

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

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

**АҒАШ КОНСТРУКЦИЯЛАРДЫ ЖОБАЛАУ.
КОНСТРУКЦИЯЛАРДЫ ӨРТТІҢ ӘСЕР ЕТУІНІҢ
ЕСЕБІМЕН ЖОБАЛАУ**

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ ДЕРЕВЯННЫХ
КОНСТРУКЦИЙ. ЧАСТЬ. ОБЩИЕ ПРАВИЛА
ПРОЕКТИРОВАНИЯ КОНСТРУКЦИЙ
С УЧЕТОМ ВОЗДЕЙСТВИЯ ПОЖАРА**

**ҚР НТҚ 05-01-2.1-2012
(ҚР ҚН EN 1995-1-2:2004/2011)
НТПРК 05-01-2.1-2012
(к СН РК EN 1995-1-2:2004/2011)**

**Ресми басылым
Издание официальное**

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

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

Астана 2015

АЛҒЫ СӨЗ

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

ПРЕДИСЛОВИЕ

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

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

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

МАЗМҰНЫ

Кіріспе	V
1 Қолданылу саласы.....	1
2 Нормативтік сілтемелер.....	1
3 Терминдер мен анықтамалар	3
4 Белгілер мен қысқартулар	14
4.1 Латын алфавитінің бас әріптері	14
4.2 Латын алфавитінің кіші әріптері	15
4.3 Грек алфавитінің бас әріптері	17
4.4 Грек алфавитінің кіші әріптері.....	17
5 Жобалау негіздері.....	18
5.1 Жалпы ережелер.....	18
5.2 Отқа төзімділікті есептеу әдістері	20
5.3 Шекті күйлер бойынша есептеудің негізгі қағидалары.....	21
5.4 Әсер ету сипаттамасы	24
6 Материалдардың сипаттамалары.....	29
7 Күю тереңдігі.....	32
7.1 Бұрыштық жұмырлану әсері есепке алынатын күю тереңдігі.....	32
7.2 Өрттің стандартты әсері кезінде ағаш конструкцияларының қаптамамен қорғалмаған беттері үшін күю тереңдігін анықтау	33
7.3 Өрт әсерінен конструктивті өртке қарсы қорғаныспен қорғалған (түрлі материалдардан жасалған қаптармен) арқалықтар мен бағаналардың күю тереңдігін анықтау	40
7.4 Күю жылдамдығы	45
7.5 Қаптамалардың күйе бастауының t_{ch} уақыты	46
7.6 Қаптамалардың қорғаныс әсерінің t_f уақыты	48
7.7 Қорғаныс қаптамалары ретінде қолданылатын гипс-картонды табактардың сипаттамалары	53
8 Кедергіні есептеу әдістері	62
8.1 Келтірілген көлденең қима әдісі	62
8.2 Келтірілген сипаттамалар әдісі	64
8.3 Конструкциялар мен конструктивті элементтерді есептеудің жеңілдетілген ережелері	65
8.4 Конструкциялардың механикалық қосылыстары	65
8.5 Есептеудің жалпы әдістері	66
8.6 Жылу-техникалық сипаттамалар	67
8.7 Механикалық сипаттамалар	69
9 Қабырғалар мен жабындарды есептеу әдістері.....	86
9.1 Қуыстары минерал мақтадан немесе шыны талшықтан жасалған жылу оқшаулағышпен толтырылған қаңқа элементтері	86
9.2 Гипс-картоннан жасалған қаптамалардың ағаштың күйіне әсер етуі	90
9.3 Шыны талшықтан жасалған жылу оқшаулағышы бар ағаш қаңқа қабырғаларды жобалау	90
10 Қосылыстар	99
11 Құрастыру	113

ҚР НТҚ 05-01-2.1-2012

12 От сынақтары	116
12.1 Ағаш конструкцияларын сынау.....	116
12.2 Қосылыстарды сынау	119
А қосымшасы (міндетті) Ағаштың беріктігінің, қаттылығының және тығыздығының сипаттамалық мәндері	120
Библиография	123

КІРІСПЕ

Осы нормативтік-техникалық құрал «Қазақ ғылыми-зерттеу және жобалау-эксперименталдық сейсмикаға төзімді құрылыс пен сәулет институты» республикалық мемлекеттік кәсіпорны («ҚазҒЗСТҚСИ» РМК) дайындаған.

Осы нормативтік-техникалық құралда келесілер келтірілген:

– ҚР ҚН EN 1995-1-2:2004/2011 1-7-тарауларында мазмұндалған ағаш құрылыс конструкцияларының өрт кезінде өз функцияларын орындауын есепке ала отырып, жобалау кезінде оларды қолдану қағидалары мен ережелері;

– ҚР ҚН EN 1995-1-2:2004/2011 1-7-тарауларында мазмұндалған қағидалар мен ережелерді дамытатын ережелер;

– жобалау тәжірибесінде ҚР ҚН EN 1995-1-2:2004/2011 1-7-тарауларының ережелерін қолдануды суреттейтін мысалдар;

– ҚР ҚН EN 1995-1-2:2004/2011 талаптарына қарсы келмейтін ағаш құрылыс конструкцияларының отқа төзімділігін есептеудің балама әдістері;

– ҚР ҚН EN 1995-1-2:2004/2011 талаптарына қарсы келмейтін қуыстары минерал мақта мен шыны талшықтардан жасалған жылу оқшаулағышпен толтырылған қаңқа ағаш элементтердің тәртібі мен есептелуі жөніндегі қосымша деректер.

Осы нормативтік-техникалық құралды әзірлеу кезінде ҚР ҚН EN 1995-1-2:2004/2011 ережелерімен қатар келесілер есепке алынған:

– ҚР ҚН EN 1995-1-2:2004/2011 Ұлттық қосымшасының ережелері;

– «Құрылыс жобалау негіздері» ҚР ҚН EN 1990:2002+A1:2005/2011 тиісті ережелері;

– Еурокод 1 ҚР ҚН EN 1991-1-2:2002/2011 тиісті ережелері. Көтергішконструкцияларына әсер ету. 1-2-бөлім. Жалпы әсерлер. Өрт кезінде конструкцияларға әсер ету;

– Ағаш конструкцияларын жобалау ҚР ҚН EN 1995-1-1:2008/2011 тиісті ережелері. 1-1-бөлім. Жалпы ережелер және тапсырмаларға арналған ережелер.

– ҚР ҚН EN 1995-1-2:2004/2011 талаптарын толықтыратын және оларға қарсы келмейтін ғимараттардың, құрылыстардың, құрылыс конструкциялары мен материалдарының отқа төзімділігі теориясының кейбір көпшілікке танылған ережелері;

– зерттеулердің ағаш құрылыс конструкциялары мен материалдарының отқа төзімділігі саласында маманданған шетелдік ғылыми ұйымдар алған мақұлданған нәтижелері.

Осы нормативтік-техникалық құрал жобалау ұйымдарының инженер-техник қызметкерлеріне, ғылыми қызметкерлерге, жоба өнімдеріне тапсырыс берушілерге, жоғарғы оқу орындарының оқытушылары мен студенттеріне арналған.

Қазақстан Республикасында ерікті түрде нормативті құжат ретінде қолдану үшін қолданысқа енгізіледі.

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

АҒАШ КОНСТРУКЦИЯЛАРДЫ ЖОБАЛАУ. КОНСТРУКЦИЯЛАРДЫ ӨРТТІҢ
ӘСЕР ЕТУІНІҢ ЕСЕБІМЕН ЖОБАЛАУ

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ДЕРЕВЯННЫХ КОНСТРУКЦИЙ. ЧАСТЬ. ОБЩИЕ
ПРАВИЛА ПРОЕКТИРОВАНИЯ КОНСТРУКЦИЙ С УЧЕТОМ ВОЗДЕЙСТВИЯ
ПОЖАРА

Енгізілген күні - 2015-07-01

1 ҚОЛДАНУ САЛАСЫ

1.1 «Ағаш конструкцияларын жобалау. Өрт әсерін ескере отырып конструкцияларды жобалаудың жалпы ережелері бөлімі» құралы (ары қарай - құрал) ҚР ҚН EN 1995-1-2:2004/2011 ережелеріне сәйкес әзірленген және ағаш конструкцияларына өрттің әсерін ескере отырып, оларды жобалауға таралады. Құралда ҚР ҚН EN 1990:2002+A1:2005/2011 және ҚР ҚН EN 1995-1-2:2004/2011 қағидалары мен ережелеріне сәйкес өрт болған жағдайлардағы әсер ету түрлері, өрт кезіндегі конструкциялардың көтергіш және қоршау қабілетінің есептеулері нақтыланады және түсіндіріледі.

1.2 Әзірленген құрал өзара механикалық немесе желім көмегімен байланысқан және мақсатына сай келетін өрт жүктемелері бар ғимараттарда қолданылатын ағаштан (бүтін ағаш, кесілген ағаш, сүргіленген немесе дөңгелек ағаш, жұқа тақтай, талшықтары параллель орналасқан қабыршақтың бірнеше қабатынан тұратын желімденген ағаш (LVL)) немесе ағаш тақталарынан жасалған ағаш конструкцияларын жобалауға таралады.

2 НОРМАТИВТІК СІЛТЕМЕЛЕР

Осы құралды қолдану үшін келесі сілтеме құжаттар қажет. Мерзімі көрсетілген сілтемелер үшін сілтеме құжаттың аталған басылымы ғана қолданылады, мерзімі көрсетілмеген сілтемелер үшін сілтеме құжаттың соңғы басылымы (барлық өзгертулерін қоса) қолданылады:

ҚР СТ 1.9–2007 Қазақстан Республикасында халықаралық, өңірлік және шетелдік мемлекеттердің ұлттық стандарттарын, стандарттау жөніндегі басқа нормативтік құжаттарды қолдану тәртібі.

ҚР ҚН EN 1990:2002+A1:2005/2011 Күш түсетін конструкцияларды жобалаудың негіздері.

ҚР ҚН EN 1991-1-1:2002/2011 Күш түсетін конструкцияларға әсер ету. 1-1 бөлімі. Өзіндік салмағы, ғимаратқа түсетін тұрақты және уақытша жүктемелер.

ҚР ҚН EN 1991-1-2:2002/2011 Күш түсетін конструкцияларға әсер ету. 1-2 бөлімі. Жалпы әсер ету. Конструкцияға өрт кезінде әсер ету.

ҚР ҚН EN 1993-1-2:2005/2011 Болат конструкцияларын жобалау. 1-2-бөлім. Жалпы ережелер. Конструкцияларды өрттің әсер етуінің есебімен жобалау.

ҚР ҚН EN 1995-1-1:2004+A1:2008/2011 Ағаш конструкцияларды жобалау. 1-1 бөлімі. Жалпы ережелер және ғимараттарға арналған ережелер

ҚР ҚН EN 1995-1-2:2004/2011 Ағаш конструкцияларды жобалау. 1-2 бөлімі. Конструкцияларды өрттің әсер етуінің есебімен жобалаудың жалпы ережелері.

ҚР СТ EN 316 Ағаш-талшықты тақталар. Анықтамалар, жіктеулер және белгілер.

ҚР СТ EN 520 Гипс-картонды табақтар. Техникалық шарттар. Сынау әдістері.

ҚР СТ ENV 13381-7 Құрылыс конструкцияларының отқа төзімділігіне әсер ететін факторларды анықтауға арналған сынау әдістері. 7-бөлім. Ағаш конструкцияларын қорғау.

ҚР СТ EN 14080 Ағаш конструкциялары. Желімденген ағаш. Талаптар.

ҚР СТ EN 14374 Ағаш конструкциялары. Конструктивті қабатты жұқа тақтайлы кесілген материал. Техникалық шарттар.

EN 300* Oriented strand boards (OSB). Definitions, classification and specifications (Ағаш-талшықты тақталар (бағытталған-жоңқалы) (OSB). Анықтамалар, жіктеулер және талаптар).

EN 301* Adhesives, phenolic and aminoplastic, for loading bearing timber structures. Classification and performance requirements (Көтіргіш ағаш конструкцияларға арналған желімдер. Фенопласттар және аминопласттар. Жіктеу және талаптар).

EN 309* Particleboards. Definition and classification (Ағаш-жаңқалы тақталар. Анықтамалар және Жіктеу).

EN 313-1* Plywood. Classification and terminology. Plywood. Classification and terminology. Classification (Жұқа тақтай. Жіктеу және терминология. 1-бөлім. Жіктеу).

EN 314-2* Plywood. Bonding quality. Test methods (Жұқа тақтай. Желімдеу сапасы. 2-бөлім. Талаптар).

EN 338* Structural timber. Strength classes (Конструктивті ағаш. Беріктік кластары).

EN 912* Timber fasteners. Specifications for connectors for timbers (Ағашқа арналған бекітпе бұйымдар. Ағашқа арналған біріктіру элементтеріне қойылатын техникалық талаптар).

EN 1363-1* Fire resistance tests. General requirements (Отқа төзімділікке сынау. 1-бөлім. Жалпы талаптар).

EN 13162* Thermal insulation products for buildings. Factory made mineral wool (MW) products. Specification (Ғимараттарға арналған жылуды окшаулайтын материалдар. Минерал мақтадан (ММ) жасалған бұйымдар. Техникалық шарттар).

ISO 6707-1* Building and civil engineering – Vocabulary – Part 1: General terms (Ғимараттар құрылысы және азаматтық құрылыс. Сөздік. 1-бөлім. Жалпы терминдер).

Ескертпе – Осы мемлекеттік нормативті қолданған кезде сілтеме жасалатын құжаттардың әрекетін жыл сайын ағымдағы жыл жағдайына құрастырылатын ақпараттық «Қазақстан Республикасы аумағында қолданыстағы архитектура, қала құрылысы және құрылыс салаларындағы нормативтік құқықтық және нормативтік-техникалық актілердің тізімі», «Қазақстан Республикасының стандарттау жөніндегі нормативтік құжаттар көрсеткіші» және «Мемлекетаралық нормативтік құжаттар көрсеткіші» бойынша тексерген жөн. Егер сілтеме жасалатын құжат ауыстырылған (өзгертілген) болса, онда осы нормативті

*ҚР СТ 1.9 сәйкес қолданылады

қолданған кезде ауыстырылған (өзгертілген) құжатты басшылыққа алу қажет. Егер сілтеме жасалатын құжат ауыстырылмай өзгертілген болса, онда оған сілтеме берілген ереже осы сілтемені қозғамайтын бөлімде қолданылады.

3 ТЕРМИНДЕР МЕН АНЫҚТАМАЛАР

Осы құралда тиісті анықтамалары бар келесі терминдер қолданылады:

3.1 Құрылым (construction works): Салынып жатқан немесе құрылыс жұмыстарының нәтижесі болып табылатындардың барлығы.

Ескертпе – ISO 6707-1 бойынша анықтама. Осы термин ғимаратты, сондайақ инженерлік құрылыстарды білдіреді. Термин конструктивті (көтергіш), конструктивті емес (көтергіш емес), сонымен қатар геотехникалық элементтерден тұратын аяқталған құрылымға жатады.

3.2 Ғимараттың немесе инженерлік құрылыстың типі (type of building or civil engineering works): Тұрғын үй, тіреуіш қабырға, өнеркәсіптік ғимарат, жол көпірі сияқты ғимараттың немесе құрылыстың функционалдық мақсатына байланысты анықталады.

