутто Q_i , на медленную полосу по данным эксплуатирующих организаций.

Значения Q_{m1} , N_{obs} и λ_2 приведены в Таблице 5.9.

Коэффициент λ_3 рассчитывается следующим образом:

$$\lambda_3 = \left(\frac{t_{Ld}}{100} \right)^{1/5}, \quad (5.5)$$

где t_{Ld} — расчетный срок службы моста в годах. Значения λ_3 в зависимости от проектного срока службы приведены в Таблице 5.10.

Таблица 5.9 - Значения λ_2 [Таблица 9.1 СН РК EN 1993-2:2006/2011]

Q_{m1} , кН	N_{obs}							
	$0,25 \cdot 10^6$	$0,50 \cdot 10^6$	$0,75 \cdot 10^6$	$1,0 \cdot 10^6$	$1,25 \cdot 10^6$	$1,5 \cdot 10^6$	$1,75 \cdot 10^6$	$2,0 \cdot 10^6$
200	0,362	0,417	0,452	0,479	0,500	0,519	0,535	0,550
300	0,544	0,625	0,678	0,712	0,751	0,779	0,803	0,825
400	0,725	0,833	0,904	0,957	1,001	1,038	1,071	1,100
500	0,907	1,042	1,130	1,197	1,251	1,298	1,338	1,374
600	1,088	1,250	1,356	1,436	1,501	1,557	1,606	1,649

**Таблица 5.10 – Значения λ_3 в зависимости от расчетного срока службы
[Таблица 9.2 СН РК EN 1993-2:2006/2011]**

Расчетный срок службы в годах	50	60	70	80	90	100	120
Коэффициент λ_3	0,871	0,903	0,931	0,956	0,979	1,00	1,037

Значения коэффициента λ_4 рассчитываются следующим образом:

$$\lambda_4 = \left[1 + \frac{N_2}{N_1} \cdot \left(\frac{\eta_2 \cdot Q_{m2}}{\eta_1 \cdot Q_{m1}} \right)^5 + \frac{N_3}{N_1} \cdot \left(\frac{\eta_3 \cdot Q_{m3}}{\eta_1 \cdot Q_{m1}} \right)^5 + \dots + \frac{N_k}{N_1} \cdot \left(\frac{\eta_k \cdot Q_{mk}}{\eta_1 \cdot Q_{m1}} \right)^5 \right]^{1/5}, \quad (5.6)$$

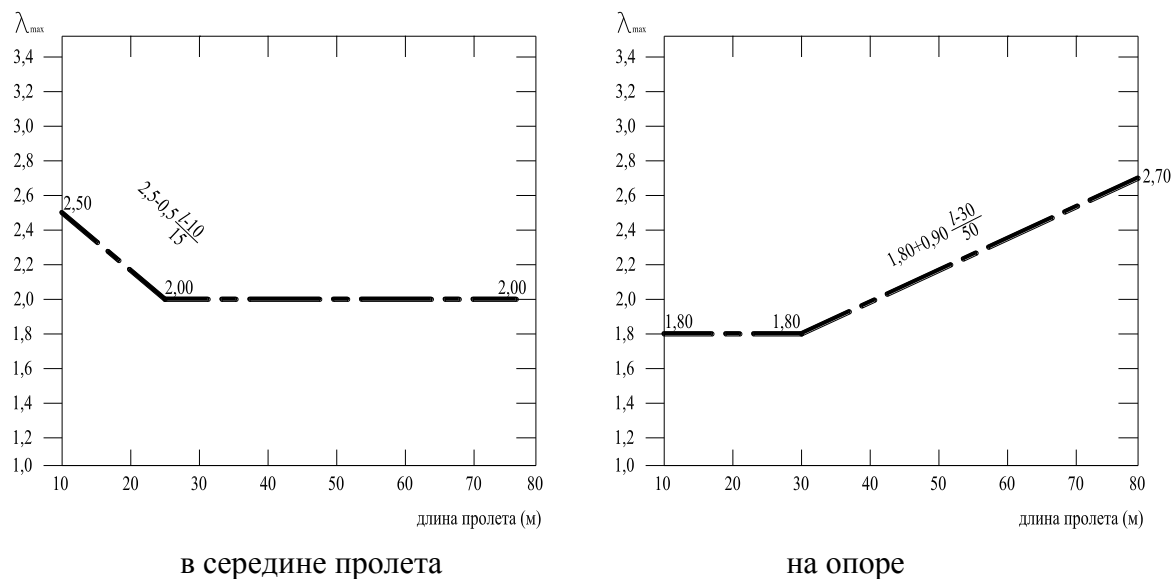
где k - количество полос с интенсивным движением тяжелых грузовиков;

N_j - количество грузовых автомобилей в год, полоса j ;

Q_{mj} - средний вес брутто транспортных средств, движущихся по полосе j ;

η_j - ордината поперечной линии влияния внутренних усилий, вызывающих максимальные напряжения при расположении нагрузки в середине полосы j .

Коэффициент λ_{\max} для металлических пролетных строений автодорожных мостов определяется из графиков, представленных на Рисунке 5.8б.

Рисунок 5.86 – Определение значения коэффициента λ_{\max}

Далее выполняется проверка предельного состояния по выносливости мостовых конструкций с учетом требований СН РК EN 1993-2:2006/2011.

5.5.4 Модели усталостных нагрузок FLM4 и FLM5

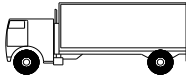
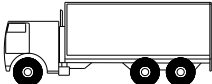

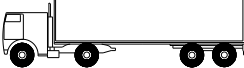
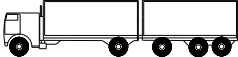
5.5.4.1 Модели усталостных нагрузок FLM4 и FLM5 согласно пунктам 4.6.5÷4.6.6 СН РК EN 1991-2:2003/2011 позволяют моделировать различные транспортные композиции, характерные для данного участка дороги, с учетом прогнозирования структуры движения автотранспорта.

5.5.4.2 Модель усталостной нагрузки FLM4 представляет собой набор стандартных грузовиков, приведенных в Таблице 5.11. Типы колес приведены в Таблице 5.7

5.5.4.3 Модель усталостной нагрузки FLM4 состоит из набора стандартных грузовиков, из которых возможно создание различных транспортных композиций (на основе вероятностных подходов и предполагаемых долей тех или иных типов транспортных средств).

5.5.4.4 Модель нагрузки FLM5 предполагает непосредственное использование данных о зарегистрированном транспортном потоке. При этом необходимо использование Приложения В СН РК EN 1991-2:2003/2011. Приложение В определяет общие требования по учету коэффициента динамики в зависимости от предполагаемого качества покрытия, а также определяет общие требования по аппроксимации полученных результатов.

Таблица 5.11 [Таблица 4.7] – Модель усталостной нагрузки FLM4

Тип транспортного средства			Тип транспортного потока			Тип ко леса
Грузовик	Межосевое расстояние, м	Эквивалентные осевые нагрузки, кН	На дальнее расстояние	На среднее расстояние	Местное сообщение	
			Процентная доля типа грузовика	Процентная доля типа грузовика	Процентная доля типа грузовика	
	4,5	70 130	20,0	40,0	80,0	A B
	4,20 1,30	70 120 120	5,0	10,0	5,0	A B B
	3,20 5,20 1,30 1,30	70 150 90 90 90	50,0	30,0	5,0	A B C C C
	3,40 6,00 1,80	70 140 90 90	15,0	15,0	5,0	A B B B
	4,80 3,60 4,40 1,30	70 130 90 80 80	10,0	5,0	5,0	A B C C C
<p>ПРИМЕЧАНИЕ 1 Модель усталостной нагрузки FLM4, основанная на пяти стандартных грузовиках моделирует транспортный поток, который, как предполагается, приводит к усталостному повреждению, эквивалентному такому повреждению, которое возникает при фактическом транспортном потоке соответствующей категории, определенной в Таблице 5.8.</p> <p>ПРИМЕЧАНИЕ 2 Для выбора типа транспортного потока можно принять, что:</p> <ul style="list-style-type: none"> - «дальнее расстояние» означает сотни километров; - «среднее расстояние» означает от 50 до 100 километров; - «местное сообщение» означает расстояние менее 50 километров. <p>В реальности происходит смешение типов транспортных потоков.</p>						

5.5.5 Правила загрузки моделями усталостных нагрузок FLM1-FLM5

5.5.5.1 Процесс накопления повреждений является достаточно длительным перед осуществлением разрушения из-за усталости материала. Приведенные в СН РК EN 1991-2:2003/2011 усталостные модели нагрузок применяются с учетом прогнозируемого состава движения и структуры движения, а также ситуаций с нормальным движением по полосам автомобильного транспорта. В общем случае правила загрузки должны соответствовать разделу 5.2.2 настоящего нормативно-технического пособия.

5.5.5.2 Правила загрузки проезжей части должны отражать нормальное движение автотранспорта по полосам движения.

5.5.5.3 Для модели усталостной нагрузки FLM1 действуют в общем случае такие же правила загрузки, как и для нагрузки LM1. Поэтому полученные значения амплитуд напряжений могут быть завышены и требовать дополнительного анализа.

5.5.5.4 Модель усталостной нагрузки FLM2 устанавливается в одиночном порядке на медленной полосе движения. Количество медленных полос и их расположение выбирается исходя из количества полос движения и предполагаемой структуры движения. Так для двухполосного движения в каждом направлении медленными полосами будут считаться крайние правые полосы, по которым преимущественно движется тяжелый автотранспорт. Для трехполосного движения возможно назначение двух медленных полос из трех в каждом направлении в зависимости от интенсивности движения, при этом третья полоса (не медленная) при данной схеме считается свободной.

5.5.5.5 Для модели усталостной нагрузки FLM3 также характерно ее расположение на медленной полосе. Необходимо также предусмотреть и расположение двух моделей усталостных нагрузок 3 (вторая модель с пониженными нагрузками на ось) на одной медленной полосе с расстоянием 40 м друг от друга (для мостов с большими пролетами и неразрезных пролетных строений).

5.5.5.6 Модель усталостной нагрузки FLM4 следует располагать на медленной полосе движения.

5.5.5.7 При использовании нагрузок FLM3, FLM4 и FLM5 в случаях, когда расположение модели нагрузок в поперечном направлении внутри полосы существенно влияет на результаты проверки выносливости (например, для проверки ортотропных плит проезда), в расчетах возможно использовать статистическое распределение так как показано на Рисунке 5.9. Статистическое распределение показывает, что при проезде по пролетному строению только 50% транспорта движется строго по оси, остальные имеют отклонения от траектории. Таким образом, при расчете на выносливость, возможно учитывать данные отклонения от траектории движения.

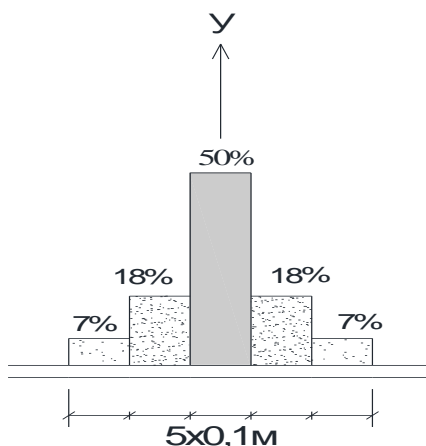


Рисунок 5.9 [Рисунок 4.6] - Распределение поперечного положения оси транспортного средства

5.6 Аварийные расчетные случаи для автомобильного транспорта

5.6.1 Общие положения

5.6.1.1 Для автомобильного движения согласно подраздела 4.7 СН РК EN 1991-2:2003/2011 выделяются три основных расчетных случая:

– Столкновение транспортных средств с конструкциями мостового сооружения под мостом;

– Выезд транспортного средства на тротуар пролетного строения;

– Столкновение транспортного средства с бордюрами и дорожными ограждениями.

Данные виды воздействий учитываются по специальным правилам сочетания, приведенным в Приложении А.

5.6.2 Столкновения транспортных средств с конструкциями мостового сооружения под мостом

5.6.2.1 Выделяется два случая, которые необходимо рассматривать при учете сил столкновения с конструкциями мостового сооружения:

–столкновение транспортных средств с опорами моста;

–столкновения транспортных средств с пролетными строениями.

5.6.2.2 Силы столкновения с промежуточными опорами определены в СН РК EN 1991-1-7:2006/2011. В общем случае, если опора путепровода не защищена барьерными ограждениями и расположена вблизи проезжей части, то необходимо учитывать силу столкновения равную 1000кН (по направлению движения транспортного средства), или 500кН (в поперечном направлении), приложенной на расстоянии 1,25 м от поверхности земли.

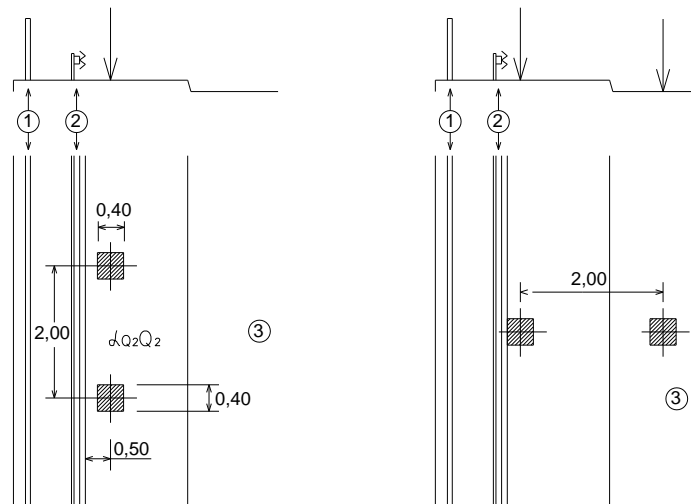
5.6.2.3 Силы столкновения с пролетными строениями мостов из-за прохода под мостом негабаритных транспортных средств определены в СН РК EN 1991-1-7:2006/2011 и представляют собой статическую сосредоточенную силу, равную 500 кН, приложенную к точке на фасаде пролетного строения. Направление силы принимают горизонтально или вверх под углом к горизонту 10°.

5.6.3 Выезд транспортного средства на тротуар пролетного строения

5.6.3.1 Если тротуар или велосипедная дорожка не отделена от проезжей части барьерным ограждением с достаточной удерживающей способностью, то при проектировании необходимо учитывать случай нахождения на тротуаре или велосипедной дорожке аварийной нагрузки (состоящей из двух сосредоточенных сил образующих ось).

Нагрузка на эту ось принимается соответственно: для сооружений на международных транспортных коридорах и дорогах 1 категории 200 кН, для остальных сооружений 160 кН.

На Рисунке 5.10 показаны варианты расположения оси аварийной нагрузки на пролетном строении:



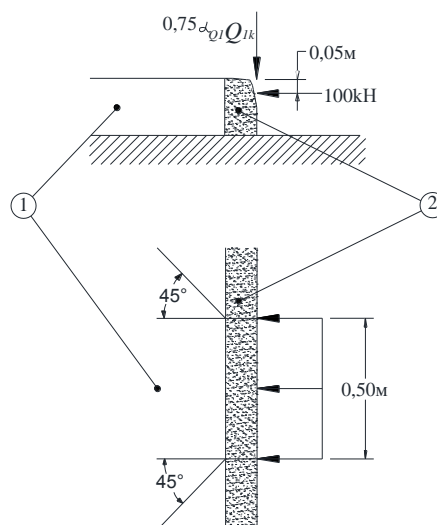
(1) - перила (или пешеходное ограждение тротуара, если нет защитного ограждения); (2) - защитное ограждение; (3) - проезжая часть.

Рисунок 5.10 [Рисунок 4.9] - Аварийные случаи нахождения оси автомобиля на велосипедной дорожке

5.6.3.2 Данная осевая нагрузка не учитывается совместно с другими переменными нагрузками от транспортных средств.

5.6.4 Силы столкновения, воздействующие на бордюры

5.6.4.1 При рассмотрении случая наезда транспортного средства на бордюр, в качестве расчетной модели нагрузки следует принимать равномерно распределенную на длине 0,5 м нагрузку с полным усилием 100 кН. Нагрузку необходимо прикладывать на высоте 0,05 м от верха бордюра как показано на Рисунке 5.11.



(1) — пешеходная дорожка; (2) — бордюр

Рисунок 5.11 [Рисунок 4.10] – Схема нагрузки в случае наезда транспортного средства на бордюр

5.6.4.2 Следует вводить вертикальную нагрузку $0,75\alpha_Q Q_{1k}$ равную 180 кН от транспортных средств, действующую одновременно с силой столкновения.

5.6.5 Силы столкновения, воздействующие на ограждающие устройства

5.6.5.1 Силы столкновения с ограждающими конструкциями необходимо учитывать при расчете узлов креплений ограждений к пролетным строениям и другим элементам, связанным с ограждающей конструкцией, для предотвращения локальных непредвиденных повреждений плиты проезда.

5.6.5.2 При проектировании необходимо учитывать горизонтальные и вертикальные силы, действующие на ограждение и передаваемые на пролетное строение. Горизонтальная сила, воздействующая на ограждение, определяется согласно Таблицы 5.12 в зависимости от класса ограждения. Горизонтальная сила, действующая в поперечном направлении, должна быть приложена на 100 мм ниже верха ограждения или на 1,0 м выше уровня проезжей части или тротуара (в зависимости от того, что из них ниже). Данная сила принимается равномерно распределенной на длине равной 0,5 м.

5.6.5.3 Вертикальная сила, действующая одновременно с горизонтальной, принимается равной 180 кН.

5.6.5.4 При расчете узлов креплений ограждений необходимо вводить повышающий коэффициент 1,25 к горизонтальным и вертикальным силам столкновения.

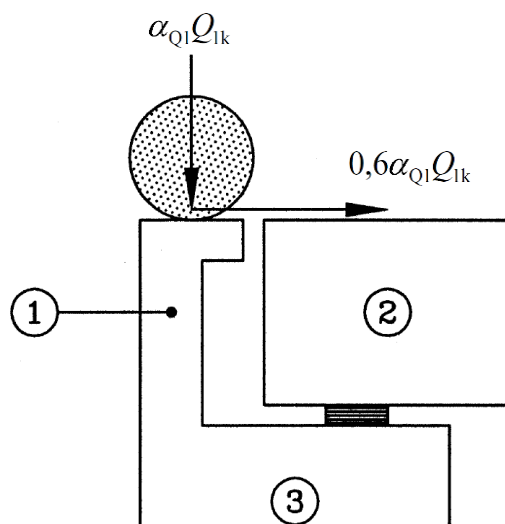
Таблица 5.12 [Таблица 4.9(n)] - Классы и горизонтальные силы, передаваемые ограждающими устройствами

Рекомендуемый класс	Горизонтальная сила, кН
A	100
B	200
C	400
D	600

5.7 Модели нагрузок для расчета устоев

5.7.1 Проезжая часть, расположенная позади береговых устоев, крыльев устоев, боковых стенок и других частей моста, находящихся в контакте с землей, должна быть нагружена с использованием модели нагрузки LM1. Тандемные составляющие могут быть заменены эквивалентной равномерно распределенной нагрузкой, распределенной по соответствующей прямоугольной поверхности шириной 3 м и длиной 2,20 м. Перераспределение нагрузки через засыпку, при ее должном уплотнении, принимать под углом 30° к вертикали.

5.7.2 При расчете шкафных стенок устоев (см. Рисунок 5.12) необходимо учитывать продольную силу торможения, равную 144 кН. Продольную силу необходимо учитывать совместно с вертикальной силой равной 240 кН и давлением от грунта засыпки. При этом одновременно не учитывается нагружение засыпки.



Обозначения

- (1) — вертикально стоящая (шкафная) стенка;
- (2) — пролетное строение моста;
- (3) — береговой устой

Рисунок 5.12 [Рисунок 4.11] - Определение нагрузок, воздействующих на вертикально стоящие (шкафные) стенки

5.8 Пример расчета железобетонного пролетного строения на переменную подвижную нагрузку LM1

В качестве примера рассмотрим типовое железобетонное пролетное строение, состоящее из балок ВТК. Расчетную длину пролетного строения примем равную 32,4 м, габарит проезда Г-11,5 и два тротуара по 0,75 м. При оценке пространственной работы пролетного строения также учтем накладную плиту толщиной 15 см. Поперечное сечение пролетного строения приведено на Рисунке 5.13.

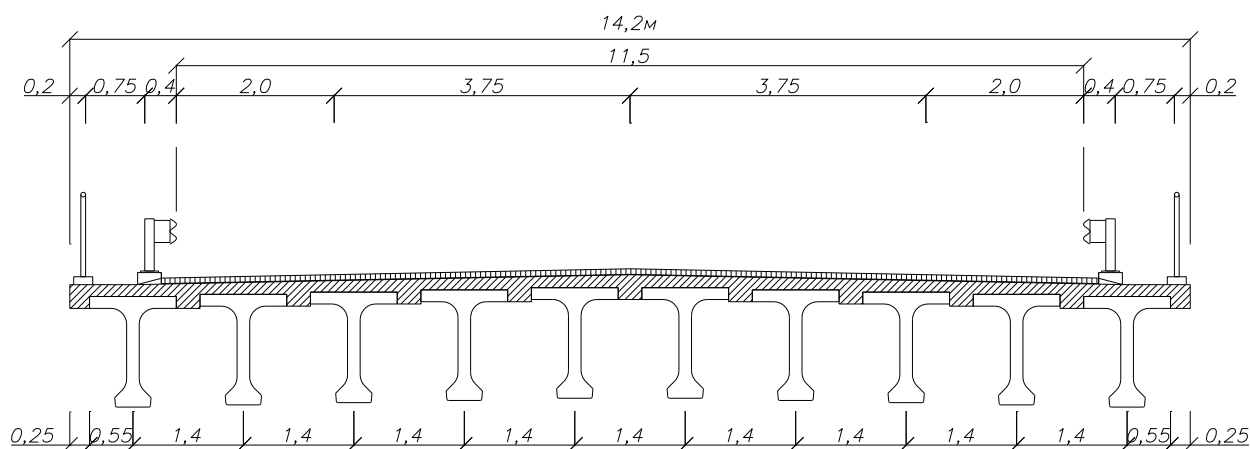


Рисунок 5.13 - Поперечное сечение пролетного строения

Необходимо определить количество полос загрузки, нумерацию полос, характеристические усилия от нагрузки LM1 и gr1a, расчетные усилия от gr1a при проверках первого предельного состояния, усилия от часто встречающихся нагрузок LM1 и gr1a.

Для оценки пространственной работы пролетного строения составим конечно-элементную схему пролетного строения. С помощью конечно-элементной модели построим поперечные линии влияния изгибающих моментов в середине пролета балок.

Процедуру построения поперечных линий влияния будем проводить для пяти балок в силу симметрии конструкции. На основе поперечных линий влияния изгибающих моментов в середине пролета построим поперечные линии влияния распределений давления на каждую балку, показывающие долю нагрузки, приходящихся на балку.

Подобный способ учета пространственной работы конструкции не является часто применяемым из-за своей трудоемкости. При проектировании может быть использован любой из общепринятых методов учета пространственной работы конструкции.

Конечно-элементная схема пролетного строения представлена на Рисунке 5.14.

В результате вычислений были получены поперечные линии влияния распределения изгибающих моментов в каждой балке пролетного строения.

Максимальное количество полос загрузки $11,5/3 = 3$, общая ширина остающейся области – 2,5 м. Примем, что пролетное строение располагается на дороге 1 категории, входящей в состав транспортного коридора. Значения нагрузок на ось и интенсивности равномерно распределенных нагрузок примем согласно Таблице 5.1 настоящего пособия.

Исходя из анализа формы поперечных линий влияния, для каждой балки назначим нумерацию полос и определим их расположения. Поперечные линии влияния, а также нумерация полос представлены на Рисунках 5.15÷5.19

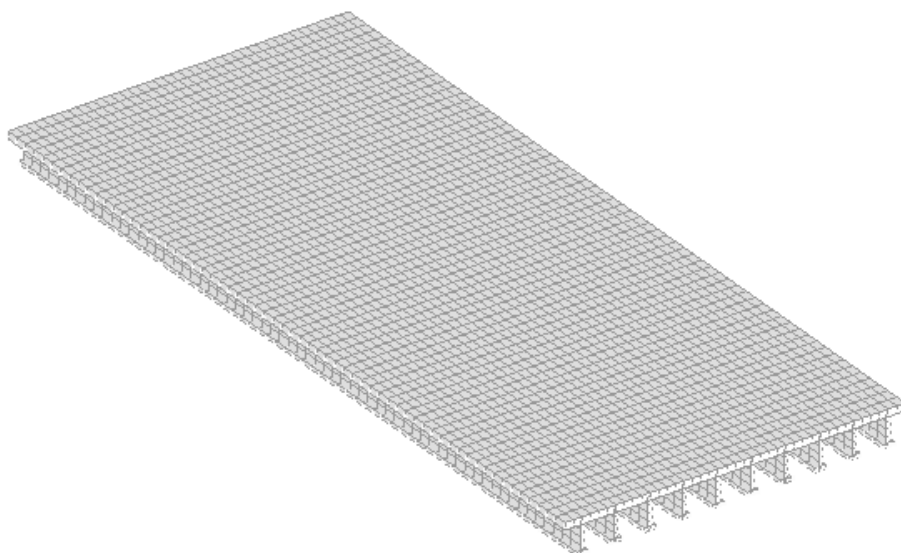


Рисунок 5.14 – Общий вид конечно-элементной схемы

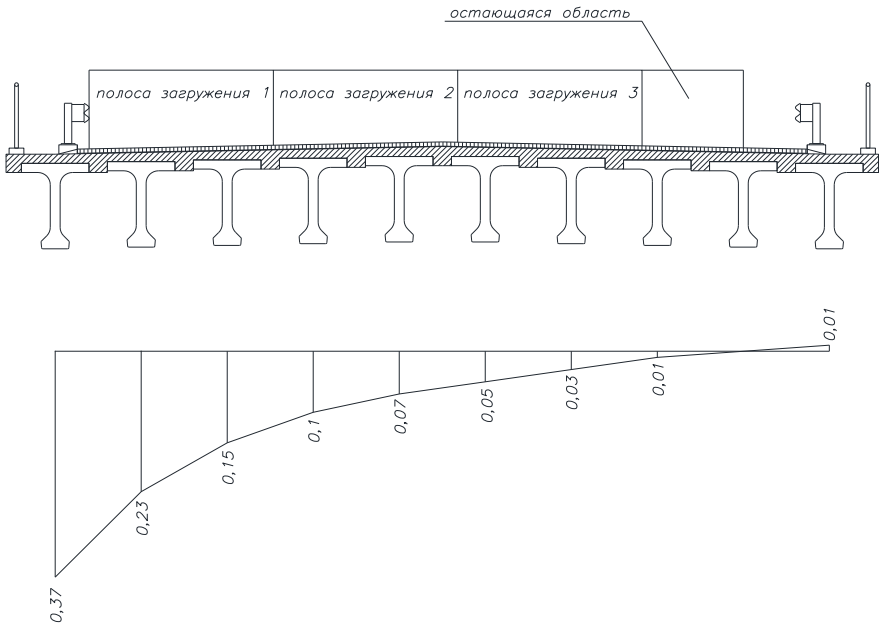


Рисунок 5.15 - Нумерация полос загрузки для балки 1

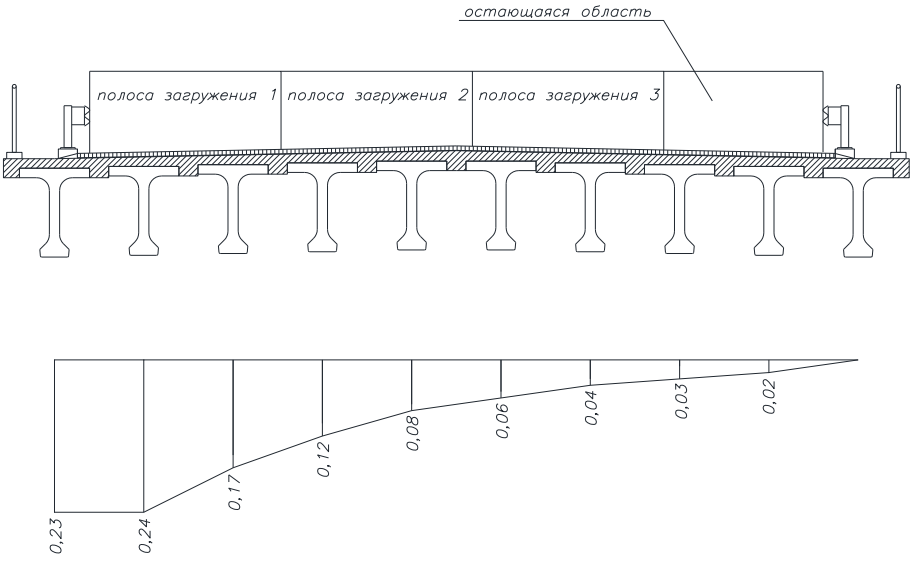


Рисунок 5.16 - Нумерация полос загрузки для балки 2

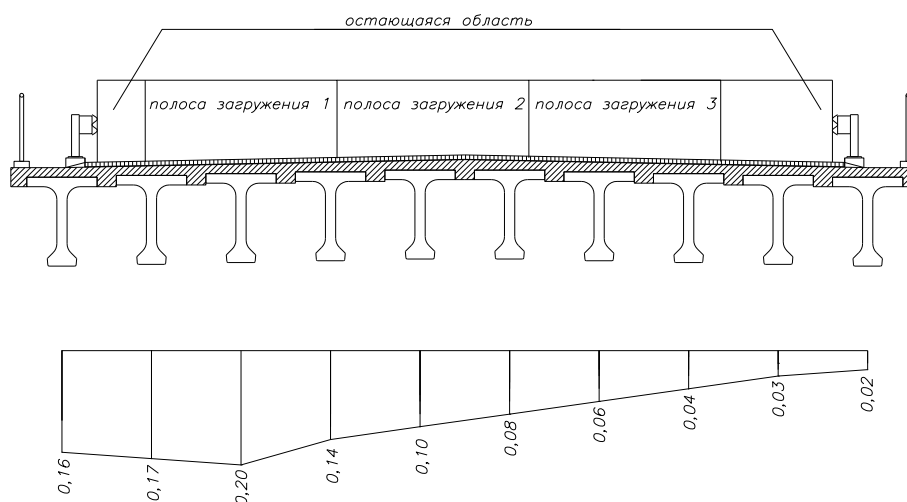


Рисунок 5.17 - Нумерация полос загрузки для балки 3

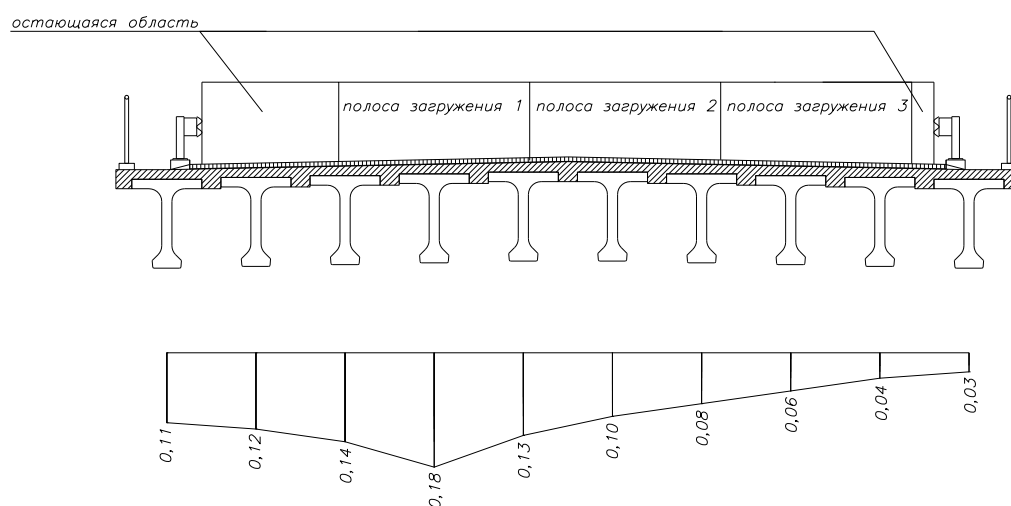


Рисунок 5.18 – Нумерация полос загрузки для балки 4

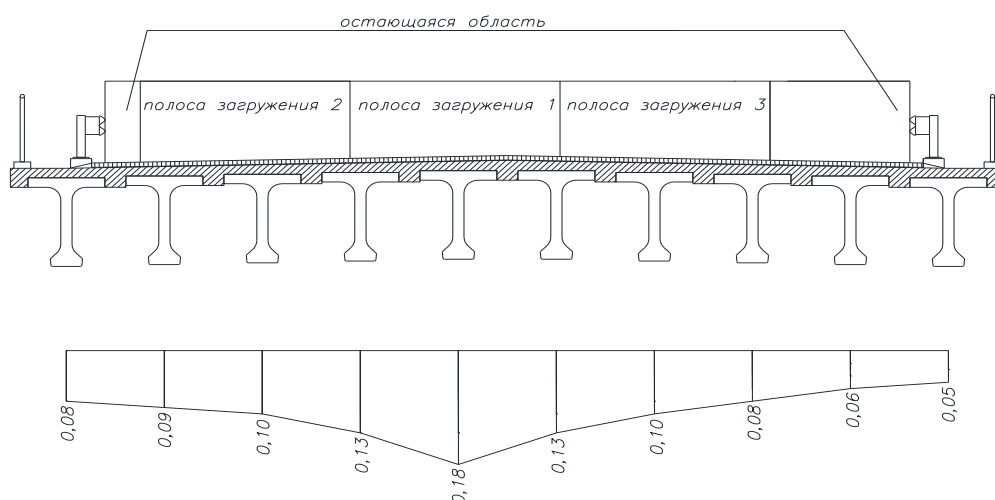


Рисунок 5.19 - Нумерация полос загрузки для балки 5

При проверках критических предельных состояний пролетных строений главной расчетной группой, вызывающей наибольшие усилия в конструкции (если не рассматривается нагрузка LM3) является группа gr1a - характеристическая нагрузка LM1 + равномерно распределенная нагрузка на тротуары интенсивностью 3 кН/м^2 . Таким образом, необходимо вычислять усилия не только от модели нагрузки LM1, но и от нагрузки на тротуарах.

Значения ординат продольной линии влияния изгибающего момента при загрузении двухосными тележками LM1 представлены на Рисунке 5.20

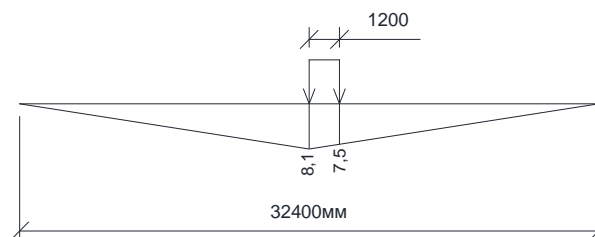


Рисунок 5.20 – Значения ординат продольной линии влияния изгибающих моментов в середине пролета

Для первой полосы загрузки:

$$\text{Двухосная тележка: } M = 8,1 \cdot 120 \cdot X_1 + 8,1 \cdot 120 \cdot X_2 + 7,5 \cdot 120 \cdot X_1 + 7,5 \cdot 120 \cdot X_2 = \\ = 1872(X_1 + X_2) \text{ кНм}$$

$$\text{Равномерно распределенная нагрузка: } M = 7,2 \cdot 3 \cdot 32,4^2 \cdot X_3 / 8 = \\ = 2834,35 \cdot X_3 \text{ кНм}$$

Для второй полосы загрузки:

$$\text{Двухосная тележка: } M = 8,1 \cdot 100 \cdot Y_1 + 8,1 \cdot 100 \cdot Y_2 + 7,5 \cdot 100 \cdot Y_1 + 7,5 \cdot 100 \cdot Y_2 = \\ = 1560(Y_1 + Y_2) \text{ кНм}$$

$$\text{Равномерно распределенная нагрузка: } M = 2,5 \cdot 3 \cdot 32,4^2 \cdot Y_3 / 8 = 984,2 \cdot Y_3 \text{ кНм}$$

Для третьей полосы загрузки:

$$\text{Двухосная тележка: } M = 8,1 \cdot 50 \cdot Z_1 + 8,1 \cdot 50 \cdot Z_2 + 7,5 \cdot 50 \cdot Z_1 + 7,5 \cdot 50 \cdot Z_2 = 780(Z_1 + Z_2) \text{ кНм}$$

$$\text{Равномерно распределенная нагрузка: } M = 2,5 \cdot 3 \cdot 32,4^2 \cdot Z_3 / 8 = 984,2 \cdot Z_3 \text{ кНм,}$$

где $X_1, X_2, X_3, Y_1, Y_2, Y_3, Z_1, Z_2, Z_3$ – соответствующие коэффициенты поперечной линии влияния изгибающих моментов.

Значения $X_1, X_2, X_3, Y_1, Y_2, Y_3, Z_1, Z_2, Z_3$ для каждой из балок, а также значения ординат, соответствующих остающейся области и тротуаров приведены на Рисунках 5.21 ÷ 5.25.