Ескертпе – Құрылым түрі қосымша есептеулерсіз конструкцияларға түсірілетін күш және температура (өрт) жүктемелерін анықтау үшін қолданылуы мүмкін.

3.3 Конструкция типі (type of construction): Конструкцияны дайындау үшін қолданылатын материал түріне байланысты анықталады, мысалы, темірбетон конструкциясы, болат конструкциясы, ағаш конструкциясы, тас конструкциясы, болатбетонды құрама конструкциясы.

Ескертпе – Осы құралда тек ағаш құрылыс конструкциялары ғана қарастырылады.

3.4 Конструкция (құрылыс) (structure): Жүктемелерді қабылдауға және барабар қаттылықты қамтамасыз етуге арналған өзара байланысқан конструктивті элементтердің көзделген комбинациясы

3.5 Конструктивті элемент (structural member): Конструкцияның физикалық ерекшеленетін бөлігі, мысалы, бағана, арқалық, плита, іргетас қадасы.

3.6 Жеке конструкция(member): Конструктивті жүйенің шекаралық шарттарды және тіреу схемасын есепке ала отырып, жеке-жеке қарастыруға болатын негізгі элементі (мысалы, арқалық, бағана, сонымен қатар ферма, рама және т.б. сияқты жиналмалы конструкциялар).

3.7 Көтергішқұрылыс бұйымы (structural element): Көтергішқұрылыс бұйымдарына іргетас, бағана, көпірлерде - тіреу, жол төсемінің тақтасы және көтергішэлементтері, мысалы, арқандар жатады.

3.8 Көтергішемес құрылыс бұйымы (non structural element): Көтергіш емесқұрылыс бұйымдарына жол жабындары мен қоршауларын қоса алғанда көтергішбұйымдарымен байланыстырылатын қосымша өңдеулер, сонымен қатар көтергішбұйымдарымен стационарлы байланысқан жабдықтар мен механикалық құрылғылар жатады.

3.9 Конструктивті жүйе (structural system): Ғимараттың немесе инженерлік құрылыстың бірлесіп жұмыс жасау үшін белгілі бір тәсілмен біріктірілген көтергіш элементтері.

3.10 Конструктивті жүйенің бір бөлігі (part of structure): Тиісті шекаралық шарттары мен тіреу сызбасы бар конструктивті жүйенің жеке бөлігі.

3.11 Құрылыс моделі (structural model): Құрылыстың жобалау кезінде есептеулерде және есептік тексерулерде қолданылатын дәріптелген сызбасы.

Ескертпе – Құрылыс моделі дәлдікті жоғалтпай есептеу процедурасын ықшамдауға арналған геометрияны жеңіл қабылдауды білдіреді – мысалы, есептеулерде тақталар арқалықтар түрінде, ал бағаналар стерженьдер түрінде ұсынылады.

3.12 Есептеу критерийі (design criteria): Әр шекті күй үшін орындалуы тиіс жағдайларды сипаттайтын сандық көрсеткіштер.

Ескертпе – Отқа төзімділікті есептеу тұрғысынан критерийлер ретінде негізінен конструкциялардың бұзылуын немесе шекті температураға жетуді қабылдайды.

3.13 Есептік жағдайлар (design situations): Есептеулер тиісті шекті күйлерден асып кетпегендігін көрсетуі тиіс белгілі бір уақыт аралығында кездесетін шынайы жағдайларды модельдейтін физикалық жағдайлар жиынтығы.

Ескертпе – Өртті апаттық есептік жағдайларға жатқызады.

3.14 Ауыспалы есептік жағдай (transient design situation): Ұзақтығы бойынша құрылысты пайдалану кезеңіне қарағанда біршама аз және пайда болудың жоғары ықтималдығына ие уақыт аралығы ішінде іске асырылатын жағдай.

Ескертпе – Ауыспалы есептік жағдай пайдаланудың немесе тіреу конструкциясына әсер етудің уақытша шарттарына жатады, мысалы, құрылыс кезінде немесе жөндеу жұмыстарын жүргізу барысында.

3.15 Тұрақты есептік жағдай (persistent design situation): Құрылысты пайдалану кезеңі ішінде анықтаушы болып табылатын жағдай.

Ескертпе

1 Ереже бойынша тұрақты есептік жағдай пайдаланудың қалыпты жағдайларына жатады. Аталған жағдай отқа төзімділікті есептеуде бастапқы деректер – жүктеме, кернеу ретінде қолданылуы мүмкін.

2 Өрт кезінде тұрақты есептік жағдай үшін анықталатын әсер етуші жүктемелердің тек белгілі бір бөлігі ғана әсер етеді деп саналады. Өрт біршама сирек кездесетін оқиғалар қатарына жататын болғандықтан, конструкцияның шамадан тыс жүктеу сәті моментінің өрттің туындау моментімен сәйкес келу ықтималдығы өте төмен.

3.16 Апаттық есептік жағдай (accidental design situation): Құрылыс үшін ерекше шарттарды немесе әсерлерді, мысалы, өртті, жарылысты, соққыны немесе жергілікті бұзылуды есепке алатын жағдай.

3.17 Өртке қарсы жобалық шаралар (fire design): Конструкцияларды жобалау кезінде өрт туындаған жағдайларда олардың жұмыс жасау қабілетін сақтап қалуға арналған шаралар.

Ескертпе – Отқа төзімділікті өртке қарсы жобалық шараларға жатқызады. Отқа төзімділіктің талап етілетін мәні ұлттық нормалармен (мысалы, «Өрт қауіпсіздігіне қойылатын жалпы талаптар» техникалық регламенті) бекітіледі. Еурокодтар отқа төзімділіктің нақты параметрлерін ғана анықтауға (есептеуге) мүмкіндік береді.

3.18 Қауіптілік (hazard): Әдеттегіден тыс және маңызды оқиға, мысалы, қоршаған ортаның болжанбаған әсері немесе ықпалы, беріктіктің немесе көтергішқабілетінің жеткіліксіздігі, не болмаса қарастырылған өлшемдерден рұқсат етілмейтін ауытқу.

3.19 Шекті күйлер (limit states): Асып кеткен кезде құрылыс конструкциялары жобалау нормасының талаптарына сай келмейтін күй.

3.20 Шектікшекті күй (ultimate limit states): Конструкцияның (құрылыстың) бұзылуына немесе істен шығуының басқа да формаларына байланысты күй.

Ескертпе – Ереже бойынша, олар конструкцияның немесе оның элементінің максималды көтергішқабілетіне сәйкес келеді, соның ішінде өрт әсері кезінде де.

3.21 Көтергішқабілеті (кедергі) (resistance): Конструктивті элементтің немесе оның бойлық қимасының механикалық бұзылуларсыз әсерлерге қарсы тұру қабілеті, мысалы, майысуға кедергі, тұрақтылықты жоғалтуға кедергі, созылуға кедергі.

3.22 Беріктік (strength): Материалдың әсерлерге қарсы тұру қабілетін сипаттайтын және әдетте механикалық кернеу бірлігімен өрнектелетін механикалық қасиеті.

3.23 Сенімділік (reliability): Құрылыстың немесе оның конструктивті элементінің пайдаланудың есептік мерзімі ішінде бекітілген талаптарға сәйкес келуінің қабілеті. Ереже бойынша, сенімділік ықтимал мәндермен өрнектеледі.

Ескертпе – Сенімділік түсінігі құрылыстың қауіпсіздігіне, пайдалануға жарамдылығына және төзімділігіне таратылады.

3.24 Номиналды мән (nominal value): Статистикалық талдау нәтижелері бойынша емес, тәжірибелік деректер немесе физикалық шарттар негізінде қабылданған мән.

Ескертпе – Номиналды мәндер статистикалық талдау жасау мүмкін емес болған жағдайларда қолданылады.

3.25 Әсер (F)(action (F)):

- a) Құрылысқа әсер ететін (тікелей әсер) күштер (жүктемелер) тобы;
- b) Температураның немесе ылғалдықтың өзгерістерінен, негіздердің біркелкі емес шөгуінен немесе жер сілкінісінен (жанама әсер) туындаған деформациялардың немесе ауытқулардың тобы.

Ескертпе – Өрт b) әсер ету нұсқасына жатады және конструкциялар бағытындағы стационарлы емес (уақыт бойынша ауыспалы) жылу ағынын білдіреді.

3.26 Әсер ету салдары (E)(effect of action (E)): Конструкция элементтеріне әсер ету нәтижесі (мысалы, ішкі күштер, моменттер, кернеу, деформация) немесе әсер етуден туындаған құрылыс реакциясы (мысалы, майысу, айналу).

3.27 Тұрақты әсер ету (G)(permanent action (G)): Пайдаланудың барлық мерзіміндегі әсер, оның шамасының уақытша өзгерісі орташа мәнмен салыстырғанда елеусіз немесе

белгілі бір шектік мәнге жеткенге дейін өзгерісі әрдайым бір сарынды және бір бағытта жүретін шаманың уақытша өзгерісі.

3.28 Айнымалы әсер (Q)(variable action (Q)): Уақыт бойынша шамасын өзгерту елеусіз де және бір сарында да емес әсер.

3.29 Апаттық әсер (A)(accidental action (A)): Әсер, ереже бойынша қысқа мерзімді, бірақ құрылысты пайдаланудың есептік мерзімі ішінде туындауының аз ғана ықтималдығына ие елеулі шама.

Ескертпе

1 Егер тиісті шаралар қабылданбайтын болса, апаттық әсер елеулі салдарға ие болуы мүмкін. Мысалы, өрт – апаттық әсер (қауіптілік) – конструкцияның (ғимараттың, құрылыстың) бұзылуына алып келуі мүмкін.

2 Сокқы, қар, жел және сейсмика әсері олардың статистикалық таралуына қатысты қолда бар ақпараттарға байланысты айнымалы немесе апаттық болуы мүмкін.

3.30 Белгіленген әсер (fixed action): Конструкцияға немесе конструктивті элементке қатысты тұрақты таратуға және күйге ие әсер, осының нәтижесінде егер оның шамасы мен бағыты конструкцияның немесе конструктивті элементтің бір нүктесі үшін анықталған болса, осы әсер шамасы мен бағыты конструкция немесе конструктивті элемент үшін бір мәнді анықталады.

Ескертпе – Отқа төзімділікті есептеу үшін белгіленген күш әсері (жүктеме) ғана есепке алынады. Өрт кезінде конструкцияның деформациясы жағдайларында жүктерді тасымалдау ескерілмейді. Өрт кезінде жүктердің өртенуі де ескерілмейді. Отқа төзімділікті есептеу кезінде өрттің жылу ағынының әсерінен қар массасының еруі салдарынан оң әсер ретінде есепке алынуы мүмкін қар жүктемесі ғана ерекшелік болып табылады.

3.31 Еркін әсер (free action): Конструкцияларға қатысы бойынша түрлі кеңістіктік таралымдарға ие болуы мүмкін әсер.

3.32 Статикалық әсер (static action): Конструкцияның немесе конструктивті элементтің елеулі ауытқуына алып келмейін әсер.

Ескертпе – Статикалық әсер – бұл қарастырылатын уақыт аралығы үшін қабылдануы мүмкін әсер. Отқа төзімділікті есептеу үшін тек статикалық күш әсерлері (жүктемелер) ғана есепке алынады.

3.33 Динамикалық әсер (dynamic action): Конструкцияның немесе конструктивті элементтің елеулі ауытқуына алып келетін әсер

3.34 Әсердің сипаттамалық мәні (F_k) (characteristic value of an action (F_k)): Әсердің анықтаушы репрезентативті мәні.

Ескертпе – Егер сипаттамалық мәнінің статистикалық орнатылуы мүмкін болса, онда оны «уақыттың референтті кезеңінің» ішінде осы мәнен асып кету орын алмайтын тағайындалған ықтималдықпен анықтайды; бұл ретте құрылысты пайдаланудың есептік мерзімі және есептік жағдай ұзақтығы есепке алынады.

3.35 Айнымалы әсердің комбинациялық мәні ($\psi_0 Q_k$) (combination value of a variable action ($\psi_0 Q_k$)): Мүмкіндігінше әсерлер комбинациясынан туындаған салдардан асып кету ықтималдығы жеке әсердің сипаттамалық мәнінен асып кету ықтималдығымен

шамамен бірдей болатындай тәсілмен статистикалық негізде анықталған айнымалы әсер мәні. Комбинациялық мән айнымалы әсердің сипаттамалық мәнін білдіреді және сипаттамалық мәнді $\psi_0 \leq 1$ коэффициентіне көбейту арқылы анықталуы мүмкін.

3.36 Айнымалы әсердің жеке мәні ($\psi_1 Q_k$) (frequent value of a variable action ($\psi_1 Q_k$)): Мүмкіндігінше осы мәннен асып кеткен кезде референтті кезең шегінде оның әсерінің қосынды уақыты референтті кезеңнің аз бөлігі болып табылатындай, не болмаса осы жоғарылау жиілігі белгіленген мәндермен шектелетіндей тәсілмен статистикалық негізде анықталған айнымалы әсер мәні. Жеке мән айнымалы әсердің сипаттамалық мәнінің бір бөлігін ұсынады және сипаттамалық мәнді $\psi_1 \leq 1$ коэффициентіне көбейту арқылы анықталуы мүмкін.

Ескертпе – Айнымалы әсердің жеке мәні уақытша ұзақ уақыт бойы әсер ететін, бірақ статистикалық негізде қабылданған жүктеме ретінде де белгі. Өрт қайталануы бойынша сиректер қатарына жататындықтан, онда отқа төзімділігін есептеу үшін айнымалы әсердің жеке мәнін қолдануға болады.

3.37 Ілеспе айнымалы әсердің мәні (ψQ_k) (accompanying value of a variable action (ψQ_k)): Әсерлер комбинациясындағы басым әсерді ілестіретін айнымалы әсер мәні.

Ескертпе – Ілеспе айнымалы әсердің мәні комбинациялық, жеке немесе квазитұрақты мәні болуы мүмкін. Айнымалы әсерлер қатысу уақыты, әсер ету шамасы тұрғысынан әр түрлі болғандықтан, уақыттың кез келген сәтінде (референтті кезең) олардың дәл мәнін (мысалы, өрттің туындауына сай келетін) есептеу мүмкін емес. Сондықтан есептік жағдайдың түріне байланысты (яғни, оның қатысуының ұзақтығы) $\psi \leq 1$ комбинациялық коэффициенті қолданылады.

3.38 Әсердің репрезентативті мәні (F_{rep}) (representative value of an action (F_{rep})): Шекті күйлер бойынша есептеу кезінде қолданылатын мән. Репрезентативті мән ретінде сипаттамалық мән (F_k) немесе ілеспе мән (ψF_k) қабылдануы мүмкін.

Ескертпе

1 Есептік мән өзіне тән мәnniң туындысы және қауіпсіздіктің жеке коэффициенті түрінде де белгіленуі мүмкін γ_F ; ($\gamma_F = \gamma_{sd}\gamma_f$).

2 Әсердің репрезентативті мәні әсердің «сипаттамалық» мәні ретінде де белгілі. Тұрақты күш әсерлері үшін отқа төзімділікті есептеу кезінде сипаттамалық мәнді, ал айнымалылар үшін әсердің ілеспе мәндерін қабылдайды.