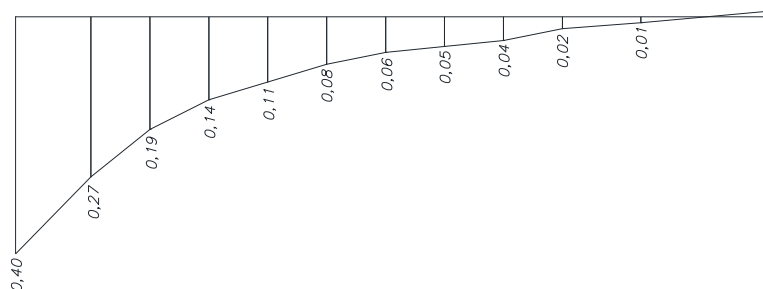
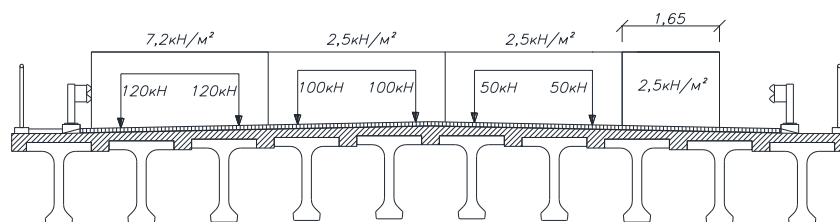


Рисунок 5.21 – Параметры загрузки балки 1 пролетного строения

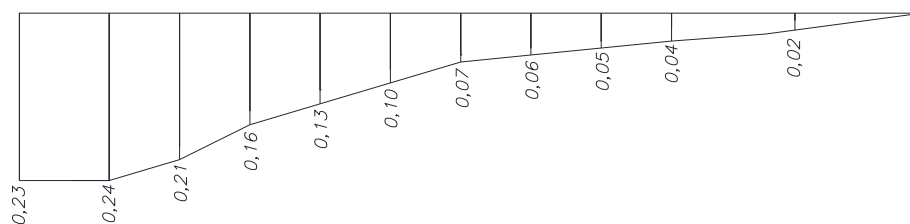
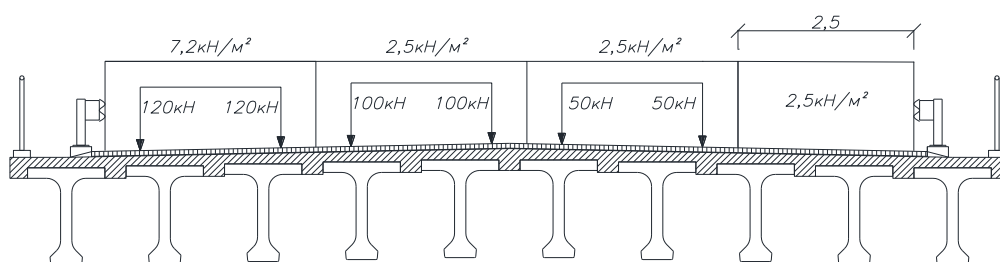


Рисунок 5.22 - Параметры загрузки балки 2 пролетного строения

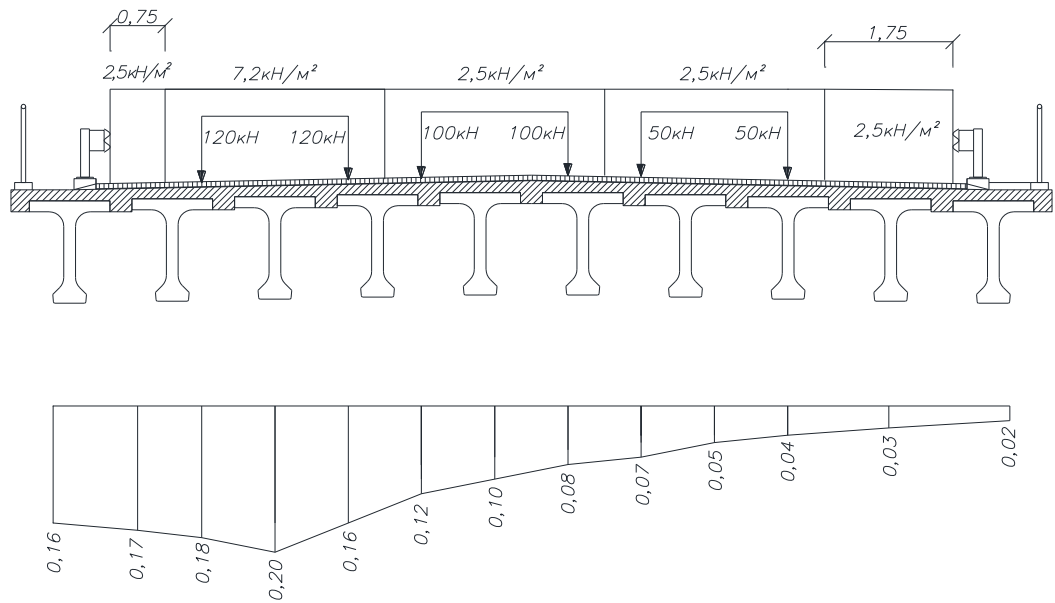


Рисунок 5.23 – Параметры загрузки балки 3 пролетного строения

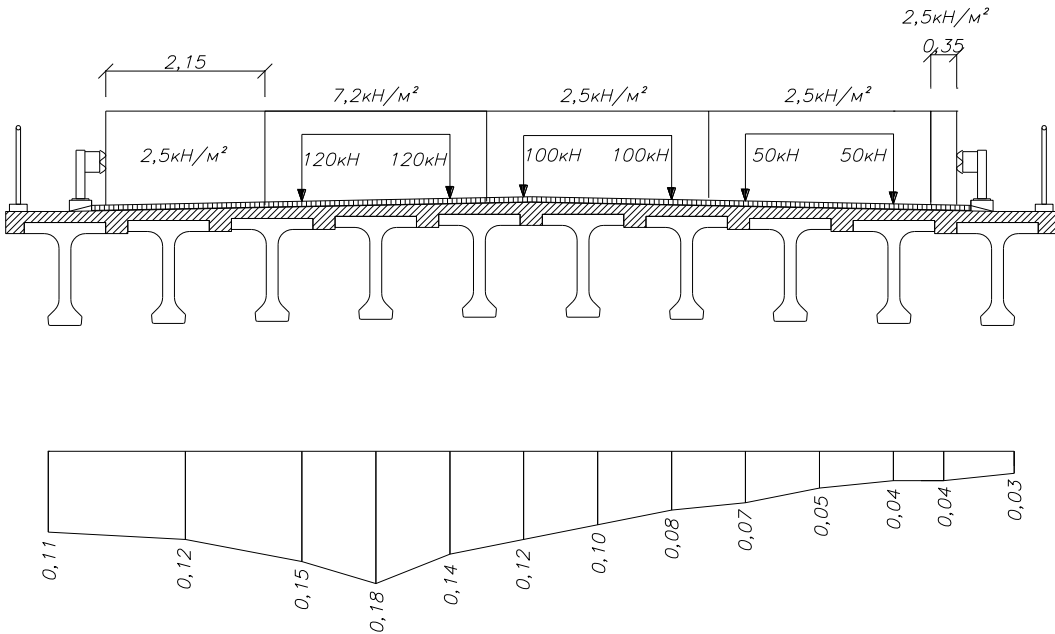


Рисунок 5.24 – Параметры загрузки балки 4 пролетного строения

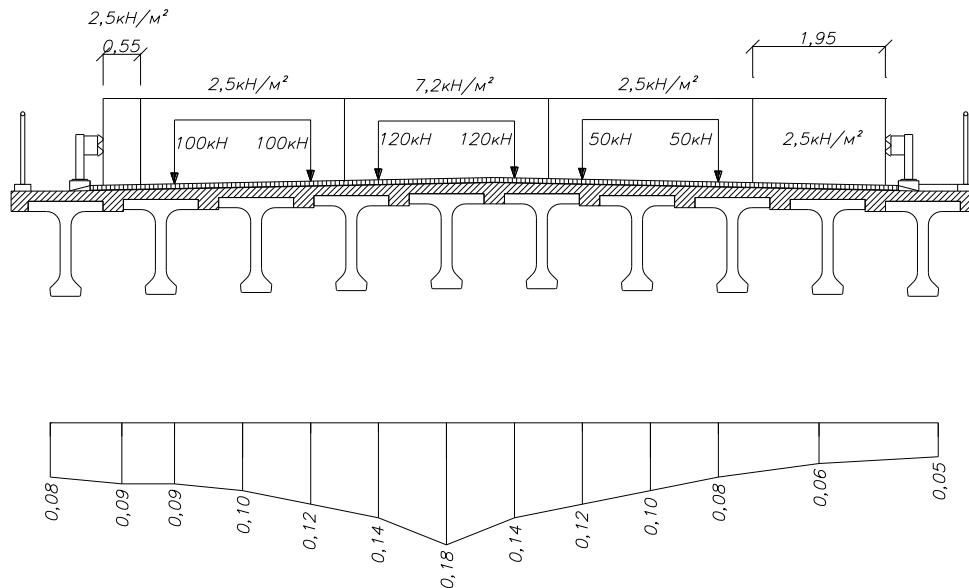


Рисунок 5.25 – Параметры загрузки балки 5 пролетного строения

При загрузении пролетного строения также будем отдельно учитывать нагрузку на тротуары (3 кН/м^2).

Вычисления усилий от компонентов нагрузки LM1 и от тротуаров, а также суммарные усилия от группы нагрузок gr1a представлены в Таблицах 5.13 ÷ 5.17.

Таблица 5.13 - Вычисления усилий для балки 1

Двухосная тележка на 1 полосе, (кНм)	$1872 \cdot (0,27 + 0,14) = 767,5$	Равномерно распределенная нагрузка на 1 полосе, (кНм)	$2834,35 \cdot 0,19 = 538,5$
Двухосная тележка на 2 полосе, (кНм)	$1560 \cdot (0,11 + 0,06) = 265,2$	Равномерно распределенная нагрузка на 2 полосе, (кНм)	$984,2 \cdot 0,08 = 78,7$
Двухосная тележка на 3 полосе, (кНм)	$780 \cdot (0,05 + 0,02) = 54,6$	Равномерно распределенная нагрузка на 3 полосе, (кНм)	$984,2 \cdot 0,04 = 39,4$
Оставшаяся часть, (кНм)	$(2,5 \cdot 1,65) \cdot 32,4^2 \cdot 0,01 / 8 = 5,4$	Итого от тележек LM1, (кНм)	1087,3
Тротуар, (кНм)	$3 \cdot 0,75 \cdot 32,4^2 \cdot 0,4 / 8 = 118,1$	Итого от равномерно распределенной нагрузки LM1, (кНм)	662,0
Итого LM1	1749,3	Итого для gr1a	1867,4

Таблица 5.14 - Вычисления усилий для балки 2

Двухосная тележка на 1 полосе, (кНм)	$1872 \cdot (0,24 + 0,16) = 748,8$	Равномерно распределенная нагрузка на 1 полосе, (кНм)	$2834,35 \cdot 0,21 = 595,2$
Двухосная тележка на 2 полосе, (кНм)	$1560 \cdot (0,13 + 0,07) = 312$	Равномерно распределенная нагрузка на 2 полосе, (кНм)	$984,2 \cdot 0,1 = 98,4$
Двухосная тележка на 3 полосе, (кНм)	$780 \cdot (0,06 + 0,04) = 78$	Равномерно распределенная нагрузка на 3 полосе, (кНм)	$984,2 \cdot 0,05 = 49,2$
Оставшаяся часть, (кНм)	$(2,5 \cdot 2,5) \cdot 32,4^2 \cdot 0,02 / 8 = 16,4$	Итого от тележек LM1, (кНм)	1138,8
Тротуар, (кНм)	$3 \cdot 0,75 \cdot 32,4^2 \cdot 0,23 / 8 = 67,9$	Итого от равномерно распределенной нагрузки LM1, (кНм)	759,2
Итого LM1	1898,0	Итого для gr1a	1965,9

Таблица 5.15 - Вычисления усилий для балки 3

Двухосная тележка на 1 полосе, (кНм)	$1872 \cdot (0,18 + 0,16) = 636,5$	Равномерно распределенная нагрузка на 1 полосе, (кНм)	$2834,35 \cdot 0,2 = 566,9$
Двухосная тележка на 2 полосе, (кНм)	$1560 \cdot (0,12 + 0,08) = 312$	Равномерно распределенная нагрузка на 2 полосе, (кНм)	$984,2 \cdot 0,1 = 98,4$
Двухосная тележка на 3 полосе, (кНм)	$780 \cdot (0,07 + 0,04) = 85,8$	Равномерно распределенная нагрузка на 3 полосе, (кНм)	$984,2 \cdot 0,05 = 49,2$
Оставшаяся часть, (кНм)	$(2,5 \cdot 1,75) \cdot 32,4^2 \cdot 0,03 / 8 + (2,5 \cdot 0,75) \cdot 32,4^2 \cdot 0,17 / 8 = 59$	Итого от тележек LM1, (кНм)	1034,3
Тротуар, (кНм)	$3 \cdot 0,75 \cdot 32,4^2 \cdot (0,02 + 0,16) / 8 = 53,1$	Итого от равномерно распределенной нагрузки LM1, (кНм)	773,5
Итого LM1	1807,8	Итого для gr1a	1860,9

Таблица 5.16 - Вычисления усилий для балки 4

Двухосная тележка на 1 полосе, (кНм)	$1872 \cdot (0,15+0,14)=542,9$	Равномерно распределенная нагрузка на 1 полосе, (кНм)	$2834,35 \cdot 0,18=510,2$
Двухосная тележка на 2 полосе, (кНм)	$1560 \cdot (0,12+0,08)=312$	Равномерно распределенная нагрузка на 2 полосе, (кНм)	$984,2 \cdot 0,1=98,4$
Двухосная тележка на 3 полосе, (кНм)	$780 \cdot (0,07+0,04)=85,8$	Равномерно распределенная нагрузка на 3 полосе, (кНм)	$984,2 \cdot 0,05=49,2$
Оставшаяся часть, (кНм)	$(2,5 \cdot 2,15) \cdot 32,4^2 \cdot 0,12/8 + (2,5 \cdot 0,35) \cdot 32,4^2 \cdot 0,04/8=89,2$	Итого от тележек LM1, (кНм)	940,7
Тротуар, (кНм)	$3 \cdot 0,75 \cdot 32,4^2 \cdot (0,11+0,03)/8=41,3$	Итого от равномерно распределенной нагрузки LM1, (кНм)	747,0
Итого LM1	1687,7	Итого для gr1a	1729

Таблица 5.17- Вычисления усилий для балки 5

Двухосная тележка на 1 полосе, (кНм)	$1872 \cdot (0,14+0,14)=524,2$	Равномерно распределенная нагрузка на 1 полосе, (кНм)	$2834,35 \cdot 0,18=510,2$
Двухосная тележка на 2 полосе, (кНм)	$1560 \cdot (0,12+0,09)=327,6$	Равномерно распределенная нагрузка на 2 полосе, (кНм)	$984,2 \cdot 0,1=98,4$
Двухосная тележка на 3 полосе, (кНм)	$780 \cdot (0,12+0,08)=156$	Равномерно распределенная нагрузка на 3 полосе, (кНм)	$984,2 \cdot 0,1=98,4$
Оставшаяся часть, (кНм)	$(2,5 \cdot 0,55) \cdot 32,4^2 \cdot 0,09/8 + (2,5 \cdot 1,95) \cdot 32,4^2 \cdot 0,06/8=54,6$	Итого от тележек LM1, (кНм)	1007,8
Тротуар, (кНм)	$3 \cdot 0,75 \cdot 32,4^2 \cdot (0,05+0,08)/8=38,4$	Итого от равномерно распределенной нагрузки LM1, (кНм)	761,6
Итого LM1	1769,4	Итого для gr1a	1807,8

Вычисленные значения изгибающих моментов в середине пролета балок, являются характеристическими. Полученные значения возможно использовать для проверки эксплуатационной пригодности. Расчетное значение для проверки критического предельного состояния при использовании Таблицы А.5 Приложения А получается путем умножения вычисленных усилий на $\gamma_{Q,1}=1,35$. В Таблице 5.18 приведены расчетные изгибающие моменты в середине пролета каждой балки при проверках критических предельных состояний

Таблица 5.18 - Расчетные изгибающие моменты в середине пролета каждой балки

Балка 1	2521,0 кНм
Балка 2	2654,0 кНм
Балка 3	2512,2 кНм
Балка 4	2334,2 кНм
Балка 5	2440,5 кНм

Часто встречающиеся значения нагрузок («уменьшенные» значения), входящие в группу gr1a, определяются путем умножения компонентов модели нагрузки LM1 на соответствующие коэффициенты ψ , приведенные в Таблице 5.19.

Усилия от часто встречающихся значений нагрузок $\psi_{0,1} Q_{k,1}$ могут быть использованы при проверках трещиностойкости в железобетонных балках пролетных строений, а также при сочетаниях с другими видами воздействий, где за основное воздействие принято воздействие не транспортного характера (например, ветровое).

Таблица 5.19 – Коэффициенты ψ_0 , в соответствии с таблицей 35 Приложения А для gr1a [Таблица A2.1 СН РК EN 1990:2002+A1:2005/2011]

Двухосные тележки	0,75
Равномерно распределенная нагрузка	0,4
Нагрузка на тротуарах	0,4

В Таблице 5.20 приведены значения усилий $\psi_{0,1} Q_{k,1}$ (без учета коэффициента $\gamma_{Q,1}$) для каждой из балок (кНм):

Таблица 5.20 - Значение усилий $\psi_{0,1} Q_{k,1}$ (без учета коэффициента $\gamma_{Q,1}$) для каждой из балок

Балка 1	1127,5 кНм
Балка 2	1184,9 кНм
Балка 3	1106,4 кНм
Балка 4	1020,8 кНм
Балка 5	1075,9 кНм

5.9 Пример расчета металлического пролетного строения на переменную подвижную нагрузку LM1 и на нагрузки для расчета выносливости

Металлическое пролетное строение общей длиной 42м, расчетной длиной 41,4 м. Габарит проезда Г-8 под два направления движения. Категория дороги – IV. Поперечное сечение приведено на Рисунке 5.26.

Определить изгибающие моменты в середине пролета от нагрузки LM1, группы нагрузок g_{1a} и для самой нагруженной балки от действия нагрузок FLM1 ÷ FLM3 для расчета выносливости.

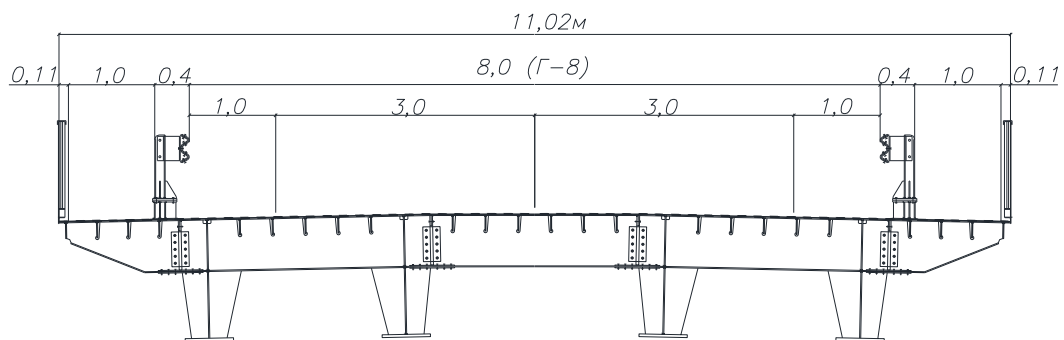


Рисунок 5.26 – Поперечное сечение пролетного строения

Для определения изгибающих моментов построена конечно-элементная модель (см. Рисунок 5.27) из пластинчатых элементов и получены линии влияния поперечного распределения давления.

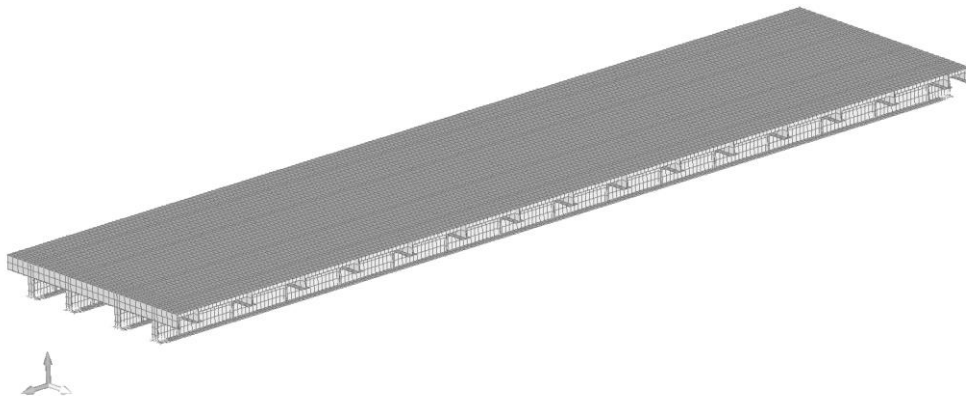


Рисунок 5.27 – Общий вид конечно-элементной модели рассчитываемого пролетного строения

Поперечные линии влияния передачи давления для первой и второй балок (остальные балки не рассматриваются в силу симметрии конструкции) представлены на Рисунке 5.28.

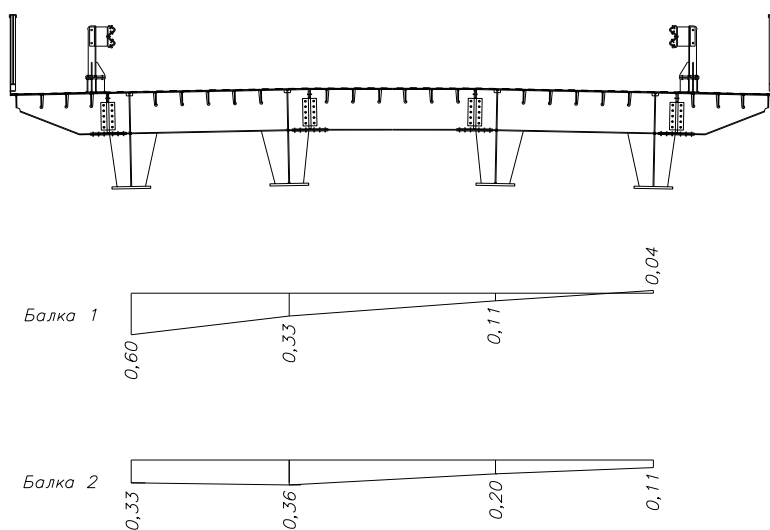


Рисунок 5.28 – Поперечные линии влияния передачи давления

Для габарита Г-8 максимальное количество полос загрузки – 2. Оставшаяся область – 2 м.

Исходя из формы и ординат поперечных линий влияния передачи давления, назначаются соответствующие положения полос загрузки и их нумерация. При загрузке нагрузкой LM1 будем руководствоваться значениями, приведенными в Таблице 5.2 (как для дороги IV категории).

Назначенная нумерация и соответствующие силовые значения для нагрузки LM1 представлены на Рисунках 5.29 и 5.30. Также на Рисунках 5.29 и 5.30 представлены значения ординат поперечных линий влияния давлений для первой (крайней) и второй балок.

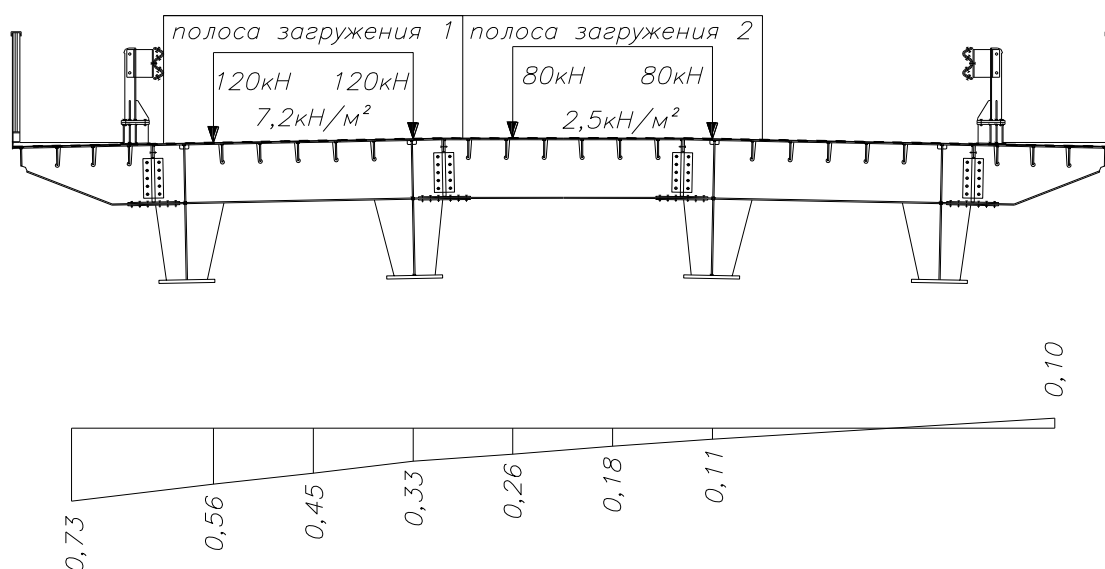


Рисунок 5.29 – Нумерация полос загрузки и поперечная линия влияния передачи давлений для первой балки

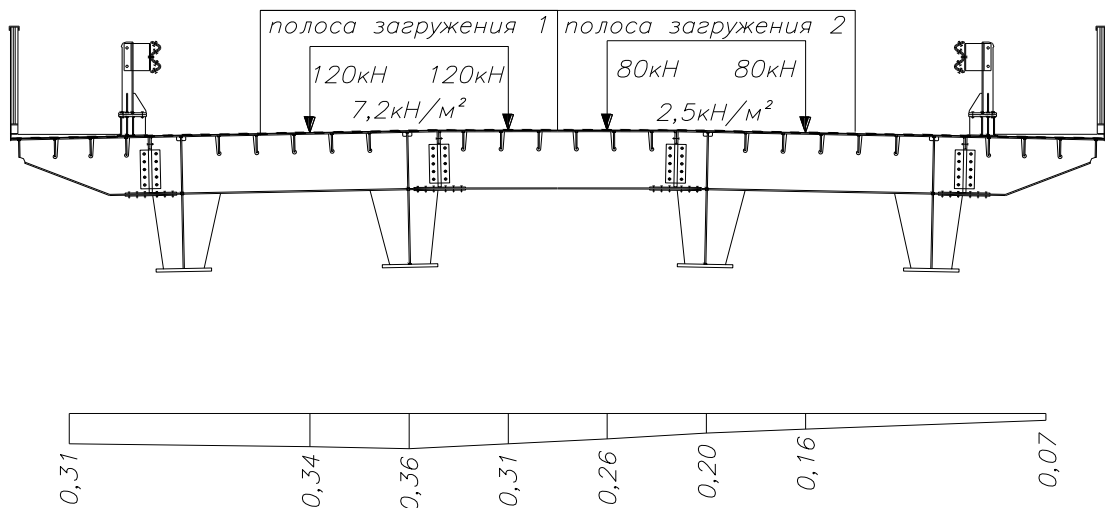


Рисунок 5.30 – Нумерация полос загрузки и поперечная линия влияния передачи давлений для второй балки

Значение ординат продольной линии влияния изгибающего момента при загрузении двухосными тележками LM1 представлены на Рисунке 5.31

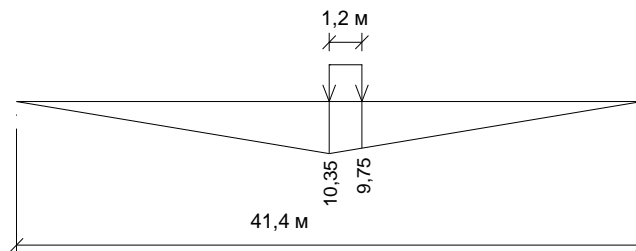


Рисунок 5.31 – Схема загрузки продольной линии влияния изгибающих моментов в середине пролета

Вычислим характеристические значения изгибающих моментов от нагрузки LM1, нагрузки на тротуары и определим характеристический изгибающий момент от группы нагрузок gr1a (LM1+нагрузка на тротуары).

Для первой полосы загрузки:

Двухосная тележка:

$$M = 120 \cdot 10,35 \cdot X_1 + 120 \cdot 10,35 \cdot X_2 + 120 \cdot 9,75 \cdot X_1 + 120 \cdot 9,75 \cdot X_2 = 2412(X_1 + X_2) \text{ кНм}$$

$$\text{Равномерно распределенная нагрузка: } M = 7,2 \cdot 3 \cdot 41,4^2 \cdot X_3 / 8 = 4627,7 \cdot X_3 \text{ кНм}$$

Для второй полосы загрузки:

Двухосная тележка:

$$M = 80 \cdot 10,35 \cdot Y_1 + 80 \cdot 10,35 \cdot Y_2 + 80 \cdot 9,75 \cdot Y_1 + 80 \cdot 9,75 \cdot Y_2 = 1608(Y_1 + Y_2) \text{ кНм}$$

$$\text{Равномерно распределенная нагрузка: } M = 2,5 \cdot 3 \cdot 41,4^2 \cdot Y_3 / 8 = 1606,8 \cdot Y_3 \text{ кНм}$$

где X_1 , X_2 , X_3 , Y_1 , Y_2 , Y_3 – соответствующие значения поперечной линии влияния изгибающих моментов.

Значения X_1 , X_2 , X_3 , Y_1 , Y_2 , Y_3 для каждой из балок, а также значения ординат, соответствующих остающейся области и тротуаров приведены на Рисунках 5.29 и 5.30.

Вычисления усилий от компонентов нагрузки LM1 и от тротуаров, а также суммарные усилия от группы нагрузок gr1a представлены в Таблицах 5.21÷5.22.

Таблица 5.21 - Вычисления усилий для балки 1

Двухосная тележка на 1 полосе, (кНм)	$2412 \cdot (0,56 + 0,33) = 2146,7$	Равномерно распределенная нагрузка на 1 полосе, (кНм)	$4627,7 \cdot 0,45 = 2082,5$
Двухосная тележка на 2 полосе, (кНм)	$1608 \cdot (0,26 + 0,11) = 595$	Равномерно распределенная нагрузка на 2 полосе, (кНм)	$1606,8 \cdot 0,18 = 289,2$
Тротуар, (кНм)	$3 \cdot 1,0 \cdot 41,4^2 \cdot 0,73 / 8 = 469,2$	Итого от тележек LM1, (кНм)	2741,7
Итого LM1	5113,4	Итого от равномерно распределенной нагрузки LM1, (кНм)	2371,7
		Итого для gr1a	5582,6

Таблица 5.22 - Вычисления усилий для балки 2

Двухосная тележка на 1 полосе, (кНм)	$2412 \cdot (0,34 + 0,31) = 1567,8$	Равномерно распределенная нагрузка на 1 полосе, (кНм)	$4627,7 \cdot 0,36 = 1666$
Двухосная тележка на 2 полосе, (кНм)	$1608 \cdot (0,26 + 0,16) = 675,4$	Равномерно распределенная нагрузка на 2 полосе, (кНм)	$1606,8 \cdot 0,2 = 321,4$
Тротуар, (кНм)	$3 \cdot 1,0 \cdot 41,4^2 \cdot (0,31 + 0,07) / 8 = 244,2$	Итого от тележек LM1, (кНм)	2243,2
Итого LM1	4230,6	Итого от равномерно распределенной нагрузки LM1, (кНм)	1987,4
		Итого для gr1a	4474,8

Исходя из выполненных расчетов, наиболее нагруженной является первая балка. Определим значения изгибающих моментов для первой балки от нагрузок FLM1÷FLM3 для проверок выносливости.

СН РК EN 1991-2:2003/2011 определяет два подхода определения выносливости, при этом решение о выборе того или иного подхода остается за проектировщиком. Следует

отметить, что полученные результаты загружений пролетного строения нагрузками FLM1÷FLM3 не являются «окончательным» результатом, так как содержат интегральные величины изгибающих моментов, по которым не ведется проверка. Для перехода к напряжениям необходимо руководствоваться положениями СН РК EN 1993-2:2006/2011. При переходе от изгибающих моментов к напряжениям необходимо учитывать приведенные геометрические характеристики сечений согласно положениям СН РК EN 1993-2:2006/2011.

Схема нагрузки FLM1 и правила загрузки идентичны нагрузке LM1, однако в отличие от использованной выше применительно к дороге IV категории схеме LM1, необходимо добавить остающуюся область. Значения ординат поперечной линии влияния передачи давлений, а также ширина остающейся области представлена на Рисунке 5.32.

Произведем загрузку нагрузкой FLM1

Двухосная тележка на полосе загрузки 1:

$$105 \cdot 10,35 \cdot 0,56 + 105 \cdot 10,35 \cdot 0,33 + 105 \cdot 9,75 \cdot 0,56 + 105 \cdot 9,75 \cdot 0,33 = 1878,3 \text{ кНм}$$

Двухосная тележка на полосе загрузки 2:

$$70 \cdot 10,35 \cdot 0,26 + 70 \cdot 10,35 \cdot 0,11 + 70 \cdot 9,75 \cdot 0,26 + 70 \cdot 9,75 \cdot 0,11 = 520,59 \text{ кНм}$$

Равномерно распределенная нагрузка на полосе загрузки 1:

$$(2,7 \cdot 3) \cdot 41,4^2 \cdot 0,45 / 8 = 780,93 \text{ кНм}$$

Равномерно распределенная нагрузка на полосе загрузки 2:

$$(0,75 \cdot 3) \cdot 41,4^2 \cdot 0,18 / 8 = 86,8 \text{ кНм}$$

Равномерно распределенная нагрузка на оставшейся области:

$$(0,75 \cdot 1,234) \cdot 41,4^2 \cdot 0,04 / 8 = 7,9 \text{ кНм}$$

Итого: 3274,6 кНм.

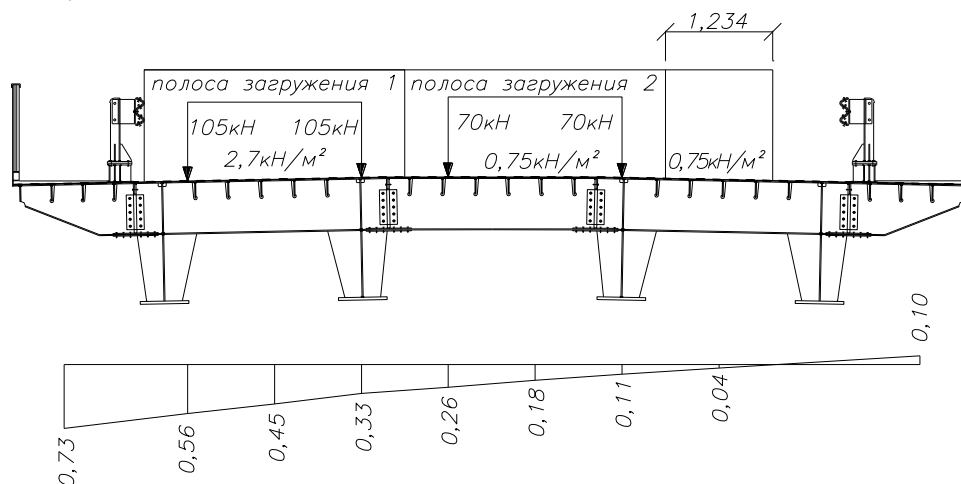


Рисунок 5.32 – Схема загрузки и поперечная линия влияния передачи давлений в первой балке для загрузки нагрузкой FLM1

Нагрузка FLM2 состоит из набора часто встречающихся грузовиков, определенных в подразделе 5.5. Для применения данной нагрузки необходимо выбрать грузовик, создающий максимально неблагоприятное воздействие.

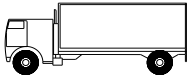
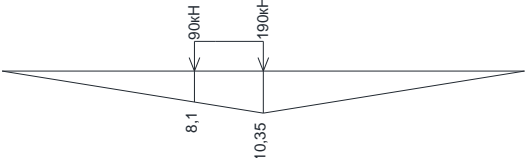
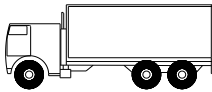
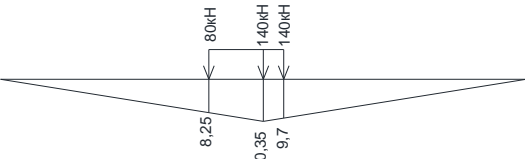
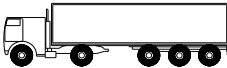
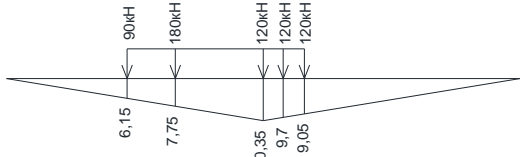
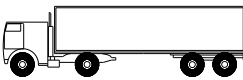
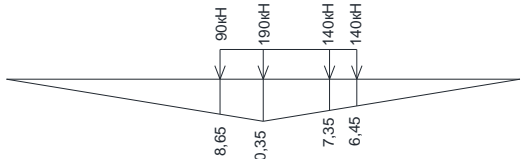
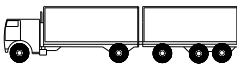
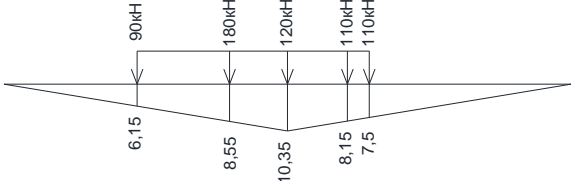
При рассмотрении нагрузок FLM2 и FLM3, рассмотрим случай, рекомендованный СН РК EN 1991-2:2003/2011 и случай, близкий к реальному движению.

В Таблице 5.23 приведены модель усталостной нагрузки FLM2, линии влияния изгибающих моментов в середине пролета, параметры загрузки часто встречающимися грузовиками и результаты загрузки линии влияния без учета пространственной работы.

В качестве примера определена величина изгибающего момента в середине пролета крайней балки при загрузении пятиосным грузовиком.

Из Таблицы 5.23 видно, что пятиосный грузовик создает самое неблагоприятное воздействие. В дальнейшем, данную схему будем использовать для определения изгибающего момента, приходящегося на крайнюю балку.

Таблица 5.23 – Модель усталостной нагрузки FLM2 и значения изгибающих моментов от воздействия часто встречающимися грузовиками

Силуэт грузовика	Межосевое расстояние, м	Параметры загрузки линии влияния	М, кНм
	4,5		2700
	4,2 1,3		3470
	3,20 5,20 1,30 1,30		5440
	3,40 6,00 1,80		4680
	4,80 3,60 4,40 1,30		5060

Количество медленных полос будет равно 2 для выбранного габарита Г-8 при движении в обоих направлениях (при движении в одном направлении количество полос равнялось бы 1).

Для определенного количества полос и выбранного грузовика определим изгибающий момент, приходящийся на крайнюю балку. Схема загрузки и ординаты поперечных линий влияния передачи давлений для случая, рекомендованного в СН РК EN

1991-2:2003/2011, представлены на Рисунке 5.33. Схема загрузки и ординаты поперечных линий влияния передачи давлений для случая, близкого к реальному движению, представлены на Рисунке 5.34.

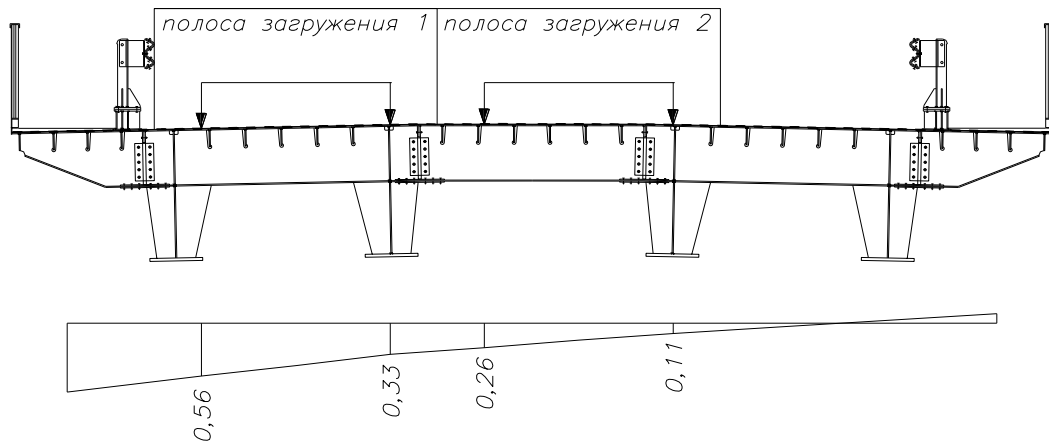


Рисунок 5.33 - Схема загрузки и поперечная линия влияния передачи давлений

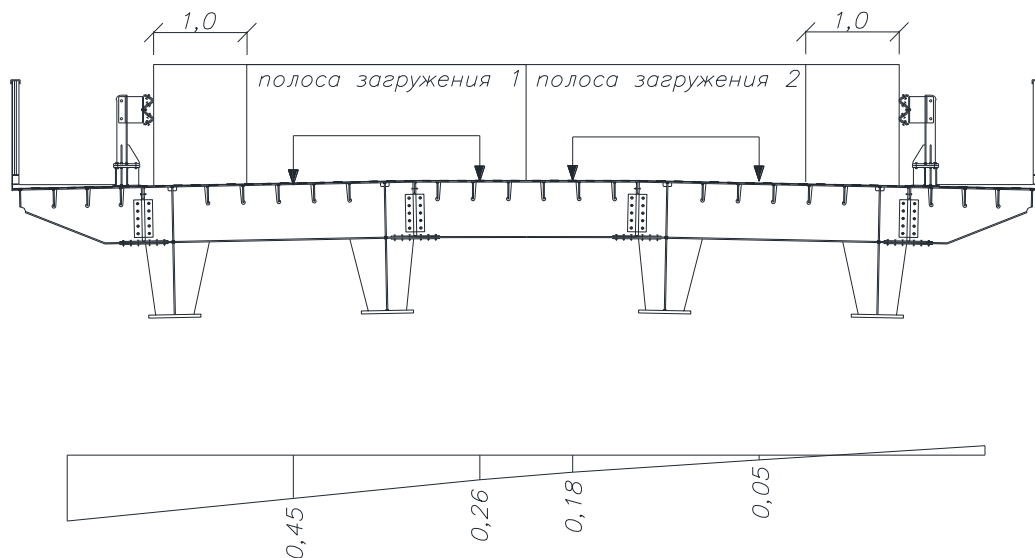


Рисунок 5.34 - Схема загрузки и поперечная линия влияния передачи давлений для случая, приближенного к реальному движению

Для случая, рекомендованного СН РК EN 1991-2:2003/2011, значение изгибающего момента:

$$45 \cdot 6,15(0,56+0,33+0,26+0,11)+7,75 \cdot 90(0,56+0,33+0,26+0,11)+10,35 \cdot 60(0,56+0,33+0,26+0,11)+9,7 \cdot 60(0,56+0,33+0,26+0,11)+9,05 \cdot 60(0,56+0,33+0,26+0,11)=3427,5 \text{ кНм.}$$

Для случая, приближенного к реальному движению, значение изгибающего момента:

$$45 \cdot 6,15(0,45+0,26+0,18+0,05)+7,75 \cdot 90(0,45+0,26+0,18+0,05)+10,35 \cdot 60(0,45+0,26+0,18+0,05)+9,7 \cdot 60(0,45+0,26+0,18+0,05)+9,05 \cdot 60(0,45+0,26+0,18+0,05)=2557 \text{ кНм.}$$

Параметры нагрузки и последовательность действий, при использовании модели нагрузки FLM3 приведены в подразделе 5.5. В данном примере ограничимся поиском изгибающего момента на крайнюю главную балку. Поправочные коэффициенты λ следует находить исходя из конкретных условий эксплуатации мостового сооружения согласно положениям СН РК EN 1993-2:2006/2011 и СН РК EN 1993-1-9:2005/2011.