3.39 Әсердің есептік мәні (F_d) (design value of an action (F_d)): Репрезентативті мәнді γ жеке коэффициентке γ көбейту арқылы алынған әсер мәні.

Ескертпе

1 Есептік мән өзіне тән мәnniң туындысы және қауіпсіздіктің жеке коэффициенті түрінде де белгіленуі мүмкін γ_F ; ($\gamma_F = \gamma_{sd}\gamma_f$).

2 Апаттық есептік жағдайлар (өрт) үшін γ_f коэффициент 1,0 тең етіп қабылданады.

3.40 Әсерлер комбинациясы (combination of actions): Түрлі әсерлер бір уақытта әсер еткен кезде кейбір шекті күйлер бойынша құрылыс сенімділігін тексеру кезінде қолданылатын әсерлердің есептік мәндерінің жиынтығы.

3.41 Сипаттамалық мәндер (X_k немесе R_k) (characteristic value (X_k or R_k)): Болжамды түрде сынақтардың шектелмейтін саны кезіндегі асырмаудың белгілі бір ықтималдығына

ие материалдың немесе бұйымның қасиетін сипаттайтын мән. Сипаттамалық мән әдетте қарастырылатын материалдың немесе бұйымның қабылданған статистикалық таралуының анықталған квантиліне сәйкес келеді. Кейбір жағдайларда номиналды мән сипаттамалық ретінде қолданылады.

Ескертпе

1 Ағаш беріктігі, мысалы, статистикалық тарату квантильдің 5% деңгейін тең етіп қабылданады. Бұл сыналған 100 бірдей үлгінің ең төменгі беріктікті көрсеткен 5 үлгісінің бракқа шығарылатындығын және материал беріктігі қалған 95 үлгінің ең азы бойынша қабылданатындығын білдіреді.

2 Ағаш үшін беріктіктің, қаттылықтың және тығыздықтың сипаттамалық мәндері оның беріктілік класына байланысты EN 338 сәйкес қабылданады және А қосымшасында берілген.

3.42 Материал мен бұйым қасиеттерінің есептік мәндері (X_d немесе R_d) (design value of a material or product property (X_d or R_d)): X_k материал мен бұйым қасиеттері көрсеткішінің сипаттамалық мәнін немесе R_k конструктивті элемент қасиетінің көрсеткішін γ_m немесе γ_M жеке коэффициентіне бөлу нәтижесінде алынатын немесе ерекше жағдайларда, тікелей анықталатын мән.

Ескертпе – Апаттық есептік жағдайлар (өрт) үшін γ_m немесе $\gamma_{M,fi}$ коэффициенттері 1,0 тең етіп қабылданады немесе ұлттық қосымшаларға сәйкес белгіленеді.

3.43 Материал мен бұйым қасиеттерінің номиналды мәндері (X_{nom} немесе R_{nom}) (nominal value of a material or product property (X_{nom} or R_{nom})): Әдетте тиісті құжатта, мысалы, Еуропа немесе алдын-ала стандартта анықталған сипаттамалық мән ретінде қолданылатын мән.

3.44 Геометриялық шаманың сипаттамалық мәні (a_k) (characteristic value of a geometrical property (a_k)): Әдетте жобалау кезінде қабылданған номиналды өлшеміне сәйкес келетін мән. Қажет болған кезде геометриялық өлшемдер мәні статистикалық таратудың белгіленген квантильдеріне сәйкес келуі мүмкін.

3.45 Геометриялық шаманың есептік мәні (a_d) (design value of a geometrical property (a_d)): Ереже бойынша – бұл номиналды мән. Қажет болған кезде геометриялық өлшемдердің мәндері статистикалық таратудың белгіленген квантильдеріне сәйкес келуі мүмкін.

Ескертпе – Ауытқулар геометриялық көрсеткіш мәні шекті күй үшін анықтаушы болып табылған кезде туындайды, мысалы, геометриялық ақаулардың бойлық иілуге әсері кезінде. Мұндай жағдайларда есептік мән тікелей өлшеу стандарттарында көрсетіледі. Қажет болған кезде есептік мән сипаттамалық мәnnің квантилінен асып кететін квантильді қолданатын (яғни, біршама сирек мән) статистикалық бағалаулар негізінде анықталуы мүмкін.

3.46 Конструкцияны есептеу (structural analysis): Конструкцияның кез келген нүктесіндегі әсер ету салдарын (күш, момент, кернеу, деформация) анықтау процедурасы немесе алгоритмі.

Ескертпе – Есепті түрлі үлгілерді қолдана отырып, үш деңгейде жүргізуге болады: жалпы есеп, жекелеген конструктивті элементтер есебі, локальды (жергілікті) есеп.

3.47 Жалпы есеп (global analysis): Конструкциядағы көтергішконструкциясына әсер етуде тепе-теңдікте тұрған және геометриялық өлшемдерге, конструктивті шешімдерге

және материалдардың қасиеттеріне тәуелді, өзара келісілген күш, момент және күш салу шамаларын анықтау.

Ескертпе – Жалпы есеп – бұл барлық конструктивті жүйенің есебі. Жалпы есеп әдетте автоматтандырылған жобалау жүйелерін қолдана отырып жүргізіледі.

3.48 Өрт кезінде конструктивті жүйені жалпы талдау (global structural analysis (for fire)): Өрт бүтіндей, толығымен немесе ішінара әсер еткен конструктивті жүйені талдау.

Ескертпе – Өрттің тікелей емес әсері барлық конструктивті жүйе үшін есепке алынады.

3.49 Өрттің тікелей емес әсері (indirect fire actions): Температуралық кеңеюден туындаған күштер.

3.50 Өрт кезінде жекелеген конструкцияны талдау (member analysis (for fire)): Конструкцияның өрт әсері жағдайларында тиісті шекаралық жағдайлармен және тіреу сызбасымен жеке қарастырылатын жылу-техникалық және статикалық есептері.

Ескертпе – Жекелеген конструкцияларды талдау кезінде температураның төмендеуінен туындаған әсерлерді қоспағанда, өрттің тікелей емес әсерлері қарастырылмайды.

3.51 Қалыпты температура кезіндегі есеп (normal temperature design): Қоршаған орта температурасындағы конструкция есебі.

3.52 Жылу-техникалық есеп (temperature analysis): Жылу әсерлерін (жылу ағынын), конструкция материалдарының жылу-техникалық қасиеттерін және қажет болған жағдайда, қорғайтын беттердің қасиеттерін есепке ала отырып, конструкциялардағы температураның жоғарылауын анықтау әдістері.

Ескертпе – Ағаш құрылыс конструкцияларының жылу-техникалық есебінің мәні күйдің түрлі жылдамдығын және қорғаныс қаптамасының бар-жоғын есепке ала отырып, бойлық қиманың күйі тереңдігінен өзгеруін (азаюын) анықтауға негізделген.

3.53 Отқа төзімділік (fire resistance): Конструктивті жүйенің, оның бір бөлігінің немесе жеке конструкцияның жүктеменің деңгейін тағайындай отырып, реттелетін өрттің белгіленген ұзақтығы барысында талап етілетін функцияларды (көтергіш және/немесе қоршау) орындау қабілеті.

3.54 Стандартты отқа төзімділік, отқа төзімділік шегі (standard fire resistance): Конструктивті жүйенің, оның бір бөлігінің немесе әдетте тек жеке конструкцияның стандартты температуралық тәртіппен анықталатын жылу әсері жағдайларында белгіленген уақыт ішінде әсердің регламенттелген әсері барысында талап етілетін көтергіш және/немесе қоршау функцияларын орындау қабілеті.

3.55 Бүтіндік (integrity) **Е**: Қоршау конструкциясының өрттің бір жақты әсері кезінде жалын мен жану өнімдерінің қыздырылмайтын беттерге өтіп кетуінің алдын алу қабілеті.

3.56 Жылу оқшаулау қабілеті (insulation) **І**: Қоршау конструкциясының өрттің бір жақты әсері кезінде қыздырылмайтын беттердегі температураның белгіленген деңгейден жоғарылауын шектеу қабілеті.

3.57 Көтергіш қабілеті (функция) (load bearing function) **R**: Конструктивті жүйенің немесе жекелеген конструкцияның өрт кезінде тағайындалған параметрлерге сәйкес белгіленген әсерлерге шыдау қабілеті.

3.58 Қоршау қабілеті (функция) (separating function): Қоршау конструкциясының регламенттелген өрттің таралуының немесе қыздырылмайтын беттің тұтануының алдын алу қабілеті (бүтіндікті **(E)**) және жылу оқшаулау қабілетін (**I**) қамтиды).

3.59 Өрт секциясы (бөлік) (fire compartment): Регламенттелген өрттің ғимарат шегінен шығып кетуіне кедергі келтіретін қоршау конструкцияларымен бөлінген бір немесе бірнеше қабат шегіндегі ғимараттардағы тұйық кеңістік.

3.60 Өртке қарсы қабырға (fire wall): Жапсарлас орналасқан конструкциялардың бір жақты қирауы кезіндегі ықтимал горизонталь жүктемелер әсерін есепке ала отырып, қажетті отқа төзімділікке және конструктивті тұрақтылыққа ие ғимараттың екі бөлігі (екі ғимарат) арасындағы қабырға.

Ескертпе – Әдетте бұл өзінің іргетасына сүйенетін кірпіш өзі-өзі көтеретін қабырға.

3.61 Қоршау конструкциясы (separating element): Өрт бөлімі қоршауының бір бөлігін құрайтын көтергіш немесе көтергіш емес конструкция (қабырға).

3.62 Есептік өрт (design fire): Жобалау кезінде қабылданған өрттің даму сызбасы.

Ескертпе – Отқа төзімділікті есептеу үшін стандартты температуралық тәртіпке сәйкес келетін басымдыққа ие есептік өрт қолданылады. Бұл ең алдымен ұлттық нормаларда қабылданған отқа төзімділіктің талап етілетін мәндерінің стандартты температуралық тәртібі уақытының бірлігімен өрнектелгендігіне негізделген.

3.63 Өрттің туындау тәуекелі (fire activation risk): Өрттің туындау ықтималдығын есепке алатын және өрт бөлігі алаңының функциясы және бөлме мақсаты болып табылатын параметр.

Ескертпе – Өрттің туындау тәуекелі бұл өрттің туындау ықтималдығының (қорғаныс жүйелерінің істен шығу ықтималдығы) осы ықтимал өрт алып келуі мүмкін залал сомасына көбейтіндісі ретінде анықталатын шама. Залал тікелей жанғыш материалдарды орналастыру алаңына байланысты болғандықтан, тәжірибеде залал бөлменің мақсатын есепке ала отырып, өрт бөлігінің ауданына (өрт еркін тарала алатын шектегі кеңістік) параметрлік өзгертіледі.

3.64 Өрт сценарийі (fire scenario): Осы өртті сипаттайтын және оны басқа мүмкін болатын өрттерден ерекшелейтін негізгі оқиғаларға арналған уақытта көрсете отырып, өрт ағынының сапалы сипаттамасы.

Ескертпе – Әдетте сценарий ғимараттың жабдықталуымен және өрттің өршуіне әсер ететін жүйелерімен өзара байланыстағы өрттің тұтану және даму процестерімен, оның толығымен даму және сөну сатыларымен сипатталады. «Өрт сценарийі» түсінігі өрттің жалпы және параметрлік үлгілеріне ғана тән.

3.65 Жылу әсерлері (thermal actions): Конструкцияларға жылу ағынының көмегімен сипатталатын конструктивті жүйеге әсер.

3.66 Температуралық тәртіптер (temperature-time curves): Конструкция бетін қоршап тұрған орта температурасының уақытқа тәуелділігі. Ол келесілерге бөлінеді:

– номиналды: отқа төзімділікті жіктеу және растау үшін бейімделген, жалпы қабылданған тәуелділіктер (орнатылғандары: стандартты температуралық тәртіп, сыртқы өрттің температуралық тәртібі және көмірсутек өртінің температуралық тәртібі);

– параметрлік: өрт моделі және өрт кезінде бөлмелердегі жадағайларды анықтайтын арнайы физикалық параметрлер базасында анықталған тәуелділіктер.

3.67 Стандартты температуралық тәртіп (standard temperature-time curve): Бөлмедегі өршіген өрт моделінің сипаттамасына арналған номиналды температура-уақыт тәуелділігі.

3.68 Өрттің эквивалентті ұзақтығы (equivalent time of fire exposure): Шынайы өрттегі сияқты дәл осындай жылулық әсері болжанатын стандартты температуралық тәртіппен сипатталатын өрттің ұзақтығы.

3.69 Оттан қорғайтын материал (fire protection material): Конструктивті элементтің отқа төзімділігін жоғарылату мақсатында оған қолданылатын кез келген материалдар не болмаса олардың үйлесімдігі.

3.70 Күю сызығы (char-line): Күйген қабат пен қалдық көлденең қима арасындағы шекаралық сызығы.

3.71 Тиімді көлденең қима (effective cross-section): Келтірілген көлденең қима әдісіне негізделген өртке қарсы қорғаныс параметрлерін есептеу кезіндегі конструкция қимасы. Ол беріктігі мен қаттылығы нөлге тең етіп қабылданатын қима бөліктерін алып тастау арқылы қалдық көлденең қимадан анықталады.

3.72 Қалдық көлденең қима (residual cross-section): Жеке конструкцияның күю тереңдігіне азайтылған көлденең қимасы.

3.73 Қорғайтын әсер уақыты (failure time of protection): Конструкцияны өрттің тікелей әсерінен қорғау ұзақтығы (мысалы, оттан қорғайтын жабын немесе қорғаныстың басқа түрі конструкция бетінен бөлініп қалған кезде, немесе алдын ала қорғалған конструктивті элемент қирау салдарынан бөлініп қалған немесе оттан қорғау шектен тыс деформация салдарынан басқа конструктивті элементтермен бұзылған кезде).

Ескертпе – Қорғайтын әсер уақыты қаптамалар мен жылудан оқшаулайтын материалдардың әр түрі үшін анықталады (оларды қаңқа конструкцияларда қолданған кезде).

3.74 Оттан қорғайтын материал (fire protection material): Конструктивті элементтің отқа төзімділігін жоғарылату мақсатында оған қолданылатын кез келген материалдар не болмаса олардың үйлесімдігі.

Ескертпе – Осы терминнен түрлі қаптамалар (гипс-картонды табақтар, ағаш-жаңқалы және ағашталшықты тақталар) және жылудан оқшаулайтын материалдар (көбінесе минералды және шынымақталар) түріндегі конструктивті өртке қарсы қорғанысты қолдануды түсінеміз.

3.75 Қабатты жұқа тақтайлы кесілген материал (laminated veneer lumber) **LVL**: Негізінен бір бағытта тұрғызылған талшықтары бар өзара желімденген ағаш жұқа тақтай табақтардан тұратын қабатты материал.

Ескертпе – Осы анықтама ирек-ирек талшықтары бар жұқа тақтай табақтарынан тұратын қабатты жұқа тақтайлы кесілген материалдарды да қамтуы мүмкін.

3.76 Ағаш талшықты тақталар (бағытталған-жаңқалы) (orient strand board) OSB:

Белгілі бір формаға және қалыңдыққа ие және өзара біріктіргіштермен байланысқан ағаш жаңқасынан жасалған көп қабатты тақталар.