При вычислении усилий в балке, также как и для FLM2, рассмотрим случай загрузки, рекомендованный СН РК EN 1991-2:2003/2011 и случай, приближенный к реальным условиям эксплуатации.

Значения ординат продольной линии влияния изгибающих моментов при загрузении моделью нагрузки FLM3 представлены на Рисунке 5.35.

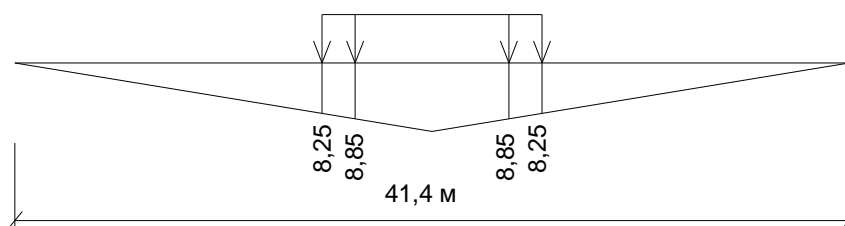


Рисунок 5.35 - Продольная линия влияния изгибающих моментов для загрузки нагрузкой FLM3

Значения ординат поперечных линий влияния передачи давлений являются идентичными как и для нагрузки FLM2.

Производя загрузение нагрузкой FLM3, получим:

Для случая, рекомендованного СН РК 1991-2:2003/2011:

$$60(0,56+0,33+0,26+0,11)(8,25+8,85+8,85+8,25)=2585,5\text{кНм}$$

Для случая, приближенного к реальному движению:

$$60(0,45+0,26+0,18+0,05)(8,25+8,85+8,85+8,25)=1928,8\text{кНм}.$$

При переходе от изгибающих моментов к напряжениям нужно руководствоваться положениями СН РК EN 1993-2:2006/2011 по назначению точек проверки выносливости (сварных швов, покрывного листа ортотропной плиты или ребра ортотропной плиты, или их прикреплений), а также правилами по вычислению соответствующих геометрических характеристик.

5.10 Пример определения усилия в стойке опоры от удара автотранспортных средств

В качестве примера рассмотрим распространенную конструкцию опоры, изображенную на Рисунке 5.36.

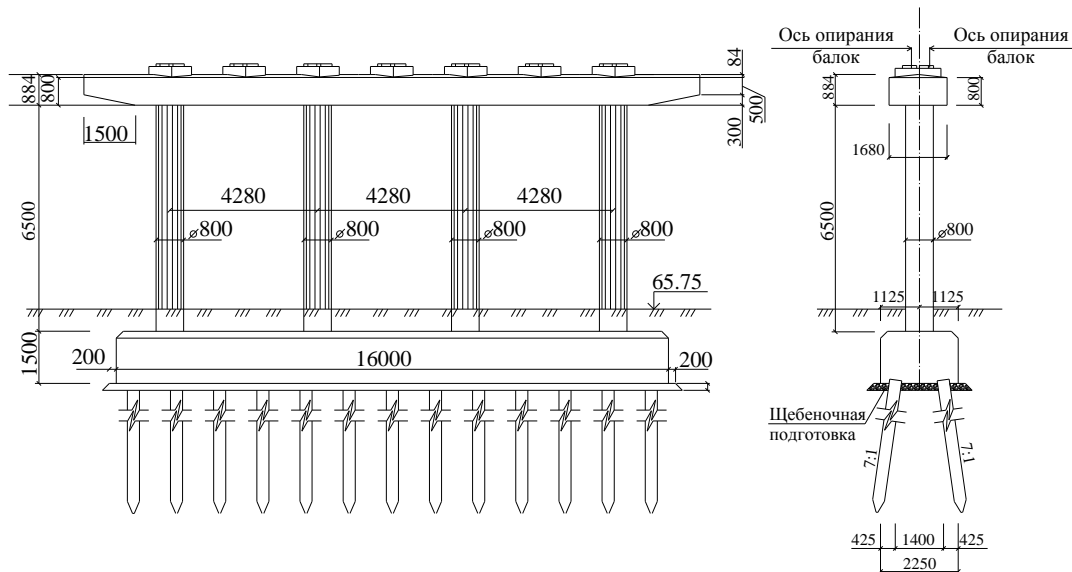


Рисунок 5.36 – Общий вид опоры

В качестве исходных данных для определения усилий примем упрощенные положения СН РК EN 1991-2:2003/2011 - сила удара вдоль направления движения составляет 1000 кН или 500 кН поперек движения. Данная сила прикладывается на высоте 1,25 м от уровня земли. Из-за симметричности стойки, критическим будет воздействие равное 1000 кН.

Согласно СН РК EN 1992-2:2005/2011 расчетная длина стойки опоры принимается: 6,5 м (геометрическая длина стойки) + $2 \cdot 0,4$ (половина диаметра стойки) = 7,3 м.

При рассмотрении столкновения транспортного средства с многостоечной опорой достаточно рассматривать только воздействия на одну стойку. Расчетная схема стойки, представлена на Рисунке 5.37.

Эпюра изгибающих моментов будет иметь вид, представленный на Рисунке 5.38. В расчет должны быть приняты значения моментов, равные 1077 кНм и 668 кНм.

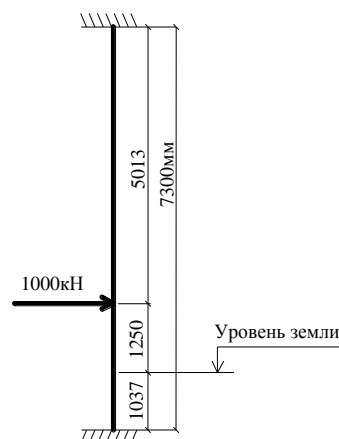


Рисунок 5.37 – Расчетная схема стойки опоры

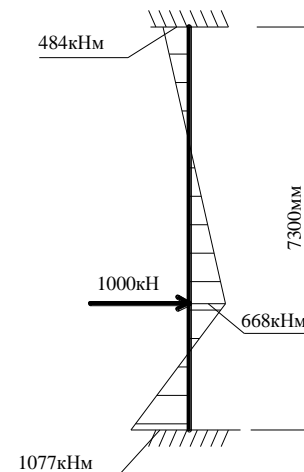


Рисунок 5.38 – Эпюра изгибающих моментов в стойке опоры

6 НАГРУЗКИ И ВОЗДЕЙСТВИЯ НА ПЕШЕХОДНЫЕ МОСТЫ

6.1 Вертикальные переменные подвижные нагрузки

6.1.1 Общие положения

6.1.1.1 При проектировании пешеходных мостов необходимо применять три типа переменных вертикальных нагрузок, описывающих различные расчетные сценарии:

- Равномерно распределенная по площади нагрузка q_{fk} учитывает возможное нахождение на мостовом сооружении большого скопления людей;
- Сосредоточенная сила Q_{fwk} учитывает возможность постановки тяжелых грузов на мосту;
- Одно или несколько типов транспортных средств Q_{serv} , которые могут оказаться на мосту из-за необходимости его обслуживания или вследствие чрезвычайных ситуаций.

6.1.1.2 Только один вид нагрузки, из перечисленных в подпункте 6.1.1.1 может находиться на пролетном строении.

6.1.2 Равномерно-распределенная нагрузка

6.1.2.1 По решению Заказчика, если мостовое сооружение расположено в месте, где существует возможность нахождения плотной толпы людей, то должна быть применена модель нагрузки LM4 из раздела 5 «Нагрузки и воздействия на автодорожные мосты».

6.1.2.2 Если модель нагрузки LM4 не используется, то интенсивность равномерно распределенной нагрузки q_{fk} должна приниматься следующим образом

$$2,5 \frac{kH}{m^2} \leq q_{fk} = 2,0 + \frac{120}{L + 30} \leq 5,0 \frac{kH}{m^2}, \quad (6.1)$$

где L – длина загрузки.

6.1.2.3 Равномерно распределенной по площади нагрузкой загружаются только участки, загрузка которых приводит к неблагоприятному значению искомого фактора напряженно-деформированного состояния.

6.1.3 Сосредоточенная нагрузка

6.1.3.1 Сосредоточенная сила Q_{fwk} по величине равная 10 кН может быть приложена в любом месте плиты прохожей части. Сосредоточенная нагрузка имеет квадратную площадь контакта со сторонами равными 10 см. Данная нагрузка ориентирована на выполнение проверок критических предельных состояний и эксплуатационной пригодности прохожей части мостов. Если при проектировании предусматривается использование моделей транспортных средств обслуживания, то применение нагрузки Q_{fwk} рассматривать не следует.

6.1.4 Транспортные средства обслуживания

6.1.4.1 Геометрические и весовые характеристики транспортного средства обслуживания представлены на Рисунке 6.1. Данное транспортное средство может находиться в любом положении на прохожей части. Конкретные правила загрузки отсутствуют.

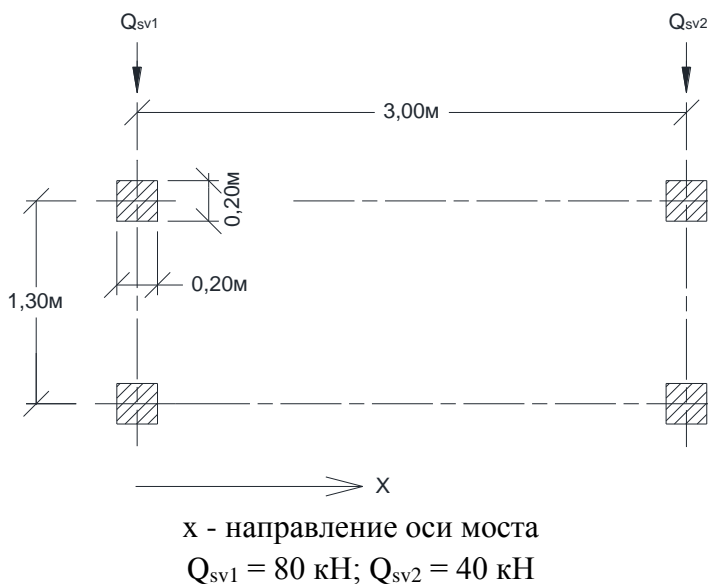


Рисунок 6.1 [Рисунок 5.2] - Транспортное средство обслуживания

6.1.4.2 Транспортное средство обслуживания Q_{serv} для пешеходных мостов необходимо учитывать при проектировании только в том случае, если оно физически может находиться на прохожей части (отсутствуют лестницы при подходе к мосту или другие постоянные заграждения, препятствующие заезду транспортным средствам).

6.2 Горизонтальные нагрузки

6.2.1 Характеристические значения горизонтальных сил Q_{flk} необходимо принимать следующие:

- При равномерно распределенной нагрузке – 10% суммарной вертикальной нагрузки;
- При транспортном средстве обслуживании – 60% полного веса транспортного средства.

К расчету принимается большее значение горизонтальной силы Q_{flk} из данных двух значений.

6.2.2 [5.4(3)] Принимается, что горизонтальная сила действует одновременно с соответствующей вертикальной нагрузкой, но не с сосредоточенной нагрузкой Q_{fwk} .

ПРИМЕЧАНИЕ Эта сила обычно достаточна, чтобы гарантировать горизонтальную продольную устойчивость пешеходных мостов. Она не гарантирует горизонтальную поперечную

устойчивость, которая должна быть обеспечена путем рассмотрения других воздействий или соответствующими проектными мероприятиями.

6.3 Правила комбинаций нагрузок от транспорта и пешеходов

6.3.1 При проектировании конструкций пешеходных мостов необходимо, по аналогии с группой нагрузок от автомобильного транспорта, принимать в расчет следующие группы нагрузок (характеристические значения), которые представлены в Таблице 6.1

Таблица 6.1 [Таблица 5.1] - Группы нагрузок для учета при проектировании пешеходных мостов

Тип нагрузки		Вертикальные силы		Горизонтальные силы
Система нагрузки		Равномерно распределенная нагрузка	Транспортное средство обслуживания	
Группы нагрузок	gr1	q_{fk}	0	Q_{fk}
	gr2	0	Q_{serv}	Q_{fk}

6.4 Динамические критерии проверки пролетных строений пешеходных мостов

6.4.1 При проектировании пролетных строений пешеходных мостов необходимо определить собственные частоты и формы колебаний для анализа возможности чрезмерных колебаний или явления резонанса.

6.4.2 СН РК EN 1991-2:2003/2011 регламентирует следующие вынуждающие частоты от пешеходов.

Идущий пешеход вызывает следующие одновременно существующие периодические силы:

- в вертикальном направлении в диапазоне частот 1–3 Гц;
 - в горизонтальном направлении в диапазоне частот 0,5–1,5 Гц.
- Группы бегунов могут пересекать пешеходный мост с частотой 3 Гц.

6.5 Пример расчета металлического пролетного строения на вертикальные переменные воздействия от транспортных средств обслуживания

В качестве объекта расчета рассмотрим пролетное строение общей длиной 42м, расчетной длиной 41,4 м. Конструкцию пролетного строения примем такой же, как и в примере, изложенном в разделе 5.8. Поперечное сечение пролетного строения, габарит прогожей части, а также поперечные линии влияния изгибающих моментов передачи давлений для первой и второй балок приведены на Рисунке 6.2

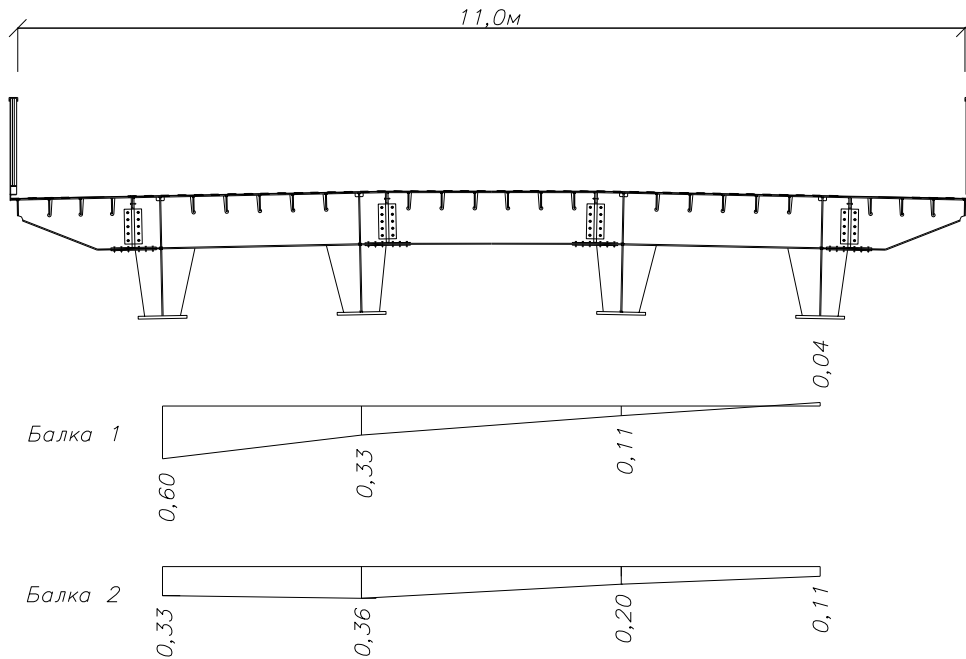


Рисунок 6.2 – Поперечные линии влияния передачи давления

В расчет примем следующее продольное расположение транспортного средства обслуживания как показано на Рисунке 6.3.

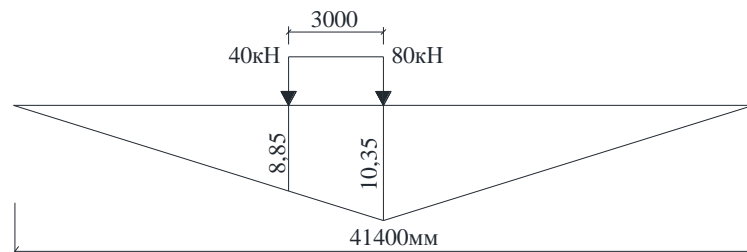


Рисунок 6.3 – Продольная линия влияния изгибающего момента в середине пролета и расположение транспортного средства обслуживания

Исходя из анализа форм поперечных линий влияния изгибающих моментов передачи давления, невыгодное расположение транспортного средства для первой балки показано на Рисунке 6.4, для второй балки на Рисунке 6.5.

Определим величину изгибающего момента в середине пролета первой балки:

$$M=40 \cdot 10,35 \cdot 0,78+40 \cdot 10,35 \cdot 0,63+20 \cdot 8,85 \cdot 0,78+20 \cdot 8,85 \cdot 0,63=833,31 \text{ кНм.}$$

Определим величину изгибающего момента в середине пролета второй балки:

$$M=40 \cdot 10,35 \cdot 0,34+40 \cdot 10,35 \cdot 0,36+20 \cdot 8,85 \cdot 0,34+20 \cdot 8,85 \cdot 0,36=413,7 \text{ кНм.}$$

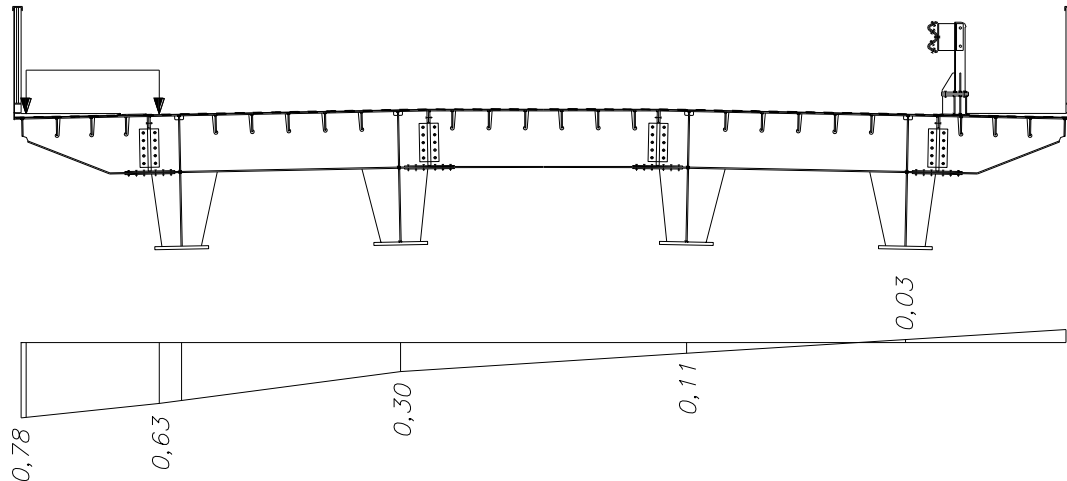


Рисунок 6.4 – Схема загрузки и поперечная линия влияния передачи давлений для балки 1

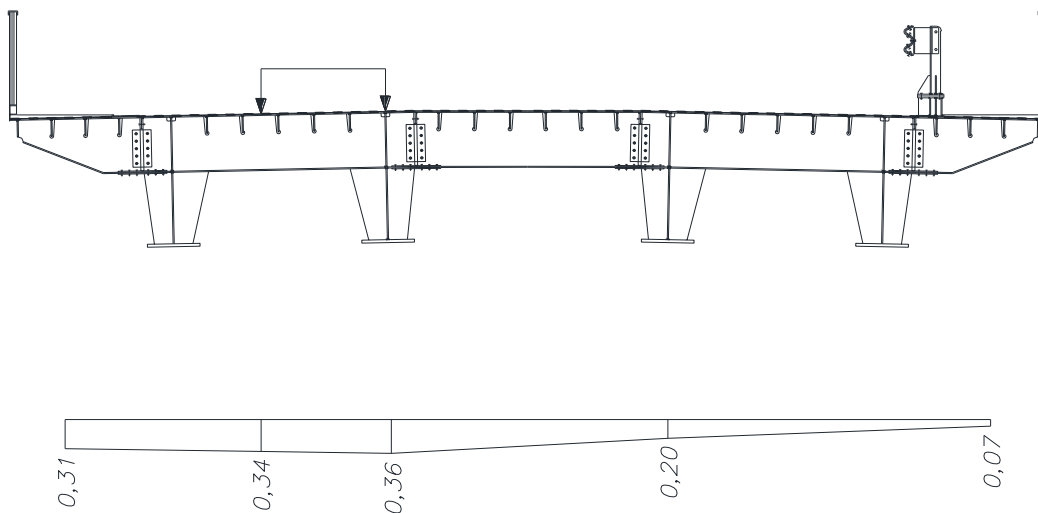


Рисунок 6.5 - Схема загрузки и поперечная линия влияния передачи давлений для балки 2

7 НАГРУЗКИ ОТ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

7.1 Общие положения

7.1.1 Воздействия от обращающегося подвижного состава вызывают различные нагрузки на несущие конструкции, а также на сооружения, находящиеся вблизи к железной дороге.

7.1.2 При нормальной эксплуатации в общем случае можно выделить несколько групп нагрузок, возникающих при движении поездов:

- Вертикальные переменные нагрузки;

- Динамические эффекты;
- Центробежные силы;
- Поперечные удары колес;
- Силы торможения и тяги;
- Воздействия воздушной волны на окружающие конструкции.

ПРИМЕЧАНИЕ В СН РК EN 1991-2:2003/2011 содержится информация о моделях нагрузок не имеющих аналогов в отечественных нормативных документах. К таким нагрузкам следует отнести воздействия от высокоскоростного движения (вертикальные, аэродинамические и др. нагрузки), а также аварийные нагрузки.

Многие параметры моделей нагрузок определяются Заказчиком на основе предполагаемого функционального назначения конструкции.

7.1.3 СН РК EN 1991-2:2003/2011 определяет следующие модели переменных вертикальных нагрузок:

- Модель нагрузки 71 – модель, определяющая нормальное железнодорожное сообщение;
- Модель нагрузки SW/0 – специальная модель для неразрезных пролетных строений;
- Модель нагрузки SW/2 – модель для особо грузонапряженных линий;
- Модель нагрузки HSLM – модель нагрузки, описывающая высокоскоростное пассажирское движение;
- Модель нагрузки «ненагруженный поезд» для учета воздействий от порожнего подвижного состава.

7.2 Вертикальные нагрузки от подвижного состава

7.2.1 Модель нагрузки 71

7.2.1.1 Модель нагрузки 71 состоит из группы осевых нагрузок и равномерно распределенных по длине частей нагрузок.

Общий вид нагрузки представлен на Рисунке 7.1

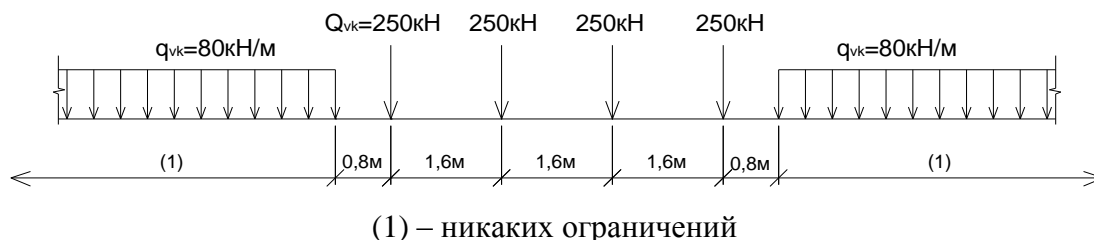


Рисунок 7.1 [Рисунок 6.1] – Схема модели нагрузки 71

7.2.1.2 Для возможности учета линий с различной грузонапряженностью, в СН РК EN 1991-2:2003/2011 введено понятие «классифицированной нагрузки». В соответствии с

пунктом 6.3.2(3)Р СН РК EN 1991-2:2003/2011 под классифицированной нагрузкой принимается видоизмененная путем умножения на коэффициент α всех составляющих нагрузки 71, а также всех нагрузок, являющихся «производными» или совместно действующими, имеющими одинаковую с моделью нагрузки 71 природу.

На коэффициент α следует умножать:

- Эквивалентную вертикальную нагрузку для земляного полотна и воздействие давления грунта согласно 7.2.5;
- Центробежные силы согласно 7.4.1;
- Силу бокового давления колес согласно 7.4.2 (умножение на α только при $\alpha \geq 1$);
- Силы торможения и тяги согласно 7.4.3;
- Аварийные нагрузки согласно 7.10;
- Силы при расчете верхнего строения пути согласно Приложению Г;
- Модель нагрузки SW/0 для мостов с неразрезным пролетным строением согласно 7.2.2.

Коэффициент α должен иметь одно из следующих значений:

0,75 – 0,83 – 0,91 – 1,00 – 1,10 – 1,21 – 1,33 – 1,46

Национальное приложение рекомендует принимать коэффициенты $\alpha \geq 1,10$.

ПРИМЕЧАНИЕ Модель нагрузки 71 приводит к значительно меньшему нагрузочному эффекту (даже при $\alpha = 1,46$) чем нагрузка C14 по СП РК 3.03-33-2013 «Мосты и трубы». Исходя из этого, рекомендуется принимать коэффициенты α не ниже значения 1,33. Данный коэффициент учитывается для проверок первого и второго предельных состояний.

7.2.1.3 [6.3.2(4)Р] При проверке ограничений прогиба должны использоваться классифицированные вертикальные нагрузки и другие воздействия, увеличенные умножением на α в соответствии 7.2.1.2 (за исключением требований обеспечения комфорта пассажиров, где α должен быть равен 1).

ПРИМЕР

Дано: Линия влияния изгибающего момента в многопролетной балке в середине крайнего пролета.

Требуется: Расположить модель нагрузки 71.

Решение: Схема загрузки моделью нагрузки 71 приведена на Рисунке 7.2.

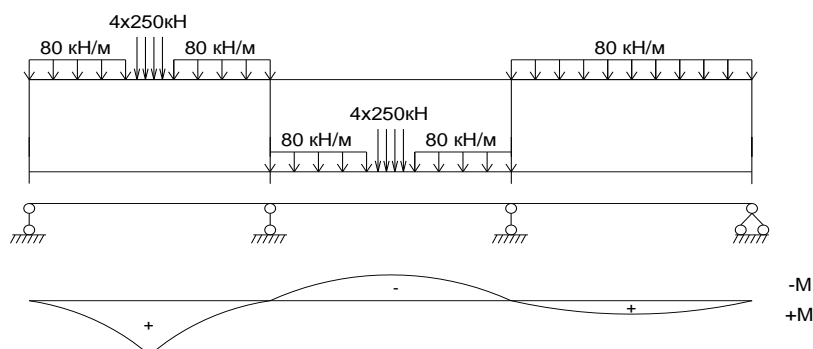


Рисунок 7.2 – Расположение модели нагрузки 71 на пролетном строении

7.2.2 Модель нагрузки SW/0 и SW/2

7.2.2.1 Принципиальная геометрическая схема нагрузок SW/0 и SW/2 является одинаковой и показана на Рисунке 7.3. Значения компонентов нагрузок представлены в Таблице 7.1.

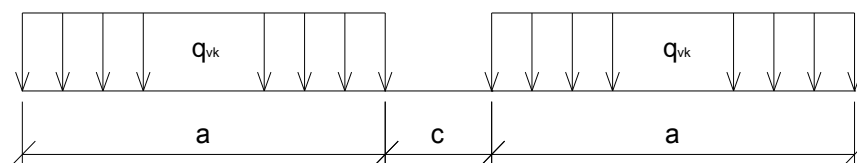


Рисунок 7.3 [Рисунок 6.2] – Схема моделей нагрузки SW/0 и SW/2

Таблица 7.1 [Таблица 6.1] – Характеристические значения вертикальных нагрузок для моделей нагрузки SW/0 и SW/2

Модель нагрузки	q_{vk} , кН/м	a , м	c , м
SW/0	133	15,0	5,3
SW/2	150	25,0	7,0

7.2.2.2 Модель нагрузки SW/0 должна быть умножена на коэффициент α в соответствии с подпунктом 7.2.1.2.

7.2.3 Модель нагрузки «ненагруженный поезд»

7.2.3.1 Модель нагрузки «ненагруженный поезд» представляет собой вертикальную равномерно распределенную нагрузку с характеристическим значением 10 кН/м.

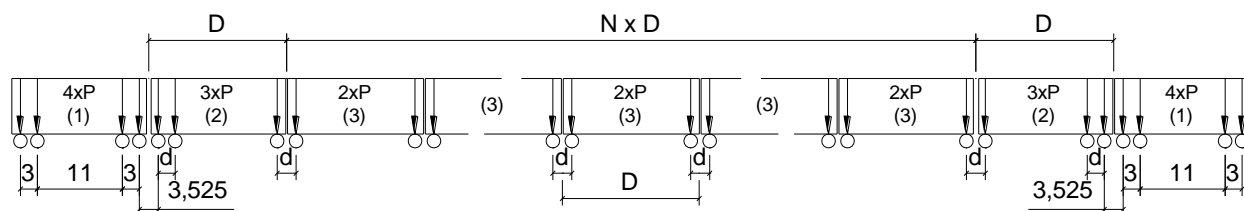
7.2.4 Модель нагрузки HSLM

7.2.4.1 Модель нагрузки HSLM состоит из двух нагрузок: HSLM-A и HSLM-B. Данные модели нагрузок должны быть использованы при проектировании искусственных сооружений под высокоскоростное пассажирское движение со скоростями, превышающими 200 км/ч.

7.2.4.2 Модель нагрузки HSLM должна быть использована при расчете конструкций в динамической постановке для предотвращения резонансных явлений, а также чрезмерных ускорений пролетного строения.

7.2.4.3 Нагрузка HSLM-A состоит из 10 стандартных поездов A1-A10, отличающимися по своей компоновке. Общая компоновочная схема нагрузки HSLM-A

представлена на Рисунке 7.4. Характеристики стандартных пассажирских поездов приведены в Таблице 7.2а.



1) - силовой вагон (передний и задний силовые вагоны идентичны); 2) - конечный пассажирский вагон (передний и задний конечные пассажирские вагоны идентичны); 3) - промежуточный пассажирский вагон.

Рисунок 7.4 [Рисунок 6.12] - Модель HSLM-A

Таблица 7.2а [Таблица 6.3] - Модель HSLM-A

Универсальный поезд	Количество промежуточных пассажирских вагонов, N	Длина пассажирского вагона D, м	Расстояние между осями тележки d, м	Сосредоточенная сила P, кН
A1	18	18	2,0	170
A2	17	19	3,5	200
A3	16	20	2,0	180
A4	15	21	3,0	190
A5	14	22	2,0	170
A6	13	23	2,0	180
A7	13	24	2,0	190
A8	12	25	2,5	190
A9	11	26	2,0	210
A10	11	27	2,0	210

7.2.4.4 Нагрузка HSLM-B представляет собой группу N сосредоточенных сил по 170 кН, приложенных через равномерный интервал d, где параметры N и d определены на Рисунках 7.5а и 7.5б.

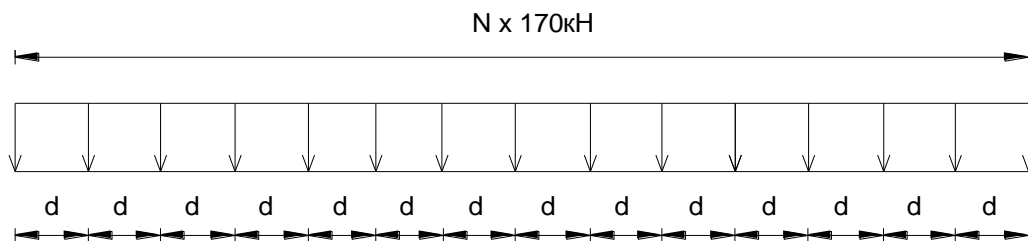
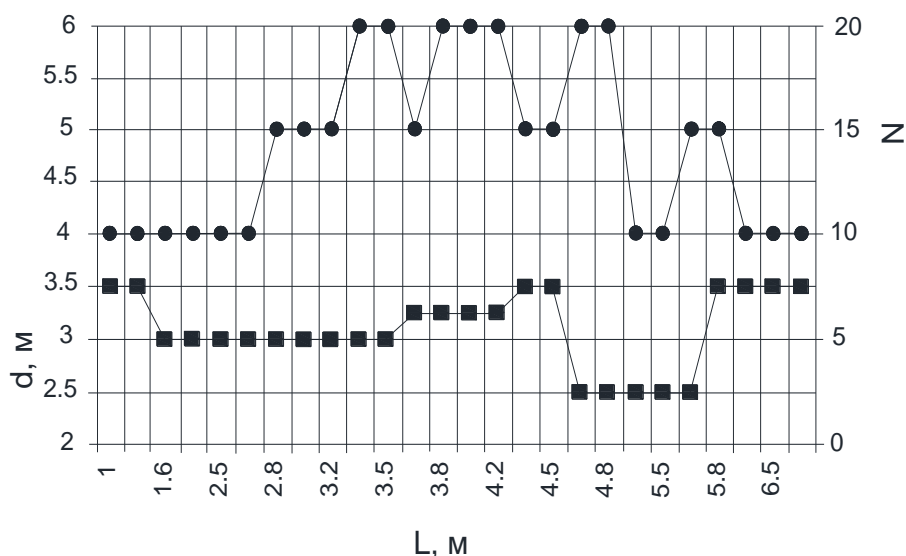


Рисунок 7.5а [Рисунок 6.13] – Модель HSLM –B



где L — длина пролета, м.

Рисунок 7.5b [Рисунок 6.14] - Модель HSLM-B

7.2.4.5 Нагрузка HSLM-B применяется в случае разрезных конструкций с длинами пролета до 7 м. Данное обстоятельство указывает на ограниченную применимость нагрузки HSLM-B.

7.2.4.6 [6.4.6.1.1(6)] Модель HSLM-A или HSLM-B должны быть применены в соответствии с требованиями Таблицы 7.2б.

Таблица 7.2б [Таблица 6.4] — Применение моделей HSLM-A и HSLM-B

Конфигурация конструкции	Пролет	
	$L < 7$ м	$L \geq 7$ м
Свободно опертый промежуток ^{a)}	Модель HSLM-B ^{b)}	Модель HSLM-A ^{c)}
Неразрезная конструкция ^{a)} или Комплексная конструкция ^{e)}	Модель HSLM-A Поезда A1–A10 включительно ^{d)}	Модель HSLM-A Поезда A1–A10 включительно ^{d)}

^{a)} Действительно для мостов, работающих как одиночная продольная линейная балка или простая плита с пренебрежимо малым влиянием перегиба на жестких опорах.

^{b)} Для свободно опертых пролетов длиной до 7 м единственный критический универсальный поезд модели HSLM-B может использоваться для расчета в соответствии с 7.2.4.4.

^{c)} Для свободно опертых пролетов длиной 7 м или более единичный критический универсальный поезд модели HSLM-A может использоваться для динамического расчета в соответствии с приложением E СН РК EN 1991-2:2003/2011 (в качестве альтернативы могут использоваться универсальные поезда A1 – A10 включительно).

^{d)} Все поезда A1 – A10 включительно должны использоваться при расчетах.

^{e)} Любая конструкция, которая не соответствует приведенному выше примечанию, например косая конструкция, мост со значительным кручением, конструкция с ездой посередине со значимыми формами колебаний плиты проезжей части и главных балок и т. д. Кроме того, для сложных конструкций со значимыми формами колебаний плиты проезжей части (например, мосты с ездой посередине или мосты с ездой понизу с плитами малой толщины) модель HSLM-B также должна быть применена.

7.2.5 Эквивалентная вертикальная нагрузка на земляное полотно и влияние давления грунта

7.2.5.1 Если местным воздействием нагрузки можно пренебречь, то следует принимать эквивалентную вертикальную нагрузку от соответствующей модели нагрузки (LM71, классифицированная вертикальная нагрузка в соответствии с 7.2.1.2 или SW/2).

7.2.5.2 Эквивалентная нагрузка принимается равномерно распределенной по ширине 3,0 м на уровне на 0,7 м ниже контактной поверхности рельсового пути.

7.2.5.3 Динамический коэффициент (усиление) к вышеуказанной равномерно распределенной нагрузке не вводится.

7.2.5.4 При расчете отдельных элементов, примыкающих к рельсовому пути (например, балластных подпорных стенок), должен быть выполнен специальный расчет, учитывающий максимальную локальную местную вертикальную, продольную и поперечную нагрузку от железнодорожного транспорта на рассматриваемый элемент.

7.3 Учет эффектов динамического поведения конструкции

7.3.1 Общие положения

7.3.1.1 Для учета динамической составляющей поведения конструкции (ударные воздействия от проходящих поездов из-за локальных дефектов пути, возможные резонансные явления и т.д.) в СН РК EN 1991-2:2003/2011 определены следующие динамические коэффициенты:

- Динамический коэффициент $1+\phi$;
- Динамический коэффициент Φ ;
- Коэффициент динамической «добавки» ϕ_{dyn}^I .

Динамический коэффициент $1+\phi$ является функцией, зависящей от скорости поезда, собственной частоты пролетного строения, а также зависит от определяющей длины L_{ϕ} . Динамический коэффициент $1+\phi$ используется только применительно к реальным обращающимся поездам и является основой для определения коэффициентов Φ к нагрузкам LM71, SW/0 и SW/2.

Динамический коэффициент Φ используется для проектирования новых мостовых конструкций с нагрузками LM 71, SW/0 и SW/2. Динамический коэффициент Φ зависит от определяющей длины и качества обслуживания пути.

Коэффициент динамической «добавки» ϕ_{dyn}^I используется при необходимости проведения расчетов в динамической постановке для установления невыгодного характера нагружения при анализе нагрузочных эффектов от нагрузки HSLM или реальных поездов.

7.3.2 Динамический коэффициент $1+\phi$

7.3.2.1 Динамический коэффициент $1+\phi$ был получен на основе большого числа экспериментов, в которых рассматривались различные конструктивные формы

конструкций и их составных частей. Данный коэффициент используется к нагрузкам HSLM или реальным поездам при сопоставлении результатов расчета с результатами, полученными при применении моделей нагрузок LM71, SW/0 или SW/2.

Ниже приводятся основные положения, связанные с определением динамического коэффициента $1 + \varphi$.

7.3.2.2 Коэффициент φ состоит из двух частей:

- φ^I – динамическая добавка на общую реакцию конструкции;
- φ^{II} – динамическая добавка на вертикальные неровности пути.

7.3.2.3 Динамический коэффициент $1 + \varphi$, на который должна быть умножена статическая нагрузка от поездов HSLM или реальных поездов:

- $1 + \varphi = 1 + \varphi^I + \varphi^{II}$ – при обычном обслуживании рельсовых путей;
- $1 + \varphi = 1 + \varphi^I + 0,5\varphi^{II}$ – при более тщательном обслуживании рельсовых путей.

При отсутствии сведений о тщательном обслуживании рельсовых путей, рекомендуется принимать динамический коэффициент $1 + \varphi$ при обычном обслуживании рельсовых путей.

7.3.2.4 Коэффициент φ^I вычисляется с использованием коэффициента K , зависящего от определяющей длины L_Φ , (см. пункт 7.3.4 Пособия), максимальной разрешенной скорости движения поезда v (м/с) и собственной частоты пролетного строения n_0 , нагруженного постоянными воздействиями:

$$K = \frac{v}{2L_\Phi n_0} \quad (7.1)$$

Для $K < 0,76$ коэффициент φ^I вычисляется следующим образом:

$$\varphi^I = \frac{K}{1 - K + K^4} \quad (7.2)$$

Для $K \geq 0,76$ коэффициент φ^I принимается равным:

$$\varphi^I = 1,325$$

Значения коэффициента φ^{II} определяются по следующему выражению:

$$\varphi^{II} = \frac{\alpha}{100} \left[56 \cdot e^{-\left(\frac{L_\Phi}{10}\right)^2} + 50 \left(\frac{L_\Phi \cdot n_0}{80} - 1 \right) e^{-\left(\frac{L_\Phi}{10}\right)^2} \right] \quad (7.3)$$

$$\varphi^I \geq 0,$$

где $\alpha = \frac{v}{22}$, если $v \leq 22$ м/с;

$\alpha = 1$, если $v > 22$ м/с

где v – максимальная разрешенная скорость транспортного средства, м/с;

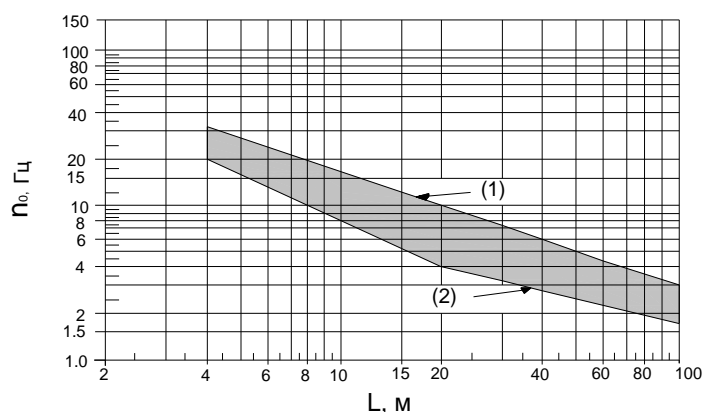
n_0 – первая собственная частота изгибных колебаний моста,

L_Φ – определяющая длина, м, в соответствии с пунктом 7.3.5;

α – коэффициент скорости.

7.3.2.5 Пределом применимости для величины φ^I , определенной по зависимостям (7.2) и $\varphi^I = 1,325$, является нижняя граница собственной частоты, приведенная на Рисунке

7.6 и скорость 200 км/ч. Для всех других случаев величина φ^I должна быть определена с помощью динамического расчета в соответствии пунктом 7.2.4 и подразделом 7.7. В соответствии с национальным приложением к СН РК EN 1991-2:2003/2011 используемый метод для динамического расчета должен быть согласован с организацией, уполномоченной государственным органом.



(1) — верхнее предельное значение собственной частоты; (2) — нижнее предельное значение собственной частоты.

Рисунок 7.6 [Рисунок 6.10] - Предельные значения собственной частоты моста n_0 в зависимости от длины пролета L

7.3.2.6 Пределом применимости для величины φ^II , определенной по зависимости (7.3) является верхний предел собственной частоты на Рисунке 7.6. Для всех других случаев величина φ^II может быть определена с помощью динамического расчета, учитывающего взаимодействие между массами неподрессоренных осей поезда и массой моста в соответствии с пунктом 7.2.4 и подразделом 7.7.

7.3.2.7 При определении собственных частот следует учитывать возможность их изменения. Если данное изменение невозможно определить, то верхний и нижний пределы собственной частоты n_0 следует определять в соответствии с 7.7.1.8.

7.3.3 Динамический коэффициент Φ (Φ_2 , Φ_3)

7.3.3.1 Динамический коэффициент Φ используется совместно с нагрузками LM71, SW/0 и SW/2. Динамический коэффициент Φ , который увеличивает результаты воздействия от статической нагрузки для моделей нагрузки 71, SW/0 и SW/2, должен быть принят равным Φ_2 или Φ_3 .

ПРИМЕЧАНИЕ Данный динамический коэффициент по своей сущности является только «добавкой» к нагрузочному эффекту (аналог $1+\mu$ по СП РК 3.03-33-2013 «Мосты и трубы»), то есть не учитывает возможные появления резонансных явлений, поэтому его применение ограничено только моделями нагрузок LM71, SW/0 и SW/2.

7.3.3.2 Если при проектировании и расчете конструкции возникает необходимость динамического анализа поведения конструкции (например, при высокоскоростном движении), то выполняются статические расчеты на нагрузки LM71, SW/0 и SW/2 (в зависимости от конструкции) с учетом коэффициента Φ и динамические расчеты на нагрузки HSLM или реальные поезда с учетом коэффициентов ϕ . По результатам выполненных расчетов выбирается наихудший вариант загрузки и модели нагрузки.

7.3.3.3 Для железнодорожных путей с тщательным обслуживанием значение коэффициента Φ принимают $\Phi_2 = \frac{1,44}{\sqrt{L_\Phi} - 0,2} + 0,82$, (7.4)

при этом $1,00 \leq \Phi_2 \leq 1,67$.

Для железнодорожных путей с обычным обслуживанием значение коэффициента Φ принимают

$$\Phi_3 = \frac{2,16}{\sqrt{L_\Phi} - 0,2} + 0,73, \quad (7.5)$$

при этом $1,00 \leq \Phi_3 \leq 2,00$,

где L_Φ - определяющая длина (в м) (длина, связанная с Φ) значения которой приведены в Таблице 7.3.

7.3.3.4 Динамический коэффициент Φ не должен учитываться для:

- нагрузки, обусловленной реальными поездами;
- нагрузки, обусловленной поездами при расчете на усталость (Приложение В);
- модели нагрузки HSLM (7.2.4.1, 7.2.4.2);
- модели нагрузок “ненагруженный” поезд (7.2.3).

Таблица 7.3 [Таблица 6.2] – Определяющая длина L_Φ

Случай	Элемент конструкции	Определяющая длина L_Φ
Стальная плита пролетного строения: «закрытый» (сплошной) настил с балластной подушкой (ортотропная плита) (для местных и поперечных напряжений)		
	Пролетное строение с поперечными балками и неразрезными продольными ребрами:	
1.1	плита пролетного строения (для обоих направлений)	Утроенное расстояние между поперечными балками
1.2	неразрезные продольные ребра (включая малые консоли до 0,50 м) ^{a)}	Утроенное расстояние между поперечными балками
1.3	поперечные балки	Удвоенная длина поперечной балки
1.4	концевые поперечные балки	3,6 м ^{b)}
	Плита настила только с поперечными балками:	
2.1	плита пролетного строения (для обоих направлений)	Удвоенное расстояние между поперечными балками + 3 м
2.2	поперечные балки	Удвоенное расстояние между поперечными балками + 3 м
2.3	концевые поперечные балки	3,6 м ^{b)}
Стальная балочная клетка: «открытый» (сквозной) настил без балластной подушки ^{b)} (для местных и поперечных напряжений)		

Таблица 7.3 [Таблица 6.2] – Определяющая длина L_{Φ}

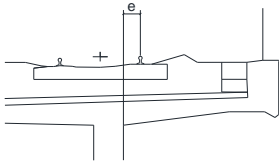
Случай	Элемент конструкции	Определяющая длина L_{Φ}
	Продольные рельсовые балки:	
3.1	– как элемент неразрезной балочной клетки	Утроенное расстояние между поперечными балками
	– свободно опертые	Расстояние между поперечными балками +3 м
3.2	консоль продольной рельсовой балки ^{a)}	3,6 м
3.3	поперечные балки (как часть балочной клетки, состоящей из поперечных балок и неразрезных продольных рельсовых балок)	Удвоенная длина поперечной балки
3.4	концевые поперечные балки	3,6 м ^{b)}
^{a)} Как правило, все консоли более 0,50 м, воспринимающие воздействия железнодорожного движения, нуждаются в специальном анализе в соответствии с 7.7 с приложением нагрузки, согласованной с организацией, уполномоченной государственным органом. ^{b)} Для данных конструкций рекомендуется применять только Φ_3 вне зависимости от качества обслуживания путей.		
Бетонная плита пролетного строения с балластной подушкой (для местных и поперечных напряжений)		
4.1	Плита пролетного строения как часть коробчатой балки или верхнего пояса главной балки:	
	– расположенная поперечно к главным балкам	Утроенный пролет плиты пролетного строения
	– расположенная в продольном направлении	Утроенный пролет плиты пролетного строения
	– поперечные балки	Удвоенная длина поперечной балки
	– поперечные консоли, воспринимающие нагрузку от железнодорожного пути	<div style="text-align: center;">  </div> <p> $e \leq 0,5$ м — утроенное расстояние между стенками (ребрами) $e > 0,5$ м — см. ^{a)} </p> <p>Рисунок 7.7 — Поперечная консоль, воспринимающая нагрузку от железнодорожного пути</p>
4.2	Плита пролетного строения, неразрезная (в направлении главной балки) над поперечными балками	Удвоенное расстояние между поперечными балками
4.3	Плита пролетного строения для мостов с ездой посередине и понизу:	

Таблица 7.3 [Таблица 6.2] – Определяющая длина L_{Φ}

Случай	Элемент конструкции	Определяющая длина L_{Φ}										
	– расположенная перпендикулярно к главным балкам	Удвоенный пролет плиты пролетного строения +3 м										
	– расположенная в продольном направлении	Удвоенный пролет плиты пролетного строения										
4.4	Плиты пролетного строения, расположенные поперечно между продольными стальными балками в пролетных строениях сталебетонного типа	Удвоенная определяющая длина в продольном направлении										
4.5	Продольные консоли плит пролетного строения	$e \leq 0,5 \text{ м} \text{ — } 3,6 \text{ м}^{\text{б)}}$ $e > 0,5 \text{ м} \text{ — см.}^{\text{а)}$										
4.6	Конечные поперечные балки или опорные диафрагмы	$3,6 \text{ м}^{\text{б)}}$										
<div>а) Как правило, все консоли более 0,50 м, воспринимающие воздействия железнодорожного движения, нуждаются в специальном анализе в соответствии с 7.7 с приложением нагрузки, согласованной с организацией, уполномоченной государственным органом.</div> <div>б) Для данных конструкций рекомендуется применять только Φ_3 вне зависимости от качества обслуживания путей.</div> <div>ПРИМЕЧАНИЕ Для случаев 1.1 – 4.6 включительно L_{Φ} определяется по максимальной определяющей длине главных балок.</div>												
Главные балки												
5.1	Свободно опертые балки и плиты (включая стальные балки, омоноличенные бетоном)	Пролет в направлении главной балки										
5.2	Балки и плиты, непрерывные на протяжении n пролетов, при $L_{\text{м}} = 1/n (L_1 + L_2 + \dots + L_n)$	<div>$L_{\Phi} = k \times L_{\text{м}}$ но не менее, чем $\max L_i (i = 1 \dots, n)$ (продолжение) :<table><tr><td>$k =$</td><td>2</td><td>3</td><td>4</td><td>≥ 5</td></tr><tr><td></td><td>1,2</td><td>1,3</td><td>1,4</td><td>1,5</td></tr></table></div>	$k =$	2	3	4	≥ 5		1,2	1,3	1,4	1,5
$k =$	2	3	4	≥ 5								
	1,2	1,3	1,4	1,5								
5.3	коробки: – однопролетные	балку с тремя пролетами (использовать 5.2 с вертикальной и горизонтальной длинами элементов рамы или коробки)										
	– многопролетные	Следует рассматривать как многопролетную неразрезную балку (использовать 5.2, с длиной концевых вертикальных элементов и горизонтальных элементов)										
5.4	Одиночная арка, жесткая криволинейная балка, жесткие балки конструкций с затяжкой	Половина пролета										
5.5	Серия арок со сплошными надарочными строениями, удерживающими заполнение	Удвоенный размер в свету										
5.6	Подвески (в совокупности с балками жесткости)	Умноженный на 4 продольный шаг подвесок										
Опоры конструкции												
6	Колонны, эстакады, опорные части, поднимающиеся опоры пролетного строения, анкеры и для вычисления контактных давлений под опорными частями	Определяющая длина поддерживаемых элементов										

7.3.3.5 Применительно к конструкциям арочных мостов и железобетонных пролетных строений с толщиной засыпки более 1м, динамический коэффициент Φ может быть рассчитан следующим образом:

$$red\Phi_{2,3} = \Phi_{2,3} - \frac{h-1,00}{10} \geq 1,0, \quad (7.6)$$

где h – толщина засыпки, включая балласт от верха пролетного строения до верха шпалы (для арочных мостов от вершины арки), м.

7.3.4 Определяющая длина L_Φ

7.3.4.1 В общем случае под определяющей длиной понимается длина линии влияния прогибов рассматриваемого элемента.

ПРИМЕЧАНИЕ Понятие определяющей длины близко по своему физическому смыслу к значению λ (длина загрузки линии влияния) по СП РК 3.03-33-2013 «Мосты и трубы».

7.3.4.2 Для различных конструктивных элементов СН РК EN 1991-2:2003/2011 рекомендует следующие значения определяющих длин L_Φ , приведенные в Таблице 7.3.

7.3.5 Коэффициент динамической «добавки» ϕ^I_{dyn}

7.3.5.1 Коэффициент ϕ^I_{dyn} вычисляется на основе прямого динамического расчета и показывает во сколько раз нагрузочный эффект от модели нагрузки HSLM при динамическом расчете отличается от нагрузочного эффекта при статическом нагружении конструкции нагрузкой HSLM или реальным поездом: $\phi^I_{dyn} = \max|y_{dyn}/y_{stat}| - 1$, где y_{dyn} является максимальным динамическим откликом, а y_{stat} – максимальным статическим откликом в любой определенной точке элемента конструкции, вызванный реальным поездом или моделью нагрузки HSLM.

Коэффициент ϕ^I_{dyn} используется совместно с коэффициентом ϕ^II , о котором было изложено выше.

7.4 Характеристические горизонтальные нагрузки

7.4.1 Центробежная сила

7.4.1.1 При вычислении нагрузки от центробежной силы необходимо следовать следующим рекомендациям:

- Центробежная сила прикладывается на высоте 1,8 м от контактной поверхности рельса (см. Рисунок 4.1);
- Характеристическое значение центробежной силы не должно умножаться на динамический коэффициент Φ ;

ПРИМЕЧАНИЕ При рассмотрении вертикальных эффектов центробежного нагружения за вычетом любого уменьшения, вызванного наклоном виража, увеличивается умножением на соответствующий динамический коэффициент.

– Характеристические значения центробежной силы вычисляется следующим образом

$$Q_{tk} = \frac{v^2}{g \cdot r} (f \cdot Q_{vk}) = \frac{V^2}{127r} (f \cdot Q_{vk}), \quad (7.7)$$

$$q_{tk} = \frac{v^2}{g \cdot r} (f \cdot q_{vk}) = \frac{V^2}{127r} (f \cdot q_{vk}), \quad (7.8)$$

где Q_{tk} , q_{tk} – характеристические значения центробежных сил, кН, кН/м, полученные от составляющих частей нагрузки 71;

Q_{vk} , q_{vk} – характеристические значения вертикальных нагрузок (без учета динамических коэффициентов) для моделей нагрузки 71, SW/0, SW/2 и «ненагруженный поезд». При использовании модели нагрузки HSLM центробежная сила принимается равной найденному значению от нагрузки 71.

f – понижающий коэффициент, равный:

$$f = \left[1 - \frac{V-120}{1000} \cdot \left(\frac{814}{V} + 1,75 \right) \cdot \left(1 - \sqrt{\frac{2,88}{L_f}} \right) \right] \quad (7.9)$$

при условии минимального значения 0,35,

где v – максимальная скорость на данном участке линии, м/с (для нагрузки SW/2 22,22 м/с);

V – максимальная скорость на данном участке линии, км/час (для нагрузки SW/2 80 км/ч);

g – ускорение силы тяжести 9,81 м/с²;

r – радиус кривой, м;

L_f – длина загрузки линии влияния («влияющая длина»), м;

$f=1$ или для $v \leq 120$ или для $L_f \leq 2,88$;

$f < 1$ для $120 < v \leq 300$;

(см. Таблицу 7.4 или Рисунок 7.8 или формулу (7.9)),

$f_{(v)} = f_{(300)}$ для $v > 300$.

} и $L_f > 2,88$

7.4.1.2 [6.5.1(5)P] Расчеты должны быть основаны на определенной (заданной) максимальной линейной скорости в данном месте. В случае модели нагрузки SW/2 может быть принята альтернативная максимальная скорость.

ПРИМЕЧАНИЕ 1 Конкретный проект может устанавливать требования.

ПРИМЕЧАНИЕ 2 Для модели SW/2 может устанавливаться максимальная скорость 80 км/ч.

ПРИМЕЧАНИЕ 3 Рекомендуются, чтобы конкретный проект определял увеличенную максимальную линейную скорость в данном месте, чтобы учесть потенциальные изменения инфраструктуры и будущий подвижной состав.

Таблица 7.4 [Таблица 6.7] — Коэффициент f для моделей нагрузки 71 и SW/0

L_f , м	Максимальная скорость в соответствии с 7.4.1.2, км/ч				
	≤ 120	160	200	250	≥ 300
$\leq 2,88$	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
3	1,00	0,99	0,99	0,99	0,98
4	1,00	0,96	0,93	0,90	0,88
5	1,00	0,93	0,89	0,84	0,81
6	1,00	0,92	0,86	0,80	0,75
7	1,00	0,90	0,83	0,77	0,71
8	1,00	0,89	0,81	0,74	0,68
9	1,00	0,88	0,80	0,72	0,65
10	1,00	0,87	0,78	0,70	0,63
12	1,00	0,86	0,76	0,67	0,59
15	1,00	0,85	0,74	0,63	0,55
20	1,00	0,83	0,71	0,60	0,50
30	1,00	0,81	0,68	0,55	0,45
40	1,00	0,80	0,66	0,52	0,41
50	1,00	0,79	0,65	0,50	0,39
60	1,00	0,79	0,64	0,49	0,37
70	1,00	0,78	0,63	0,48	0,36
80	1,00	0,78	0,62	0,47	0,35
90	1,00	0,78	0,62	0,47	0,35
100	1,00	0,77	0,61	0,46	0,35
≥ 150	1,00	0,76	0,60	0,44	0,35

7.4.1.3 Если максимальная скорость на участке пути превышает 120 км/ч, то необходимо принимать во внимание следующие расчетные случаи:

- Вертикальная переменная нагрузка 71 (и, если это требуется, для модели нагрузки SW/0) с ее динамическим коэффициентом, коэффициентом α и центробежной силой, вычисленная при скорости 120 км/ч с коэффициентом $f=1$ по зависимостям (7.7) и (7.8);
- Вертикальная переменная нагрузка 71 (и, если это требуется, для модели нагрузки SW/0) с ее динамическим коэффициентом, и коэффициентом $\alpha=1$ и центробежной силой, вычисленная с использованием максимальной скорости на данном участке пути с учетом коэффициента f , определенному по выражению 7.9, или Таблице 7.4, или по Рисунку 7.8.

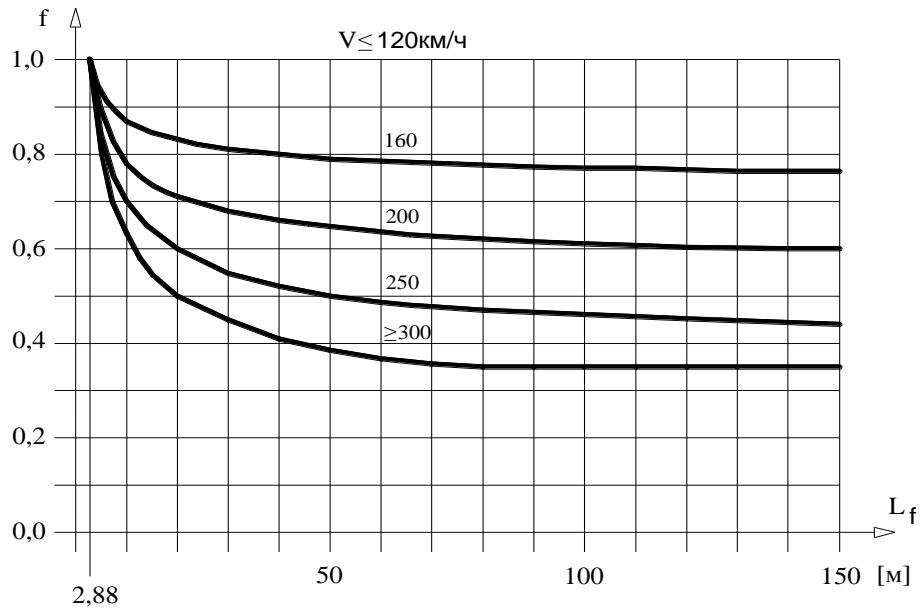


Рисунок 7.8 [Рисунок 6.16] — Коэффициент f для моделей нагрузки 71 и SW/0

7.4.1.4 Для моделей LM71 и SW/0 центробежные силы должны быть определены из уравнений (7.7) и (7.8) с использованием классифицированных вертикальных нагрузок (с учетом коэффициента α) в соответствии со случаями нагрузки, приведенными в Таблице 7.5. Коэффициент α определен в подпункте 7.2.1.2.

В Таблице 7.5 обозначено:

V — максимальная скорость в соответствии с 7.4.1.2, км/ч;

f — понижающий коэффициент в соответствии с Таблицей 7.4;

α — коэффициент для классифицированных вертикальных нагрузок в соответствии с 7.2.1.2;

LM71 " + " SW/0 — модель нагрузки 71 и, если это соответствует ситуации, модель нагрузки SW/0 для неразрезных мостов.

7.4.2 Сила бокового давления колес

7.4.2.1 Сила бокового давления колес должна быть принята как сосредоточенная сила, действующая горизонтально, в уровне рельсового пути, перпендикулярно к осевой линии рельсового пути.

Таблица 7.5 [Таблица 6.8] — Случаи определения нагрузки для центробежной силы, соответствующей значениям α и максимальной линейной скорости в данном месте

Значение α	Максимальная линейная скорость в данном месте, км/ч	Центробежная сила, основанная на: ^{d)}				Соответствующее вертикальное транспортное воздействие, основанное на: ^{a)}
		V , км/ч	α	f		
$\alpha < 1$	>120	V	1 ^{c)}	f	$1^{c)} \times f \times$ (LM71" + "SW/0) для случая 7.4.1.3 ^{b)}	$\Phi \times \alpha \times 1 \times$ (LM71" + "SW/0)
		120	α	1	$\alpha \times 1 \times$ (LM71" + "SW/0) для случая 7.4.1.3 ^{a)}	$\Phi \times \alpha \times 1 \times$ (LM71" + "SW/0)
		0	—	—	—	
	≤120	V	α	1	$\alpha \times 1 \times$ (LM71" + "SW/0)	
		0	—	—	—	
$\alpha = 1$	>120	V	1	f	$1 \times f \times$ (LM71" + "SW/0) для случая 7.4.1.3 ^{b)}	$\Phi \times 1 \times 1 \times$ (LM71" + "SW/0)
		120	1	1	$1 \times 1 \times$ (LM71" + "SW/0) для случая 7.4.1.3 ^{a)}	$\Phi \times 1 \times 1 \times$ (LM71" + "SW/0)
		0	—	—	—	
	≤120	V	1	1	$1 \times 1 \times$ (LM71" + "SW/0)	
		0	—	—	—	
$\alpha > 1$	>120 ^{b)}	V	1	f	$1 \times f \times$ (LM71" + "SW/0) для случая 7.4.1.3 ^{b)}	$\Phi \times 1 \times 1 \times$ (LM71" + "SW/0)
		120	α	1	$\alpha \times 1 \times$ (LM71" + "SW/0) для случая 7.4.1.3 ^{a)}	$\Phi \times \alpha \times 1 \times$ (LM71" + "SW/0)
		0	—	—	—	
	≤120	V	α	1	$\alpha \times 1 \times$ (LM71" + "SW/0)	
		0	—	—	—	

^{a)} $0,5 \times (LM71" + "SW/0)$ вместо (LM71" + "SW/0), где вертикальные транспортные воздействия благоприятны.

^{b)} Применяется, если предполагается перевозка тяжелых грузов, ограниченной максимальной скоростью 120 км/ч.

^{c)} $\alpha = 1$, чтобы избежать двойного учета уменьшения массы поезда с f .

^{d)} Эффект вертикальной нагрузки от центробежного нагружения за вычетом любого уменьшения, вызванного наклоном виража, должен быть увеличен умножением на соответствующий динамический коэффициент. При определении вертикального эффекта центробежной силы коэффициент f должен быть учтен так, как показано выше.

7.4.2.2 Характеристическое значение силы бокового давления колес принимается равным $Q_{sk} = 100$ кН и не должно умножаться на динамический коэффициент Φ , определенный в пункте 7.3.3 или на коэффициент f , определенный в пункте 7.4.1.

7.4.2.3 [6.5.2(3)] Характеристическое значение силы бокового давления колес по 7.4.2.2 должно быть умножено на коэффициент α , определенный в подпункте 7.2.1.2, для значений $\alpha \geq 1$.

7.4.2.4 Характеристическое значение силы бокового давления колес должно учитываться с вертикальной нагрузкой от подвижного состава.

7.4.3 Силы торможения и тяги

7.4.3.1 Воздействия от торможения или силы тяги представляют собой равномерно распределенные нагрузки, приложенные в уровне головки рельсов на длине загрузки линии влияния $L_{a,b}$.

7.4.3.2 Направления действия тяговых и тормозных сил принимаются исходя из возможного направления движения подвижного состава на пролетном строении.

7.4.3.3 Характеристические значения силы тяги для моделей нагрузок 71, SW/0, SW/2 и HSLM принимается равной $Q_{lak} = 33$ [кН/м] $\times L_{a,b}$ [м] но не более 1000 кН со всей длины загрузки.

7.4.3.4 Характеристические значения силы торможения для моделей нагрузок 71, SW/0, а также HSLM принимается равной $Q_{lbk} = 20$ [кН/м] $\times L_{a,b}$ [м] но не более 6000 кН со всей длины загрузки.

7.4.3.5 Для модели нагрузки SW/2 сила торможения принимается равной 35 [кН/м] $\times L_{a,b}$ [м] без ограничений.

7.4.3.6 Характеристические значения сил торможения и тяги следует принимать без учета коэффициентов Φ и f .

7.4.3.7 Силы торможения и тяги для моделей нагрузки 71 и SW/0 должны быть умножены на коэффициент α определенный в подпункте 7.2.1.2.

7.4.3.8 Силы торможения и тяги должны быть скомбинированы с соответствующими моделями вертикальных переменных нагрузок.

7.4.3.9 [6.5.3(8)] Если рельсовый путь непрерывен на одном или на обоих концах моста, то только часть тяговой или тормозной силы передается через пролетное строение на опоры, а оставшаяся часть силы передается через рельсовый путь туда, где она воспринимается позади береговых устоев. Часть силы, передаваемой через пролетное строение на опоры, должна быть определена с учетом совместной реакции конструкции и рельсовых путей в соответствии с Приложением Г.

7.4.3.10 Если на мосту располагается два и более рельсовых пути под разные направления движения, то тормозные силы на одном пути следует рассматривать совместно с силами тяги на другом. Если на мосту расположены два и более рельсовых пути под одно направление движения, то должны быть учтены случаи совместного действия сил тяги, или сил торможения на двух рельсовых путях.

7.4.3.11 Для моделей нагрузок SW/0, SW/2 тяговые и тормозные силы должны прикладываться только к тем участкам пролетного строения, где действуют данные вертикальные нагрузки, согласно Рисунка 7.3 и Таблицы 7.1.

7.4.3.12 Силами торможения и тяги можно пренебречь для модели нагрузки «ненагруженный поезд».

7.5 Правила загрузки

7.5.1 При проектировании мостов под железнодорожное движение необходимо учитывать наличие нескольких путей на пролетном строении. При этом, если на пролетном строении возможно расположить большее количество рельсовых путей, чем записано в задании на проектирование, то должна быть проведена проверка предельных состояний при загрузке всех возможных путей. Возможное количество рельсовых путей на пролетном строении определяется на основе ширины пролетного строения, а также габаритов приближения подвижного состава.

7.5.2 Нагрузочные эффекты должны быть получены от самых неблагоприятных положений модели нагрузки. При этом ту часть модели нагрузки, которая оказывает благоприятное воздействие, не учитывают.

7.5.3 При загрузке пролетных строений моделью нагрузки 71 для достижения самого неблагоприятного случая необходимо пользоваться следующими дополнительными правилами:

- Равномерно распределенные части нагрузки прикладывается только на тех участках линии влияния, загрузка которых вызывает неблагоприятное воздействие;
- На одном рельсовом пути возможна только одна сосредоточенная составляющая модели нагрузки 71;
- Для пролетных строений с двумя или более рельсовыми путями необходимо рассматривать следующие случаи загрузки: загрузки одного или двух путей полной нагрузкой 71 и загрузка трех и более путей моделью нагрузки 71 с понижающим коэффициентом 0,75.

7.5.4 При использовании модели нагрузки SW/0 применимы те же правила загрузки, что и для модели нагрузки 71.

7.5.5 Для конструкций, несущих более одного рельсового пути, модель нагрузки SW/2 может быть приложена к любому одному рельсовому пути, при этом модель нагрузки 71 или модель нагрузки SW/0 должна быть приложена к другому рельсовому пути в соответствии с 7.5.3 и 7.5.4.

7.5.6 Для неразрезных пролетных строений, проектируемых под нагрузку 71, обязательна проверка на нагрузку SW/0.

7.5.7 Для модели нагрузки «ненагруженный поезд» определены следующие правила:

- Загрузка нагрузкой от порожнего подвижного состава производится только тех участков линии влияния, вызывающих возрастание значения искомого нагрузочного эффекта;
- Для пролетных строений с одним рельсовым путем проверка предельных состояний с применением модели нагрузки «ненагруженный поезд» является обязательной.

7.5.8 Если выявлена необходимость динамического расчета пролетного строения в соответствии с 7.7.1, то данный расчет необходимо проводить на нагрузки от реальных поездов или нагрузки HSLM, в зависимости от назначения железнодорожной линии. Определение самых неблагоприятных эффектов нагрузки от реальных поездов и применение модели нагрузки HSLM должно быть выполнено в соответствии с 7.2.4.6 и 7.7.8.3.

7.5.9 При проверке прогибов, деформаций и колебаний в расчет должны приниматься следующие модели нагрузок:

- Модель нагрузки 71 и, если необходимо, модели SW/0 и SW/2.
- Модель нагрузки HSLM, если предполагается эксплуатация высокоскоростных поездов.
- Модель реального поезда, если установлена необходимость динамического анализа пролетного строения.

7.5.10 [6.8.1(11)P] для пролетных строений, несущих один или более рельсовых пути, проверки предельных значений прогибов и вибраций должны быть выполнены при количестве рельсовых путей, нагруженных всеми соответствующими транспортными воздействиями, принятом в соответствии с Таблицей 7.6. Если это требуется по 7.2.1.2, то должны быть учтены классифицированные нагрузки.

Таблица 7.6 [Таблица 6.10] — Количество рельсовых путей, которые должны быть загружены для проверки предельных значений прогибов и вибраций

Предельное состояние и соответствующие критерии приемлемости	Количество рельсовых путей на мосту		
	1	2	≥3
Проверки безопасности дорожного движения: - кручение пролетного строения (CH PK EN 1990, A2.4.4.2.2)	1	1 или 2	1, или 2, или 3, или более
- вертикальная деформация пролетного строения (CH PK EN 1990, A2.4.4.2.3)	1	1 или 2	1, или 2, или 3, или более
- горизонтальная деформация пролетного строения (CH PK EN 1990, A2.4.4.2.4)	1	1 или 2	1, или 2, или 3, или более
- совместная реакция конструкции и рельсового пути на переменные воздействия, включая предельные значения вертикального и продольного смещения конца пролетного строения (CH PK EN 1991-2:2003/2011, 6.5.4)	1	1 или 2	1 или 2
- вертикальное ускорение пролетного строения (CH PK EN 1991-2:2003/2011, 6.4.6 и CH PK EN 1990:2002+A1:2005/2011, A2.4.4.2.1)	1	1	1
Проверки SLS: - критерии комфорта пассажиров (CH PK EN 1990:2002+A1:2005/2011, A2.4.4.3)	1	1	1
Проверки ULS - подъем на опорах пролетного строения (CH PK EN 1990:2002+A1:2005/2011, A2.4.4.1(2)P)	1	1 или 2	1, или 2, или 3, или более
ПРИМЕЧАНИЕ Если используются группы нагрузок, то количество рельсовых путей, подлежащих рассмотрению должно соответствовать Таблице 7.7. Если группы нагрузок не используются, то количество рельсовых путей, подлежащих рассмотрению, также должно соответствовать Таблице 7.7.			

7.6 Группы нагрузок

7.6.1 Под «группой нагрузок» понимают такие комбинации нагрузок от подвижного состава, которые в уравнениях, описанных в Приложении А2 СН РК ЕН 1990:2002+А1:2005/2011 и Приложении А настоящего НТП, принимаются за единую нагрузку.

7.6.2 Каждая группа, определенная ниже, должна быть принята как единая нагрузка и должна сочетаться согласно Приложению А с нагрузками не транспортного характера (или нагрузочный эффект, вычисленный от представленных групп должен сочетаться с нагрузочными эффектом от других нагрузок (переменных не транспортного характера)).

7.6.3 Для каждой группы нагрузок определены «главные» и «сопутствующие» нагрузки. «Главные» нагрузки приняты характеристическими, «сопутствующие» принимаются с учетом понижающих коэффициентов, представленными в Таблице 7.7. При вычислении суммарного нагрузочного эффекта согласно Приложению А от всех постоянных и переменных воздействий, к группе нагрузок от транспорта применяют единый коэффициент ψ и для проверки критического предельного состояния единый коэффициент γ_Q . Группы нагрузок определены в Таблице 7.7. Значения коэффициентов ψ и γ_Q представлены в Приложении А.

7.7 Параметры динамического расчета

7.7.1 Общие положения

7.7.1.1 При прохождении высокоскоростных поездов по пролетному строению существует возможность возникновения резонансных явлений, значительных ускорений пролетного строения или недопустимых прогибов, что в свою очередь влияет на долговечность конструкции, безопасную эксплуатацию, как пролетного строения, так и самих поездов. Подобные явления могут происходить и от реально обращающихся поездов.

7.7.1.2 Динамическое поведение пролетного строения под проходящими нагрузками зависит от следующих факторов:

а) Параметры нагрузки:

- 1) Скорость проходящих поездов;
- 2) Длина пролета;
- 3) Масса.

б) Параметры пути:

- 1) Собственные частоты.

в) Параметры конструкции:

- 1) Количество осей, расстояние между ними;
- 2) Нагрузка на оси;
- 3) Демпфирование;
- 4) Дефекты пути.

**Таблица 7.7 [Таблица 6.11] - Группы нагрузок от железнодорожного транспорта
(характеристические значения многокомпонентных воздействий)**

Количество рельсовых путей на кон- струкции			Группы нагрузок			Вертикальные силы			Горизонтальные силы			Примечания
			Ссылка на СН РК EN 1991-2:2003/2011			7.2.1; 7.2.2	7.2.2	7.2.3	7.4.3	7.4.1	7.4.2	
1	2	3	Количество нагруженных рельсовых путей	Группа нагрузок ⁽⁸⁾	Нагру- женный рельсовый путь	LM 71 ⁽¹⁾ SW/0 ^{(1);} HSLM ⁽⁶⁾ : (7)	SW/2 ^{(1),} (3)	Ненагру- женный поезд	Тяговые усилия, тормоз- ные силы ⁽¹⁾	Центро- бежная сила ⁽¹⁾	Сила бокового давления колес ⁽¹⁾	
			1	gr11	T_1	1			1 ⁽⁵⁾	0,5 ⁽⁵⁾	0,5 ⁽⁵⁾	Максимальная вертикальная 1 с максимальной продольной
			1	gr12	T_1	1			0,5 ⁽⁵⁾	1 ⁽⁵⁾	1 ⁽⁵⁾	Максимальная вертикальная 2 с максимальной поперечной
			1	gr13	T_1	1 ⁽⁴⁾			1	0,5 ⁽⁵⁾	0,5 ⁽⁵⁾	Максимальная продольная
			1	gr14	T_1	1 ⁽⁴⁾			0,5 ⁽⁵⁾	1	1	Максимальная боковая
			1	gr15	T_1			1		1 ⁽⁵⁾	1 ⁽⁵⁾	Поперечная устойчивость с «ненагруженным поездом»
			1	gr16	T_1		1		1 ⁽⁵⁾	0,5 ⁽⁵⁾	0,5 ⁽⁵⁾	SW/2 с максимальной продольной
			1	gr17	T_1		1		0,5 ⁽⁵⁾	1 ⁽⁵⁾	1 ⁽⁵⁾	SW/2 с максимальной поперечной
			2	gr21	T_1 T_2	1 1			1 ⁽⁵⁾ 1 ⁽⁵⁾	0,5 ⁽⁵⁾ 0,5 ⁽⁵⁾	0,5 ⁽⁵⁾ 0,5 ⁽⁵⁾	Максимальная вертикальная 1 с максимальной продольной
			2	gr22	T_1 T_2	1 1			0,5 ⁽⁵⁾ 0,5 ⁽⁵⁾	1 ⁽⁵⁾ 1 ⁽⁵⁾	1 ⁽⁵⁾ 1 ⁽⁵⁾	Максимальная вертикальная 2 с максимальной поперечной
			2	gr23	T_1 T_2	1 ⁽⁴⁾ 1 ⁽⁴⁾			1 1	0,5 ⁽⁵⁾ 0,5 ⁽⁵⁾	0,5 ⁽⁵⁾ 0,5 ⁽⁵⁾	Максимальная продольная
			2	gr24	T_1 T_2	1 ⁽⁴⁾ 1 ⁽⁴⁾			0,5 ⁽⁵⁾ 0,5 ⁽⁵⁾	1 1	1 1	Максимальная боковая
			2	gr26	T_1 T_2	1	1		1 ⁽⁵⁾ 1 ⁽⁵⁾	0,5 ⁽⁵⁾ 0,5 ⁽⁵⁾	0,5 ⁽⁵⁾ 0,5 ⁽⁵⁾	SW/2 с максимальной продольной
			2	gr27	T_1 T_2	1	1		0,5 ⁽⁵⁾ 0,5 ⁽⁵⁾	1 ⁽⁵⁾ 1 ⁽⁵⁾	1 ⁽⁵⁾ 1 ⁽⁵⁾	SW/2 с максимальной поперечной
			≥3	gr31	T_i	0,75			0,75 ⁽⁵⁾	0,75 ⁽⁵⁾	0,75 ⁽⁵⁾	Случай дополнительной нагрузки

⁽¹⁾ Все соответствующие коэффициенты (α , Φ , $f...$) должны быть учтены.

⁽²⁾ Модель SW/0 должна учитываться только для конструкций балочных неразрезных.

⁽³⁾ Модель SW/2 следует учитывать только в том случае, когда она оговорена для линии.

⁽⁴⁾ Коэффициент можно уменьшить до 0,5, если влияние благоприятно, но он не может равняться 0.

⁽⁵⁾ В благоприятных случаях эти не доминирующие значения должны быть приняты равными 0.

⁽⁶⁾ Модели HSLM и реального поезда, если они требуются, в соответствии с 7.7.1 и 7.2.4

⁽⁷⁾ Если требуется провести расчет на динамическую нагрузку, в соответствии с 7.7.1, см. также 7.7.8.3 и 7.7.7.

⁽⁸⁾ См. также Таблицу А.3 Приложения А и таблицу А2.3 СН РК EN 1990:2002+A1:2005/2011

Воздействие доминирующего компонента, если это применяется.

Следует рассматривать при расчете конструкции, несущей один рельсовый путь (группы нагрузки 11–17).

Следует рассматривать при расчете конструкции, несущей два рельсовых пути (группы нагрузки 11–27, кроме 15). Каждый из этих двух рельсовых путей следует рассматривать или как T_1 (рельсовый путь 1), или как T_2 (рельсовый путь 2).

Следует рассматривать при расчете конструкции, несущей три или более рельсовых путей, (группы нагрузки 11–31, кроме 15). Любой рельсовый путь должен быть принят как T_1 , любой другой рельсовый путь — как T_2 , а все другие рельсовые пути — как ненагруженные. Кроме того, группу нагрузки 31 следует рассматривать как случай дополнительной нагрузки, где все неблагоприятные длины рельсовых путей T_i нагружены.

Кроме того, факторами, влияющими на динамическое поведение конструкций являются:

- наличие регулярно расположенных опорных конструкций плиты пролетного строения и/или рельсовых путей (поперечные балки, шпалы и т.д.);
- динамические характеристические рельсовых путей (балласт, шпалы, компоненты рельсовых путей и т.д.);
- несовершенства транспортного средства (выбоины колес, некруглые колеса, дефекты подвески и т.д.);
- неподрессоренная/поддрессоренная масса и характеристики подвески транспортного средства.