Ескертпе – OSB тақталарында сыртқы қабаттағы жоңқа тақта ұзындығы немесе ені бағытында бағытталған, ал орталық қабаттағы жоңқа әдетте сыртқы қабат жоңқасына перпендикуляр бағытталған.

3.77 Гипс-картонды табақ (gypsum plasterboard): Гипстен жасалған өзектен және кедергі жасауға қабілетті желімденген тығыз картоннан жасалған қабықтан тұратын тік бұрышты бұйым.

Ескертпе

1 Картондардың беттері табақтардың әр типін қолдану облысына байланысты әр түрлі болуы мүмкін, ал гипстен жасалған өзек табаққа қосымша қасиеттер беретін қоспалардан тұрады.

2 Табақтың бойлық жиектері картонмен жабылған және оларды қолдану мақсатына сәйкес профильдерге ие.

3.78 Гипс-картонды табақтың бойлық жиегі (axial edges of side gypsum plasterboard): Табақтың бойлық бағытындағы картонмен қапталған жиегі.

3.79 Гипс-картонды табақтың көлденең жиегі (cross edges of side gypsum plasterboard): Көлденең жиекке перпендикуляр, гипстен жасалған өзегі көрініп тұратын жиек.

3.80 Гипс-картонды табақтың алдыңғы беті (front side of gypsum plasterboard): Табақтың беті және бойлық жиектері картонмен жабылған беті.

3.81 Гипс-картонды табақтың сыртқы беті (backside of gypsum plasterboard): Табақтың алдыңғы бетке қарама-қарсы беті.

3.82 А типті гипс-картонды табақтар (gypsum plasterboard of type A): Алдыңғы бетіне гипс тегістеме немесе сәндік жабын жағылуы мүмкін табақтар.

Ескертпе – Таңбалау мақсатында табақтарды келесі түрде белгілейді: «А типі».

3.83 H типті гипс-картонды табақтар (су сіңіру қабілеті төмен табақтар) (gypsum plasterboard of type H): Гипстен жасалған өзегі табақтардың су сіңіру қабілетін төмендететін қоспалардан тұратын табақтар.

Ескертпе

1 Табақтарды су сіңіру қабілетінің төмен болуы талап етілетін жағдайларда қолданады.

2 Таңбалау мақсатында табақтардың су сіңіру қабілетіне байланысты оларды келесі түрде белгілейді: «Н1 типі», «Н2 типі» және «Н3 типі».

3.84 E типті гипс-картонды табақтар (gypsum plasterboard of type E): Әдетте сыртқы қабырға элементтерінің қаптамасы ретінде қолданылатын табақтар.

Ескертпе

1 Табақтарға сәндік жабын жағу қарастырылмаған.

2 Табақтар сыртқы климаттық жағдайлардың ұзақ уақыт бойы әсер етуіне есептелмеген. Табақтарға су сіңіру қабілетінің төмендігі және минималды өткізгіштік тән.

3 Таңбалау мақсатында табақтарды келесі түрде белгілейді: «E типі».

3.85 F типті гипс-картонды табақтар (жоғары температура кезінде гипстен жасалған өзегінің отқа төзімділігі жоғары табақтар) (gypsum plasterboard of type *F*): Алдыңғы бетіне тегістегіш немесе сәндік жабын жағылуы мүмкін табақтар.

Ескертпе

1 Жоғары температура кезінде құрылымды жақсарту және беріктікті жоғарылату үшін табақтардың гипстен жасалған өзегі минералды талшықтардан және/немесе басқа да қоспалардан тұруы мүмкін.

2 Таңбалау мақсатында табақтарды келесі түрде белгілейді: «*F* типі».

3.86 P типті гипс-картонды табақтар (gypsum plasterboard of type *P*): Алдыңғы беті гипсті тегістегіш жағуға немесе гипс-картонды табақтар және тақта материалдар сияқты материалдарды жабыстыруға арналған табақтар.

Ескертпе

1 Гипс тегістеме жағу қарастырылған табақтардың жиегінің формасы тік бұрышты немесе дөңес болуы керек.

2 Таңбалау мақсатында табақтарды келесі түрде белгілейді: «*P* типі».

3.87 D типті гипс-картонды табақтар (тағайындалған бақыланатын тығыздыққа ие табақтар) (gypsum plasterboard of type *D*): Алдыңғы бетіне гипсті тегістегіш немесе сәндік жабын жағылуы мүмкін, тығыздығы бақыланатын табақтар.

Ескертпе

1 Табақтардың гипстен жасалған өзегі қолданудың белгілі бір жағдайларында табақтардың оңтайлы қасиеттерін қамтамасыз ететін белгілі бір тығыздыққа ие болуы мүмкін.

2 Таңбалау мақсатында табақтарды келесі түрде белгілейді: «*D* типі».

3.88 R типті гипс-картонды табақтар (беріктігі жоғары табақтар) (gypsum plasterboard of type *R*): Алдыңғы бетіне гипсті тегістегіш немесе сәндік жабын жағылуы мүмкін табақтар.

Ескертпе

1 Көлденең және бойлық бағыттарда жарылуға жоғары беріктік талап етілетін жағдайларда қолдануға арналған табақтар.

2 Таңбалау мақсатында табақтарды келесі түрде белгілейді: «*R* типі».

3.89 I типті гипс-картонды табақтар (бетінің қаттылығы жоғары табақтар) (gypsum plasterboard of type *I*): Табақтарға бетінің қаттылығының жоғары болуы талаптары қойылатын жағдайларда қолдануға арналған табақтар.

Ескертпе

1 Табақтардың алдыңғы бетіне гипс тегістеме немесе сәндік жабын жағылуы мүмкін.

2 Таңбалау мақсатында табақтарды келесі түрде белгілейді: «*I* типі».

3.90 Біріктіру элементі (connector): Әдетте бір конструкцияның екінші конструкцияға түсіретін жүктемесіне шыдайтын байланыстырғыш болттармен бірге бекітілген екі конструкцияның жанасып тұрған беттерінің біріне жартылай салынған пластинадан, тісті пластинадан немесе сақиналы пластинадан тұратын элемент.

3.91 Пластинамен біріктіру (plate connector): Пластинаның бір бетінің параметрі бойынша шентемірі бар дөңгелек пластинадан жасалған бір жақты біріктіру элементі.

3.92 Тісті-сақиналы кілтекті біріктіру (toothed-plate connector): Жиектерінде тік бұрышты тістері немесе істіктері бар пластинадан жасалған бір жақты біріктіру элементі.

Ескертпе – Тісті пластинасы бар байланыстыру элементі екі жақты және бір жақты болуы мүмкін.

4 БЕЛГІЛЕУЛЕР МЕН ҚЫСҚАРТУЛАР

Осы құралда келесі белгілеулер қабылданған:

4.1 Латын алфавитінің бас әріптері

A – ағаш конструкциясы көлденең қимасының қалыпты температура кезінде анықталған минималды алаңы;

A_r – қалдық көлденең қиманың ауданы;

A_t – күйген көлденең қиманың ауданы;

E_d – әсерлердің есептік нәтижесі;

$E_{d,fi}$ – өрт кезіндегі ағаш серпімділігінің есептік модулі;

$E_{fi,d,t}$ – серпімділіктің есептік модулі; өрт кезіндегі әсерлердің есептік нәтижесі;

F_{Rk} – ылғалдық пен жүктеме әсерінің ұзақтығын есепке алмағанда қалыпты температура кезіндегі қосылыстың сипаттамалық кедергісі ($k_{mod} = 1$);

$G_{fi,d}$ – өрт кезіндегі ығысу модулінің есептік мәні;

G_k – тұрақты әсердің сипаттамалық мәні;

I – инерция моменті;

K_{fi} – өрт кезіндегі сырғанау модулі;

K_u – қалыпты температура кезіндегі бірінші топтың шекті күйіне арналған сырғанау модулі;

M_d – есептік момент;

N – осьтік күшею;

$Q_{k,1}$ – басым түсетін айнымалы әсердің сипаттамалық мәні, 1 (жетекші әсер);

$R_{fi,d,t}$ – өрт кезіндегі уақыт моментіндегі, t , элементтің есептік кедергісі;

R_{20} – жүктеме мен ылғал әсерінің ұзақтығы есепке алынбайтын әдеттегі температура кезіндегі кедергінің 20 % квантили;

R_k – жүктеме мен ылғал әсерінің ұзақтығы есепке алынбайтын қалыпты температура кезіндегі қосылыс кедергісінің сипаттамалық мәні;

S_{05} – қалыпты температура кезіндегі қаттылықтың (серпімділік модулі немесе ығысу модулі) 5 % квантили;

S_{20} – қалыпты температура кезіндегі қаттылықтың (серпімділік модулі немесе ығысу модулі) 20 % квантили;

$S_{fi,d}$ – өрт кезіндегі қаттылықтың (серпімділік модулі немесе ығысу модулі) есептік мәні;

W_{ef} – тиімді көлденең қима кедергісінің моменті;

W_r – қалдық көлденең қима кедергісінің моменті.

4.2 Латын алфавитінің кіші әріптері

a_0 — параметр;
 a_1 — параметр;
 a_2 — қашықтық;
 a_3 — қашықтық;
 a_{fi} — қосылыс кедергісінің жоғары болуы үшін құрылыс элементінің қосымша қалыңдығы;
 b_{min} — көлденең қиманың бастапты минималды ені;
 d — бекітпе бұйымның диаметрі;
 d_0 — күй сызығынан тыс қабат тереңдігі, бұл ретте беріктік пен қаттылық нөлге тең етіп қабылданады;
 $d_{char,0}$ — өрттің бір жақты әсері кезіндегі күй тереңдігі;
 $d_{char,n}$ — шартты күй тереңдігі;
 d_{ef} — тиімді күй тереңдігі;
 d_g — саңылау тереңдігі;
 d_{Θ} — күй сызығынан тыс қабат тереңдігі, мұнда өрт әсері кезінде температура жоғарылайды;
 f_{20} — қалыпты температура кезіндегі беріктіктің 20 % квантили;
 $f_{c,0,d}$ — талшықтарды бойлай сығуға есептік кедергі;
 $f_{d,fi}$ — өрт кезінде ағаш беріктігінің есептік мәні;
 f_k — ағаш беріктігінің сипаттамалық мәні;
 f_{vk} — ығысуға беріктіктің сипаттамалық мәні;
 $f_{m,d}$ — ағаштың иілуге есептік кедергі;
 $f_{m,k}$ — ағаштың иілуге сипаттамалық кедергісі;
 $f_{t,0,d}$ — талшықтарды бойлай созылуға есептік кедергі;
 h_{ins} — оқшаулағыш қалыңдығы;
 h_p — оттан қорғайтын қаптама қалыңдығы;
 $h_{p,tot}$ — гипс-картонның бірнеше қабатын қолданған жағдайда қаптаманың жалпы қалыңдығы;
 i — инерция радиусі;
 k — параметр;
 k_p — өртке қарсы қаптама тиімділігін есепке алатын коэффициент;
 k_0 — коэффициент;
 k_2 — оқшаулағышты қолдану коэффициенті;
 k_3 — қалдық қорғаныс коэффициенті;
 k_{fi} — беріктіктің сипаттамалық мәнінің 5% квантильден 20% квантильге аудару коэффициенті;
 k_{flux} — бекітпе бұйымдардың жылулық ағынын есепке алатын коэффициент;
 k_h — өртке қарсы қаптама қалыңдығын есепке алатын коэффициент;
 k_j — ағаш конструкцияларына бекітілмеген қаптамаларға арналған қосылыс коэффициенті;
 k_{mod} — жүктеме әсерінің ұзақтығын және ылғал мөлшерін есепке алатын модификация коэффициенті;

$k_{\text{mod,fi}}$ – өрт кезіндегі жүктеме әсерінің ұзақтығын және ылғал мөлшерін есепке алатын модификация коэффициенті;

k_n – симметриялық емес кішірейтілген көлденең қиманы шартты, тік бұрышты көлденең қимаға аудару коэффициенті;

k_θ – температураға тәуелді және беріктіктің немесе қаттылықтың сипаттамаларын есепке алатын беріктік және деформация сипаттамаларын төмендету коэффициенті;

k_j – ағаш конструкцияларына бекітілмеген қаптамаларға арналған қосылыс коэффициенті;

k_s – көлденең қима коэффициенті;

l_a – элементтің бекітпе бұйымының жанбаған ағашқа қысылуының тереңдігі;

$l_{a,\text{min}}$ – бекітпе бұйымның қысылып қалған бөлігінің минималды тереңдігі;

l_f – біріктіру элементінің ұзындығы;

$l_{f,\text{req}}$ – бекітпе бұйымдардың талап етілетін тереңдігі;

l_p – панельдерді орналастыру қадамы;

p – өрт кезіндегі қалдық көлденең қиманың периметрі;

r – күйе кезінде жұмыр қабырғаның радиусі;

q – конструкцияға түсірілетін жүктеме;

t – өрт әсерінің ұзақтығы;

t_0 – күйдің тұрақты жылдамдығына ие уақыт аралығы;

t_1 – бүйір элементінің қалыңдығы;

t_{ch} – қорғалған конструкция күйе бастағанға дейінгі уақыт;

$t_{\text{fi,d}}$ – отқа төзімділіктің есептік (нақты) шегі;

$t_{\text{fi,req}}$ – отқа төзімділіктің талап етілетін шегі;

t_f – өртке қарсы қамтаманың қорғау әсерінің уақыты;

t_{ins} – конструкцияның жылытылмайтын бетіндегі температураны жоғарылату уақыты;

$t_{\text{ins},0,i}$ – оқшаулағыштың i қабатының негізі мәні;

$t_{p,\text{min}}$ – панельдің минималды қалыңдығы;

t_R – тіреу қабілетін жоғалту бойынша отқа төзімділік шегі;

t_{sf} – болат швеллерлердің қорғау әсерінің уақыты;

t_s – болат швеллерлердің қалыңдығы;

w – майыстыру шамасы;

$v_{\text{rec,gw}}$ – жылу оқшаулағыш енінің азаю жылдамдығы;

y – координата;

z – координата.

4.3 Грек алфавитінің бас әріптері

Θ – температура;

Θ_d – материалдың есептік температурасы;

$\Theta_{\text{cr,d}}$ – материалдың есептік шектік температурасы.

4.4 Грек алфавитінің кіші әріптері

- β_0 – өрттің стандартты әсері кезінде күйдің бір жақты жылдамдығының есептік мәні;
 β_n – өрттің стандартты әсері кезінде күйдің шартты жылдамдығының есептік мәні;
 η_{fi} – өрт кезіндегі жүктеменің есептік деңгейінің коэффициенті;
 η_f – сырғанау модулінің ауыстыру коэффициенті;
 γ_G – тұрақты әсерлерге арналған қауіпсіздіктің жеке коэффициенті;
 γ_{GA} – апаттық жағдайлардағы тұрақты әсерлерге арналған қауіпсіздіктің жеке коэффициенті;
 γ_M – модель қателігін және шаманың ауытқуын есепке алатын құрылыс элементі қауіпсіздігінің жеке коэффициенті;
 $\gamma_{M,fi}$ – өрт кезіндегі ағаш қауіпсіздігінің жеке коэффициенті;
 $\gamma_{Q,1}$ – басым түсетін айнымалы әсерге арналған қауіпсіздіктің жеке коэффициенті;
 λ – элементтің иілгіштігі;
 ρ_k – сипаттамалық тығыздығы;
 ρ_{ins} – жылу оқшаулағыш материалдың тығыздығы;
 ω – ылғалдылығы;
 τ_d – ығысудың есептік мәні;
 $\psi_{1,1}$ – айнымалы әсердің жеке мәніне коэффициент;
 $\psi_{2,1}$ – айнымалы әсердің квазитұрақты мәніне коэффициент;
 ψ_{fi} – айнымалы немесе жеке әсердің квазитұрақты мәніне коэффициент.