7.7.1.3 Динамическое воздействие реального поезда может быть представлено набором сосредоточенных сил с перемещающейся точкой приложения. Можно пренебречь эффектами взаимодействия масс транспортного средства и конструкции.

7.7.1.4 При расчете должны быть учтены вариации осевых сил по всей длине поезда и вариации интервалов для отдельных осей или групп осей.

Как правило, методика расчета должна учитывать следующие динамические характеристики конструкции:

- близость соседних частот и соответствующие формы колебаний — для сложных конструкций;
- взаимодействие между изгибающими и крутильными формами;
- поведение отдельных элемента пролетного строения (мостовое полотно незначительной толщины и поперечные балки мостов или ферм с ездой посередине и т. д.);
- асимметричное поведение плит и т. д.

7.7.1.5 Представление каждой оси одиночной сосредоточенной силой приводит к переоценке динамических эффектов для длины нагрузки менее 10 м. В таких случаях могут быть учтены результаты расчета распределения нагрузки от рельсов, шпал и балласта.

7.7.1.6 Отдельные осевые нагрузки не должны быть равномерно распределены в продольном направлении при расчетах на динамическую нагрузку.

7.7.1.7 Необходимость расчета пролетного строения в статической или динамической постановке определяется на основе логической схемы, представленной на Рисунке 7.8.

7.7.1.8 При применении логической схемы, изображенной на Рисунке 7.9, необходимо также руководствоваться следующими дополнительными положениями:

- Под статически определимой конструкцией понимают свободно опертые пролетные строения с продольной главной балкой, или плитные пролетные строения с незначительной косиной;
- Таблицы Д.1 и Д.2 и соответствующие пределы их применимости изложены в Приложении Д;
- Расчет на динамическую нагрузку требуется там, где часто встречающаяся эксплуатационная скорость реального поезда равна резонансной скорости конструкции;

– φ_{dyn}^1 определяет компонент динамического воздействия для реальных поездов и вычисляется согласно 7.7.8.3;

– В случае многопролетного моста неразрезной системы, должны удовлетворяться требования к прочности, предельной деформации, приведенной в Приложении А2 СН РК EN 1990:2002+A1:2005/2011 (см. А2, А2.4.4), максимальному ускорению корпуса пассажирского вагона (или для соответствующих предельных отклонений), соответствующего очень хорошему стандарту комфорта пассажиров;

– Для мостов с первой собственной частотой n_0 , попадающей в зону предельных значений, показанных на Рисунке 7.6, и с максимальной линейной скоростью в данном месте, не превышающей 200 км/ч, расчет на динамическую нагрузку не требуется;

– Для мостов с первой собственной частотой n_0 , превышающей верхний предел (1) на Рисунке 7.6, требуется расчет на динамическую нагрузку;

– Верхний предел n_0 определяется эффектом динамической добавки, обусловленной дефектами рельсового пути и задается выражением $n_0 = 94,76 \cdot L^{-0,748}$;

– Нижний предел n_0 определяется критериями динамического воздействия и задается выражением: $n_0 = 80/L$ для $4 \text{ м} \leq L \leq 20 \text{ м}$ и $n_0 = 23,58 \cdot L^{-0,592}$ для $20 \text{ м} < L \leq 100 \text{ м}$, где n_0 — первая собственная частота моста, Гц, при постоянных нагрузках; L — длина пролета, м, разрезных мостов или $L_{\text{Ф}}$ — для других типов мостов.

– Для разрезного пролетного строения, подвергающегося только изгибу, собственная частота, Гц, может быть определена по формуле:

$$n_0 = \frac{17,75}{\sqrt{\delta_0}}, \quad (7.10)$$

где δ_0 — прогиб в середине пролета, мм, вызванный постоянными воздействиями, который рассчитывается с использованием кратковременного модуля упругости для железобетонных мостов, в соответствии с периодом нагрузки, соответствующим собственной частоте моста.

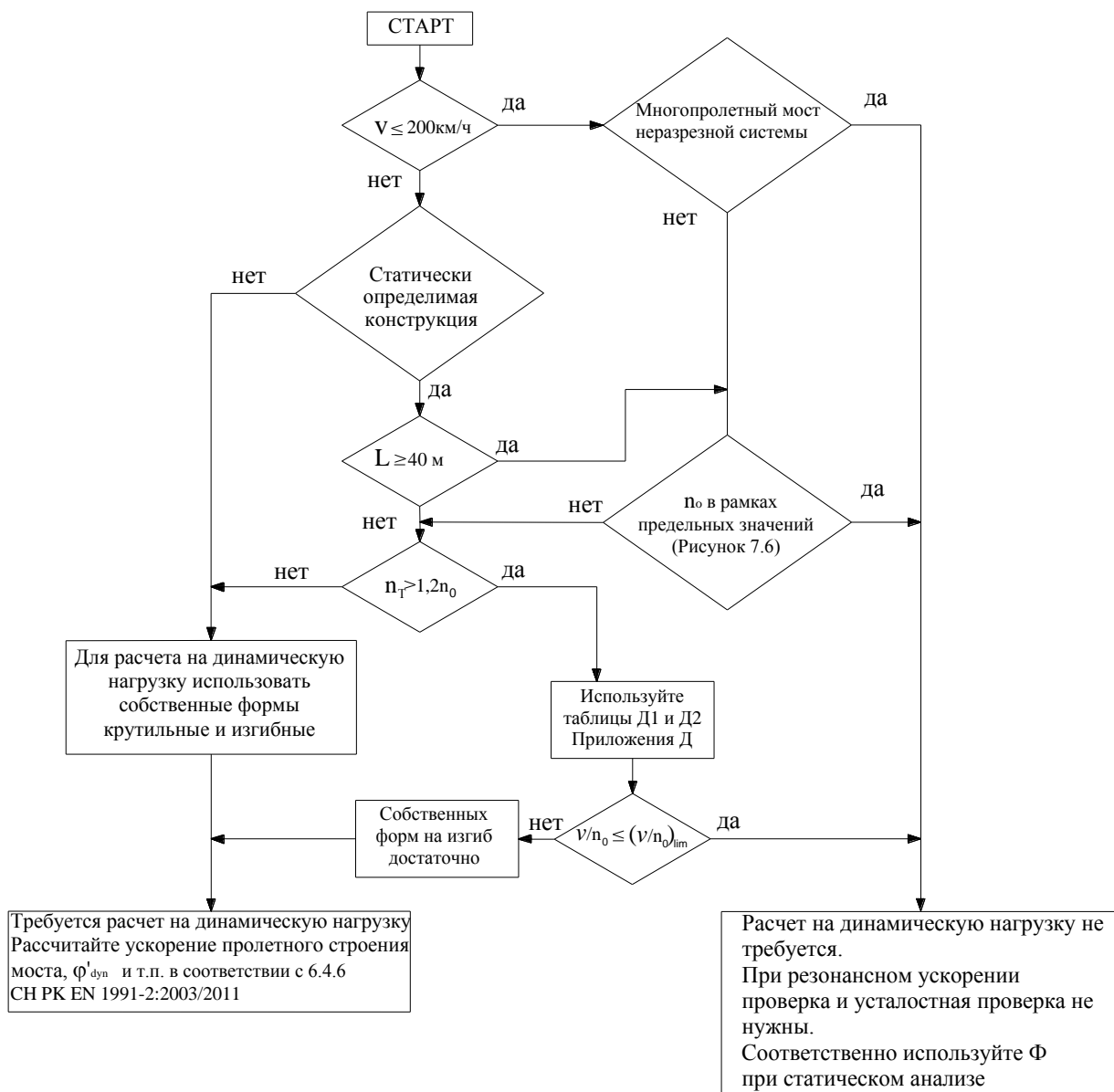
7.7.1.9 Согласно логической схеме, представленной на Рисунке 7.9, динамического расчета не требуют неразрезные пролетные строения, не предназначенные для эксплуатации под высокоскоростным движением.

7.7.2 Параметры динамического нагружения конструкции моделями нагрузки HSLM

7.7.2.1 Параметры динамического нагружения конструкции моделями нагрузки HSLM определяются на основе отбора универсального поезда. При отборе универсального поезда необходимо пользоваться следующими рамочными ограничениями, характерными для поездов, обращающихся на железнодорожной сети Европейского Союза.

Поезда разделяются на три категории:

- сочлененный;
- обычный;
- регулярного обращения.



Обозначения к схеме:

- V — максимальная линейная скорость в данном месте, км/ч;
 L — длина пролета, м;
 n_0 — первая собственная частота изгиба моста, нагруженного постоянными воздействиями, Гц;
 n_T — первая собственная крутильная частота моста, нагруженного постоянными воздействиями, Гц;
 v — максимальная номинальная скорость, м/с;
 $(v/n_0)_{lim}$ — приведено в Приложении Д и действительно только для отдельных типов поездов, приведенных в данном Приложении. Данное приложение не распространяется на модель нагрузки HSLM.

Рисунок 7.9 [Рисунок 6.9] – Логическая схема для определения необходимости расчета в динамической постановке

– каждая осевая нагрузка P ограничена значением 170 кН, а для обычных поездов также ограничена значением, принимаемым в соответствии с уравнением (7.11):

$$4P \cdot \cos\left(\frac{\pi d_{BS}}{D}\right) \cos\left(\frac{\pi d_{BA}}{D}\right) \leq 2P_{HSLMA} \cdot \cos\left(\frac{\pi d_{HSLMA}}{D_{HSLMA}}\right), \quad (7.11)$$

где P_{HSLMA} , d_{HSLMA} и D_{HSLMA} — параметры универсальных поездов в соответствии с Рисунком 7.4 и Таблицей 7.2а и соответствующие длине пассажирского вагона D_{HSLMA} для:

- одиночного универсального поезда, где D_{HSLMA} равно значению D ;
- двух универсальных поездов, где D не равно D_{HSLMA} , а значение D_{HSLMA} выбирается незначительно более D и менее D ;

- значения D , D_{IC} , P , d_{BA} , d_{BS} и e_c определены как соответствующие для сочлененных, обычных и поездов регулярного обращения, представленных на Рисунках 7.10 ÷ 7.12:

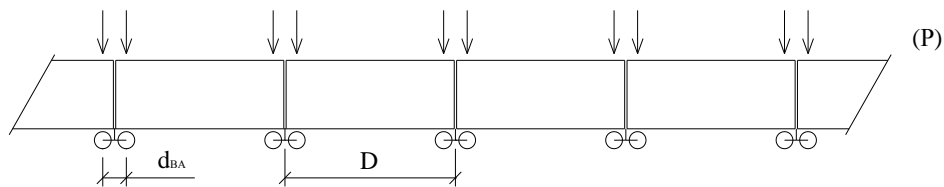


Рисунок 7.10 [Рисунок Е.1] - Сочлененный поезд

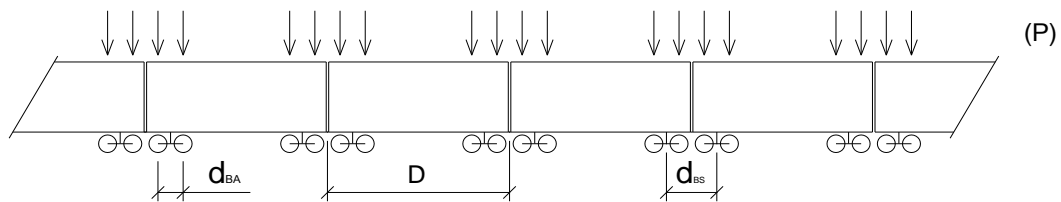


Рисунок 7.11 [Рисунок Е.3] - Обычный поезд

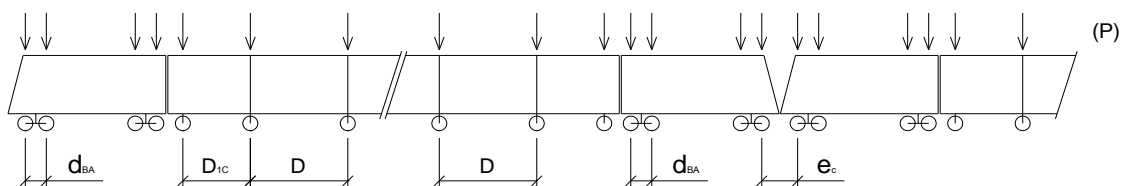


Рисунок 7.12 [Рисунок Е.2] - Поезд регулярного обращения

- расстояние D , м соответствующее длине пассажирского вагона или расстоянию между регулярно повторяющимися осями в соответствии с Таблицей 7.8;

- межосевой интервал находится пределах тележки d_{BA} , м, находящийся в соответствии с выражением $2,5 \leq d_{BA} \leq 3,5$;

- для обычных поездов расстояние d_{BS} между центрами тележек смежных транспортных средств, м, определяемое в соответствии с уравнением (7.11);

Таблица 7.8 - Ограничивающие параметры для скоростных пассажирских поездов, соответствующих модели нагрузки HSLM

Тип поезда	P, кН	D, м	D _{IC} , м	e _c , м
Сочлененный	170	$18 \leq D \leq 27$	—	—
Обычный	Меньшее из 170 и значения, соответствующего уравнению (7.14)	$18 \leq D \leq 27$	—	—
Регулярного обращения	170	$10 \leq D \leq 14$	$8 \leq D_{IC} \leq 11$	$7 \leq e_c \leq 10$

- значения D/d_{BA} и $(d_{BS} - d_{BA})/d_{BA}$ не должны быть близки к целым числам;
- максимальная полная масса поезда должна равняться 10 000 кН;
- максимальная длина поезда должна равняться 400 м;
- максимальная неподрессоренная масса оси должна равняться 2 т.

7.7.2.2 [Е.2(1)] Для свободно опертых пролетных строений, которые проявляют динамическое поведение, свойственное только линейным балкам, и длиной 7 м или более, одиночный универсальный поезд, полученный на основании модели нагрузки HSLM-A, может использоваться для расчетов на динамическую нагрузку.

7.7.2.3 Критический универсальный поезд в соответствии с Е.2(2) СН РК EN 1991-2:2003/2011 определен как функция:

- критической длины волны возбуждения λ_c , м, где критическая длина волны возбуждения λ_c является функцией от:
- длины волны возбуждения при максимальной расчетной скорости λ_v , м;
- пролета моста L, м;
- предельного значения агрессивности $A_{(L/\lambda)}G_{(\lambda)}$, кН/м, в диапазоне длины волны возбуждения от 4,5 до величины λ_v , м

7.7.2.4 В соответствии с Е.2(3) СН РК EN 1991-2:2003/2011 длина волны возбуждения при максимальной расчетной скорости λ_v , м, задается выражением:

$$\lambda_v = v_{DS} / n_0, \quad (7.12)$$

где n_0 - первая собственная частота колебаний свободно опертого пролета, Гц;

v_{DS} - максимальная расчетная скорость должна, как правило, равняться $1,2 \times$ максимальная линейная скорость на данном участке, м/с.

7.7.2.5 [Е.2(4)] Критическая длина волны возбуждения λ_c должна быть определена из рисунков Е.4÷Е.17 СН РК EN 1991-2:2003/2011 как величина λ , соответствующая предельному значению агрессивности $A_{(L/\lambda)}G_{(\lambda)}$ для пролета длиной L, м, в диапазоне длины волны возбуждения от 4,5 до λ_v , м.

Если длина пролета не соответствует базовой длине L на рисунках Е.4÷Е.17 Приложения Е СН РК EN 1991-2:2003/2011, то должны быть приняты во внимание два рисунка, соответствующие величине L, принятой незначительно больше длины пролета или незначительно меньше длины пролета. Критическая длина волны возбуждения λ_c

должна быть определена на основании рисунка, соответствующего максимальной агрессивности. Интерполяция между диаграммами не разрешена.

ПРИМЕР

Дано: Однопролетное разрезное пролетное строение длиной 20 м ($L=20$ м). Собственная частота составляет 5 Гц ($f_0=5$ Гц). Демпфирование $\zeta = 1,0\%$. Максимальная скорость поезда 300 км/ч.

Требуется: Характеристики критического поезда.

Решение: Максимальная расчетная скорость $v_{\max}=300 \cdot 1,2/3,6=100$ м/с

$$\lambda_{\max} = v_{\max} / f_0 = 100 / 5 = 20 \text{ м}$$

Из Приложения Е СН РК EN 1991-2:2003/2011 находим необходимый Рисунок 7.13:

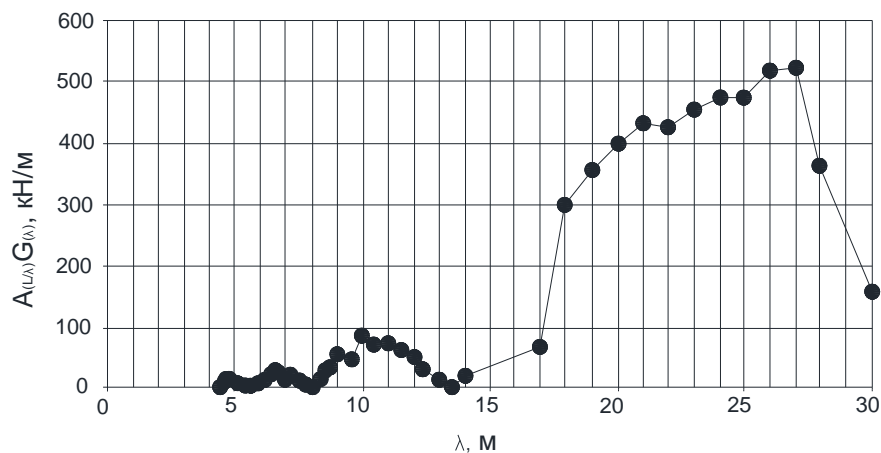


Рисунок 7.13

Согласно Рисунку 7.13, максимальное значение агрессивности в диапазоне λ от 0 до 20 м достигается при 20 м. Тогда $\lambda=\lambda_{\max}$.

На Рисунке 7.14 определим характеристики критического поезда для $\lambda = 20$:

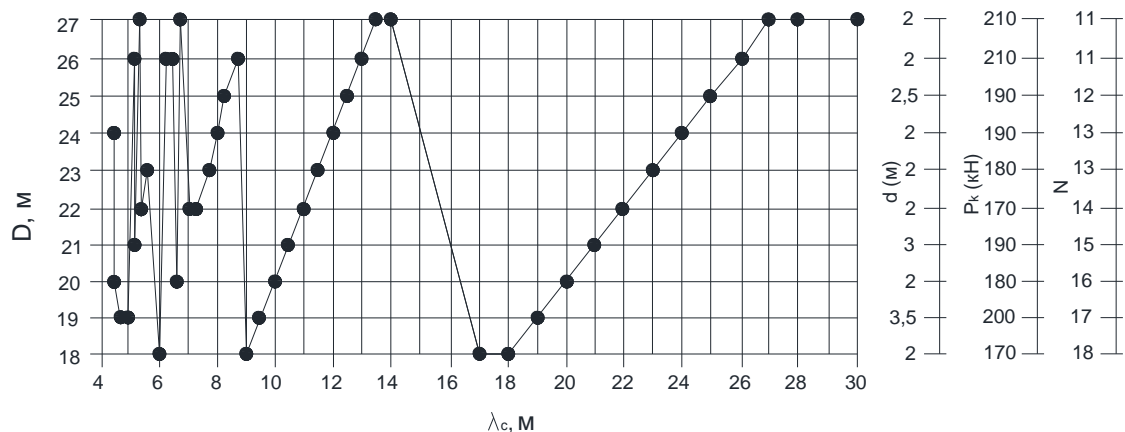


Рисунок 7.14

$D=20$ м, $d=2$ м, $P_k=180$ кН.

7.7.3 Скорости, подлежащие рассмотрению

7.7.3.1 [6.4.6.2(1)P] Для каждого реального поезда и модели нагрузки HSLM следует рассматривать ряд значений скорости включая максимальную расчетную скорость. Максимальная расчетная скорость должна, как правило, равняться $1,2 \times$ максимальная линейная скорость на данном участке. Максимальная линейная скорость на данном участке должна быть установлена.

7.7.3.2 В соответствии с подпунктом 6.4.6.2(2) СН РК EN 1991-2:2003/2011 расчеты должны быть проведены для ряда скоростей от 40 м/с до максимальной расчетной скорости. Меньшие пошаговые приращения скорости должны применяться в области резонансных скоростей.

Для свободно опертых пролетных строений (разрезных), которые могут моделироваться как линейные балки, резонансные скорости могут быть определены по формуле $v_i = n_0 \cdot \lambda_i$ и $40 \text{ м/с} \leq v_i \leq$ максимальная расчетная скорость,

где v_i - резонансная скорость, м/с;

n_0 - первая собственная частота колебаний ненагруженной конструкции;

λ_i - главная длина волны частоты возбуждения, которая может быть определена по формуле:

$$\lambda_i = \frac{d}{i}, \quad (7.13)$$

где d - регулярный интервал между группами осей;

$i = 1, 2, 3$ или 4 .

7.7.4 Демпфирование конструкции

7.7.4.1 Пиковый отклик конструкции на транспортные скорости, соответствующие резонансной нагрузке, зависит от демпфирования.

7.7.4.2 В расчетах должны использоваться только нижние границы демпфирования. Минимальные значения демпфирования в расчетах на динамическую нагрузку приведены в Таблице 7.9.

Таблица 7.9 [Таблица 6.6] - Значения демпфирования, которые должны быть приняты для расчета

Тип пролетных строений	Нижнее предельное значение ζ (в процентах от критического демпфирования), %	
	Пролет $L < 20$ м	Пролет $L \geq 20$ м
Сталь и сталежелезобетон	$\zeta = 0,5 + 0,125 \cdot (20 - L)$	$\zeta = 0,5$
Предварительно напряженный бетон	$\zeta = 1,0 + 0,07 \cdot (20 - L)$	$\zeta = 1,0$
Железобетон и железобетон с жесткой арматурой	$\zeta = 1,5 + 0,07 \cdot (20 - L)$	$\zeta = 1,5$

7.7.4.3 [6.4.6.4(4)] Для пролетов менее 30м эффекты динамического взаимодействия масс транспортного средства и моста имеют тенденцию понижать пиковую реакцию в резонансе. Влияние этих эффектов может быть учтено за счет:

– выполнения динамического анализа взаимодействия транспортного средства и конструкции,

ПРИМЕЧАНИЕ Используемый метод учета динамического взаимодействия транспортного средства и конструкции моста должен быть согласован с организацией, уполномоченной государственным органом.

– увеличения значения демпфирования принимаемого для конструкции согласно Рисунка 7.15.

Для неразрезных балок должно использоваться наименьшее для всех пролетов значение $\Delta\zeta$, %. Полное, подлежащее использованию демпфирование задается выражением

$$\zeta_{TOTAL} = \zeta + \Delta\zeta, \quad (7.14)$$

$$\Delta\zeta = \frac{0,0187 \cdot L - 0,00064 \cdot L^2}{1 - 0,0441 \cdot L - 0,0044 \cdot L^2 + 0,000255 \cdot L^3} [\%], \quad (7.15)$$

где ζ — нижнее предельное значение в процентах от критического демпфирования, %, определяемое по Таблице 7.9.

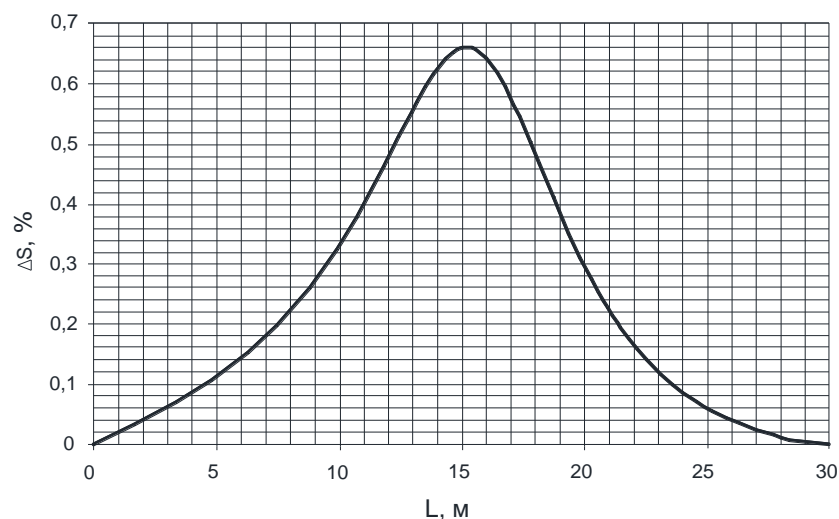


Рисунок 7.15 [Рисунок 6.15] - Дополнительное демпфирование $\Delta\zeta$, %, как функция длины пролета L, м

7.7.5 Жесткость моста

7.7.5.1 В соответствии с 6.4.6.3.3(1) СН РК EN 1991-2:2003/2011 максимальное воздействие динамической нагрузки, как правило, происходит на резонансных пиках, когда совпадают значения, кратные частоте нагрузки и собственная частота конструкции.

Любая переоценка жесткости моста приводит к завышению собственной частоты конструкции и скорости, на которой происходит резонанс.

7.7.5.2 [6.4.6.3.3(2)P] Для всей конструкции должна использоваться нижняя граница оценка жесткости.

7.7.5.3 В соответствии с 6.4.6.3.3(3) СН РК EN 1991-2:2003/2011 жесткость конструкции в целом, включая определение жесткости элементов конструкции, может быть оценена в соответствии с СН РК EN 1992 – СН РК EN 1994.

Значения модуля Юнга (модуль упругости) могут быть приняты по СН РК EN 1992 – СН РК EN 1994.

При цилиндрической прочности бетона при сжатии $f_{ck} \geq 50$ Н/мм² (прочности кубической при сжатии $f_{ck, cube} \geq 60$ Н/мм²) значение статического модуля Юнга (E_{cm}) должно быть ограничено значением, соответствующим прочности бетона $f_{ck} = 50$ Н/мм² ($f_{ck, cube} = 60$ Н/мм²).

7.7.6 Масса моста

7.7.6.1 В соответствии с 6.4.6.3.2(1) СН РК EN 1991-2:2003/2011 любая недооценка массы приводит к завышению собственной частоты конструкции и завышению транспортных скоростей, на которых происходит резонанс.

В резонансе максимальное ускорение конструкции обратно пропорционально массе конструкции.

7.7.6.2 [6.4.6.3.2(2)P] Следует рассматривать два отдельных случая для массы конструкции, включая балласт и рельсовый путь:

- нижняя граница оценки массы для предсказания максимального ускорения пролетного строения, с использованием минимально возможной плотности в сухом чистом состоянии и минимальной толщины балласта;

- верхняя граница оценки массы для прогнозирования самых малых скоростей, при которых, вероятно, будут происходить резонансные эффекты, с использованием максимально возможной плотности грязного мокрого балласта с допуском для будущих подъемов рельсовых путей.

7.7.6.3 Минимальная плотность балласта может быть принята равной 1700 кг/м³. Другие значения могут быть определены в проектной документации.

7.7.6.4 При отсутствии данных испытаний значения плотности материалов должны быть приняты по СН РК EN 1991-1-1:2002/2011.

7.7.7 Сочетания нагрузок и коэффициенты комбинаций для нагрузки HSLM

7.7.7.1 В соответствии с 6.4.6.1.2(1) СН РК EN 1991-2:2003/2011 для расчетов на динамическую нагрузку при вычислении значений массы, связанной с собственным весом и нагрузками, которые могут быть убраны с пролетного строения (балласт и т. д.), должны использоваться номинальные значения плотности.

7.7.7.2 Для расчетов на динамическую нагрузку должен быть нагружен один рельсовый путь (самый неблагоприятный) в соответствии с Таблицей 7.10.

**Таблица 7.10 — Перечень случаев загрузки в зависимости от количества
рельсовых путей на мосту**

Количество рельсовых путей на мосту	Нагруженный рельсовый путь	Нагрузка для расчетов на динамическую нагрузку
1	Один	Каждый реальный поезд и модель нагрузки HSLM (если требуется), двигающиеся в разрешенном(ых) направлении(ях) движения
2 (поезда, обычно едущие в противоположных направлениях ^{а)})	Любой рельсовый путь	Каждый реальный поезд и модель нагрузки HSLM (если требуется), двигающиеся в разрешенном(ых) направлении(ях) движения
	Другой рельсовый путь	Нет
^{а)} Для мостов, несущих два рельсовых пути с поездами, обычно едущими в одном и том же направлении, или несущих три или более рельсовых путей с максимальной линейной скоростью в данном месте, превышающей 200 км/ч, нагружение должно быть согласовано с организацией, уполномоченной государственным органом.		

7.7.7.3 Согласно 6.4.6.1.2 (4) СН РК EN 1991-2:2003/2011 если результаты расчета, полученные в рамках расчетов на динамическую нагрузку, превышают результаты, полученные на основании модели нагрузки 71 (и модели нагрузки SW/0 для неразрезных конструкций) в соответствии с 7.7.8.3 для рельсового пути, то результаты расчета, полученные в рамках расчетов на динамическую нагрузку, должны сочетаться с:

- результатами расчета от горизонтальных сил, воздействующих на рельсовый путь, подвергающийся нагрузке в расчетах на динамическую нагрузку;
- результатами расчета для вертикальной и горизонтальной нагрузок, воздействующих на другой рельсовый путь (пути).

7.7.7.4 В соответствии с 6.4.6.1.2(5) СН РК EN 1991-2:2003/2011 если результаты расчета нагрузки, полученные в рамках расчетов на динамическую нагрузку, превышают результаты, полученные на основании модели нагрузки 71 (и модели нагрузки SW/0 для неразрезных конструкций), то результаты для динамической нагрузки (изгибающие моменты, сдвиг, деформации и т. д., исключая ускорение), определенные на основании расчетов на динамическую нагрузку, должны быть увеличены с помощью коэффициентов сочетания, приведенных в Приложении А. Коэффициенты сочетания не должны применяться к нагрузке HSLM, при определении ускорения пролета моста.

7.7.7.5 В соответствии с 6.4.6.1.2(7) СН РК EN 1991-2:2003/2011 мост должен быть рассчитан на дополнительные эффекты влияющие на выносливость в резонансе на любом рельсовом пути.

7.7.8 Проверки предельных состояний при необходимости динамического расчета

7.7.8.1 В соответствии с 6.4.6.5(1)Р СН РК EN 1991-2:2003/2011 чтобы гарантировать безопасность железнодорожного движения необходимо:

— провести проверку максимального пикового ускорения пролета, которую следует рассматривать как требование безопасности железнодорожного движения; проверяется для второго предельного состояния (эксплуатационной пригодности) для предотвращения неустойчивости рельсовых путей;

— динамическая добавка влияния нагрузки должна быть учтена путем умножения статической нагрузки на динамический коэффициент Φ . Если необходим расчет на динамическую нагрузку, то результаты расчетов на динамическую нагрузку должны быть сопоставлены с результатами статического анализа, умноженными на коэффициент Φ (и, если это необходимо, умноженными на коэффициент α), причем должны использоваться самые неблагоприятные результаты расчета;

— если необходим расчет на динамическую нагрузку, то должна быть выполнена дополнительная проверка на выносливость, чтобы установить, перекрывается ли дополнительная нагрузка на выносливость при высоких скоростях и в резонансе с рассмотрением напряжений, обусловленных результатами расчета типа ($\Phi \times$ модель нагрузки 71) и, если требуется, типа ($\Phi \times$ модель нагрузки SW/0) — для неразрезных конструкций и классифицированной вертикальной нагрузки, если это требуется. В проекте должно использоваться самое неблагоприятное нагружение для расчета на выносливость.

7.7.8.2 Максимально разрешенные пиковые расчетные значения ускорения пролетного строения, вычисленные вдоль линии рельсового пути, не должны превосходить рекомендуемые значения, приведенные в А2.4.4.2.1 Приложения А.2 СН РК EN 1990:2002+A1:2005/2011.

7.7.8.3 Согласно 6.4.6.5(3) СН РК EN 1991-2:2003/2011 если необходим расчет на динамическую нагрузку, то он должен использоваться для определения динамической добавки φ^I_{dyn} , о которой сказано в 7.3.5.1.

При расчете моста при учете всех вариантов воздействия вертикальных нагрузок от транспортных средств, должна быть использована самая неблагоприятная из величин:

$$\left(1 + \varphi^I_{dyn} + \varphi^{II} / 2\right) \cdot \begin{pmatrix} HSLM \\ или \\ RT \end{pmatrix}, \quad (7.16)$$

или

$$\Phi \cdot (LM71 \text{ «+» } SW/0), \quad (7.17)$$

где HSLM — модель нагрузки для высокоскоростных линий, принимаемая для конкретного проекта;

(LM71 «+» SW/0) является моделью нагрузки 71 и, если это обосновано, моделью нагрузки SW/0 для неразрезных мостов (или для классифицированной вертикальной нагрузки);

RT - нагрузки, вызванные всеми реальными поездами;

$\varphi^{\text{II}}/2$ - увеличение расчетных результатов для динамической нагрузки (напряжения, прогибы, ускорение пролетного строения моста и т. д.), вызванной дефектами рельсовых путей и недостатками транспортного средства для тщательно обслуживаемого рельсового пути (величина φ^{II} должна использоваться для рельсовых путей со стандартным обслуживанием);

Φ - динамический коэффициент, определяемый в соответствии с пунктом 7.3.3.

7.8 Аэродинамические воздействия от проходящих поездов

7.8.1 Общие положения

7.8.1.1 Аэродинамические воздействия от проходящих поездов должны учитываться при расчете конструкций зданий и сооружений, расположенных вблизи железнодорожных путей.

ПРИМЕЧАНИЕ Данный раздел относится скорее к мостовым переходам через железную дорогу, а также различным зданиям и сооружениям, расположенным вблизи рельсовых путей.

Прохождение железнодорожных составов подвергает любую конструкцию, расположенную около рельсовых путей, воздействию бегущей волны с переменным (по своему направлению) давлением.

Величина воздействия зависит главным образом от:

- квадрата скорости поезда;
- аэродинамической формы поезда;
- формы конструкции;
- расстояния между поездом и конструкцией.

Аэродинамические воздействия заменяются эквивалентными нагрузками в голове и хвосте поезда. Данные нагрузки должны быть учтены при проверке предельных состояний по эксплуатационной пригодности и потере несущей способности, а также проверке на выносливость окружающих железнодорожный путь конструкций зданий и сооружений.

7.8.1.2 В пунктах 7.8.2÷7.8.6 максимальная расчетная скорость V , км/ч, должна приниматься равной максимальной линейной скорости в данном месте, за исключением случаев, когда конструктивный элемент не подвержен прямому воздействию ветровых нагрузок, то воздействие q_{fk} , возникающее в результате аэродинамического эффекта, следует определять исходя из скорости движения поезда.

7.8.1.3 В начале и конце конструкций, примыкающих к рельсовым путям, на протяжении длины 5 м от начала и конца конструкции, измеренной параллельно рельсовым путям, эквивалентные нагрузки, описанные в пунктах 7.8.2 ÷ 7.8.6 настоящего пособия должны быть умножены на повышающий динамический коэффициент равный величине 2,0.

7.8.2 Аэродинамические воздействия на вертикальные поверхности, параллельные рельсовым путям (например, шумовые защитные экраны)

7.8.2.1 Характеристические значения воздействий $\pm q_{1k}$ вычисляются основе зависимостей скоростей поезда и расстояния до грани конструкции влияющих на величину эквивалентного давления. Зависимости приведены на графиках Рисунка 7.16.

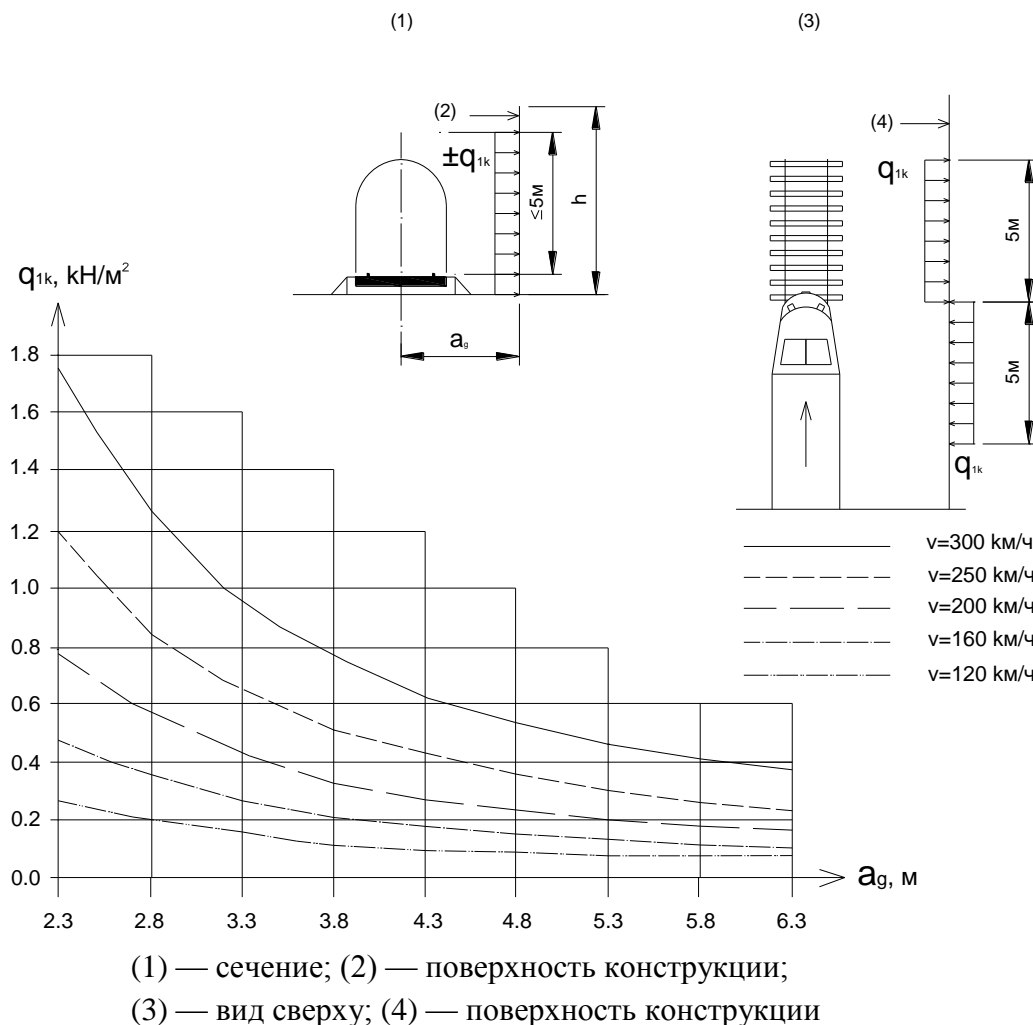


Рисунок 7.16 [Рисунок 6.22] - Характеристические значения эквивалентных давлений q_{1k} для вертикальных поверхностей, параллельных рельсовому пути

7.8.2.2 [6.6.2(2)] Данные характеристические значения относятся к поездам с неблагоприятной аэродинамической формой и могут быть уменьшены:

— коэффициентом $k_1 = 0,85$ - для поездов с подвижным составом с гладкими сторонами;

— коэффициентом $k_1 = 0,6$ - для обтекаемого подвижного состава (например, для поездов ETR, ICE, TGV, Eurostar или аналогичных).

7.8.2.3 Если рассматривается небольшая часть вертикальной стены высотой $\leq 1,00 \text{ м}$ и длиной $\leq 2,50 \text{ м}$, например элемент стенки шумовой защиты, воздействия q_{1k} должны быть увеличены на коэффициент $k_2 = 1,3$.