5 ЖОБАЛАУ НЕГІЗДЕРІ

5.1 Жалпы ережелер

5.1.1 Көтергішконструкцияларын пайдаланудың жобалық кезеңі ішінде ықтимал ықпалдар мен әсерлерге қажетті сенімділікпен және үнемділіктен шыдайтындай және отқа төзімділігін сақтап қалатындай тәсілмен жобалау және салу қажет. Өрт туындаған жағдайда өрттің талап етілетін ұзақтығына көтергіш қабілетінің жеткілікті резерві қамтамасыз етілуі тиіс (отқа төзімділіктің талап етілетін мәні).

Ескертпе – «Өрт қауіпсіздігіне қойылатын жалпы талаптар» техникалық регламентіне (4 және 5 қосымшалар) сәйкес өрт кезіндегі көтергіш қабілеті конструкцияның стандартты от әсері кезінде көрсетілетін отқа төзімділіктің талап етілетін мәндеріне (отқа төзімділіктің талап етілетін мәндеріне) сәйкес келуімен қамтамасыз етіледі.

5.1.2 R өрт кезіндегі көтергіш қабілеті қиманы азайту (күйдіру) есебінен конструкцияға от әсері кезінде таусылатын құрылыс конструкциясының көтергіш қабілетінің резервін білдіреді. Өрттің стандартты әсері үшін өрт кезіндегі көтергіш қабілеті де «отқа төзімділік шегі» деп аталуы және отқа төзімділіктің нормаланатын критерийлеріне (шектеу күйлеріне) жеткенге дейінгі уақытпен (минутпен) анықталуы мүмкін (мысалы – $R30$, $R60$, $R150$).

5.1.3 Көтергішконструкциясын өрт (жарылыс), соққы немесе механикалық істен шығу сияқты оқиғалар орын алған кезде әр түрлі салдар туындамайтындай тәсілмен

жобалаған және салған жөн. Әр түрлі салдар жеке өрт тәуекелінің нормаланатын мәнінен асып кетумен және олардың алдын алуға кеткен шығындармен салыстырғанда салдардың экономикалық шығындарының асып кетуімен анықталады.

Өрт (жарылыс), соққы немесе механикалық істен шығу сияқты оқиғалардың туындау ықтималдығының аз екендігін есепке ала отырып оларды бір уақытта іске асыруды есепке алмаған дұрыс.

5.1.4 Ықтимал бұзылуды тиісті шараларды немесе келесі шаралар кешенін өткізу арқылы шектеген немесе алдын алған жөн:

- көтергішконструкциясына әсер етуі мүмкін қауіптердің алдын алу, болдырмау немесе азайту (конструкцияға жақын жерлерде өрттің туындау ықтималдығын азайту не болмаса жанғыш заттар мен материалдарды азайту (болдырмау));

- конструкцияның жекелеген элементтерінің істен шығуы немесе бұзылу салдарынан көтергішконструкциясының бір бөлігінің шектелуі барлық көтергішконструкциясының істен шығуына алып келмейтін тіреу жүйесінің түрін және оның құрылыстық орындалымын қолдану (бұзылу салдарынан статикалық анықталатындарға айналған кезде әсер етуші жүктемелерді қабылдауға қабілетті статикалық анықталмаған элементтерді қолдану);

- басталып жатқан бұзылудың алдын ала белгілерісіз толығымен істен шығуы мүмкін көтергіш жүйелерін мүмкіндігінше қолданбау (конструкцияның бір бөлігінің күюі кезінде бір қалыпты бұзылу мүмкіндігімен жобалау, сонымен қатар өрт әсер ететін тараптар санын азайту);

- көтергіш элементтерін сенімді біріктіру, сонымен қатар ағаш конструкциялардағы металл қосылыстарды сенімді қорғау.

5.1.5 Егер жарылу ықтималдығы бар болса, көтергішконструкцияларына әсер етуі мүмкін қауіптердің алдын алуға, болдырмауға немесе азайтуға келесі шараларды қолдану арқылы қол жеткізіледі:

- бөлмеде түзілетін шаң, газ немесе бу массасын болдырмау не болмаса шектеу;

- ауадағы шаңның, газдың немесе будың пайыздық мөлшерін тұтанудың концентрациялық шектерінен азайту;

- тұтану көзін болдырмау не болмаса шектеу;

- жарылыс әсеріне төзімді қоршау өлшемін, формасын және төзімділігін жобалау;

- қысымды түсіру үшін ойықтарды немесе клапандарды қолдану.

5.1.6 ҚР ҚН EN 1990:2002+A1:2005/2011 сәйкес негізін қалаушы талаптарға сәйкес келу келесілер арқылы қамтамасыз етіледі:

- сапалы құрылыс материалдарын қолдану;

- мақсатқа сай жобалау және есептеу, сонымен қатар тиісті құрылыс орындалымы;

- жоба ерекшеліктеріне байланысты жобалау, дайындау, құрылыс және пайдалану кезеңдерінде бақылау жүргізу.

5.1.7 Осы құралда мазмұндалған талаптар техниканың дамуының заманауи деңгейіне және жобалау тәжірибесіне сәйкес жобалау мен есептеулерді орындауды қарастырады.

5.1.8 Жобалау талаптары мен рұқсаттарына сәйкес келетін көтергішконструкцияларын жасау үшін сапаны қамтамасыз ету жөніндегі тиісті шараларды жүргізген жөн.

ҚР ҚН EN 1990:2002+A1:2005/2011 сәйкес осы шаралар келесілерден тұрады:

- сенімділікке қойылатын талаптарды анықтау;
- ұйымдастыру шаралары;
- жобалау, жұмыстар жүргізу кезеңінде, пайдалану және техникалық қызмет көрсету процесінде бақылау.

5.2 Отқа төзімділікті есептеу әдістері

5.2.1 ҚР ҚН EN 1991-1-2:2002/2011 сәйкес отқа төзімділікті есептеу келесі кезеңдерден тұрады:

- өрттің ықтимал есептік сценарийлерін таңдау;
- тиісті есептік өртті анықтау;
- конструкциялардағы температураның жоғарылауын есептеу (жылу-техникалық есеп);
- өрт кезінде конструкциялардың механикалық сипаттамаларын есептеу (статикалық есеп).

Ескертпе – Конструкциялардың механикалық сипаттамаларын анықтау кезінде механикалық әсерлердің тікелей нәтижелерін, жылулық әсерлерін және оған байланысты материалдардың сипаттамаларының өзгеруін, сонымен қатар тікелей емес механикалық әсерлерді есепке алған жөн.

5.2.2 Отқа төзімділікті есептеу жылу-техникалық және статикалық есептеулер үшін әсерлерді қолданудан тұрады.

5.2.3 Апаттық есептік жағдайды, өрттің ықтимал сценарийлерін және олармен байланысты есептік өрттерді белгілеу ҚР ҚН EN 1991-1-2:2002/2011 және ҚР ҚН EN 1991-1-7:2006/2011 мазмұндалған әдістерге сәйкес өрт тәуекелдерін талдау негізінде жүргізіледі. Егер конструкциялар үшін басқа да апаттық әсерлер салдарынан ерекше өрт тәуекелдері туындаса, онда бұл тәуекелдер қауіпсіздіктің жалпы концепциясын жасау кезінде есепке алынады.

5.2.4 Өрт секциясындағы (бөлігіндегі) оның әр сценарийі үшін есептік өрт ҚР ҚН EN 1991-1-2:2002/2011 3-тарауына сәйкес бағалануы және егер есептік өрт сценарийінде басқасы қарастырылмаған болса, осымен бір уақытта тек бір ғана өрт секциясын (бөлігін) қамтуы тиіс.

5.2.5 Егер конструкция үшін ұлттық нормалар («Өрт қауіпсіздігіне қойылатын жалпы талаптар» техникалық регламенті) отқа төзімділік жөніндегі талаптарды белгілесе (уақыт мәніндегі отқа төзімділік шектері), егер басқасы белгіленбеген болса, есептік ретінде стандартты өрт қабылданады.

5.2.6 Жекелеген конструкцияның жылу-техникалық есептеуін орындау кезінде оған қатысты есептік өрттің күйі көрсетілуі керек. Дәл мәліметтер болмаған жағдайда өрт әсерін конструкцияның барлық тарабынан қабылдауға рұқсат етіледі.

5.2.7 Сыртқы конструкциялар үшін қасбеттер мен жабындардағы (қақпақтардағы) ойықтар арқылы өрт әсерін есепке алу қажет. Сыртқы қоршап тұрған қабырғалар үшін іштен (тиісті өрт секциясы/бөлігі үшін) және балама ретінде сырттан (басқа өрт секциясынан) әсер ететін өртті есепке алу қажет.

5.2.8 Тандалған есептік өртке байланысты ҚР ҚН EN 1991-1-2:2002/2011 2.4-тармағына сәйкес келесі әдістер қолданылады:

– номиналды (стандартты) температуралық тәртіпті қолдану кезінде жекелеген конструкциялардың жылу-техникалық есебі салқындату фазасын есепке алмай, уақыттың белгіленген кезеңі үшін жүргізіледі;

– өртті модельдеу кезінде жекелеген конструкциялардың жылу-техникалық есебі салқындату фазасын қоса алғанда өрттің толық ұзақтығы үшін жүргізіледі.

Ескертпе – Белгіленген уақыт аралығы (отқа төзімділіктің талап етілетін шегі) ұлттық нормалармен бекітіледі немесе осы құралға сәйкес негізделеді.

5.2.9 Жылу-техникалық және статикалық есептеулер бірдей уақыт аралықтары үшін жүргізілуі тиіс.

5.2.10 ҚР ҚН EN 1991-1-2:2002/2011 (2.1)-(2.3) формулаларына сәйкес отқа төзімділік келесі шарттарды орындау арқылы расталады:

– уақыт параметрлерінде:

$$t_{fi,d} \geq t_{fi,requ}; \quad (5.1)$$

– беріктік параметрлерінде:

$$R_{fi,d,t} \geq E_{fi,d,t}; \quad (5.2)$$

– температуралық параметрлерде:

$$\Theta_d < \Theta_{cr,d}, \quad (5.3)$$

мұнда $t_{fi,d}$ – отқа төзімділіктің есептік шегі;

$t_{fi,requ}$ – отқа төзімділіктің талап етілетін шегі;

$R_{fi,d,t}$ – өрт кезіндегі элементтің есептік кедергісі, t уақыт моментінде;

$E_{fi,d,t}$ – өрт кезіндегі әсердің есептік нәтижесі, t уақыт моментінде;

Θ_d – материалдың есептік температурасы;

$\Theta_{cr,d}$ – материалдың есептік критикалық температурасы.

МЫСАЛ Ағаш конструкциялар үшін жоғарыда аталған үш шарты бір уақытта қолдануға болады. Мысалы, ағаш арқалық үшін отқа төзімділіктің талап етілетін шегі R_{45} құрайды. Отқа төзімділіктің нақты шегі (есептеу бойынша) көрсетілген мәннен кем болмауы тиіс, мысалы, R_{60} . Мұның (5.1) формулаға сәйкес келетіндігі айқын. Сонымен қатар, есептеуді жеңілдету мақсатында (5.2) формуласын қолданған және арқалықтың беріктігін стандартты от әсерінің тағайындалған уақытында (45 минут) ғана бағалау ыңғайлы. Ағаш конструкциялар үшін өрт кезіндегі төзімділікті критикалық температура әдісімен (көп жағдайда – 300 °C) бағалау ыңғайлы. Арқалық бетіндегі температура тағайындалған уақыт моментінде (45 минут) критикалық мәнге жетпесе, (5.3), (5.2) және (5.1) формулалары ретімен есептелетіндігі айқын.

5.3 Шекті күйлер бойынша есептеудің негізгі қағидалары

5.3.1 Көтергіш конструкцияларды жобалау кезінде көтергіш қабілетінің шекті күйлері және пайдалануға жарамдылықтың шекті күйлері бойынша талаптарға бөлінеді.

Ескертпе

1 Осы талаптар бастапқыда пайдаланудың қалыпты жағдайлары үшін әзірленген. Отқа төзімділік тұрғысынан R көтергіш қабілеті негізінен тіреу қабілетінің шекті күйіне (шекті күйлердің 1-тобы) қойылатын талаптар бойынша анықталады, дегенмен әсер ету мен материалдардың сипаттамаларына қойылатын талаптар көбінесе пайдалануға жарамдылықтың шекі күйіне (шекті күйлердің 2-тобы) арналғандар ретінде қабылданады. Кейбір жағдайларда (мысалы, сертификатталған от сынақтары кезінде) өрт кезіндегі көтергіш қабілетін бағалау пайдалануға жарамдылықтың шекті күйіне ұқсас жүргізіледі – конструкцияның шекті деформациясын есептеу жолымен.

2 Қолданыстағы нормативтік құжаттарда және олардан кейінгі құжаттарда (құралдарда) «отқа төзімділік бойынша шекті күй» түсінігі (R , E , I белгілерінің жалпы атауы ретінде) кеңінен қолданылады. Еурокодтар шегінде бұл түсініктер функциялар ретінде анықталған: R – конструкцияның көтергіш қабілетінің функциясы (күшті не болмаса өрттің әсерінің уақыт бойынша моментін қабылдау қабілеті); EI – отқа тосқауыл болу қабілетінің функциясы (конструкцияның қыздырылмайтын бетіндегі материалдардың жануы үшін жеткілікті конструкция қалыңдығының өрттің әсер ету уақытына тәуелділігі). Сондықтан осы құралда «шекті күй» түсінігі көтергіш қабілетін бағалауға қойылатын талаптарды белгілеу үшін ғана қолданылады (өрт кезінде).

5.3.2 Егер жеткілікті мәліметтер олардың басқа шекті күйлер бойынша есептеулерден асып түсетіндігін дәлелдесе, аталған күйлердің бірі бойынша есептерді жасамауға болады.

5.3.3 Шекті күйлерді есептік жағдайларды есепке ала отырып есептейді. Көтергішконструкцияларының отқа төзімділігін жобалау және есептеу кезінде 5.3.5-тармаққа сәйкес тұрақты, уақытша және апаттық есептік жағдайлар деп бөлінеді.

Ескертпе – Өрт апаттық есептік жағдайларға (апаттық әсерлерге) жатады.

5.3.4 Негізгі есептік жағдайларды (есептік өрт) көтергішконструкциясы өз функцияларын орындауы тиіс шарттарды есепке ала отырып анықтаған жөн. Қолданылатын есептік жағдайлар жеткілікті көлемде көтергішконструкциясын пайдалану барысында болжауға болатын барлық шарттардан тұруы тиіс. Барынша толық мәліметтер болмаған кезде стандартты өрт әсерін қолдануға рұқсат етіледі.