7.8.3 Аэродинамические воздействия на горизонтальные поверхности над рельсовыми путями (например, верхние защитные конструкции)

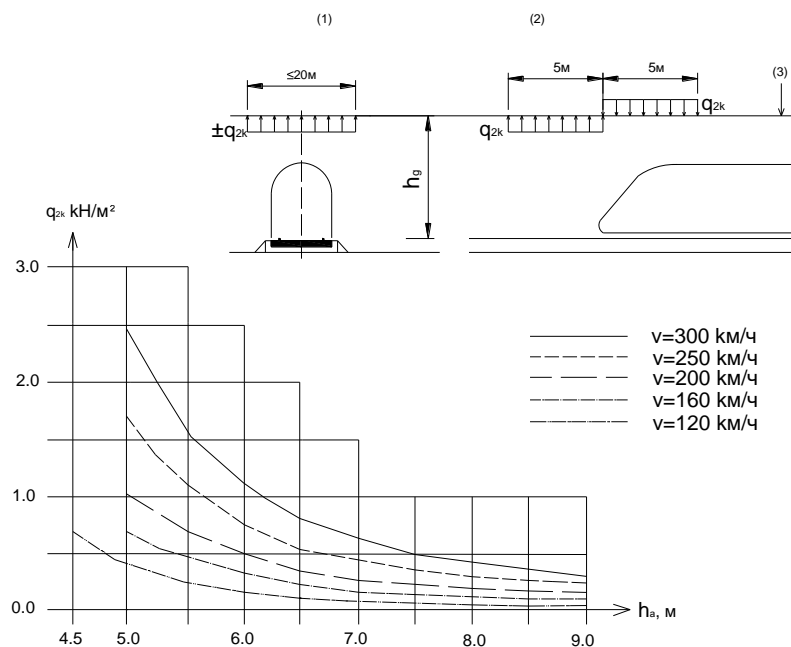
7.8.3.1 Характеристические значения воздействий $\pm q_{2k}$ приведены на Рисунке 7.17.

7.8.3.2 Ширина нагружения для рассчитываемого конструктивного элемента имеет длину до 10 м с любой стороны от осевой линии рельсовых путей.

7.8.3.3 В [6.6.3(3)] Для поездов, проходящих друг около друга в противоположных направлениях, воздействия должны быть добавлены. Следует рассматривать нагрузку от поездов только на двух рельсовых путях.

7.8.3.4 Воздействия q_{2k} могут быть уменьшены с помощью коэффициента k_1 , определенного в подпункте 7.8.2.2.

7.8.3.5 Воздействия, действующие на кромку широкой конструкции, которая пересекает рельсовый путь, могут быть умножены на коэффициент 0,75 для ширины включительно до 1,50 м.



(1) — сечение; (2) — вертикальная проекция; (3) — обратная сторона конструкции

Рисунок 7.17 [Рисунок 6.23] - Характеристические значения эквивалентных давлений q_{2k} для горизонтальных поверхностей выше рельсовых путей

7.8.4 Аэродинамические воздействия на горизонтальные поверхности, примыкающие к рельсовым путям (например, навесы платформ без вертикальных стен)

7.8.4.1 Характеристические значения воздействий $\pm q_{3k}$ определяются по зависимостям, приведенным на Рисунке 7.18 и применяются независимо от аэродинамической формы поезда.

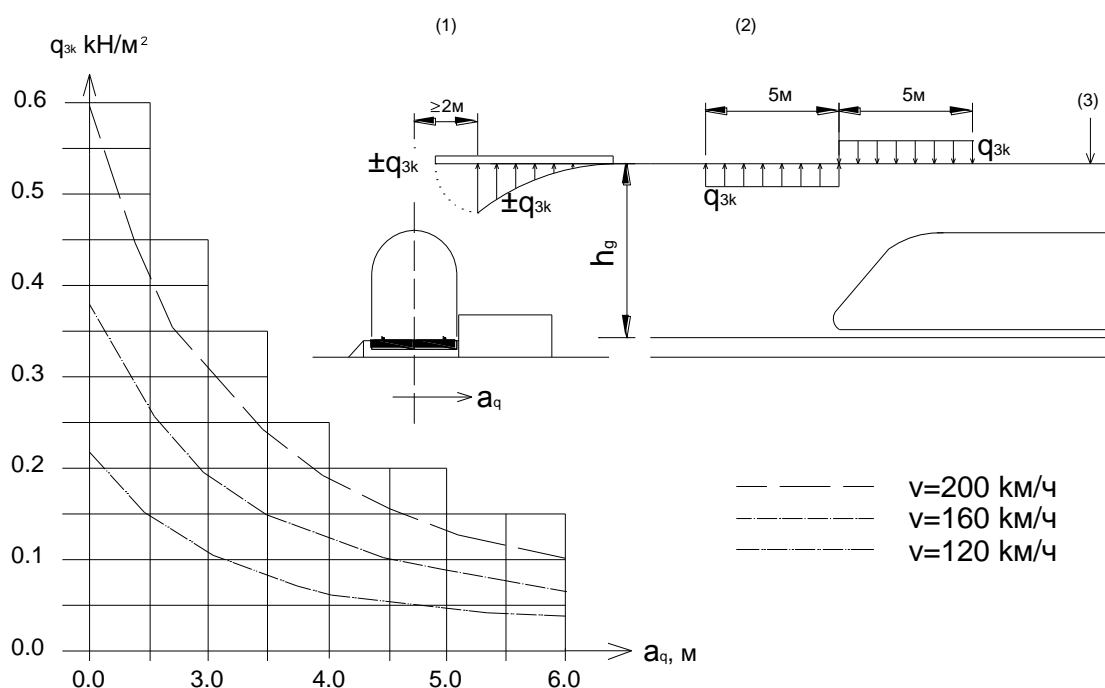
7.8.4.2 [6.6.4(2)] Для каждого положения вдоль подлежащей расчету конструкции величина q_{3k} должна быть определена как функция расстояния a_g от ближайшего рельсового пути. Воздействия должны быть добавлены, если имеются рельсовые пути с обеих сторон рассматриваемого элемента конструкции.

7.8.4.3 Если расстояние h_g превышает 3,80 м т.е. $3,8 \text{ м} < h_g < 7,5 \text{ м}$, то воздействие q_{3k} может быть уменьшено с помощью коэффициента k_3 определяемого по формуле:

$$k_3 = \frac{(7,5 - h_g)}{3,7}, \quad (7.18)$$

где h_g - расстояние, м, от верхнего уровня рельса до обратной стороны конструкции.

При $h_g \geq 7,5 \text{ м}$ коэффициент k_3 принимается равным $k_3 = 0$.



(1) — сечение; (2) — вертикальная проекция; (3) — обратная сторона конструкции

Рисунок 7.18 [Рисунок 6.24] - Характеристические значения воздействий q_{3k} для горизонтальных поверхностей, примыкающих к рельсовым путям

7.8.5 Аэродинамические воздействия на конструкции, содержащие много поверхностей (вертикальных, горизонтальных или наклонных) рядом с рельсовым путем (например, наклоненные шумовые барьеры, навесы платформы с вертикальными стенами)

7.8.5.1 [6.6.5(1)] Характеристические значения воздействий $\pm q_{4k}$, приведенные на Рисунке 7.19, должны быть приложены по нормали к рассматриваемым поверхностям. Эти воздействия должны быть получены из графиков на Рисунке 7.16, причем расстояние от пути должно быть принято меньшим из:

$a'_g = 0,6 \cdot \min a_g + 0,4 \cdot \max a_g$ или 6 м,

где расстояния $\min a_g$ и $\max a_g$ показаны на Рисунке 7.19.

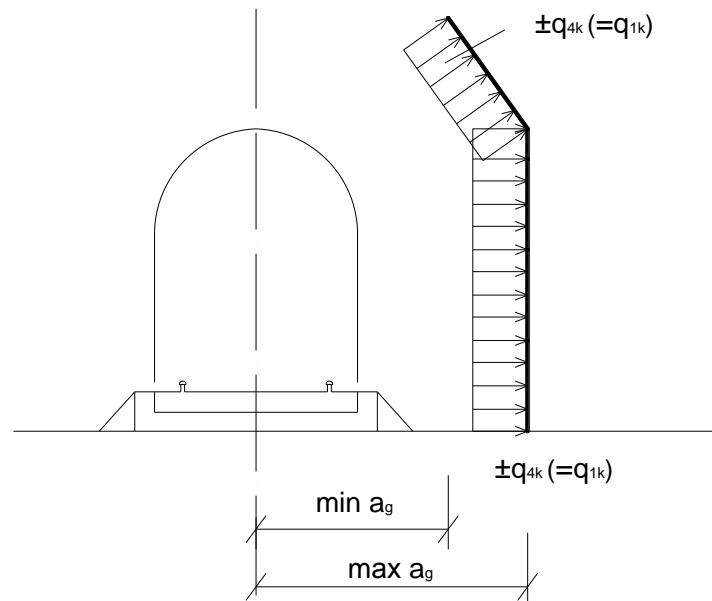


Рисунок 7.19 [Рисунок 6.25] - Определение расстояний $\min a_g$ и $\max a_g$ от осевой линии рельсового пути

7.8.5.2 [6.6.5(2)] Если $\max a_g > 6$ м, то должно использоваться значение $\max a_g = 6$ м.

7.8.5.3 [6.6.5(3)] Должны использоваться коэффициенты k_1 и k_2 , определенные в пункте 7.8.2.

7.8.6 Аэродинамические воздействия на поверхности, примыкающие к габаритам приближения конструкций вдоль ограниченной длины (до 20 м) (горизонтальная поверхность над рельсовыми путями и, как минимум, одна вертикальная стена, например, подмости, временные сооружения)

7.8.6.1 [6.6.6(1)] Все воздействия должны быть приложены независимо от аэродинамической формы поезда:

— к полной высоте вертикальных поверхностей $\pm k_4 q_{1k}$;

где q_{1k} — определяется согласно пункту 7.8.2;

$k_4 = 2$;

— к горизонтальным поверхностям $\pm k_5 q_{2k}$,

где q_{2k} — определяется согласно пункту 7.8.3 только для одного рельсового пути;

$k_5 = 2,5$, если примыкающими конструкциям окружен один рельсовый путь;

$k_5 = 3,5$, если примыкающими конструкциям окружено два рельсовых пути.

7.9 Нагрузки от железнодорожного движения для оценки усталости

7.9.1 Оценка усталостного воздействия должна быть выполнена для всех элементов конструкции, которые подвергнуты перепадам напряжения от действия переменных

нагрузок железнодорожного движения. Проверки усталости выполняются согласно положениям СН РК EN 1992-2, СН РК EN 1993-2 и СН РК EN 1994-2.

7.9.2 При нормальном транспортном потоке, основанном на характеристических значениях модели нагрузки 71, включая динамический коэффициент Φ , оценка выносливости должна быть выполнена на основе транспортных композиций.

Транспортные композиции «стандартного транспортного потока», «транспортного потока с нагрузками на ось 250 кН» или «композиции с неинтенсивным транспортным потоком» принимаются в зависимости от предполагаемого режима эксплуатации. Детальные сведения о рассматриваемых поездах обслуживания и транспортных композициях и применяемой динамической добавке приведены в приложении В, а также в подразделе 7.2 настоящего пособия.

7.9.3 Если предполагаемые условия эксплуатации существенно отличаются от представленных транспортных композиций (например, при эксплуатации преимущественно под отдельные тяжелые составы, или для транспортного потока со значением α , превышающим 1), то должна быть определена альтернативная транспортная композиция на основе данных о предполагаемом режиме эксплуатации.

7.9.4 Каждая из композиций основана на тоннаже годового грузооборота в $25 \cdot 10^6$ т, проходящего по мосту на каждом рельсовом пути.

7.9.5 [6.9(5)P] Для конструкций, несущих многопутные железнодорожные линии, усталостное нагружение должно быть применено максимум к двум рельсовым путям в самых неблагоприятных положениях.

7.9.6 [6.9(6)] Усталостное повреждение должно оцениваться на протяжении расчетного срока эксплуатации, принятого 100 лет.

7.9.7 [6.9(7)] В качестве альтернативного подхода оценка усталости может быть выполнена на основе специальной транспортной композиции, определенной в конкретном проекте и согласованной Заказчиком.

7.9.8 [6.9(9)] Вертикальные воздействия железнодорожного движения, включая динамические эффекты и центробежные силы, должны быть учтены при оценке усталости. Как правило, при оценке усталости можно пренебречь боковым давлением колес и продольными транспортными воздействиями. В некоторых специальных ситуациях, например, для мостов, несущих рельсовые пути на конечных станциях, при оценке усталости следует учитывать эффект от продольных воздействий.

7.10 Аварийные воздействия. Сход с рельсов

7.10.1 Воздействия, возникающие при сходе с рельсов железнодорожного транспорта на железнодорожном мосту

7.10.1.1 [6.7.1(1)P] Сход с рельсов железнодорожного транспорта на железнодорожном мосту должен рассматриваться как аварийная расчетная ситуация.

7.10.1.2 [6.7.1(2)P] Должны быть рассмотрены две такие расчетные ситуации:

— расчетная ситуация I: сход с рельсов железнодорожных транспортных средств, причем сошедшие с рельс транспортные средства остаются в области рельсовых путей на

пролетном строении моста и удерживаются соседними рельсами или вертикальной стеной;

— расчетная ситуация II: сход с рельсов железнодорожных транспортных средств, причем сошедшие с рельс транспортные средства балансируют на краю моста и нагружают край пролетного строения, исключая неконструктивные элементы, например пешеходные дорожки.

7.10.1.3 [6.7.1(3)P] Для расчетной ситуации I следует избегать разрушения основной части конструкции, однако локальное повреждение может быть допущено. Части рассматриваемой конструкции должны быть запроектированы применительно к следующим расчетным нагрузкам в аварийной расчетной ситуации (см. Рисунок 7.20):

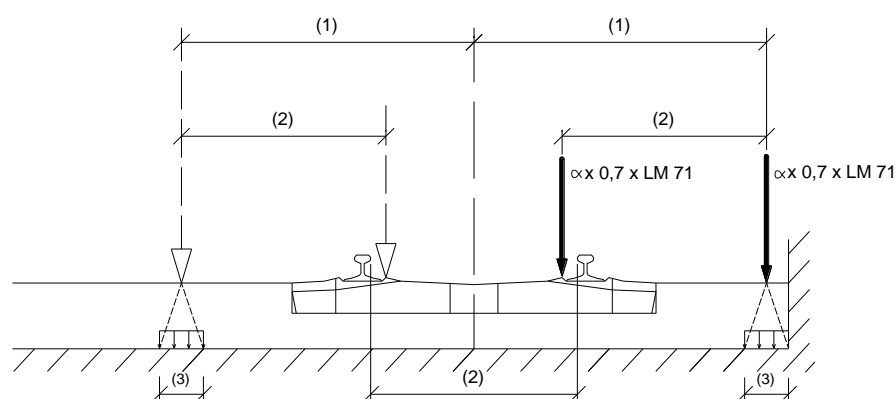
- $\alpha \times 1,4 \times LM\ 71$ (как сосредоточенные нагрузки, так и равномерно распределенная нагрузка Q_{A1d} и q_{A1d}), приложенные параллельно рельсовым путям в самой неблагоприятной позиции внутри области шириной, равной ширине колеи, умноженной на 1,5, с обеих сторон от центральной линии рельсового пути.

7.10.1.4 В расчетной ситуации II мост не должен опрокинуться или разрушиться. Для определения общей устойчивости должна быть принята максимальная общая длина 20 м для $q_{A2d} = \alpha \times 1,4 \times LM71$, которая принимается как равномерно распределенная вертикальная нагрузка, действующая на краю рассматриваемой конструкции. Данная нагрузка рассматривается только для определения предела прочности и устойчивости конструкций в целом.

7.10.1.5 Расчетные ситуации I и II должны рассматриваться по отдельности. Не следует рассматривать комбинацию этих нагрузок (см. Рисунки 7.20 и 7.21).

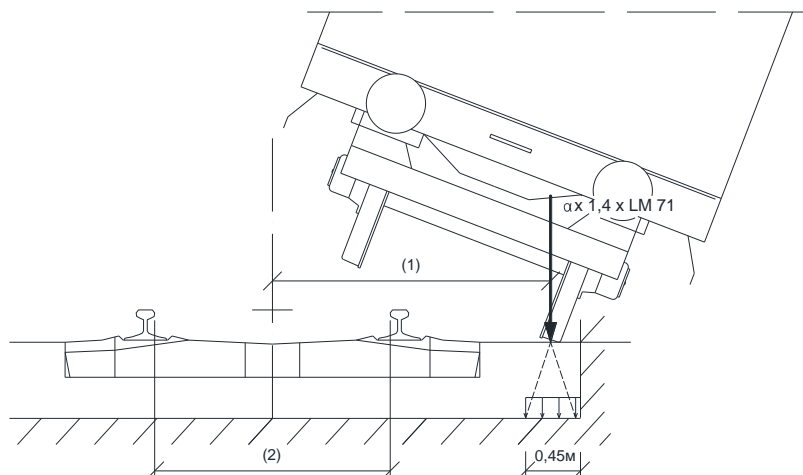
7.10.1.6 В расчетных ситуациях I и II следует пренебречь другими воздействиями железнодорожного сообщения для рельсового пути, подвергающегося воздействиям, обусловленным сходом с рельсов.

Динамические коэффициенты не должны применяться к расчетным нагрузкам по 7.10.1.3 и 7.10.1.4.



- (1) — $\max 1,5s$ или менее, если напротив стены; (2) — ширина колеи s ;
 (3) — можно принять, что для балластированных настилов сосредоточенные силы распределены по квадрату со стороной 450 мм сверху настила.

Рисунок 7.20 [Рисунок 6.26] - Расчетная ситуация I - эквивалентная нагрузка Q_{A1d} и q_{A1d}



(1) — нагрузка, действующая на краю конструкции; (2) — ширина колеи s

Рисунок 7.21 [Рисунок 6.27] - Расчетная ситуация II - эквивалентная нагрузка q_{A2a}

7.10.1.7 [6.7.1(8)P] Для элементов конструкции, расположенных выше уровня рельсов, меры, предпринимаемые для смягчения последствий схода с рельсов, должны соответствовать указанным требованиям.

7.10.2 Сход с рельсов под конструкцией или рядом с ней и другие воздействия для аварийных расчетных ситуаций

7.10.2.1 [6.7.2(1)P] Когда происходит сход с рельсов, есть риск столкновения между сошедшими с рельсов транспортными средствами и конструкциями, расположенными над рельсовым путем или рядом с ним. Требования к ударной нагрузке и другие расчетные требования определены в СН РК EN 1991-1-7:2006/2011.

7.10.2.2 [6.7.2(2)] Другие воздействия для аварийных расчетных ситуаций приведены в СН РК EN 1991-1-7:2006/2011 и должны быть учтены.

Приложение А (информационное)

А.1 Общая информация

А.1.1 СН РК EN 1990:2002+A1:2005/2011 «Основы строительного проектирования» устанавливает два предельных состояния, которые следует учитывать при проектировании сооружений:

– критические предельные состояния (предельное состояние по несущей способности - ULS);

– критические состояния по эксплуатационной пригодности (SLS).

А.1.2 Критические состояния по несущей способности связаны с безопасностью жизни людей и безопасностью сооружения в целом. К таким предельным состояниям относят, прежде всего, прочность, устойчивость формы и устойчивость положения, выносливость.

А.1.3 Предельные состояния по эксплуатационной пригодности связаны с возможностью нормальной эксплуатации сооружения, обеспечением комфортности использования сооружения людьми, эстетическими свойствами. К предельным состояниям по эксплуатационной пригодности относятся, прежде всего: контроль деформаций, прогибов, углов перелома профиля проезда, ускорения, амплитуды и частоты колебания сооружения под нагрузкой, трещиностойкость и т.д.

А.1.4 Каждое предельное состояние следует рассматривать применительно к расчетным ситуациям, которые возможно будут реализованы на протяжении всего срока службы сооружения. Для мостовых сооружений срок службы принят равным 100 лет.

А.1.5 Выделяются следующие расчетные ситуации:

– постоянные расчетные ситуации, соответствующие нормальным условиям эксплуатации сооружения;

– переходные расчетные ситуации, соответствующие условиям, ограниченным во времени, например, в процессе строительства или ремонта;

– аварийные расчетные ситуации, относящиеся к исключительным условиям или случаям, в процессе которых сооружение подвергается, например, пожару, взрыву, удару или последствиям локального разрушения;

– сейсмические расчетные ситуации, соответствующие сейсмическим воздействиям на сооружение.

А.1.6 В пособии изложены постоянные, переходные и аварийные расчетные ситуации, связанные с автомобильным, пешеходным и железнодорожным движением.

А.2 Репрезентативные значения переменных воздействий

А.2.1 В качестве репрезентативных значений воздействий (значения воздействий, которые необходимо учитывать при проектировании) принимается четыре уровня значений, использующихся в различных предельных состояниях:

– Характеристическое значение Q_k ;

- Комбинационное значение $\psi_0 Q_k$;
- Частое значение $\psi_1 Q_k$;
- Квазипостоянное значение $\psi_2 Q_k$.

А.2.2 Характеристическое значение используется прежде всего для проверок предельного состояния по несущей способности и в части проверок по эксплуатационной пригодности. Характеристическое значение является аналогом термину «нормативное». Во время всего срока службы сооружения данное значение воздействия может ни разу и не реализоваться.

А.2.3 Комбинационное значение воздействия представляет собой ту часть характеристического значения, которую следует принимать в расчет при учете совместно с другими переменными воздействиями.

А.2.4 Под частым значением понимает такое значение переменного воздействия которое может реализовываться регулярно. Данное значение используется прежде всего для предельных состояний по эксплуатационной пригодности.

А.2.5 Квазипостоянное значение воздействия используется при учете длительных процессов и аварийных расчетных ситуациях. Квазипостоянное значение переменного воздействия соответствует такому уровню переменного воздействия, которое возможно считать постоянным.

А.2.6 Для автодорожных мостов значения коэффициентов ψ для различных моделей нагрузок приведены в Таблице А.1. Для пешеходных мостов значения коэффициентов ψ приведены в Таблице А.2. Для железнодорожных мостов значения коэффициентов приведены в Таблице А.3.

Таблица А.1 [Таблица А2.1 СН РК EN 1990:2002+А1:2005/2011] – Рекомендуемые численные значения коэффициентов ψ для автодорожных мостов

Воздействие	Обозначение		Ψ_0	Ψ_1	Ψ_2
Транспортные нагрузки	gr1a (LM1+нагрузки на пешеходные или велосипедные дорожки) ¹⁾	На две оси	0,75	0,75	0
		Равномерно распределенная нагрузка	0,40	0,40	0
		Нагрузка на пешеходные или велосипедные дорожки ²⁾	0,40	0,40	0
	gr1b (на одну ось)		0	0,75	0
	gr2 (горизонтальные усилия)		0	0	0
	gr3 (нагрузка на пешеходные дорожки)		0	0,4	0
	gr4 (LM4 – скопления людей)		0	—	0
	gr5 (LM3 – специальные транспортные средства)		0	—	0

¹⁾ Рекомендуемые значения ψ_0 , ψ_1 , ψ_2 для групп нагрузок gr1a и gr1b распространяются на автодорожное движение и применяются с корректирующими коэффициентами α_{Q1} , α_{qi} , α_{qf} и β_Q равными единице. Значения для равномерно распределенной нагрузки соответствуют обычным сценариям движения, при которых скопление грузовых транспортных средств может происходить редко. Для других классов дорог или других дорожно-транспортных ситуаций могут применяться другие численные значения коэффициентов α . Например, для равномерно распределенной нагрузки в системе LM1 может применяться значение ψ_2 , отличное от нуля, если мост постоянно находится под нагрузкой от непрерывного потока тяжелых транспортных средств. См. также EN 1998.

²⁾ Комбинационное значение нагрузок на пешеходные и велосипедные дорожки, указанное в Таблице 4.4а EN 1991-2, является «уменьшенным» значением. Для этого значения применимы коэффициенты ψ_0 и ψ_1 .

Таблица А.2 [Таблица А2.2 СН РК EN 1990:2002+A1:2005/2011] – Рекомендуемые значения коэффициентов ψ для пешеходных мостов

Воздействие	Обозначение	ψ_0	ψ_1	ψ_2
Транспортные нагрузки	gr1	0,40	0,40	0
	Q_{fwb}	0	0	0
	gr2	0	0	0

Таблица А.3 [Таблица А2.3 СН РК EN 1990:2002+A1:2005/2011] – Рекомендуемые численные значения коэффициентов ψ для железнодорожных мостов

Воздействия		ψ_0	ψ_1	$\psi_2^{2)}$
Составляющие воздействия транспортных нагрузок ³⁾	LM 71	0,80	1)	0
	SW/0	0,80	1)	0
	SW/2	0	1,00	0
	Порожний поезд	1,00	—	—
	HSLM	1,00	1,00	0
	Тяговые и тормозные Центробежная сила Силы взаимодействия от деформаций при вертикальных транспортных нагрузках	Для отдельных составляющих транспортных воздействий в расчетной ситуации, когда транспортные нагрузки рассматриваются как одно многокомпонентное доминирующее воздействие, а не как группы нагрузок, следует применять те же коэффициенты ψ , что и рекомендуемые для соответствующих вертикальных нагрузок.		
	Пролет моста в горизонтальной плоскости (Боковой удар. Динамическая нагрузка)	1,00	0,80	0
	Нагрузки на хозяйственные (служебные) пути	0,80	0,50	0
	Расчетная схема нагрузок на мост («нормальный поезд» для расчета мостов)	1,00	1,00	0
	Горизонтальное давление грунта вследствие превышения транспортных нагрузок на территории, прилегающей к мостовым опорам и сооружениям	0,80	1)	0
	Аэродинамические воздействия	0,80	0,50	0

Таблица А.3 [Таблица А2.3 СН РК EN 1990:2002+A1:2005/2011] – **Рекомендуемые численные значения коэффициентов ψ для железнодорожных мостов** (продолжение)

Воздействия			Ψ_0	Ψ_1	$\Psi_2^{2)}$
Воздействия основных транспортных нагрузок (группы нагрузок)	gr11 (LM71+SW/0)	Максимальное вертикальное 1 с максимальным продольным	0,80	0,80	0
	gr12 (LM71+SW/0)	Максимальное вертикальное 2 с максимальным поперечным			
	gr13 (торможение/ начало движения)	Максимальное продольное			
	gr14 (центробежная сила/пролет моста в горизонтальной плоскости)	Максимальное боковое			
	gr15 (порожний поезд)	Боковая устойчивость при «порожном поезде»			
	gr16 (SW/2)	SW/2 с максимальным продольным			
	gr17 (SW/2)	SW/2 с максимальным поперечным			
	gr21 (LM71+SW/0)	Максимальное вертикальное 1 с максимальным продольным	0,80	0,70	0
	gr22 (LM71+SW/0)	Максимальное вертикальное 2 с максимальным поперечным			
	gr23 (торможение/ начало движения)	Максимальное продольное			

Таблица А.3 [Таблица А2.3 СН РК EN 1990:2002+A1:2005/2011] – **Рекомендуемые численные значения коэффициентов ψ для железнодорожных мостов** (продолжение)

Воздействия			Ψ_0	Ψ_1	$\Psi_2^{2)}$
	gr24 (центробежная сила/пролет моста в горизонтальной плоскости)	Максимальное боковое			
	gr26 (SW/2)	SW/2 с максимальным продольным			
	gr27 (SW/2)	SW/2 с максимальной поперечной			
	gr31 (LM71+SW/0)	Случаи дополнительных нагрузок	0,80	0,60	0
Другие эксплуатационные воздействия	Аэродинамическое воздействие		0,80	0,50	0
	Общие нагрузки от ремонтных работ на хозяйственных путях		0,80	0,50	0

1) 0,8 при нагрузке только на один рельс.
0,7 при одновременной нагрузке на два рельса.
0,6 при одновременной нагрузке на три рельса и более.

2) В случае учета деформаций от воздействий железнодорожного транспортного при постоянных и переходных расчетных ситуациях, применяют Ψ_2 равное 1,00. Для сейсмических расчетных ситуаций см. Таблицу А2.5 СН РК EN 1990:2002+A1:2005/2011.

3) Минимальная вертикальная нагрузка, действующая одновременно с отдельными составляющими транспортной нагрузки (например, центробежной силой, тягой или торможением), составляет 0,5LM71, и т.д.

А.3 Расчетные значения воздействий

А.3.1 Для проверок предельных состояний приняты три вида выражений, использующихся в расчетах для определения общего неблагоприятного значения искомого фактора напряженно деформируемого состояния.

Каждому выражению соответствуют свои значения коэффициентов надежности и правила сочетания:

- Группа А используется при проверках устойчивости положения;
- Группа В используется для основных проверок критических и эксплуатационных предельных состояний;
- Группа С используется для решения геотехнических задач.

Основной группой является группа В. Также отдельно выделены аварийные ситуации.

А.3.2 Для критических предельных состояний правила комбинаций и коэффициенты надежности указаны в Таблицах А.4 ÷ А.6.

Аварийные случаи рассматриваются в Таблице А.7.

Таблица А.4 [Таблица А2.4 (А) СН РК EN 1990:2002+А1:2005/2011] – **Расчетные значения воздействий (EQU) (группа А)**

Постоянные и переходные расчетные ситуации	Постоянные воздействия		Предварительное напряжение	Доминирующее переменное воздействие	Сопутствующие переменные воздействия	
	неблагоприятные	благоприятные			основное (при наличии)	прочие
Формула (6.10) СН РК EN 1990	$\gamma_{G,j,sup} G_{k,j,sup}$	$\gamma_{G,j,inf} G_{k,j,inf}$	$\gamma_P P$	$\gamma_{Q,1} Q_{k,1}$		$\gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$
<p>ПРИМЕЧАНИЕ</p> <p>Для постоянных расчетных ситуаций рекомендованы следующие коэффициенты γ:</p> <p>$\gamma_{G,sup} = 1,05$;</p> <p>$\gamma_{G,inf} = 0,95$;</p> <p>$\gamma_Q = 1,35$ для воздействий от автодорожного транспорта и пешеходного движения при неблагоприятном воздействии (0 при благоприятном воздействии);</p> <p>$\gamma_Q = 1,45$ для воздействий от железнодорожного транспорта при неблагоприятном воздействии (0 при благоприятном воздействии);</p> <p>$\gamma_Q = 1,50$ для всех других переменных воздействий в постоянных расчетных ситуациях при неблагоприятном воздействии (0 при благоприятном воздействии);</p> <p>γ_P = рекомендуемые значения приведены в соответствующих СН РК EN.</p> <p>$Q_{k,1}$ обозначает доминирующее дестабилизирующее переменное воздействие, а $Q_{k,i}$ – основные сопутствующие дестабилизирующие переменные воздействия для подтверждений стабильного положения в переходных расчетных ситуациях.</p> <p>Для этапа строительных работ, при наличии соответствующего контроля, рекомендованы следующие значения коэффициентов γ:</p> <p>$\gamma_{G,sup} = 1,05$;</p> <p>$\gamma_{G,inf} = 0,95$;</p> <p>$\gamma_Q = 1,35$ для неблагоприятных воздействий при производстве работ (0 при благоприятных воздействиях);</p> <p>$\gamma_Q = 1,50$ для всех других переменных воздействий при неблагоприятном воздействии (0 при благоприятном воздействии).</p> <p>* Переменные воздействия содержатся в Таблицах А.1÷А.3.</p>						

Таблица А.5 [Таблица А2.4(В) СН РК EN 1990:2002+A1:2005/2011] – Расчетные значения воздействий (STR/GEO) (группа В)

Постоянная и переходная расчетные ситуации	Постоянные воздействия		Предварительное напряжение	Доминирующее переменное воздействие*	Сопутствующие переменные воздействия*	
	неблагоприятные	благоприятные			основные (при наличии)	прочие
Формула (6.10) СН РК EN 1990	$\gamma_{G, sup} G_{k, sup}$	$\gamma_{G, inf} G_{k, inf}$	$\gamma_P P$	$\gamma_{Q,1} Q_{k,1}$	$\gamma_{Q,1} \psi_{0,1} Q_{k,1}$	$\gamma_{Q,1} \psi_{0,1} Q_{k,1}$

ПРИМЕЧАНИЕ Для формул 6.10 или 6.10b рекомендованы следующие значения γ и ξ :

$\gamma_{G, sup} = 1,35$ ¹⁾;

$\gamma_{G, inf} = 1,00$;

$\gamma_Q = 1,35$, если Q – неблагоприятное воздействие от автомобильного и пешеходного движения (0 при благоприятном воздействии);

$\gamma_Q = 1,45$, если Q представляет неблагоприятное воздействие от железнодорожного транспорта в форме групп нагрузок от 11 до 31 (кроме 16, 17, 26³⁾ и 27³⁾), моделей нагрузок LM71, SW/0 и HSLM, а также реальные поезда, учитываемые как отдельное доминирующее транспортное воздействие (0 – при благоприятном воздействии);

$\gamma_Q = 1,20$, если Q – неблагоприятное воздействие от железнодорожного транспорта в форме групп нагрузок от 16 и 17 и SW/2 (0 при благоприятном воздействии);

$\gamma_Q = 1,50$ для других транспортных и других переменных воздействий ²⁾;

$\xi = 0,85$ (так чтобы $\xi \gamma_{G, sup} = 0,85 \cdot 1,35 \approx 1,15$).

$\gamma_{G, set} = 1,20$ в случае линейных упругих расчетов, и $\gamma_{G, set} = 1,35$ в случае нелинейных упругих расчетов, в расчетных ситуациях с неблагоприятным влиянием воздействий от неравномерных деформаций (осадок). В расчетных ситуациях, в которых воздействия от неравномерных деформаций (осадок) оказывают благоприятное влияние, эти воздействия не учитываются.

γ_P равен коэффициенту, который рекомендован в СН РК EN по определению расчетных параметров.

¹⁾ Это значение относится к собственному весу конструктивных и неконструктивных элементов, щебеночному балласту, грунту, грунтовым и свободно текущим водам транспортным нагрузкам и т.д.

²⁾ Это значение относится к переменному горизонтальному давлению грунта, грунтовым и свободно текущим водам, щебеночному балласту, транспортным нагрузкам на забутовках, создающим давление грунта, аэродинамическим воздействиям от транспорта и т.д.

³⁾ При воздействиях от железнодорожного транспорта в форме групп нагрузок 26 и 27 $\gamma_Q = 1,20$ допускается применять к отдельным составляющим SW/2, а $\gamma_Q = 1,45$ – к

* Переменные воздействия содержатся в Таблицах А1÷А.3.

Таблица А.6 [Таблица А2.4 (С) СН РК EN 1990:2002+A1:2005/2011] – Расчетные значения воздействий (STR/GEO) (группа С)

Постоянные и переходные расчетные ситуации	Постоянные воздействия		Предварительное напряжение	Доминирующее переменное воздействие*	Сопутствующие переменные воздействия*	
	неблагоприятные	благоприятные			основное (если имеется)	прочие
Формула (6.10) СН РК EN 1990	$\gamma_{G,j,sup} G_{k,j,sup}$	$\gamma_{G,j,inf} G_{k,j,inf}$	$\gamma_P P$	$\gamma_{Q,1} Q_{k,1}$		$\gamma_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$
<p>ПРИМЕЧАНИЕ Коэффициенты γ устанавливают в Национальном Приложении. Рекомендованы следующие значения γ:</p> <p>$\gamma_{G,sup} = 1,00$;</p> <p>$\gamma_{G,inf} = 1,00$;</p> <p>$\gamma_{G,set} = 1,00$;</p> <p>$\gamma_Q = 1,15$ для воздействий от автодорожного и пешеходного движения при неблагоприятном воздействии (0 при благоприятном воздействии);</p> <p>$\gamma_Q = 1,25$ для воздействий от железнодорожного движения при неблагоприятном воздействии (0 при благоприятном воздействии);</p> <p>$\gamma_Q = 1,30$ для переменных составляющих горизонтального давления грунта, грунтовых и свободно текущих вод или щебеночного балласта, для транспортных нагрузок на забутовках, создающих давление грунта, при неблагоприятном воздействии (0 при благоприятном воздействии);</p> <p>$\gamma_Q = 1,30$ для всех других переменных воздействий при неблагоприятном воздействии (0 при благоприятном воздействии);</p> <p>$\gamma_{Gset} = 1,00$ в случае линейных упругих или нелинейных расчетов, в расчетных ситуациях с неблагоприятным влиянием воздействий от неравномерных деформаций (осадок). В расчетных ситуациях, в которых воздействия от неравномерных деформаций (осадок) оказывают благоприятное влияние, эти воздействия не учитывают;</p> <p>γ_P = коэффициенту, который рекомендован в СН РК EN.</p> <p>* Переменные воздействия содержатся в Таблицах А.1÷А.3.</p>						

Таблица А.7 [Таблица А2.5 СН РК EN 1990:2002+A1:2005/2011] – **Расчетные значения воздействий в аварийных расчетных ситуациях и при землетрясении**

Расчетная ситуация	Постоянные воздействия		Предварительное напряжение	Аварийное переменное воздействие или землетрясение	Сопутствующие переменные воздействия**	
	неблагоприятные	благоприятные			основное (при наличии)	прочие
Аварийное* (Формула 6.11 а/б) СН РК EN 1990	$G_{k,j,sup}$	$G_{k,j,inf}$	P	A_d	$\Psi_{1,1} Q_{k,1}$ или $\Psi_{2,1} Q_{k,1}$	$\Psi_{2,i} Q_{k,i}$
Землетрясение*** (Формула 6.12 а/б) СН РК EN 1990	$G_{k,j,sup}$	$G_{k,j,inf}$	P	$A_{Ed} = \gamma_I A_{Ek}$	$\Psi_{2,i} Q_{k,i}$	

ПРИМЕЧАНИЕ Для всех других воздействий, кроме землетрясения, рекомендовано $\gamma = 1,0$.

* В аварийных расчетных ситуациях для преобладающего сопутствующего воздействия допускается принимать его частое значение или, как в случае землетрясения, его квазипостоянное значение.

** Переменные воздействия приведены в Таблицах А.1÷А.3.

*** Сейсмическая расчетная ситуация должна определяться для каждого конкретного объекта индивидуально. Для железнодорожных мостов принимают нагрузку только на одну колею и модель нагрузки SW/2 не учитывают.

А.3.3 Для предельных состояний по эксплуатационной пригодности расчетное значение искомого фактора напряженно деформируемого состояния следует находить согласно Таблице А.8.

Таблица А.8 [Таблица А2.6 СН РК EN 1990:2002+A1:2005/2011] – **Расчетные значения воздействий в комбинациях воздействий**

Комбинация воздействий	Постоянные воздействия G_d		Предварительное напряжение	Переменные воздействия, Q_d	
	неблагоприятные	благоприятные		доминирующее	прочие
Характеристическое	$G_{k,j,sup}$	$G_{k,j,inf}$	P	$Q_{k,1}$	$\Psi_{0,i} Q_{k,i}$
Частое	$G_{k,j,sup}$	$G_{k,j,inf}$	P	$\Psi_{1,1} Q_{k,1}$	$\Psi_{2,i} Q_{k,i}$
Квазипостоянное	$G_{k,j,sup}$	$G_{k,j,inf}$	P	$\Psi_{2,1} Q_{k,1}$	$\Psi_{2,i} Q_{k,i}$

А.3.4 Для предельных состояний по эксплуатационной пригодности информация о выборе значения воздействия (характеристическое, частое или квазипостоянное) содержится в СН РК EN 1992÷СН РК EN 1994.

Приложение Б
(информационное)
Нагрузка LM3

Б.1 Если установлена необходимость проектирования мостового сооружения с учетом пропуска специальных тяжелых транспортных средств, Заказчик должен определить данные транспортные средства по Таблицам Б.1 и Б.2 и на Рисунке Б.1.