5.3.5 ҚР ҚН EN 1990:2002+A1:2005/2011 3.2-тармағына сәйкес есептік жағдайларды келесілерге бөледі:

- көтергішконструкциясының әдеттегі шарттарына сай келетін тұрақты жағдайлар;
- көтергішконструкциясының уақыт бойынша шектелген күйіне қатысты уақытша жағдайлар, мысалы, құрылыс немесе жөндеу;
- көтергішконструкциясы үшін апаттық шарттарға жататын апаттық жағдайлар, мысалы, өрт, жарылыс, соққы немесе локальды істен шығу салдары;
- көтергішконструкциясына сейсмикалық әсер кезіндегі жағдайлар.

5.3.6 Өрт кезінде көтергішконструкцияларының апаттарының алдын алу есебінен адамдардың қауіпсіздігін қамтамасыз ететін шекті күйлер көтергіш қабілетінің шекті күйлері ретінде жіктеледі. Көтергіш қабілеті бойынша шекті күйлердің келесі түрлері бар (сондайақ 5.3.1-тармаққа Ескертпені қараңыз):

- қатты жүйе немесе оның бір бөлігі ретінде қарастырылатын көтергішконструкциясының тұрақтылығын жоғалту;
- шектен тыс деформация немесе құрылыстың немесе оның бөліктерінің кинематикалық күйге, бұзылу күйіне немесе тұрақсыз күйге ауысуы салдарынан істен шығу.

Ескертпе – Шектен тыс деформация салдарынан істен шығу механикалық төзімділікті жоғалтуға байланысты іске шығу ретінде қарастырылады. Бұл әдетте пластик топса түзілімінде және конструкцияның кинематикалық күйге – бұзылуға ауысуында көрінеді.

5.3.7 Көтергішконструкциясының немесе оның бөліктерінің бірінің функцияларын немесе пайдаланушылардың өздерін жақсы сезінуін немесе құрылыстың сыртқы түрін қамтамасыз ететін шекті күйлерді пайдалануға жарамдылықтың шекті күйлері ретінде жіктейді. Пайдалануға жарамдылық бойынша шекті күйлер келесі түрлерге бөлінеді (сондайақ 5.3.1-тармақтың Ескертпесін қараңыз):

а) көтергішконструкциясының функциясына әсер ететін немесе конструкцияның оттан қорғайтын қаптардың, жабындардың немесе көтергіш оттан қорғайтын элементтердің бұзылуына алып келетін деформация және ығысу;

б) көтергішконструкциясының функционалдық қабілетіне теріс әсер етуі мүмкін бұзылулар.

Ескертпе – Егер қоршау конструкциялары үшін қолданылатын қорғау тәсілдері немесе жобалау критерийлері талап етсе, тіреу конструкциясының деформациясын есептеу жүргізіледі. Көтергіш конструкциясының деформациясын есепке алу келесі жағдайларда талап етілмейді:

- қорғаныс тәсілдерінің тиімділігі осы құралға сәйкес анықталған;
- қоршау конструкциялары өрт кезіндегі номиналды әсерлерді есепке ала отырып жобаланған.

5.3.8 Есептеуді тиісті шекті күйлер үшін қолданылатын көтергіш жүйесі (конструкция) мен жүктемеге (әсер) арналған модельдер көмегімен жүргізген жөн. Бұл ретте есеппен құрылыс материалдарының әсерлері, көрсеткіштері немесе бұйымдар мен конструкция элементтерінің көрсеткіштері, сонымен қатар осы үлгілердегі геометриялық өлшемдерге арналған тиісті есептеу мәндерін қолдану кезінде шекті күйден асып кетудің орын алмайтындығын растаған жөн.

5.3.9 Есептеуді барлық негізгі есептік жағдайлар және жүктеменің есептік жағдайлары үшін жүргізген жөн.

5.3.10 Қолданылатын есептік жағдайлар үшін әсердің есептік комбинацияларын (өрттің есептік әсері) анықтаған жөн.

5.3.11 Жүктемелердің есептік комбинациялары қосымша сызбасының тиісті есептеулері үшін негізгі болып табылатын, тұрақты жүктемелермен және локальды айнымалы жүктемелермен бір уақытта қолданылатын жүктемелерден, ақаулардан және деформациялардан тұруы тиіс.

5.3.12 Жобалау кезінде бағыттың ықтимал ауытқуларын немесе жүктеме түсіру күйінің ауытқуларын есепке алған жөн.

5.3.13 Көтергішконструкциясы мен жүктеменің модельдері шынайы физикалық модель немесе виртуалды математикалық модель болуы мүмкін.

5.4 Әсер ету сипаттамасы

5.4.1 ҚР ҚН EN 1990:2002+A1:2005/2011 4.1.1-тармағына сәйкес әсер ету уақыты бойынша әсерлер келесілерге бөлінеді:

– *G* тұрақты әсерлер, мысалы, көтергіш конструкциясының, кірістірілген жабдықтардың немесе жол жабындарының өз салмағы немесе отыру және біркелкі емес шөгу салдарынан жанама әсерлер;

– *Q* айнымалы әсерлер, мысалы, жабындарға, арқалықтарға немесе шатырларға уақытша жүктемелер, қар және жел жүктемелері;

– *A* апаттық әсерлері, мысалы, жарылыс немесе көлік құралының соқтығысуы.

Ескертпе – Қалдық деформацияның жанама әсерлері тұрақты немесе айнымалы әсерлер ретінде есепке алынуы мүмкін.

5.4.2 ҚР ҚН EN 1990:2002+A1:2005/2011 4.1.1-тармағына сәйкес әсер ету келесілер бойынша да бөлінеді:

– пайда болуы – тікелей немесе жанама;

– олардың кеңістіктік таралымының өзгеруі – стационарлы немесе еркін;

– олардың табиғаты немесе құрылыс реакциясы – статикалық немесе динамикалық.

Ескертпе – Отқа төзімділікті есептеу үшін тек статикалық тік және жанама әсерлерді ғана қолданған жөн.

5.4.3 Тұрақты әсерлерге келесілерді жатқызған жөн (ҚР ҚН EN 1991-1-1:2002/2011 5.1-тармағы):

а) құрылыс бөліктерінің салмағы (ғимараттың өз салмағы), соның ішінде көтергіш және көтергіш емес бұйымдардың салмағы. Көтергіш емес бұйымдарына келесілер жатады:

– шатыр жабыны;

– беттердің жабындары және қорғайтын (оттан қорғайтын) жабындар;

– аралық қабырғалар мен футеровка;

– таяныштардың тұтқалары, жиекқабырғалар, қоршаулар және қоршау элементтері;

– қасбеттер және қабырға қаптамалары;

– аспалы төбелер;

– оқшаулау;

– жабдықтардың астындағы құйма және бетон құйма, тірек бөліктері.

б) коммуникация мен стационарлы жабдық салмағы:

– аппараттар, моторлар, ыдыстар, ленталы транспортерлер, конвейерлер, арқандары мен бағыттағыштары бар тұрақты көтеру машиналары;

– лифттерге немесе эскалаторларға арналған жабдықтар;

– жылыту, желдету және кондиционерлеу жүйелері;

– электр жабдықтар;

– жасырын коммуникациялар, арматурасы бар құбырлар;

– электр сымы.

в) топырақтың (үйінділердің, сеппелердің) салмағы және қысымы, тау қысымы;

г) балласт ретінде әрекет ететін материалдар түсіретін жүктеме;

д) конструкцияда немесе негізде сақталатын алдын ала кернеуден түсетін күш (арматурадан туындайтын алдын ала кернеу немесе тіректердің ығысуынан туындайтын алдын ала кернеу).

5.4.4 Айнымалы күш әсерлеріне (уақытша жүктемелерге) келесілерді жатқызуға болады (ҚР ҚН EN 1991-1-1:2002/2011 5.1-тармағы):

- а) уақытша аралық қабырғалардың салмағы;
- б) жабдықты толтырып тұрған сұйықтықтар мен қатты денелердің салмағы;
- в) ыдыстар мен құбырлардағы газдардың, сұйықтықтардың және сусымалы денелердің қысымы, шахталарды желдету кезінде туындайтын артық қысым және ауаның сұйылуы;
- г) жиналатын материалдардың және қойма бөлмелеріндегі, тоңазытқыштардағы, астық қоймаларындағы, кітап қоймаларындағы, мұрағаттардағы және осы сияқты бөлмелердегі сөре жабдықтардың жабынға түсіретін жүктемесі;
- д) сумен толтырылған жазық жабындардағы су қабатының салмағы;
- е) егер өндірістік шаңның жиналуын тиісті шараларды қолданумен алдын алмаған болса, олардың шөгінділерінің салмағы;
- ж) тұрғын-үй, қоғамдық және ауыл шаруашылық ғимараттарының жабындарындағы адамдардан, жануарлардан, жабдықтардан (жиһаздардан) түсетін жүктеме;
- з) қар жүктемесі;
- и) жел жүктемесі;
- к) көк тайғақ жүктемесі.

5.4.5 Апаттық әсерлерге келесілерді жатқызған жөн:

- а) сейсмикалық әсерлер;
- б) жарылыс әсерлері;
- с) технологиялық процестің күрт бұзылуынан, жабдықтағы уақытша ақаулықтардан немесе оның сынуынан туындаған жүктемелер;
- д) топырақ құрылымының түбірімен өзгеруіне (отырған топырақты сулау кезінде) немесе оның тау-кен қазбалары аудандары мен карсттарда шөгуіне алып келетін, негіз деформациясына негізделген әсерлер.
- е) өрт кезінде конструкциялардың жылулық кеңеюінен туындаған әсерлер.

5.4.6 ҚР ҚН EN 1991-1-2:2002/2011 4.2.1-тармағына сәйкес қар жүктемесін бағалау кезінде қардың еруін есепке алу мүмкіндігі әр жағдай үшін жеке-жеке бекітілуі тиіс. Бұл ретте қардың еру уақыты мен су бұру уақыты өрттің есептік ұзақтығынан аспауы тиіс.

5.4.7 Әсерлер модель арқылы сипатталады, бұл ретте оның шамасы көп жағдайда түрлі өзіне тән шамаларды қабылдауы мүмкін сандық мәндермен өрнектеледі.

Ескертпе – Өрт те әсер ету түрлеріне жатады. Ол өрт моделі арқылы сипатталады – бұл әдетте математикалық температура-уақыт тәуелділігі.

5.4.8 F_k әсерінің сипаттамалық мәні маңызды сипаттамалық мән ретінде келесі тәсілмен орнатылуы тиіс:

- орташа мән ретінде, жоғарғы немесе төменгі мән ретінде немесе номиналды мән ретінде (яғни, статистикалық тарату негізінде емес);
- жобалау құжаттамасына сәйкес.

5.4.9 Көтергішконструкциясының G_k жеке салмағы жалғыз ғана сипаттамалық мәнмен өрнектелуі және нормативтік өлшемдер және орташа шекті салмақ негізінде анықталуы мүмкін.

5.4.10 Q_k айнымалы әсерлердің сипаттамалық мәндерін олар:

– немесе уақыттың белгілі бір бастапқы кезеңі үшін жоғарғы мән ретінде берілген ықтималдықтан аспайтындай немесе төменгі мән ретінде берілген ықтималдыққа жететіндей;

– немесе статистикалық тарату белгісіз болған кезде номиналды мән ретінде көрсетілетіндей тәсілмен орнатқан жөн.

5.4.11 Айнымалы әсердің басқа да сипаттамалық мәндері ретінде ҚР ҚН EN 1990:2002+A1:2005/2011 4.1.3-тармағына сәйкес келесілерді қарастырған жөн:

а) $\psi_0 Q_k$ көбейтіндісін білдіретін және қайтымсыз әсерге ие шекті күйлер үшін көтергіш қабілетін және пайдалану жарамдылығын растау үшін қолданылатын жалпы мән;

б) $\psi_1 Q_k$ көбейтіндісін білдіретін және апаттық жүктемелері бар көтергіш қабілетінің қорын растау және қайтымды әсерге ие шекті күйлер үшін пайдалануға жарамдылықты растау үшін қолданылатын жеке мән.

в) $\psi_2 Q_k$ көбейтіндісін білдіретін және апаттық әсерлерді есепке ала отырып, көтергіш қабілетін есептеу және қайтымды шекті күйге ие пайдалануға жарамдылықты есептеу үшін қолданылатын тәжірибелік тұрақты мән. Тәжірибелік тұрақты мәндер ұзақ уақыт бойы әсерлерді есептеу үшін де қолданылады.

5.4.12 Конструкциялардың құрылыс материалдарының (топырақ пен жартас жыныстарын қоса), құрылыс бұйымдары мен элементтерінің көрсеткіштері сипаттамалық мәндер ретінде көрсетілуі тиіс.

5.4.13 Егер шекті күй есептері конструкциялардың құрылыс материалдарының, бұйымдардың және элементтердің параметрлеріне айтарлықтай тәуелді болса, көрсеткіштердің жоғарғы және төменгі сипаттамалық мәндерін қабылдаған жөн. Егер басқасы орнатылмаған болса, келесі мәндер жарамды:

- төменгі сипаттамалық мән үшін – 5 %-дық квантиль;
- жоғарғы сипаттамалық мән үшін – 95 %-дық квантиль.

Сипаттамалық немесе есептік мәндерді анықтау үшін статистикалық мәндердің жеткілікті мөлшері болмаған жағдайда номиналды мәндерді қолдануға рұқсат етіледі.

5.4.14 Қаттылық параметрлері (мысалы, серпімділік модулі, жылжу коэффициенттері) және жылулық кеңею коэффициенттері үшін орташа мәндерді қолданған жөн. Жүктемелер әсері ұзақтығының ықпалын есептеу үшін басқа тиісті мәндерді қолданған жөн.

5.4.15 Геометриялық өлшемдерді олардың сипаттамалық мәндеріне тең етіп немесе тиісті қабылдағыштық кезінде (мысалы, ақаулар кезінде) тікелей есептік мән ретінде қабылдаған жөн. Көтергішконструкцияларын жобалау кезінде (сызбаларда) қолданылатын өлшемдер үшін сипаттамалық мәндерді көрсетуге рұқсат етіледі. Конструкцияның түрлі құрылыс материалдарынан жасалған элементтерінің тоғысқан жерлерінде өлшем шектерін есепке алған жөн.

5.4.16 Өрт кезіндегі әсер ету нәтижелерін ҚР ҚН EN 1991-1-2:2002/2011 (4.1) формуласына сәйкес қалыпты температуралар кезінде алынған нәтижелерді қолданып, келесі формула бойынша анықтауға рұқсат етіледі:

$$E_{fi,d} = \eta_{fi} E_d, \quad (5.4)$$

мұнда E_d – негізгі тіркестерден алынған әсерлердің тиісті есептік нәтижесі;

$E_{fi,d}$ – өрт кезіндегі әсер ету нәтижесінің тиісті тұрақты есептік мәні;

η_{fi} – өрт кезіндегі жүктеменің есептік деңгейінің коэффициенті (көтергіш қабілетін қолдану коэффициенті).