Таблица Б.1 [Таблица А.1] — Классы специальных транспортных средств

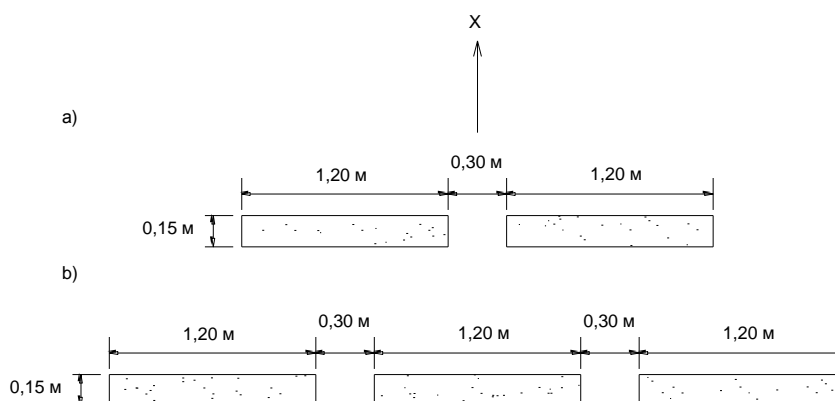
Общий вес, кН	Состав	Обозначение
600	4 оси по 150 кН	600/150
900	6 осей по 150 кН	900/150
1200	8 осей по 150 кН или 6 осей по 200 кН	1200/150 1200/200
1500	10 осей по 150 кН или 7 осей по 200 кН + 1 ось на 100 кН	1500/150 1500/200
1800	12 осей по 150 кН или 9 осей по 200 кН	1800/150 1800/200
2400	12 осей по 200 кН или 10 осей по 240 кН или 6 осей по 200 кН (пролет 12 м) + 6 осей по 200 кН	2400/200 2400/240 2400/200/200
3000	15 осей по 200 кН или 12 осей по 240 кН + 1 ось по 120 кН или 8 осей по 200 кН (пролет 12 м) + 7 осей по 200 кН	3000/200 3000/240 3000/200/200
3600	18 осей по 200 кН или 15 осей по 240 кН или 9 осей по 200 кН (пролет 12 м) + 9 осей по 200 кН	3600/200 3600/240 3600/200/200

Таблица Б.2 [Таблица А.2] — Описание специальных транспортных средств

Общий вес, кН	Оси по 150 кН	Оси по 200 кН	Оси по 240 кН
600	$n = 4 \cdot 150$ $e = 1,50$ м		
900	$n = 6 \cdot 150$ $e = 1,50$ м		
1200	$n = 8 \cdot 150$ $e = 1,50$ м	$n = 6 \cdot 200$ $e = 1,50$ м	
1500	$n = 10 \cdot 150$ $e = 1,50$ м	$n = 1 \cdot 100 + 7 \cdot 200$ $e = 1,50$ м	
1800	$n = 12 \cdot 150$ $e = 1,50$ м	$n = 9 \cdot 200$ $e = 1,50$ м	
2400		$n = 12 \cdot 200$ $e = 1,50$ м $n = 6 \cdot 200 + 6 \cdot 200$ $e = 5 \cdot 1,5 + 12 + 5 \cdot 1,5$	$n = 10 \cdot 240$ $e = 1,50$ м

Таблица Б.2 [Таблица А.2] — Описание специальных транспортных средств
(продолжение)

Общий вес, кН	Оси по 150 кН	Оси по 200 кН	Оси по 240 кН
3000		$n = 15 \cdot 200$ $e = 1,50 \text{ м}$ $n = 8 \cdot 200 + 7 \cdot 200$ $e = 7 \cdot 1,5 + 12 + 6 \cdot 1,5$	$n = 1 \cdot 120 + 12 \cdot 240$ $e = 1,50 \text{ м}$
3600		$n = 18 \cdot 200$ $e = 1,50 \text{ м}$	$n = 15 \cdot 240$ $e = 1,50 \text{ м}$ $n = 8 \cdot 240 + 7 \cdot 240$ $e = 7 \cdot 1,5 + 12 + 6 \cdot 1,5$
ПРИМЕЧАНИЕ n - количество осей, умноженное на нагрузку каждой оси, кН, в каждой группе; e - межосевое расстояние, м, в пределах каждой группы и между группами.			



X — направление оси моста

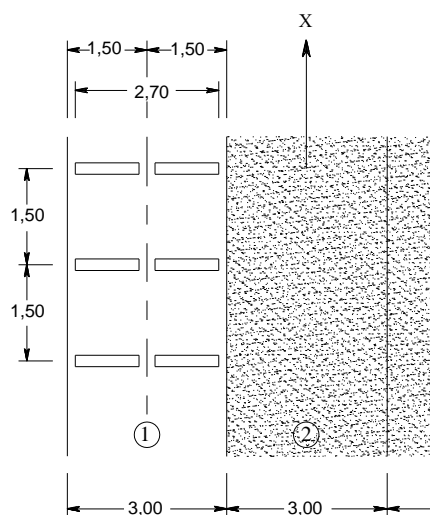
a) — осевые линии от 100 до 200 кН;

b) — осевые линии по 240 кН

Рисунок Б.1 [Рисунок А.1] — Расположение осевых линий и определение площадей контакта колеса

Б.2 Характеристические значения нагрузок, изложенные в данном Приложении, должны рассматриваться исключительно в переходных расчетных ситуациях.

Б.3 Модель нагрузки LM3 составленная из осей по 150 или 200 кН должна быть приложена к полосе загрузки 1 согласно правилу нумерации полос (см. Рисунок Б.2). Модель нагрузки, состоящая, из осей по 240 кН может также занимать часть полосы загрузки 2 (см. Рисунок Б.2). При загрузке допускается исключить из ширины проезжей части полосы безопасности.

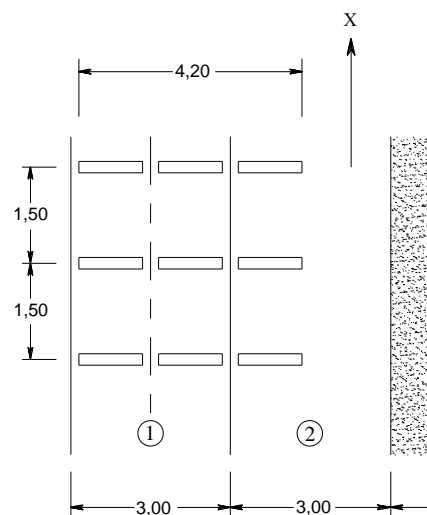


Оси по 150 или 200 кН (b=2,7 м)

X – направление оси моста;

(1) – полоса нагрузки 1;

(2) – полоса нагрузки 2.



Оси по 240 кН (b=4,20 м)

X – направление оси моста;

(1) – полоса нагрузки 1;

(2) – полоса нагрузки 2.

Рисунок Б.2 [Рисунок А.2] — Приложение специальных транспортных средств на полосах нагрузки

Б.4 Заказчик должен определить режим прохода модели нагрузки LM3 по пролетному строению. Предлагается два режима пропуска: с низкой скоростью (не более чем 5 км/ч) или с нормальной скоростью (70 км/ч).

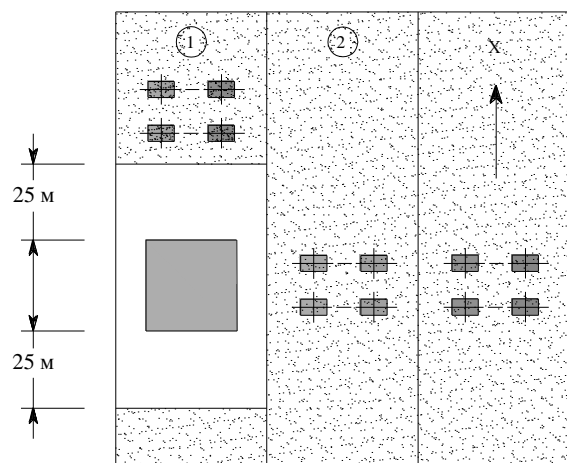
Б.5 Если предполагается, что модели передвигаются с низкой скоростью, то динамическую добавку не учитывают.

Б.6 [А.3(5)] Если предполагается, что модели передвигаются с нормальной скоростью, то должно быть учтено динамическое усиление, которое рассчитывается по формуле

$$\varphi = 1,40 - \frac{L}{500} \quad \varphi \geq 1 \quad (\text{Б.1})$$

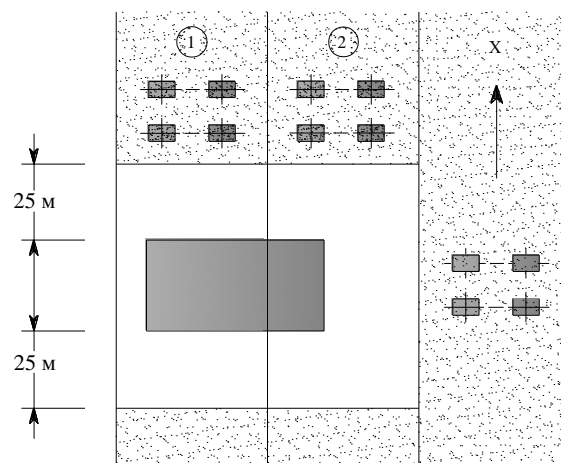
где L — «влияющая» длина, м.

Б.7 [А.3(6)] Если предполагается, что модели передвигаются с низкой скоростью, то каждая полоса нагрузки и остающаяся область проезжей части пролетного строения должны быть нагружены моделью нагрузки LM1 с ее частыми значениями, определенными в Приложении А и в Приложении А2 СН РК EN 1990:2002+А1:2005/2011. На полосе(-ах) движения, занятой(-ых) стандартизированным транспортным средством, эта система не должна быть приложена на расстоянии менее 25 м от внешних осей рассматриваемого транспортного средства как показано на Рисунке Б.3).



Оси по 150 или 200 кН

X — направление оси моста;
 (1) — полоса нагрузки 1;
 (2) — полоса нагрузки 2.



Оси по 240 кН

X — направление оси моста;
 (1) — полоса нагрузки 1;
 (2) — полоса нагрузки 2.



Стандартизированное транспортное средство



Область, нагруженная с помощью частых значений модели LM1

Рисунок Б.3 [Рисунок А.3] — Одновременное использование модели нагрузки LM1 и специальных транспортных средств

Б.8 [А3(7)] Если предполагается, что модели передвигаются с нормальной скоростью, то пара специальных транспортных средств должна использоваться на полосе(-ах), занятой(-ых) этими транспортными средствами. На других полосах и в остающейся области проезжей части пролетного строения моста должно быть нагружено моделью нагрузки LM 1 с частыми значениями, определенными в Приложении А и Приложении А2 СН РК EN 1990:2002+А1:2005/2011.

Приложение В (информационное)

Типы поезда для оценки усталости. Транспортные композиции

(1) Композиции для стандартного и не грузонапряженного транспортного потока

Тип 1 Буксируемый локомотивом пассажирский поезд

$\Sigma Q = 6630 \text{ кН}$; $V = 200 \text{ км/ч}$; $L = 262,10 \text{ м}$; $q = 25,3 \text{ кН/м}$

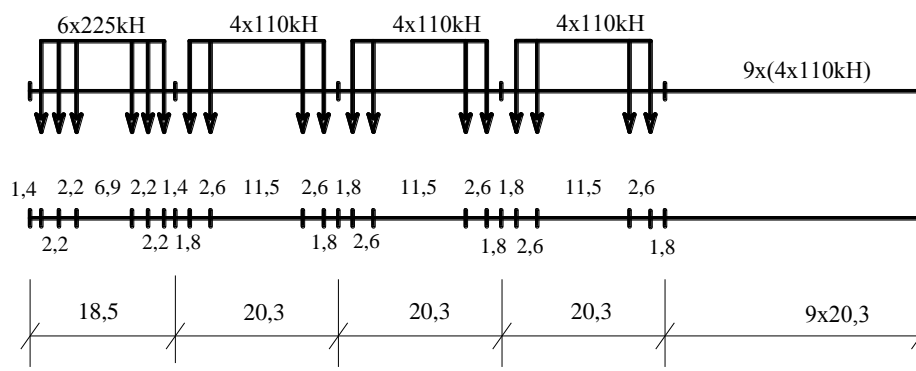


Рисунок В.1 - Буксируемый локомотивом пассажирский поезд первого типа

Тип 2 Буксируемый локомотивом пассажирский поезд

$\Sigma Q = 5300 \text{ кН}$; $V = 160 \text{ км/ч}$; $L = 281,10 \text{ м}$; $q = 18,9 \text{ кН/м}$

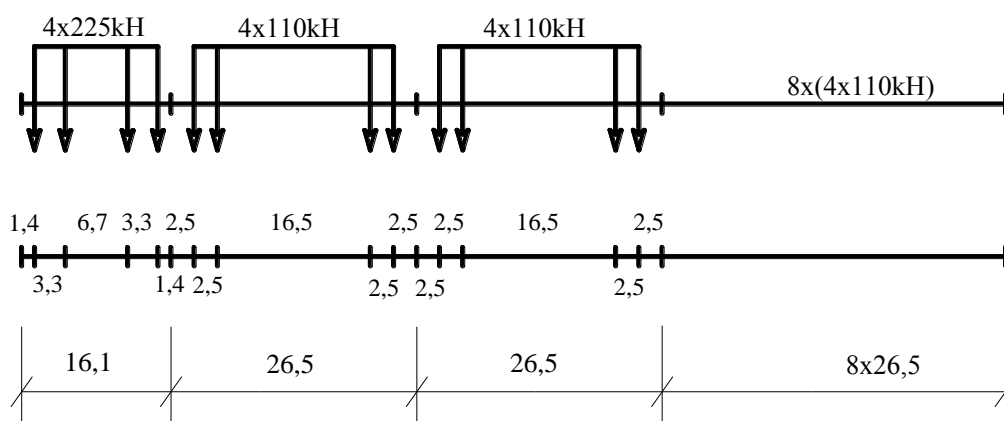


Рисунок В.2 - Буксируемый локомотивом пассажирский поезд второго типа

Тип 3 Скоростной пассажирский поезд

$\Sigma Q = 9400 \text{ кН}$; $V = 250 \text{ км/ч}$; $L = 385,52 \text{ м}$; $q = 24,4 \text{ кН/м}$

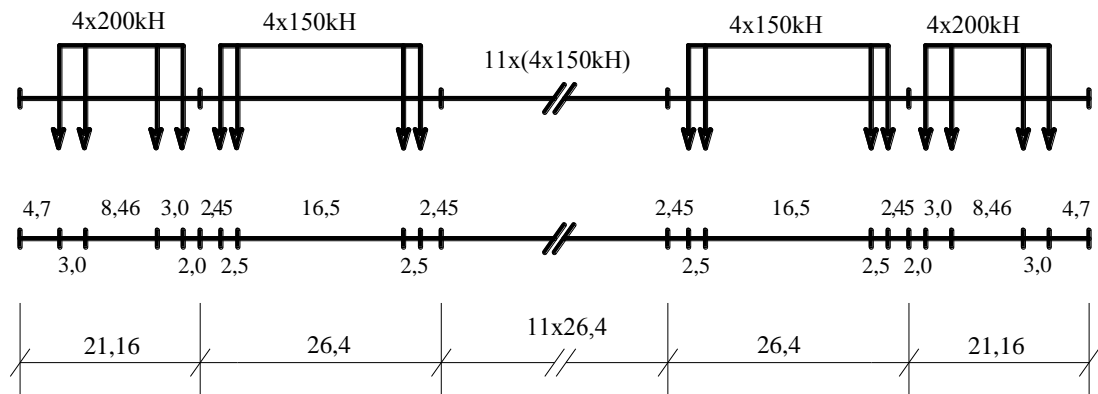


Рисунок В.3 - Скоростной пассажирский поезд третьего типа

Тип 4 Скоростной пассажирский поезд

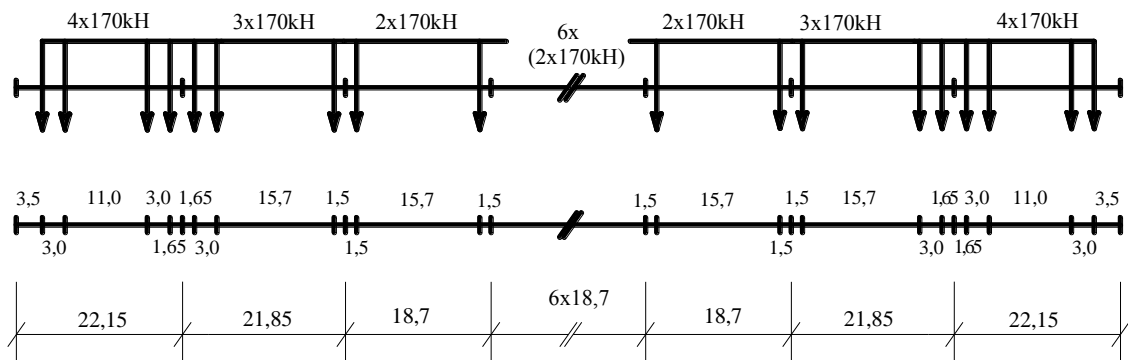
 $\Sigma Q = 5100 \text{ кН}; V = 250 \text{ км/ч}; L = 237,68 \text{ м}; q = 21,5 \text{ кН/м}$


Рисунок В.4 - Скоростной пассажирский поезд четвертого типа

Тип 5 Буксируемый локомотивом грузовой поезд

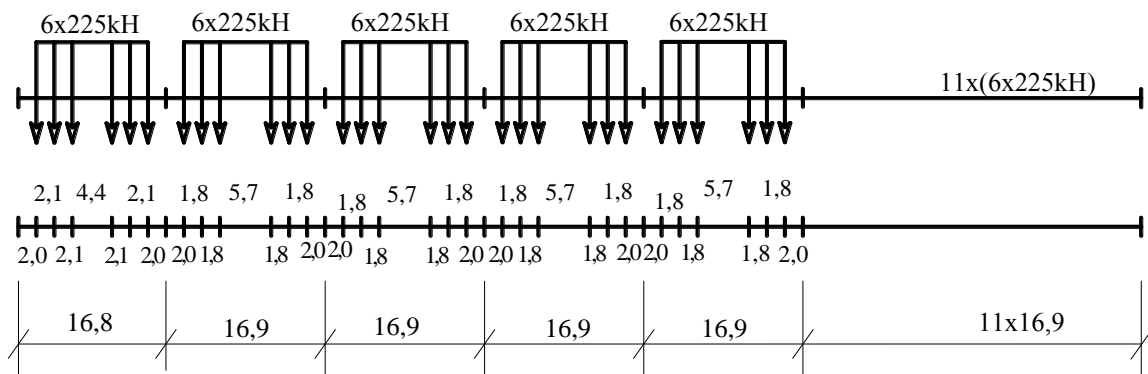
 $\Sigma Q = 21\ 600 \text{ кН}; V = 80 \text{ км/ч}; L = 270,30 \text{ м}; q = 80,0 \text{ кН/м}$


Рисунок В.5 – Буксируемый локомотивом грузовой поезд пятого типа

Тип 6 Буксируемый локомотивом грузовой поезд

$\Sigma Q = 14\,310$ кН; $V = 100$ км/ч; $L = 333,10$ м; $q = 43,0$ кН/м

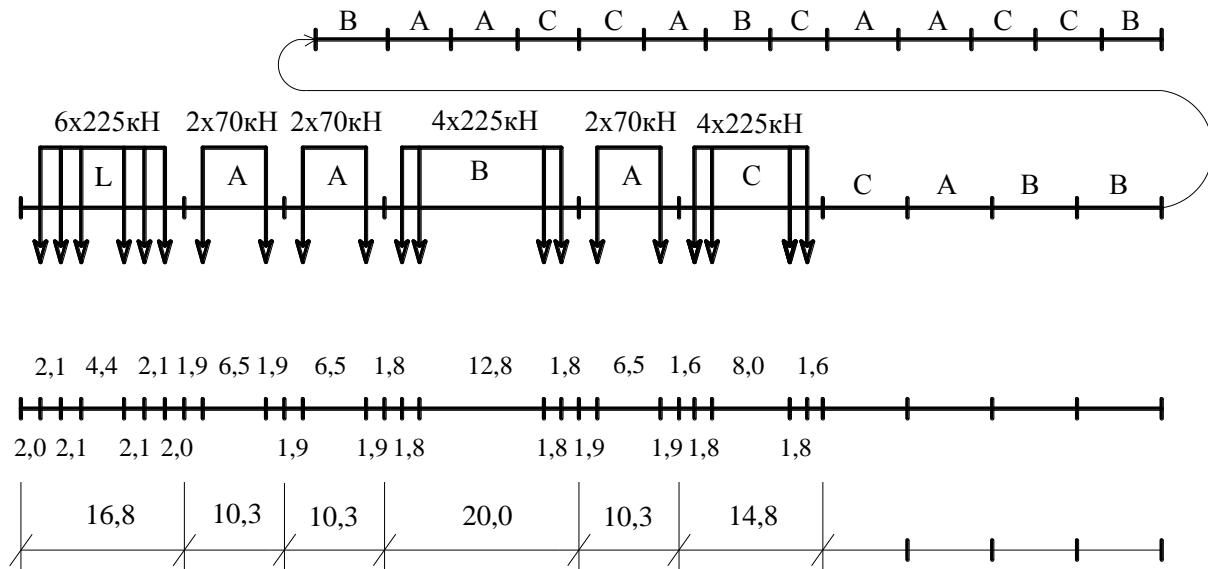


Рисунок В.6 – Буксируемый локомотивом грузовой поезд шестого типа

Тип 7 Буксируемый локомотивом грузовой поезд

$\Sigma Q = 10\,350$ кН; $V = 120$ км/ч; $L = 196,50$ м; $q = 52,7$ кН/м

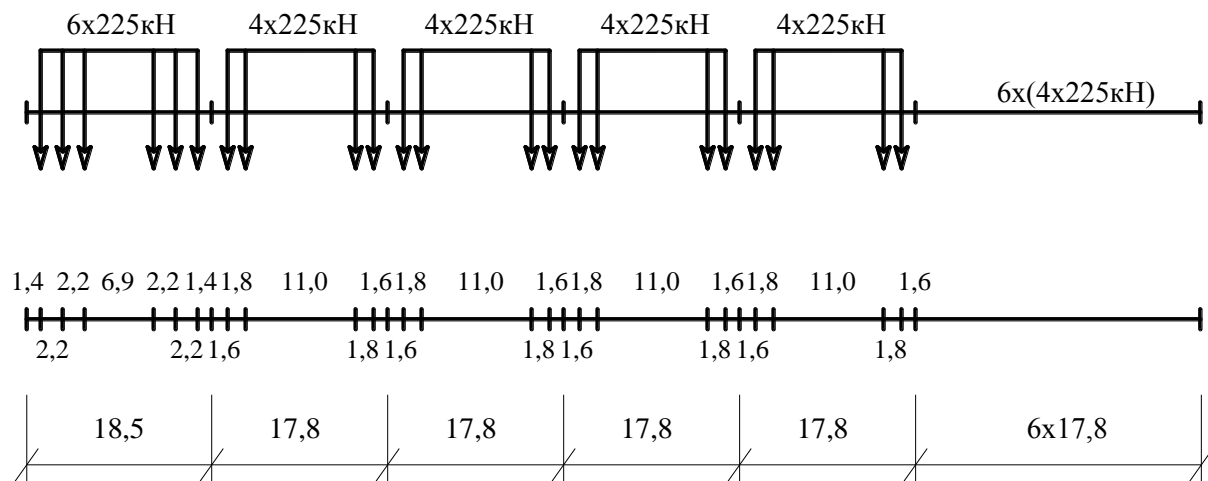


Рисунок В.7 – Буксируемый локомотивом грузовой поезд седьмого типа

Тип 8 Буксируемый локомотивом грузовой поезд

$\Sigma Q = 10\,350$ кН; $V = 100$ км/ч; $L = 212,50$ м; $q = 48,7$ кН/м

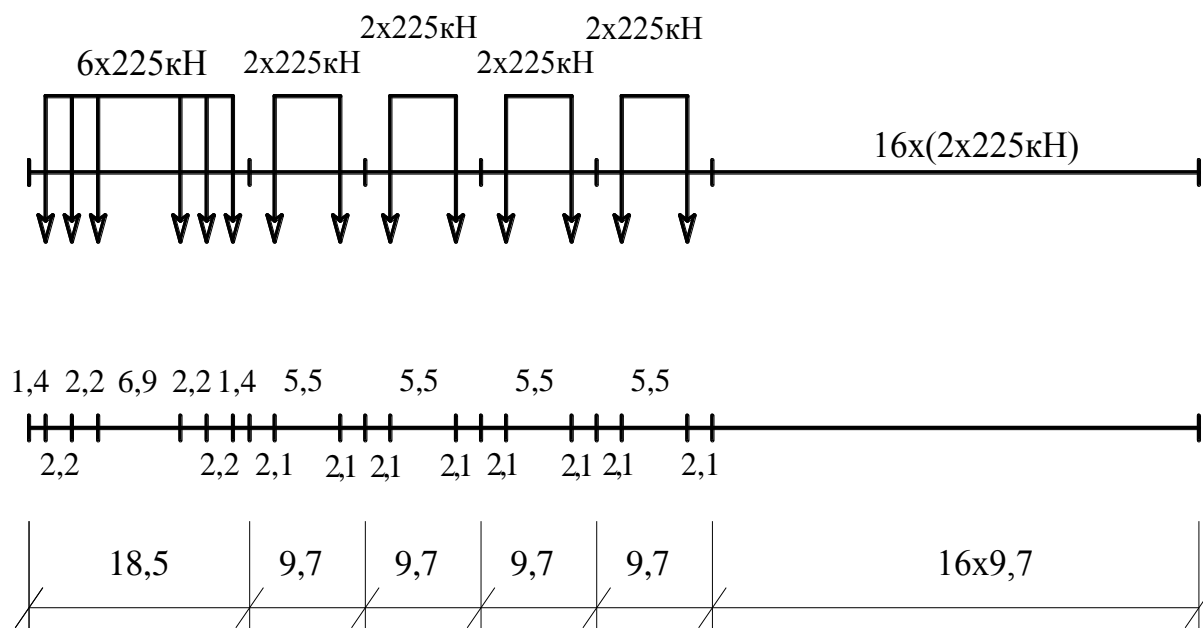


Рисунок В.8 – Буксируемый локомотивом грузовой поезд восьмого типа

Тип 9 Пригородный моторовagonный поезд

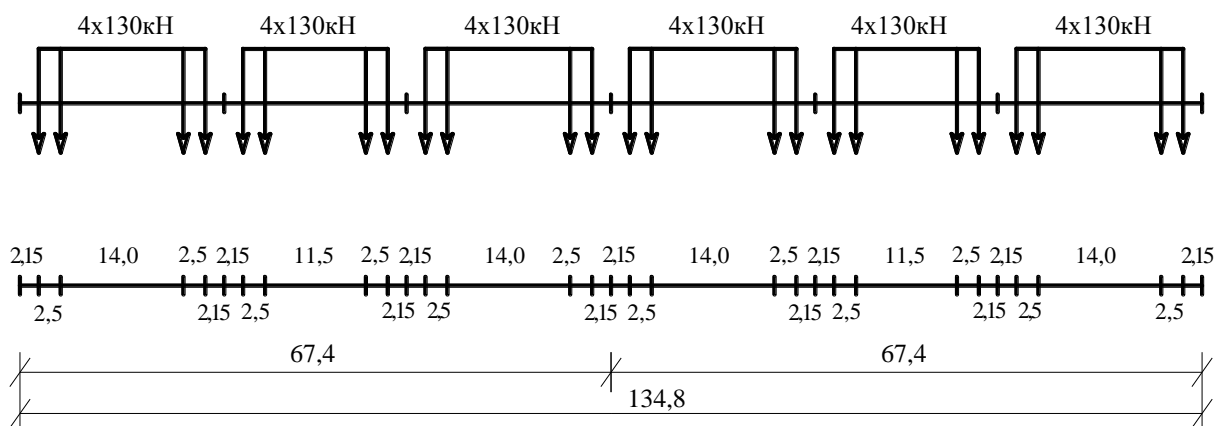
 $\Sigma Q = 2960 \text{ кН}$; $V = 120 \text{ км/ч}$; $L = 134,80 \text{ м}$; $q = 22,0 \text{ кН/м}$ 

Рисунок В.9 – Пригородный моторовagonный поезд девятого типа

Тип 10 Метрополитен

 $\Sigma Q = 3600 \text{ кН}$; $V = 120 \text{ км/ч}$; $L = 129,60 \text{ м}$; $q = 27,8 \text{ кН/м}$

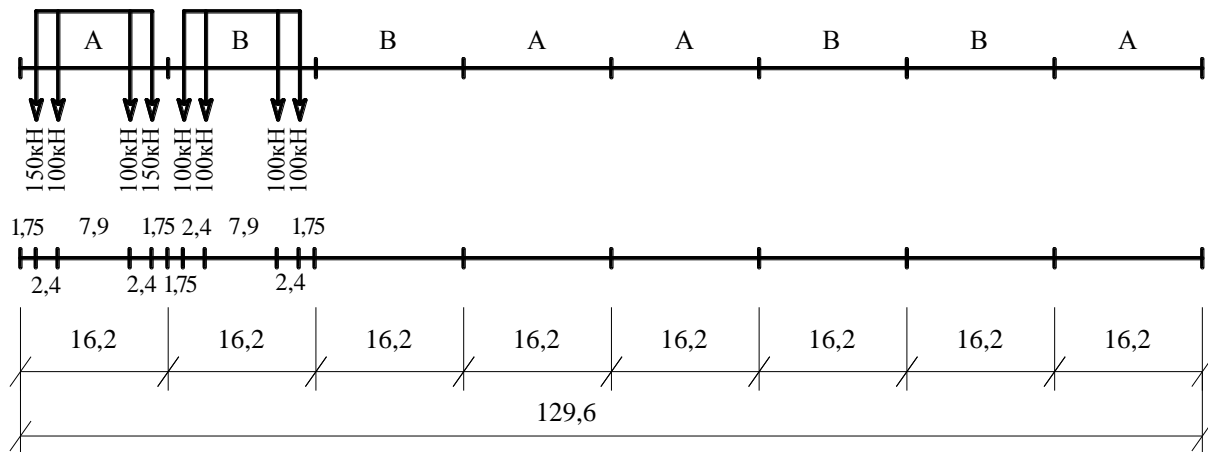


Рисунок В.10 – Метрополитен

(2) Грузонапряженный транспортный поток с осями по 250 кН

Тип 11 Буксируемый локомотивом грузовой поезд

$\Sigma Q = 11\,350$ кН; $V = 120$ км/ч; $L = 198,50$ м; $q = 57,2$ кН/м

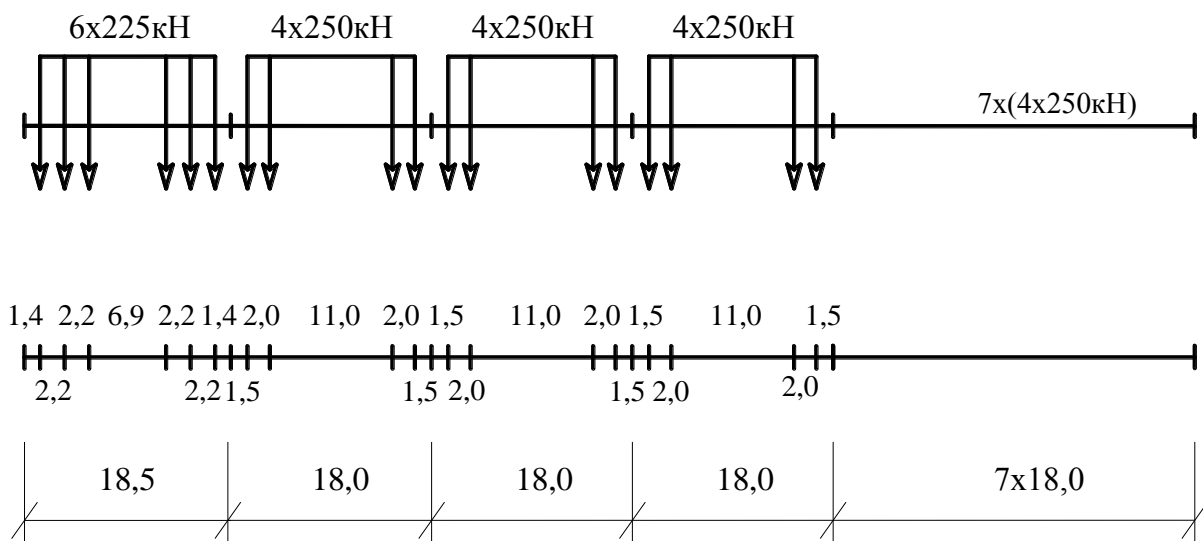


Рисунок В.11 – Буксируемый локомотивом грузовой поезд одиннадцатого типа

Тип 12 Буксируемый локомотивом грузовой поезд

$\Sigma Q = 11\,350$ кН; $V = 100$ км/ч; $L = 212,50$ м; $q = 53,4$ кН/м

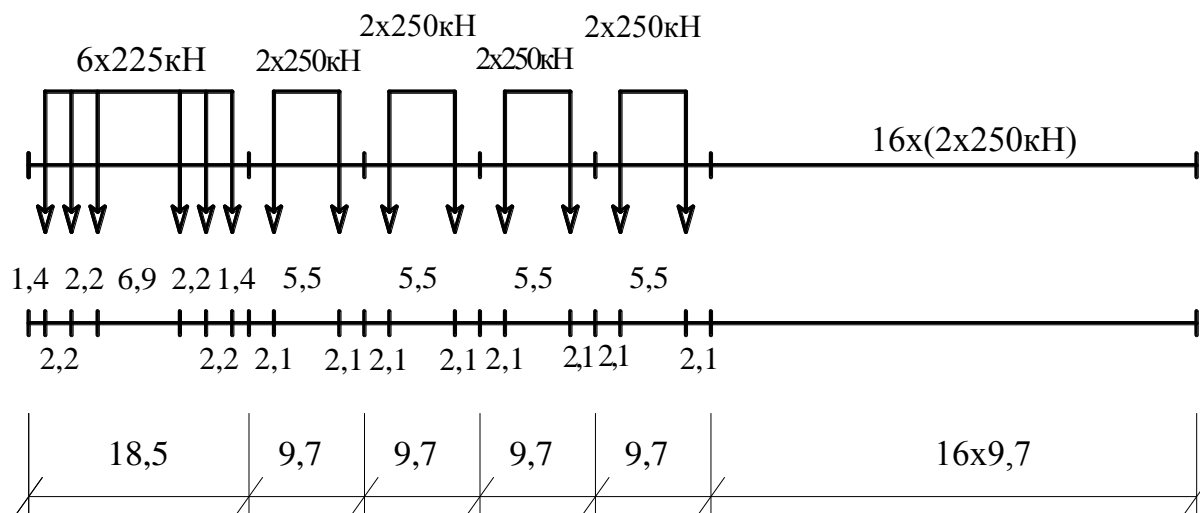


Рисунок В.12 – Буксируемый локомотивом грузовой поезд двенадцатого типа

Транспортная композиция:

Таблица В.1 [Таблица D.1] — Стандартная транспортная композиция с осями $\leq 22,5 \text{ т}$ (225 кН)

Тип поезда	Количество поездов в день	Масса поезда, т	Объем транспортного потока, 10^6 т/год
1	12	663	2,90
2	12	530	2,32
3	5	940	1,72
4	5	510	0,93
5	7	2160	5,52
6	12	1431	6,27
7	8	1035	3,02
8	6	1035	2,27
	67		24,95

Таблица В.2 [Таблица D.2] — Композиция для грузонапряженных потоков с осями по 25 т (250 кН)

Тип поезда	Количество поездов в день	Масса поезда, т	Объем транспортного потока, 10^6 т/год
5	6	2160	4,73
6	13	1431	6,79
11	16	1135	6,63
12	16	1135	6,63
	51		24,78

Таблица В.3 [Таблица D.3] — Композиция для негрузонапряженных потоков с осями $\leq 22,5$ т (225 кН)

Тип поезда	Количество поездов в день	Масса поезда, т	Объем транспортного потока, 10^6 т/год
1	10	663	2,4
2	5	530	1,0
5	2	2160	1,4
9	190	296	20,5
	207		25,3

Приложение Г
(информационное)

Совместная работа конструкции и рельсовых путей на переменные воздействия

Г.1 Общие положения

Г.1.1 Если рельсы не прерываются над деформационными швами, то конструкция моста (пролетное строение, опорные части и опора) и рельсовый путь (рельсы, балласт и т. д.), совместно воспринимают продольные воздействия, возникающие вследствие тяги или торможения. Продольные воздействия частично передаются через рельсы на насыпь позади устоя и опорными частями пролетного строения через опоры моста на фундаменты и основания.

Г.1.2 Если рельсы ограничивают свободное перемещение пролетного строения моста, то деформации пролетного строения моста (например, вызванные изменениями температуры, вертикальной нагрузкой, ползучестью и усадкой) создают продольные усилия в рельсах и в неподвижных опорных частях пролетного строения моста. Согласно 6.5.4 СН РК EN 1991-2:2003/2011, усилия, возникающие при совместной работе конструкции и рельсовых путей на переменные воздействия, следует учитывать при расчете пролетных строений моста, неподвижных опорных частей пролетного строения, опор моста и при проверке напряжений в рельсах.

Г.1.3 Требования приложения Г распространяются на обычный балластированный рельсовый путь и не распространяются на безбалластное мостовое полотно.

Г.2 Параметры, влияющие на совместную работу конструкции моста и рельсового пути

Г.2.1 [6.5.4.2 (1)Р] При расчете должны быть учтены следующие параметры, влияющие на совместную работу конструкции и рельсовых путей:

- а) конфигурация конструкции:
 - свободно опертая балка, неразрезные балки;
 - количество отдельных пролетных строений и длина каждого пролетного строения;
 - количество пролетов и длина каждого пролета;
 - положение неподвижных опорных частей пролетного строения;
 - положение неподвижной «температурной» опоры;
 - длина температурного пролета L_T между неподвижной «температурной» опорой и концом пролетного строения (Рисунок Г.1);
- б) конфигурация рельсовых путей:
 - системы рельсовых путей с балластом или без балласта;
 - вертикальное расстояние между верхней поверхностью пролетного строения и нейтральной осью рельсов;

— расположение устройств компенсации удлинения рельсов (уравнильных приборов);

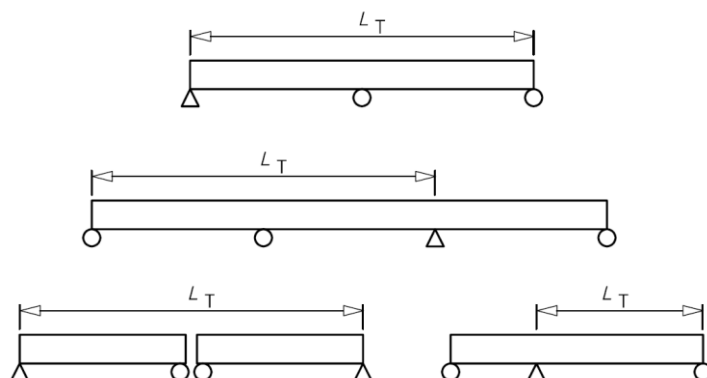


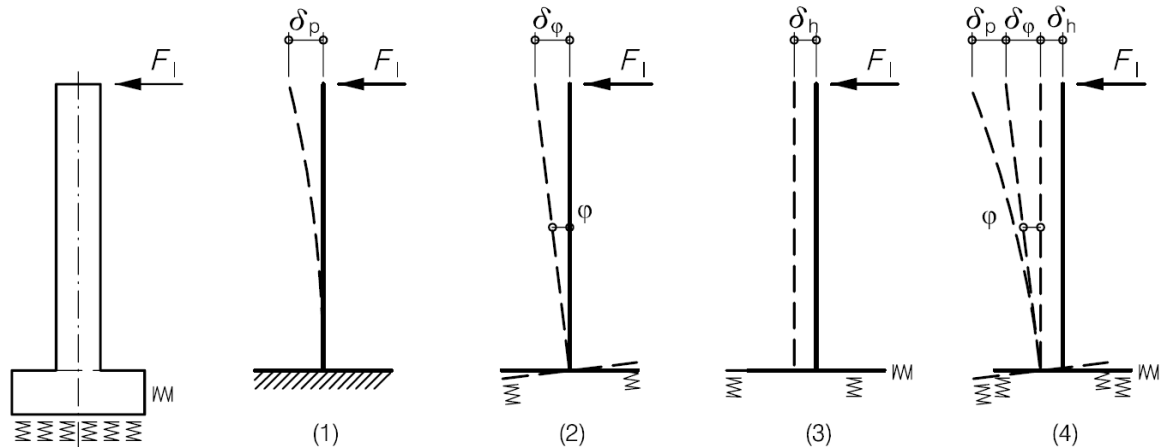
Рисунок Г.1 [Рисунок 6.17] — Примеры длины температурного пролета L_t

с) свойства конструкции:

- вертикальная жесткость пролетного строения;
- вертикальное расстояние между нейтральной осью пролетного строения и его верхней поверхностью;
- вертикальное расстояние между нейтральной осью пролетного строения и осью вращения опорной части;
- конструкция опорных частей пролетного строения, реализующая продольное смещение конца пролета вследствие углового вращения пролетного строения;
- продольная жесткость конструкции, определенная как полная жесткость, которая может быть реализована опорой моста против воздействий в продольном направлении рельсовых путей. Полная жесткость (Рисунок Г.2) принимается с учетом жесткости опорных частей пролетного строения, опоры моста и фундаментов.

d) свойства рельсовых путей:

- осевая жесткость рельсов;
- сопротивление рельсовых путей или рельсов продольному смещению, складывающаяся из:
 - сопротивления смещению рельсовых путей (рельсов и шпал) в балласте относительно подстилающего балласта;
 - сопротивления смещению рельсов относительно рельсовых креплений и оснований, например, при замерзшем балласте или при непосредственно закрепленных рельсах, где сопротивление смещению равно силе на единицу длины рельсового пути, которая действует против смещения как функция относительного смещения между рельсами и поддерживающими их конструкциями пролетного строения или насыпи.



Обозначения

- (1) — изгиб промежуточной опоры; (2) — поворот фундамента;
 (3) — смещение фундамента; (4) — полное смещение головки промежуточной опоры

Рисунок Г.2 [Рисунок 6.18] — Пример определения эквивалентной продольной жесткости в уровне опорных частей пролетного строения

Г.3 Воздействия, которые следует учитывать

Г.3.1 [6.5.4.3(1)P] Следует учитывать следующие воздействия:

- силы тяги и торможения;
- температурные эффекты в совместной системе конструкции и рельсового пути;
- классифицированные вертикальные нагрузки от транспортных средств, включая модели SW/0 и SW/2, где это требуется. Динамическими эффектами можно пренебречь. Можно пренебречь совместной реакцией конструкции и рельсовых путей на воздействие от моделей нагрузки «ненагруженный поезд» и HSLM.

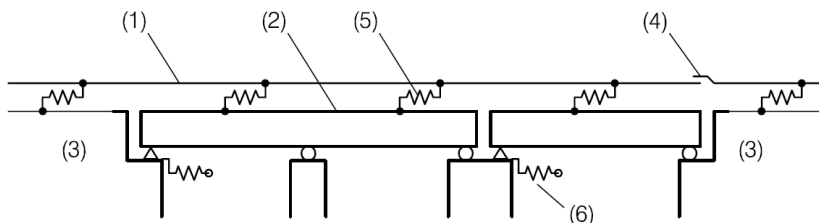
— другие воздействия, такие как ползучесть, усадка, температурный градиент и т. д., следует учитывать, если они вызывают поворот торца пролетного строения и связанного с ним продольное смещение торца пролетного строения.

Г.3.2 [6.5.4.3 (2)] Температурные перепады должны быть учтены как ΔT_N (см. СН РК EN 1991-1-5:2003/2011), причем γ и ψ следует принимать равными 1,0. Для упрощенных вычислений колебания температуры пролетного строения могут быть приняты равными $\Delta T_N = \pm 35$ К(кельвин).

Г.3.3 [6.5.4.3 (3)] При оценке совместной работы рельсовых путей и конструкции на силы тяги и торможения, данные продольные нагрузки не должны прикладываться к соседней насыпи. Силы тяги и торможения могут прикладываться к соседней насыпи если выполняется полный расчет пути, включающий подъезд железнодорожного транспорта к мосту, прохождение его по мосту и отъезд от моста по примыкающим к мосту насыпям для оценки наиболее неблагоприятных эффектов нагружения.

Г.4 Моделирование и расчет объединенной системы рельсовых путей и конструкции

Г.4.1 [6.5.4.4 (1)] Для определения эффектов нагрузки на объединенную систему рельсовых путей и конструкции может использоваться модель, изображенная на Рисунке Г.3



Обозначения

- (1) - рельсовый путь;
- (2) - пролетные строения (одно двухпролетное неразрезное пролетное строение и одно разрезное пролетное строение);
- (3) - насыпь;
- (4) - устройство компенсации удлинения рельса (уравнительный прибор) (если есть);
- (5) - продольные нелинейные пружины, воспроизводящие зависимость смещения от продольной нагрузки для рельсовых путей;
- (6) - продольные пружины, моделирующие продольную жесткость K неподвижной опоры относительно пролетного строения при учете жесткости фундамента, промежуточных опор, опорных частей пролетного строения и т. д.

Рисунок Г.3 [Рисунок 6.19] — Пример модели системы «рельсовые пути–конструкция»

Г.4.2 [6.5.4.4(2)] Зависимость «продольная нагрузка – смещение» рельсовых путей или рельсовых опор представлена графиком, показанным на Рисунке Г.4 с начальным упругим сопротивлением сдвигу (кН/мм смещения на метр рельсового пути) и затем пластическим сопротивлением сдвигу k (кН/м рельсового пути).

Г.4.3 [6.5.4.4(3)] Если можно обоснованно прогнозировать, что характеристики рельсового пути могут измениться в будущем, это должно быть учтено в расчетах.

Г.4.4 [6.5.4.4(4)] Для расчета полной продольной опорной реакции F_L и для сравнения общего эквивалентного напряжения в рельсе с допустимыми значениями, полный эффект следует определять по формуле:

$$F_L = \sum \psi_{0i} \cdot F_{li} \quad (\text{Г.1})$$

где

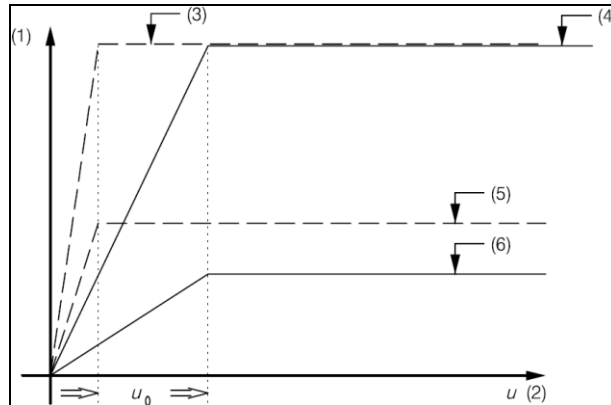
F_{li} - индивидуальная продольная опорная реакция, соответствующая воздействию i ;

ψ_{0i} - приведено в приложении А;

ψ_{0i} - для расчета напряжений в рельсе ψ_{0i} должно быть принято равным 1,0.

Г.4.5 [6.5.4.4(5)] При определении эффекта каждого воздействия должно быть принято во внимание нелинейное поведение жесткости рельсового пути, показанное на рисунке Г.4.

Г.4.6 [6.5.4.4(6)] Продольные усилия в рельсах и в опорных частях пролетного строения, возникающие в результате каждого воздействия, могут комбинироваться с использованием линейной суперпозиции.



Обозначения

- (1) - продольная сдвигающая сила в рельсовом пути на единицу длины;
- (2) - смещение рельса относительно верха пролетного строения;
- (3) - сопротивление рельса в шпале (нагруженный рельсовый путь) (замороженный балласт или рельсовый путь без балласта с традиционными креплениями);
- (4) - сопротивление шпалы в балласте (нагруженный рельсовый путь);
- (5) - сопротивление рельса в шпале (ненагруженный рельсовый путь) (замороженный балласт или рельсовый путь без балласта с традиционными креплениями);
- (6) - сопротивление шпалы в балласте (ненагруженный рельсовый путь)

Рисунок Г.4 [Рисунок 6.20] - Изменение продольной сдвигающей силы при продольном смещении рельсового пути для одного рельсового пути

Г.5 Расчетные критерии

Г.5.1 Рельсовый путь

Г.5.1.1 [6.5.4.5.1 (1)] Для рельсов на мосту и на примыкающем устое допустимые дополнительные напряжения в рельсах, вызванные совместной реакцией конструкции и рельсового пути на переменные воздействия, должны быть ограничены следующими расчетными значениями:

- сжатие 72 Н/мм²;
- растяжение 92 Н/мм².

Г.5.1.2 [6.5.4.5.1 (2)] Предельные значения для напряжений в рельсах, установленные в Г.5.1.1 применяются для рельсовых путей, удовлетворяющих следующим требованиям:

- рельс марки UIC 60 с прочностью на растяжение не менее 900 Н/мм²;

- рельсовый путь уложен на прямой или на радиусе $r \geq 1\,500$ м;
- рельсовые пути балластированные с тяжелыми бетонными шпалами, уложенными с максимальным интервалом 65 см или эквивалентная указанной конструкция рельсовых путей;
- рельсовые пути балластированные, не менее чем с 30 см уплотненного балласта под шпалами.

Г.5.2 Предельные значения деформации конструкции

Г.5.2.1 [6.5.4.5.2(1)P] Деформации δ_B , мм, вызванные силами тяги и торможения, не должны превышать следующих значений:

- 5 мм - для непрерывных (бесстыковых) сварных рельсов без устройств компенсации удлинения рельсов (уравнительных приборов) или с устройством компенсации удлинения рельсов на одном конце пролетного строения;
- 30 мм - для устройств компенсации удлинения рельсов на обоих концах пролетного строения, если балласт непрерывен на концах пролетного строения;
- перемещения, превышающие 30 мм, допускаются только в том случае, когда балласт снабжен зазором перемещения и имеются устройства компенсации удлинения.

За δ_B , мм, принимают величину, равную:

- относительному продольному смещению между концом пролетного строения и примыкающим устоем
- или
- относительному продольному смещению между двумя последовательно расположенными пролетными строениями.

Г.5.2.2 [6.5.4.5.2(2)P] Для вертикальных транспортных воздействий (до двух рельсовых путей, нагруженных моделью нагрузки LM 71 (и, если это требуется, моделью SW/0) величина δ_H , мм, не должна превышать следующих значений:

- 8 мм, когда учитывается совместная работа конструкции и рельсовых путей (применимо, если имеется только одно устройство компенсации удлинения на пролетное строение или таких устройств нет вообще);
- 10 мм, когда совместной работой конструкции и рельсовых путей пренебрегают.

За δ_H , мм, принимают величину, равную:

- продольному смещению верхней поверхности пролетного строения на конце пролетного строения (вследствие его деформации).

Г.5.2.3 [6.5.4.5.2(3)P] Вертикальное смещение δ_V , мм, верхней поверхности пролетного строения относительно примыкающей конструкции (устоя или другого пролетного строения), вызванное переменными воздействиями, не должно превышать следующих значений:

- 3 мм - для максимальной линейной скорости в данном месте, не превышающей 160 км/ч;
- 2 мм - для максимальной линейной скорости в данном месте, превышающей 160 км/ч.

Г.5.2.4 [6.5.4.5.2(4)Р] Для непосредственно закрепленных рельсов силы подъема (под вертикальными нагрузками от транспортных средств), воздействующие на рельсовые опоры и системы крепления, должны быть проверены на соответствие рабочим параметрам рельсовых опор и систем креплений в предельном состоянии (включая усталость).

Г.6 Упрощенный метод расчета для одиночного пролетного строения

Г.6.1 Допускается применять следующие методы расчетов, позволяющие оценить совместную работу рельсовых путей и конструкции на соответствие расчетным критериям, определенным в Г.5.2.

Для балластированных пролетных строений эти расчетные критерии могут быть сведены к следующему:

- а) продольное относительное смещение в конце пролетного строения разделяется на два компонента, что позволяет выполнить сравнение с разрешенными величинами: компонент δ_v , вызванный силами торможения и тяги, и компонент δ_n , вызванный вертикальной деформацией пролетного строения;
- б) максимальные дополнительные напряжения в рельсах;
- с) максимальное вертикальное относительное смещение в конце пролетного строения δ_v .

Для непосредственно закрепленных рельсов требуется дополнительная проверка на силы подъема.

Г.6.2 Для одного пролетного строения (свободно опертого разрезного, неразрезного пролетного строения с неподвижной опорой на одном конце или неразрезного пролетного строения с промежуточной неподвижной опорой), проверку напряжения в рельсах допускается не проводить при условии, что:

- опора обладает достаточной жесткостью K для того, чтобы ограничить величину δ_v , т. е. смещение пролетного строения в продольном направлении, вызванное тягой и торможением, составляет до 5 мм;

- для вертикальных транспортных воздействий значение δ_n , т. е. продольное смещение верхней поверхности пролетного строения на торце пролетного строения, вызванное его деформацией, не превышает 5 мм;

- длина температурного пролета L_T менее 40 м.

Г.6.3 Пределы применимости метода расчета:

- рельсовый путь удовлетворяет требованиям к конструкции, приведенным в Г.5.1.2;

- пластическое сопротивление продольному сдвигу k для рельсового пути:

- ненагруженный рельсовый путь: k = от 20 до 40 кН на метр рельсового пути,

- нагруженный рельсовый путь: k = 60 кН на метр рельсового пути;

- вертикальная транспортная нагрузка:

- модель нагрузки 71 (и, если это требуется, модель нагрузки SW/0) с $\alpha = 1$ в соответствии с 7.2.1.2;

- модель нагрузки SW/2;

ПРИМЕЧАНИЕ Метод применим для таких значений α , где эффект нагрузки от (α LM71) менее или равен эффекту нагрузки от модели SW/2.

– воздействия, возникающие вследствие торможения:

– модель нагрузки 71 (и, если это требуется, модель нагрузки SW/0) и модель нагрузки HSLM: $q_{lbk} = 20$ кН/м;

– модель нагрузки SW/2:

$$q_{lbk} = 35 \text{ кН/м};$$

– воздействия, возникающие вследствие тяги:

$$q_{lak} = 33 \text{ кН/м, ограниченные максимумом } Q_{lak} = 1000 \text{ кН};$$

– воздействия, возникающие вследствие изменения температуры:

– колебания температуры ΔT_D пролетного строения: $\Delta T_D \leq 35$ К(кельвин);

– колебания температуры ΔT_R рельсов: $\Delta T_R \leq 50$ К(кельвин);

– максимальная разность температур между рельсом и пролетным строением:

$$|\Delta T_D - \Delta T_R| \leq 20 \text{ К (кельвин)}$$

Г.6.4 [6.5.4.6.1 (3)] Продольные силы, вызванные тягой и торможением, действующие на неподвижные опорные части пролетного строения, могут быть получены путем умножения тяговых усилий и тормозных сил на понижающий коэффициент ξ , приведенный в Таблице Г.1.

Таблица 48 [Таблица 6.9]— Понижающий коэффициент ξ для определения продольных сил тяги и торможения в неподвижных опорных частях пролетных строений

Полная длина конструкции, м	Понижающий коэффициент ξ		
	Непрерывный (бесстыковой) рельсовый путь	Устройства компенсации удлинения рельса на одном конце пролетного строения	Устройства компенсации удлинения рельса на обоих концах пролетного строения
≤ 40	0,60	0,70	1,00

Г.6.5 [6.5.4.6.1(4)] Характеристические значения продольных сил F_{Tk} на один рельсовый путь, действующих на неподвижные опорные части пролетного строения вследствие колебаний температуры могут быть получены следующим образом:

- для мостов с непрерывными (бесстыковыми) сварными рельсами на обоих концах пролетного строения и неподвижными опорными частями на одном конце пролетного строения, в кН:

$$F_{Tk} = \pm 0,6 k \cdot L_T, \quad (\text{Г.2})$$

где

k - пластическое сопротивление продольному сдвигу рельсовых путей на единицу длины, согласно Г.4.2 для ненагруженного рельсового пути, кН/м;

L_T - длина температурного пролета, м, согласно Г.2.1;

- для мостов с непрерывными (бесстыковыми) сварными рельсами на обоих концах пролетного строения и неподвижными опорными частями пролетного строения,

расположенными на расстоянии L_1 от одного конца пролетного строения и расстоянием L_2 от другого конца пролетного строения, в кН:

$$F_{Тк} = \pm 0,6k \cdot (L_2 - L_1), \quad (\text{Г.3})$$

где k - пластическое сопротивление продольному сдвигу рельсовых путей на единицу длины для ненагруженного рельсового пути, кН/м;

L_1 и L_2 - согласно Рисунку Г.5, м;

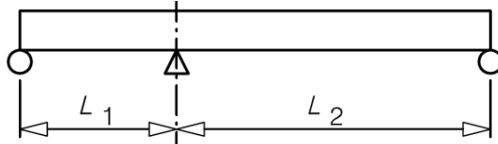


Рисунок Г.5 [Рисунок 6.21]—Пролетное строение с неподвижными опорными частями, не расположенными на одном конце

- для мостов с непрерывными (бесстыковыми) сварными рельсами на конце пролетного строения, с неподвижными опорными частями пролетного строения и устройствами компенсации удлинения рельсов на свободном конце пролетного строения, в кН:

$$F_{Тк} = \pm 20 L_T, \text{ но } F_{Тк} \leq 1100, \quad (\text{Г.4})$$

где

L_T - длина температурного пролета согласно Г.2.1, м;

- для пролетных строений моста с устройствами компенсации удлинения рельсов на обоих концах, в кН:

$$F_{Тк} = 0.$$

Г.6.6 [6.5.4.6.1(5)] Характеристические значения продольных сил $F_{Qк}$ на один рельсовый путь, действующих на неподвижные опорные части пролетного строения вследствие деформации пролетного строения, могут быть получены следующим образом:

- для мостов с непрерывными (бесстыковыми) сварными рельсами на обоих концах пролетного строения, с неподвижными опорными частями пролетного строения на одном конце пролетного строения и с устройствами компенсации удлинения рельсов на свободном конце пролетного строения, в кН:

$$F_{Qк} = \pm 20 L, \quad (\text{Г.5})$$

где L - длина первого пролета около неподвижной опорной части пролетного строения, м;

- для мостов с устройствами компенсации удлинения рельсов на обоих концах пролетного строения, в кН:

$$F_{Qк} = 0.$$

Г.6.7 [6.5.4.6.1(6)] Вертикальное смещение верхней поверхности пролетного строения относительно примыкающей конструкции (устой или другое пролетное строение), вызванное переменными воздействиями, может быть вычислено при игнорировании совместной работы конструкции и рельсовых путей и проверено на соответствие критериям по Г.5.2.3.

Приложение Д
(информационное)

**Критерии, которые должны быть удовлетворены при отсутствии
необходимости динамического расчета**

Д.1 Приложение Д не распространяется на модели нагрузки HSLM. Приложение Д действительно для поездов, описанных в Д.5.

Д.2 Динамический расчет не нужен для свободно опертых конструкций, в которых отношение v/n_0 менее предельного значения $(v/n_0)_{\text{lim}}$, приведенного в Таблицах Д.1 и Д.2, а также в случае, если максимальные эффекты от динамической нагрузки (напряжения, прогибы и т. д.) и усталостное нагружение при высоких скоростях (за исключением случаев, когда часто встречающиеся значения эксплуатационной скорости соответствуют резонансной скорости, причем в таких случаях специфический динамический расчет и проверка усталости должны быть выполнены в соответствии с 7.7) не превышают значений, вычисленных от $\Phi_2 \times$ модель нагрузки 71. При этом максимальное ускорение пролетного строения должно составлять менее $3,50 \text{ м/с}^2$, или менее $5,0 \text{ м/с}^2$.

Таблица Д.1 [Таблица F.1] — Максимальное значение $(v/n_0)_{\text{lim}}$ для свободно опертой балки или плиты и максимально допустимого ускорения $a_{\text{max}} < 3,50 \text{ м/с}^2$

Масса m , 10^3 кг/м		$\geq 5,0$ $< 7,0$	$\geq 7,0$ $< 9,0$	$\geq 9,0$ $< 10,0$	$\geq 10,0$ $< 13,0$	$\geq 13,0$ $< 15,0$	$\geq 15,0$ $< 18,0$	$\geq 18,0$ $< 20,0$	$\geq 20,0$ $< 25,0$	$\geq 25,0$ $< 30,0$	$\geq 30,0$ $< 40,0$	$\geq 40,0$ $< 50,0$	$\geq 50,0$ -
Пролет $L \in$, ^{a)} м	ζ %	v/n_0 м	v/n_0 м	v/n_0 м	v/n_0 м	v/n_0 м	v/n_0 м	v/n_0 м	v/n_0 м	v/n_0 м	v/n_0 м	v/n_0 м	v/n_0 м
[5,00; 7,50]	2	1,71	1,78	1,88	1,88	1,93	1,93	2,13	2,13	3,08	3,08	3,54	3,59
	4	1,71	1,83	1,93	1,93	2,13	2,24	3,03	3,08	3,38	3,54	4,31	4,31
[7,50; 10,0]	2	1,94	2,08	2,64	2,64	2,77	2,77	3,06	5,00	5,14	5,20	5,35	5,42
	4	2,15	2,64	2,77	2,98	4,93	5,00	5,14	5,21	5,35	5,62	6,39	6,53
[10,0; 12,5]	1	2,40	2,50	2,50	2,50	2,71	6,15	6,25	6,36	6,36	6,45	6,45	6,57
	2	2,50	2,71	2,71	5,83	6,15	6,25	6,36	6,36	6,45	6,45	7,19	7,29
[12,5; 15,0]	1	2,50	2,50	3,58	3,58	5,24	5,24	5,36	5,36	7,86	9,14	9,14	9,14
	2	3,45	5,12	5,24	5,24	5,36	5,36	7,86	8,22	9,53	9,76	10,36	10,48
[15,0; 17,5]	1	3,00	5,33	5,33	5,33	6,33	6,33	6,50	6,50	6,50	7,80	7,80	7,80
	2	5,33	5,33	6,33	6,33	6,50	6,50	10,17	10,33	10,33	10,50	10,67	12,40
[17,5; 20,0]	1	3,50	6,33	6,33	6,33	6,50	6,50	7,17	7,17	10,67	12,80	12,80	12,80
[20,0; 25,0]	1	5,21	5,21	5,42	7,08	7,50	7,50	13,54	13,54	13,96	14,17	14,38	14,38
[25,0; 30,0]	1	6,25	6,46	6,46	10,21	10,21	10,21	10,63	10,63	12,75	12,75	12,75	12,75
[30,0; 40,0]	1				10,56	18,33	18,33	18,61	18,61	18,89	19,17	19,17	19,17
$\geq 40,0$	1				14,73	15,00	15,56	15,56	15,83	18,33	18,33	18,33	18,33

^{a)} $L \in [a, b)$ означает $a \leq L < b$.

ПРИМЕЧАНИЕ 1 Таблица Д.1 включает значения коэффициента безопасности 1,2 на $(v/n_0)_{\text{lim}}$ для ускорения, прогиба и критериев прочности и значения коэффициента безопасности 1,0 на $(v/n_0)_{\text{lim}}$ для усталости.

ПРИМЕЧАНИЕ 2 Таблица Д.1 включает допуск $(1+\varphi''/2)$ для дефектов рельсового пути.

Таблица Д.2 [Таблица F.2] — Предельное значение $(v/n_0)_{\text{lim}}$ для свободно опертой балки или плиты и максимального допустимого ускорения $a_{\text{max}} < 5,0 \text{ м/с}^2$

Масса 10^3 кг/м	m	$\geq 5,0$ $< 7,0$	$\geq 7,0$ $< 9,0$	$\geq 9,0$ $< 10,0$	$\geq 10,0$ $< 13,0$	$\geq 13,0$ $< 15,0$	$\geq 15,0$ $< 18,0$	$\geq 18,0$ $< 20,0$	$\geq 20,0$ $< 25,0$	$\geq 25,0$ $< 30,0$	$\geq 30,0$ $< 40,0$	$\geq 40,0$ $< 50,0$	$\geq 50,0$ -
Пролет $L \in, ^a)$ м	ζ %	v/n_0 м	v/n_0 м	v/n_0 м	v/n_0 м	v/n_0 м	v/n_0 м	v/n_0 м	v/n_0 м	v/n_0 м	v/n_0 м	v/n_0 м	v/n_0 м
[5,00; 7,50)	2	1,78	1,88	1,93	1,93	2,13	2,13	3,08	3,08	3,44	3,54	3,59	4,13
	4	1,88	1,93	2,13	2,13	3,08	3,13	3,44	3,54	3,59	4,31	4,31	4,31
[7,50; 10,0)	2	2,08	2,64	2,78	2,78	3,06	5,07	5,21	5,21	5,28	5,35	6,33	6,33
	4	2,64	2,98	4,86	4,93	5,14	5,21	5,35	5,42	6,32	6,46	6,67	6,67
[10,0; 12,5)	1	2,50	2,50	2,71	6,15	6,25	6,36	6,36	6,46	6,46	6,46	7,19	7,19
	2	2,71	5,83	6,15	6,15	6,36	6,46	6,46	6,46	7,19	7,19	7,75	7,75
[12,5; 15,0)	1	2,50	3,58	5,24	5,24	5,36	5,36	7,86	8,33	9,14	9,14	9,14	9,14
	2	5,12	5,24	5,36	5,36	7,86	8,22	9,53	9,64	10,36	10,36	10,48	10,48
[15,0; 17,5)	1	5,33	5,33	6,33	6,33	6,50	6,50	6,50	7,80	7,80	7,80	7,80	7,80
	2	5,33	6,33	6,50	6,50	10,33	10,33	10,50	10,50	10,67	10,67	12,40	12,40
[17,5; 20,0)	1	6,33	6,33	6,50	6,50	7,17	10,67	10,67	12,80	12,80	12,80	12,80	12,80
[20,0; 25,0)	1	5,21	7,08	7,50	7,50	13,54	13,75	13,96	14,17	14,38	14,38	14,38	14,38
[25,0; 30,0)	1	6,46	10,20	10,42	10,42	10,63	10,63	12,75	12,75	12,75	12,75	12,75	12,75
[30,0; 40,0)	1				18,33	18,61	18,89	18,89	19,17	19,17	19,17	19,17	19,17
$\geq 40,0$	1				15,00	15,56	15,83	18,33	18,33	18,33	18,33	18,33	18,33

^{a)} $L \in [a, b)$ означает $a \leq L < b$.

ПРИМЕЧАНИЕ 1 Таблица Д.2 включает значения коэффициента безопасности 1,2 на $(v/n_0)_{\text{lim}}$ для ускорения, отклонения и критериев прочности и значения коэффициента безопасности 1,0 на $(v/n_0)_{\text{lim}}$ для усталости.

ПРИМЕЧАНИЕ 2 Таблица Д.2 включает допуск $(1+\varphi''/2)$ для дефектов рельсового пути.

В Таблицах Д.1 и Д.2:

L - длина пролета моста, м;

m - масса моста, 10^3 кг/м ;

ζ - коэффициент затухания в % от критического;

v - максимальная номинальная скорость и, как правило, максимальная линейная скорость в данном месте. Уменьшенная скорость может использоваться для проверки отдельных реальных поездов на связанную с ними максимальную разрешенную скорость транспортного средства, м/с;

n_0 - первая собственная частота колебаний пролета, Гц;

Φ_2 и φ'' определены в 7.3.

Д.3 Таблицы Д.1 и Д.2 следует применять для:

- свободно опертых пролетов с незначительными эффектами асимметрии, которые могут моделироваться как линейная балка или плита на жестких опорах. Таблицы Д.1 и Д.2 не применимы к мостам с ездой посередине и мостам со сквозными фермами с мостовым полотном незначительной толщины или к другим составным конструкциям, которые не могут быть адекватно представлены линейной балкой или плитой;

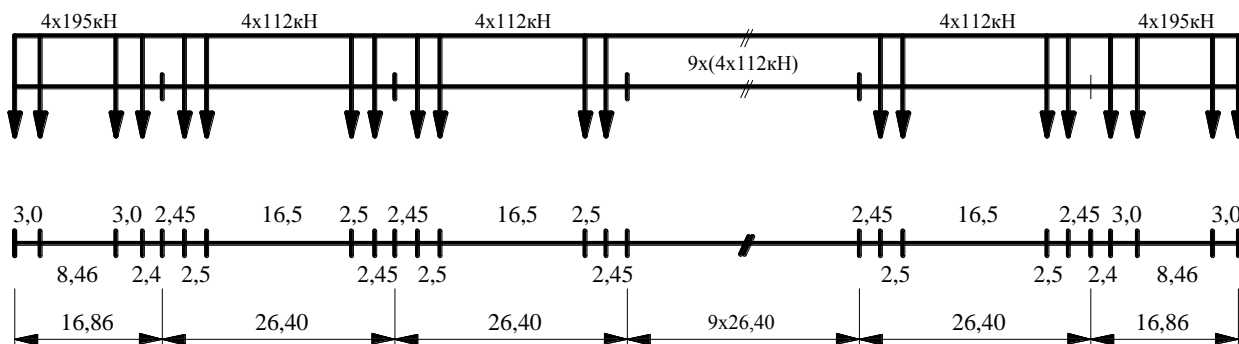
- мостов, где рельсовый путь и высота сечения конструкции до нейтральной оси, определяемая от вершины пролетного строения, достаточны для того, чтобы распределить сосредоточенные осевые нагрузки на расстояниях, равном по меньшей мере 2,50 м;
- типов поездов, перечисленных в Д.5;
- конструкций, рассчитанных на характеристические значения вертикальных нагрузок или классифицированных вертикальных нагрузок с $\alpha \geq 1$;
- тщательно обслуживаемого рельсового пути;
- пролетов с собственной частотой колебаний n_0 менее верхнего предела на Рисунке 7.6;
- конструкций с частотами крутильных колебаний n_T , удовлетворяющих выражению $n_T > 1,2n_0$.

Д.4 Если вышеуказанные критерии не выполняются, то должен быть выполнен динамический расчет в соответствии с 7.7.

Д.5 Ниже на Рисунке Д.1 приведены схемы реальных поездов, для которых распространяется Приложение Д.

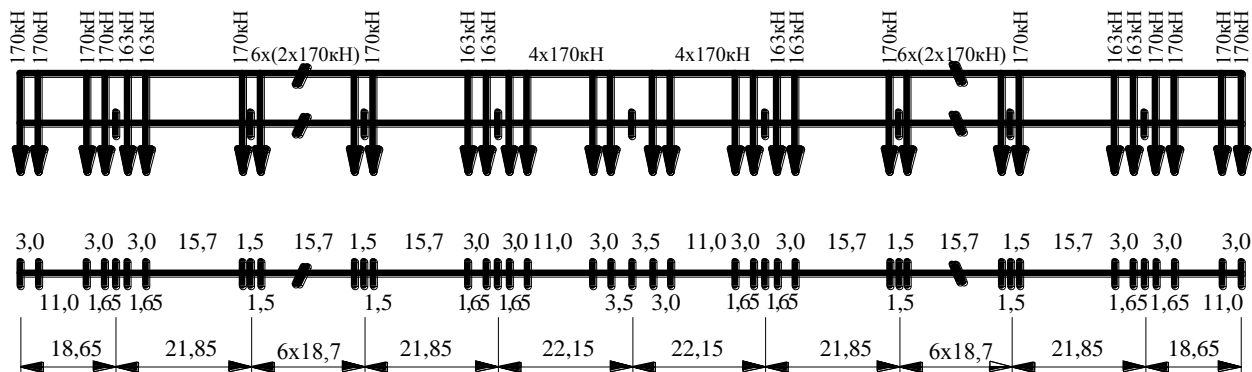
Тип А

$$\Sigma Q = 6936 \text{ кН}; \quad V = 350 \text{ км/ч}; \quad L = 350,52 \text{ м}; \quad q = 19,8 \text{ кН/м}$$



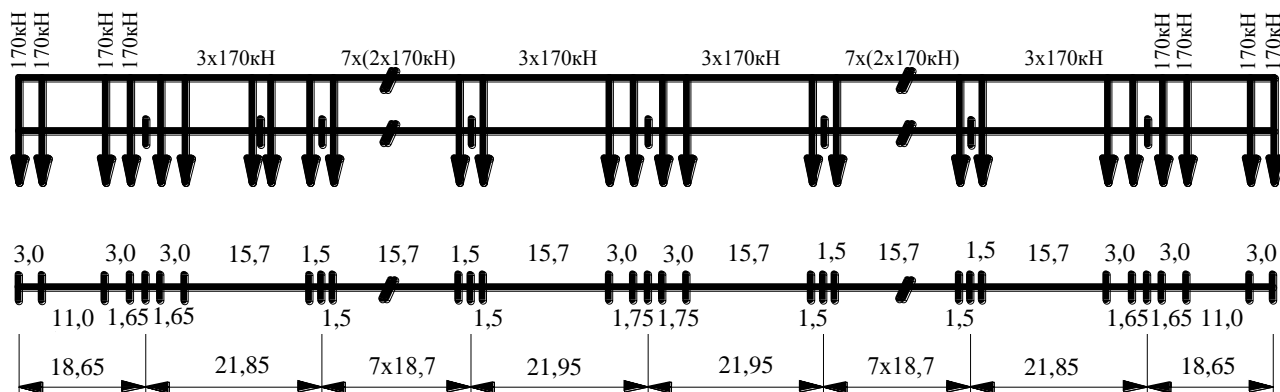
Тип В

$$\Sigma Q = 8784 \text{ кН}; V = 350 \text{ км/ч}; L = 393,34 \text{ м}; q = 22,3 \text{ кН/м}$$



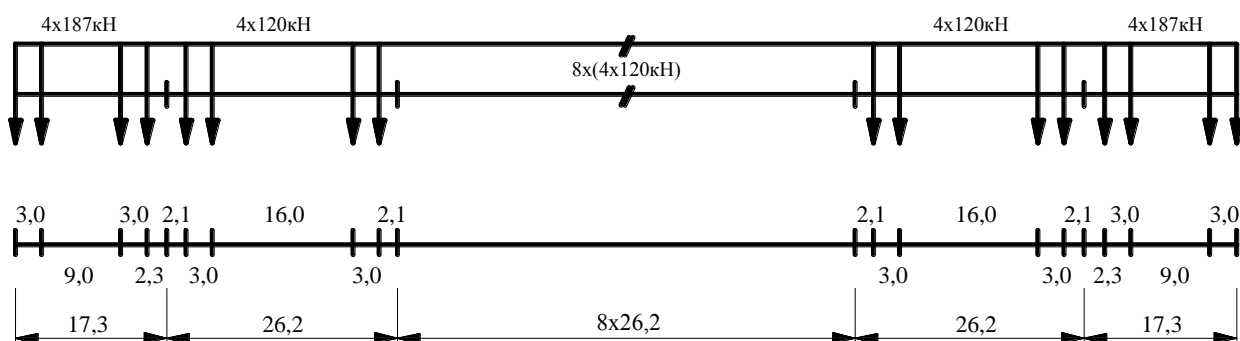
Тип С

$$\Sigma Q = 8160 \text{ кН}; \quad V = 350 \text{ км/ч}; \quad L = 386,67 \text{ м}; \quad q = 21,1 \text{ кН/м}$$



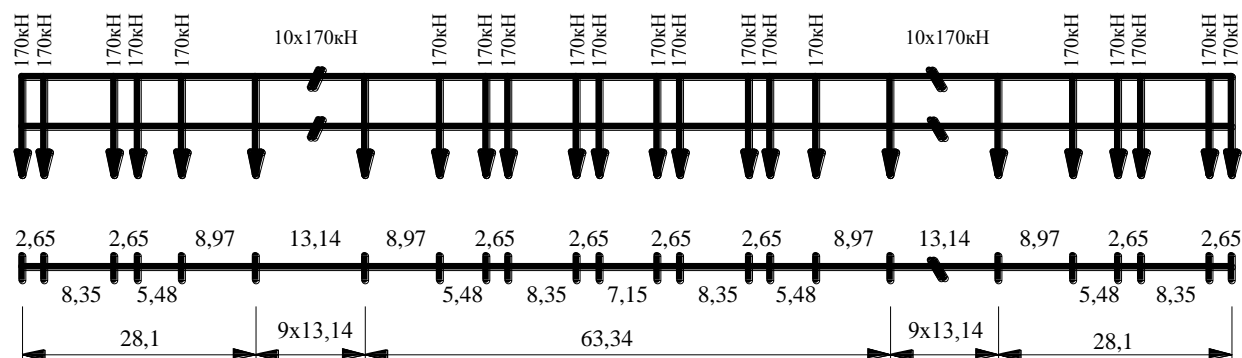
Тип D

$$\Sigma Q = 6296 \text{ кН}; \quad V = 350 \text{ км/ч}; \quad L = 295,70 \text{ м}; \quad q = 21,3 \text{ кН/м}$$



Тип E

$$\Sigma Q = 6800 \text{ кН}; \quad V = 350 \text{ км/ч}; \quad L = 356,05 \text{ м}; \quad q = 19,1 \text{ кН/м}$$



Тип F

$$\Sigma Q = 7480 \text{ кН}; \quad V = 350 \text{ км/ч}; \quad L = 258,70 \text{ м}; \quad q = 28,9 \text{ кН/м}$$

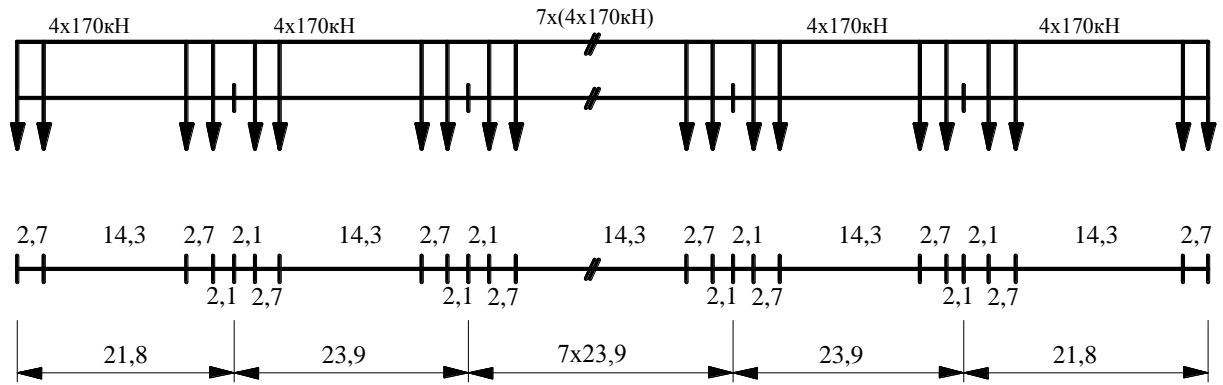


Рисунок Д.1 - Схемы реальных поездов

УДК 624.21**МКС 93.040**

Ключевые слова: нагрузки, воздействия, автодорожный мост, подвижные нагрузки, усталость, полоса нагружения, нумерация полос нагружения, горизонтальные силы, торможения, ускорения, центробежные силы, усталостная нагрузка, железобетонные пролетные строение, металлические пролетные строение, пешеходный мост, равномерно распределенная нагрузка, сосредоточенная нагрузка, транспортное средство обслуживания, железнодорожный мост, модели нагрузок, динамический коэффициент, боковое давление колес, группы нагрузок, демпфирование, аэродинамическое воздействие от проходящих поездов, аварийные воздействия.

Ресми басылым

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ҰЛТТЫҚ ЭКОНОМИКА МИНИСТРЛІГІНІҢ
ҚҰРЫЛЫС, ТҰРҒЫН ҮЙ-КОММУНАЛДЫҚ ШАРУАШЫЛЫҚ ІСТЕРІ ЖӘНЕ
ЖЕР РЕСУРСТАРЫН БАСҚАРУ КОМИТЕТІ

**Қазақстан Республикасының
НОРМАТИВТІК-ТЕХНИКАЛЫҚ ҚҰРАЛЫ**

НТҚ 01-02.1-2012 (ҚР ҚН ЕН 1991-2:2003/2011-ге)

**КӨПІРЛЕРДІ ЖОБАЛАУ
1 бөлім. Жалпы ережелері.
Жүктемелер мен әсерлерді анықтау**

Басылымға жауаптылар: «ҚазҚСҒЗИ» АҚ
050046, Алматы қаласы, Солодовников көшесі, 21

Официальное издание

**НОРМАТИВНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ
Республики Казахстан**

НТП 01-02.1-2012 (к СН РК ЕН 1991-2:2003/2011)

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ МОСТОВ.
Часть 1. Общие положения.
Определение нагрузок и воздействий**

Ответственные за выпуск: АО «КазНИИСА»

050046, г. Алматы, ул. Солодовникова, 21