5.4.17 Әсерлер комбинациясы үшін η_{fi} көтергіш қабілетін қолдану коэффициенті ҚР ҚН EN 1995-1-2:2004/2011 (2.9) формуласы бойынша:

$$\eta_{fi} = \frac{G_k + \psi_{fi} \cdot Q_{k,1}}{\gamma_G \cdot G_k + \gamma_{Q,1} \cdot Q_{k,1}}, \quad (5.5)$$

немесе әсерлер комбинациясы үшін (5.6a) және (5.6b) алынған минималды мән ретінде ҚР ҚН EN 1995-1-2:2004/2011 (2.9a, 2.9b) формулалар бойынша анықталады:

$$\eta_{fi} = \frac{G_k + \psi_{fi} \cdot Q_{k,1}}{\gamma_G \cdot G_k + \gamma_{Q,1} \cdot Q_{k,1}}, \quad (5.6a)$$

$$\eta_{fi} = \frac{G_k + \psi_{fi} \cdot Q_{k,1}}{\xi \gamma_G \cdot G_k + \gamma_{Q,1} \cdot Q_{k,1}}, \quad (5.6b)$$

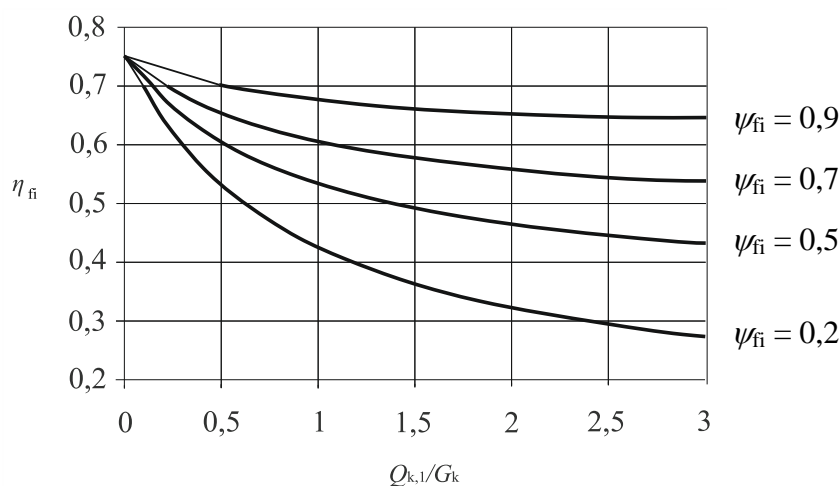
мұнда $Q_{k,1}$ – басым түсетін айнымалы әсер;

G_k – тұрақты әсердің сипаттамалық мәні;

γ_G – тұрақты әсер үшін қауіпсіздіктің жеке коэффициенті;

$\gamma_{Q,1}$ – басым түсетін айнымалы әсер үшін қауіпсіздіктің жеке коэффициенті;

ψ_{fi} – $\psi_{1,1}$, немесе $\psi_{1,2}$ түрінде берілген жеке немесе квазитұрақты мәндерге арналған үйлесімдік коэффициенті.



5.1-сурет – η_{fi} коэффициентінің $Q_{k,1}/G_k$ жүктемелер қатынасына тәуелділігі

Ескертпе

1 (5.5) формула бойынша анықталатын η_{fi} коэффициентінің $\psi_{1,1}$ түрлі мәндеріне ие $Q_{k,1}/G_k$ жүктемелер қатынасына тәуелділігі 5.1-суретте берілген, келесі шектері бар: $\gamma_{GA} = 1$, $\gamma_G = 1,35$ және $1,5$. (5.6a) және (5.6b) формулалар бойынша η_{fi} коэффициентін есептеу біршама жоғары мәндер береді.

2 ҚР ҚН EN 1991-1-2:2002/2011 (қабылдау аймақтарын қоса алғанда, өнімдерді жинауға арналған алаңдар) бойынша ұсынылатын мәні $\eta_{fi} = 0,7$ құрайтын E жүктемелер категориясына сәйкес уақытша жүктемелерді қоспағанда, $\eta_{fi} = 0,6$ тең η_{fi} мәнін қолдануға рұқсат етіледі

МЫСАЛ Тұрғын-үй ғимаратында қолданылатын ағаш қаңқа жабынның η_{fi} тіреу қабілетін қолдану коэффициентінің мәнін анықтау. Жабынның көтергіш қабілеті 3,0 м қадаммен және 6,0 м аралықпен орнатылған ағаш арқалықтармен қамтамасыз етілген.

ҚР ҚН EN 1991-1-1:2002/2011 5-1-тармағына сәйкес G_k тұрақты әсер жабынның арқалығы мен төсемінің өз салмағына тең етіп қабылданады – 7 кН. ҚР ҚН EN 1991-1-1:2002/2011 6.2-кестесінде сәйкес өлшемдері $6,0 \times 3,0$ м жабындарға арналған айнымалы әсер 18 кН құрайды. ҚР ҚН EN 1990:2002+A1:2005/2011 A1.1-кестесіне сәйкес тұрғын-үй ғимараттарына арналған ψ_1 айнымалы әсерлердің жеке мәндеріне арналған коэффициент 0,5 тең. ҚР ҚН EN 1990:2002+A1:2005/2011 A1.2(B)-кестесіне сәйкес қалыпты жағдайларға арналған қауіпсіздіктің жеке коэффициенттері сәйкесінше $\gamma_G = 1,35$; $\gamma_Q = 1,50$ тең. Осылайша, әсерлер комбинациясына арналған η_{fi} коэффициенті (5.5) формуласына сәйкес төмендегіні құрайды:

$$\eta_{fi} = \frac{G_k + \psi_{fi} \cdot Q_{k,1}}{\gamma_G \cdot G_k + \gamma_{Q,1} \cdot Q_{k,1}} = \frac{7 + 0,5 \times 18}{1,35 \times 7 + 1,50 \times 18} = 0,44.$$

Жүктемелер үйлесімдігіне арналған $\eta_{fi} = 0,44$ дәл осы коэффициентті $Q_{k,1}/G_k = 18/7 = 2,5$ қатынасына және 0,5 тең ψ_1 айнымалы әсердің жеке мәндеріне арналған коэффициент үшін 5.1-сурет бойынша анықтауға болады.

Қорытынды: Ағаш қаңқа жабынның η_{fi} тіреу қабілетін қолдану коэффициентінің мәні $\eta_{fi} = 0,44$ құрайды.

6 МАТЕРИАЛДАРДЫҢ СИПАТТАМАЛАРЫ

6.1 Көлденең қиманың негізгі параметрлерін анықтау үшін көтергіш қабілетін есептеу, яғни беріктік пен қаттылықты анықтау екі балама әдіс бойынша жүргізіледі: материалдардың келтірілген көлденең қима әдісі және келтірілген сипаттамалар әдісі.

6.2 Беріктік пен қаттылықты есептеу үшін келтірілген көлденең қима әдісін қолдану кезінде осы құралдың (6.1) және (6.2) формулалары қолданылады, бұл ретте модификация коэффициентінің мәні $k_{mod,fi} = 1$ тең етіп қабылданады. Аталған әдіске сәйкес беріктік пен қаттылықты төмендету көлденең қиманы күйген қабат шамасына, сонымен қатар күйу сызығынан тыс орналасқан қалыңдығы 7 мм қабат шамасына азайту есебінен жүргізіледі. Көлденең қима параметрлерін есептеуде бұрыштық жұмырлықтарды міндетті түрде есепке ала отырып, $d_{char,0}$ өрттің бір тарапты әсері кезіндегі күйу тереңдігінің мәні қолданылуы мүмкін, сонымен қатар есепті жеңілдету ретінде $d_{char,n}$ күйудің шартты тереңдігінің мәнін қолдануға рұқсат етіледі, бұл ретте кішірейтілген көлденең қима тік бұрышты формаға ие.

6.3 Балама ретінде арқалықтар мен бағаналар үшін келтірілген сипаттамалар әдісі қолданылады. Аталған әдісті қолдану кезінде ағаш конструкциялардың қалдық бойлық қимасын анықтау күйу сызығынан тыс 7 мм қабат қалыңдығын есепке алмай жүргізіледі,

бірақ бұл ретте $k_{\text{mod,fi}}$ модификация коэффициенті төмендеткіш болады және оның мәнін осы құралдың (8.2) – (8.4) формулалары бойынша есептеу қажет.

6.4 Тиімді көлденең қима әдісін қолдану кезінде беріктігі нөлге тең күйген қабаттың қалыңдығы әсер еткен 20 минут ішінде сызықтық заң бойынша ұлғаяды, конструкцияның оттан қорғайтын қаптамасын қолданған жағдайда – күйу t_f қаптамасының қорғаныс әсерінің уақыты аяқталғаннан кейін басталады.

6.5 [2.3(1)P] Беріктік пен қаттылықтың есептік мәндері ҚР ҚН EN 1995-1-2:2004/2011 (2.1) және (2.2) формулаларына сәйкес анықталады:
– $f_{\text{d,fi}}$ өрт кезіндегі ағаш беріктігінің есептік мәні:

$$f_{\text{d,fi}} = k_{\text{mod,fi}} \cdot \frac{f_{20}}{\gamma_{\text{M,fi}}}, \quad (6.1)$$

– өрт кезіндегі ағаш қаттылығының есептік мәні ($E_{\text{fi,d}}$ серпімділік модулі немесе $G_{\text{fi,d}}$ ығысу модулі)

$$S_{\text{fi,d}} = k_{\text{mod,fi}} \cdot \frac{S_{20}}{\gamma_{\text{M,fi}}}, \quad (6.2)$$

мұнда f_{20} – қалыпты температура кезінде беріктіктің 20 % квантили;

S_{20} – қалыпты температура кезіндегі қаттылықтың 20 % квантили (серпімділік модулі немесе ығысу модулі);

$k_{\text{mod,fi}}$ – жүктеме әсерінің ұзақтығын және өрт кезіндегі ылғал құрамын есепке алатын модификация коэффициенті, $k_{\text{mod,fi}} = 1$ тең етіп қабылданады;

$\gamma_{\text{M,fi}}$ – өрт кезіндегі ағаш қауіпсіздігінің жеке коэффициенті, $\gamma_{\text{M,fi}} = 1,0$ тең етіп қабылданады.

Ескертпе

1 $k_{\text{mod,fi}}$ коэффициент мәні осы құралдың 8.2-тарауына сәйкес қабылданады.

2 Беріктік пен қаттылықтың есептік мәндері ұлттық нормативтік құжаттармен белгілене алады.

6.6 Бекітпе элементтерінің ығысуға кедергісінің есептік мәні $R_{\text{fi,d,t}}$ (шекті көтергіш қабілеті) ҚР ҚН EN 1995-1-2:2004/2011 (2.3) формуласы бойынша анықталады:

$$R_{\text{fi,d,t}} = \eta_{\text{fi}} \cdot \frac{R_{20}}{\gamma_{\text{M,fi}}}, \quad (6.3)$$

мұнда R_{20} – жүктеме мен ылғалдық әсерінің ұзақтығын есепке алмай, қалыпты температура кезіндегі кедергінің 20% квантили ($k_{\text{mod}} = 1$);

η_{fi} – өрт кезіндегі жүктеменің есептік деңгейінің коэффициенті;

$\gamma_{\text{M,fi}}$ – өрт кезінде ағаш қауіпсіздігінің жеке коэффициенті.

6.7 Беріктік пен қаттылықтың 20% квантилинің мәндері ҚР ҚН EN 1995-1-2:2004/2011 (2.4) – (2.5) формулалары бойынша есептеледі, сәйкесінше:

– f_{20} беріктік үшін

$$f_{20} = k_{fi} \cdot f_k \quad (6.6)$$

– S_{20} қаттылық үшін (серпімділік модулі немесе ығысу модулі)

$$S_{20} = k_{fi} \cdot S_{05} \quad (6.7)$$

мұнда S_{05} – қалыпты температура кезіндегі қаттылықтың (серпімділік модулі немесе ығысу модулі) 5 % квантили;

k_{fi} – беріктіктің сипаттамалық мәнін 5 % квантильден 20 % квантильге аудару коэффициенті. Бүтін ағаштан жасалған конструкция үшін k_{fi} коэффициент 1,25 тең, басқа материалдардан жасалған конструкциялар үшін осы коэффициенттің мәндері 6.1-кестеде берілген.

f_k – ағаш беріктігінің сипаттамалық мәні.

6.1-кесте – k_{fi} коэффициентінің мәні

Конструкция материалдары	k_{fi} коэффициент
Бүтін ағаш	1,25
Жабыстырылған ағаш	1,15
Ағаш тақталар	1,15
LVL	1,1
Ағаштан немесе ағаш тақталардан жасалған бүйірлік элементтердің қима қосылыстары	1,15
Болаттан жасалған бүйірлік элементтердің қима қосылыстары	1,05
Осьтік жүктемесі бар біріктіру элементтері	1,05

6.8 R_{20} бекітпе бұйымдар кедергісінің 20 % квантиль мәні
ҚР ҚН EN 1995-1-2:2004/2011 (2.6) формуласы бойынша есептелуі тиіс:

$$R_{20} = k_{fi} \cdot R_k \quad (6.8)$$

мұнда k_{fi} – 6.1-кесте бойынша қабылданатын коэффициент;

R_k – жүктеме мен ылғалдық әсерінің ұзақтығын есепке алмай, қалыпты температура кезіндегі қосылыс кедергісінің сипаттамалық мәндері ($k_{mod} = 1$).

МЫСАЛ Көлденең қима өлшемі 200×200 мм құрайтын, жапырақ тұқымды желімденген ағаштан жасалған ағаш бағанасының есептік мәнін анықтау. Талшықтарды бойлай сығуға беріктіктің сипаттамалық мәні $f_k = 16$ Н/мм² құрайды.

Өрт кезінде ағаш беріктігін есептеу үшін (6.6) формула бойынша беріктіктің 20 % квантиль мәні анықталады:

$$f_{20} = k_{fi} f_k = 1,15 \times 16 = 18,4 \text{ Н/мм}^2,$$

мұнда $k_{fi} = 1,15$ – 6.1-кесте бойынша анықталатын ауыстыру коэффициенті;
 $f_k = 16 \text{ Н/мм}^2$ – беріктіктің сипаттамалық мәні.

(6.1) формула бойынша беріктіктің есептік мәні анықталады:

$$f_{d,fi} = k_{mod,fi} \cdot \frac{f_{20}}{\gamma_{M,fi}} = 1 \times \frac{18,4}{1} = 18,4 \text{ Н/мм}^2,$$

мұнда $k_{mod,fi} = 1,0$ – жүктеме әсерінің ұзақтығы мен өрт кезіндегі ылғалдық мөлшерін есепке алатын модификация коэффициенті;

$\gamma_{M,fi} = 1,0$ – өрт кезіндегі ағаш қауіпсіздігінің жеке коэффициенті.

Қорытынды: бағананың желімденген ағашының өрт кезіндегі беріктігінің есептік мәні $f_{d,fi} = 18,4 \text{ Н/мм}^2$ құрайды.

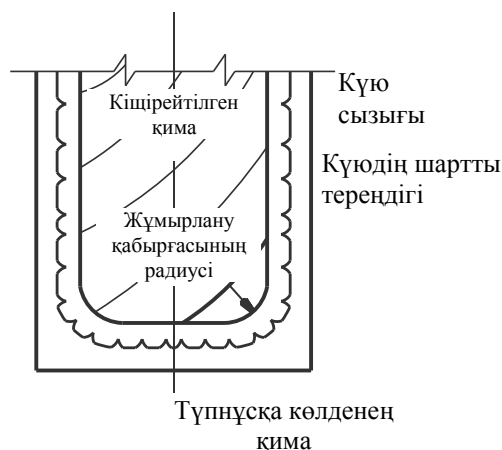
7 КҮЮ ТЕРЕҢДІГІ

7.1 Бұрыштық жұмырлану әсері есепке алынатын күй тереңдігі

7.1.1 Күй тереңдігінен конструкцияның сыртқы беті мен күй сызығының күйі арасындағы қашықтықты түсінеміз. Ол өрттің әсер ету ұзақтығына және күйдің өзіне тән жылдамдығына байланысты есептеледі.

7.1.2 Ағаштың жапырақты және қылқан жапырақты түрлерінен жасалған көптеген ағаш конструкциялар үшін күй сызығының орналасуы 300°C температура кезінде қабылданады.

7.1.3 Күй тереңдігі ағаш пен ағаш панельдердің барлық беттері үшін есептеледі және мұнда ол өрт әсерінен тікелей бүлінген қорғалған беттер үшін қажет. Екі және одан да көп жағынан өрт әсер еткен ағаш конструкциялардың күйінің нақты тереңдігін есептеу кезінде r параметрінің көмегімен бұрыштық жұмырлануларды есепке алу қажет (7.1-сурет).



7.1-сурет – Өрт әсер еткен ағаш арқалықтың кішірейтілген көлденең қимасы

7.1.4 Өрт әсері нәтижесінде түпнұсқа көлденең қимадан азайтылатын қима ауданы келесі формула бойынша анықталады:

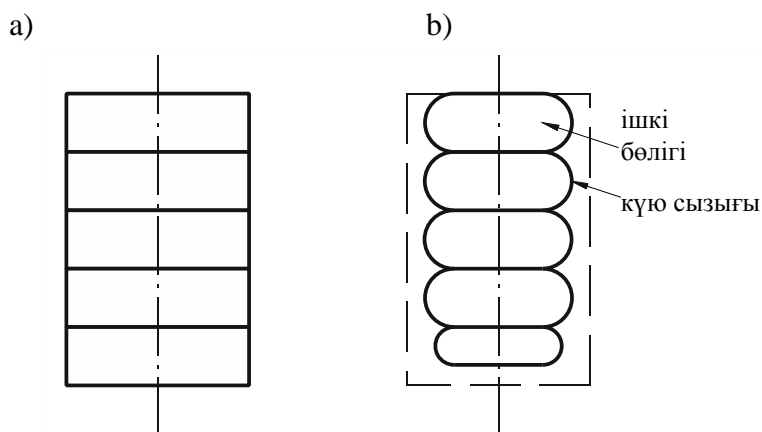
$$A = 0,215 \cdot r^2, \quad (7.1)$$

мұнда r – жұмырлану қабырғасының радиусі (күю тереңдігіне тең етіп қабылданады).

7.1.5 А қиманың ауырлық центрі конструкция шекарасының екі жағынан келесі формула бойынша анықталатын y қашықтықта орналасқан:

$$y = 0,223 \cdot r. \quad (7.2)$$

7.1.6 EN 14080 бойынша желімделген ағаш конструкциялар және EN 14374 бойынша қатпарлы жұқа тақтайлы кесілген материалдар (LVL) үшін қалдық көлденең қима ауданын есептеу кезінде бұрыштық жұмырланулар әр қабаттың түйіскен жерінде есепке алынуы тиіс (7.2-сурет).



а – өрт әсер еткенге дейінгі бастапқы қима;

б – өрт әсер еткен қима

7.2-сурет – Желімделген ағаш конструкциясының көлденең қимасы

7.1.7 Балама ретінде өрт екі және одан да көп жағынан әсер еткен кезде кішірейтілген бойлық қима β_n күюдің шартты жылдамдығы негізінде бұрыштық жұмырлануларсыз есептеле алады.

7.1.8 Өрттің стандартты әсері кезінде күю тереңдігін есептеуде β_n шартты күю жылдамдығы және ағаштың β_0 бір жақты күю жылдамдығы шамалық тұрақтымен қабылданады. Оларды келесі жағдайларда тұрақты шама ретінде қарастырмаған жөн:

- егер стандартты өрттен өзге өрт есепке алынатын болса, конструкцияның қаптамалармен қорғалмаған беттері үшін өрттің әсер ету ұзақтығының ішінде;
- күюі қаптама қорғаныс қасиеттерін жоғалтар алдында басталатын конструкцияның қаптамалармен қорғалмаған беттері үшін;
- қаптама қорғаныс қасиеттерін жоғалтқаннан кейін өрт әсер еткен конструкцияның қаптамалармен қорғалмаған беттері үшін.

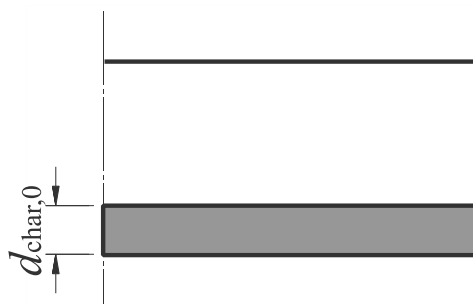
7.2 Өрттің стандартты әсері кезінде ағаш конструкцияларының қаптамамен қорғалмаған беттері үшін күй тереңдігін анықтау

7.2.1 Өрт әсерінің ең нашар нұсқасы бір жақтан қабылданатын ағаш конструкциялар үшін (мысалы, егер аражабындар, жабындар және олардың қаптамалары қарастырылатын болса, 7.3-сурет) күй жылдамдығы уақыт бойынша тұрақты шама болып табылады, ал $d_{char,0}$ күй тереңдігінің есептік мәні ҚР ҚН EN 1995-1-2:2004/2011 (3.1) формуласы бойынша анықталады:

$$d_{char,0} = \beta_0 \cdot t, \quad (7.3)$$

мұнда β_0 – өрттің стандартты әсері кезінде бір жақты күй жылдамдығының есептік мәні;

t – өрт әсерінің ұзақтығы.



7.3-сурет – Өрттің бір жақты әсері кезінде ағаш конструкциясының күй тереңдігі

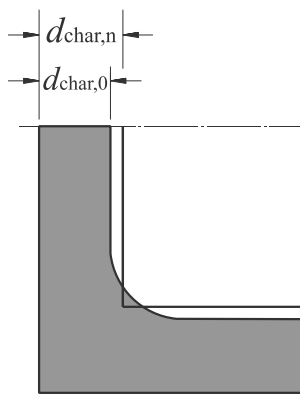
7.2.2 Өрт әсерінің ең нашар нұсқасы екі және одан да көп жақтан қабылданатын ағаш конструкциялар үшін (мысалы, сыртқы бөлігіндегі аркалықтар, бағаналар, сонымен қатар көп қабатты конструкциялар қарастырылатын болса, 7.4-сурет) күй тереңдігін есептеу кезінде бұрыштық жұмырланулар мен сызаттардың әсерін есепке алатын β_n күйдің шартты жылдамдығының мәні қабылданады.

7.2.3 Мұндай жағдайда күй тереңдігі $d_{char,n}$ күйдің шартты тереңдігі деп аталады және ҚР ҚН EN 1995-1-2:2004/2011 (3.2) формуласы бойынша есептеледі:

$$d_{char,n} = \beta_n \cdot t, \quad (7.4)$$

мұнда β_n – бұрыштық жұмырланулар мен сызаттардың әсерін есепке алатын күйдің шартты жылдамдығының есептік мәні;

t – өрт әсерінің ұзақтығы.



7.4-сурет – Ағаш конструкцияларының көлденең қимасының есептік $d_{char,0}$ және $d_{char,n}$ шартты күй тереңдігін анықтау мысалы

7.2.4 Қаптамалармен қорғалмаған ағаш конструкциялар үшін өрт әсер ететін уақыт ішінде жоғарыда аталған күй тереңдіктерін ($d_{char,0}$ және $d_{char,n}$) анықтау кезінде көп жағдайда 7.1-кестеде көрсетілген β_0 және β_n күй жылдамдықтарының есептік мәндерін қолдану қажет.

7.1-кесте – Ағаштың әр түріне арналған β_0 және β_n күй жылдамдығының есептік мәндері

Материал сипаттамасы	Күй жылдамдығының мәні	
	β_0 , мм/мин	β_n , мм/мин
а) Қылқан жапырақ тұқымды ағаш және шамшат		
$\rho_k \geq 290 \text{ кг/м}^3$ сипаттамалық тығыздыққа ие желімделген ағаш	0,65	0,7
$\rho_k \geq 290 \text{ кг/м}^3$ сипаттамалық тығыздыққа ие бүтін ағаш	0,65	0,8
б) Жапырақ тұқымды ағаш		
$\rho_k \geq 290 \text{ кг/м}^3$ сипаттамалық тығыздыққа ие бүтін ағаш және желімделген ағаш	0,65	0,7
$\rho_k \geq 450 \text{ кг/м}^3$ сипаттамалық тығыздыққа ие бүтін ағаш және желімделген ағаш	0,50	0,55
с) Қатпарлы жұқа тақтайлы кесілген материал (LVL)		
$\rho_k \geq 480 \text{ кг/м}^3$ сипаттамалық тығыздыққа ие	0,65	0,7
д) Тақталар		
Ағаш панельдер	0,9	— ¹
Желімделген жұқа тақтай	1,0	— ¹
Желімделген жұқа тақтайды қоспағанда, ағаш тақталар	0,9	— ¹

7.1-кесте – Ағаштың әр түріне арналған β_0 және β_n күйе жылдамдығының есептік мәндері (жалғасы)

Ескертпе

1 Аталған конструкциялар үшін күйеңің шартты жылдамдығының мәні орнатылмайды, өйткені оларға өрттің әсер етуінің ең нашар нұсқасы бір жақты болып табылады.

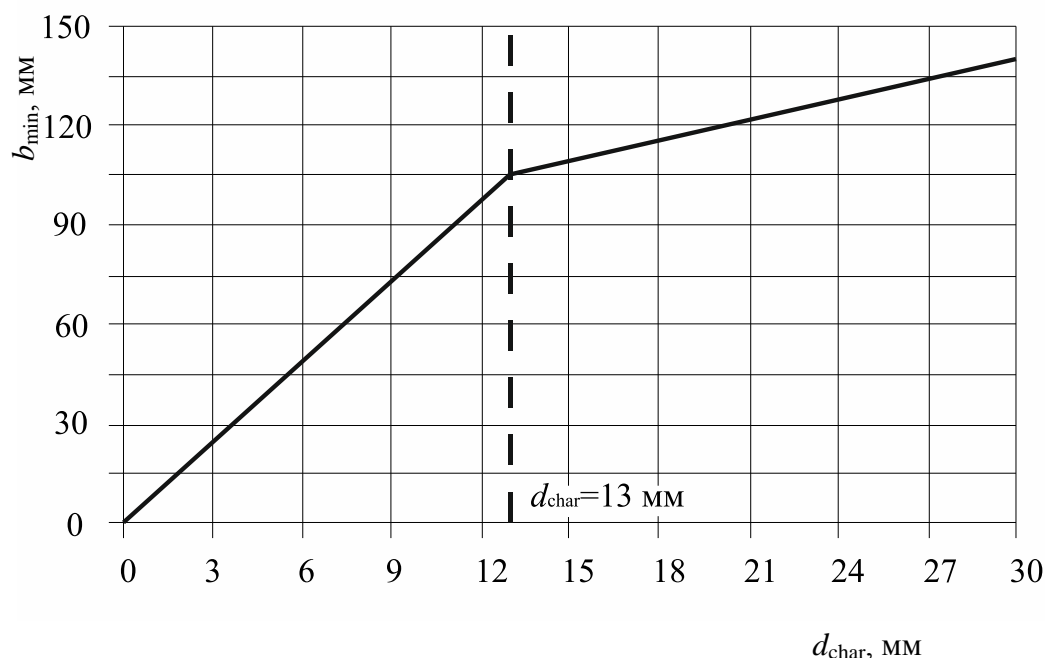
2 Күйе тереңдігін тақталардың сыртқы бөлігінен есептеген жағдайда, 7.1-кестеде берілген, көп қабатты конструкцияларда (қабаттар саны екі және одан да көп болған кезде) бұрыштық жұмырланулар әсерін есепке ала отырып, β_0 күйеңің бір жақты жылдамдығының мәнін қабылдау қажет.

3 Шамшаттан басқа, жапырақ тұқымды ағаштар үшін күйе жылдамдығының есептік мәндері 290 кг/м³ бастап 450 кг/м³ дейінгі аралығындағы сипаттамалық тығыздықпен 7.1-кестеде берілген мәндерді линиялық интерполяциялау арқылы анықталады.

4-Ескертпе – Шамшаттан жасалған конструкцияларға арналған күйе жылдамдығы қылқан жапырақ тұқымды ағаштан жасалған конструкциялар үшін де қолданылады.

5-Ескертпе – Жабыстыру сапасына қойылатын талаптар мен желімделген жұқа тақтай жіктелуі сәйкесінше EN 314-2 және EN 313-1 берілген.

7.2.5 Күйе тереңдігін есептеу кезінде β_0 немесе β_n жылдамдықты қолдану конструкцияның көлденең қимасының b_{min} бастапқы минималды еніне байланысты болады. Егер көлденең қиманың ені b_{min} кем болса, онда β_n күйеңің шартты жылдамдығының есептік мәнін қолдану қажет (7.5-сурет). Егер көлденең қиманың ені b_{min} артық болса, онда күйе тереңдігін есептеу кезінде күйеңің бір жақты жылдамдығының мәнін қолдану қажет.



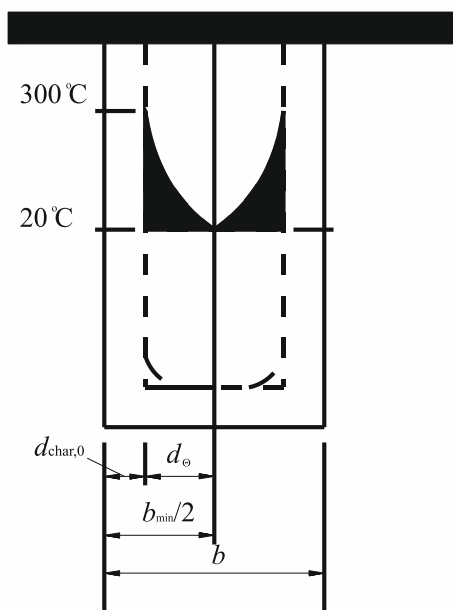
7.5-сурет – $d_{char,0}$ күйе тереңдігінің b_{min} конструкцияның көлденең қимасының бастапқы минималды еніне тәуелділігінің графигі

7.2.6 β_0 күйеңің бір жақты жылдамдығының есептік мәнін қолданған жағдайда арқалықтар мен бағаналардың тік бұрышты қималары үшін (7.6-сурет) b_{min} көлденең

қиманың бастапқы минималды енінің мәні [8] сәйкес келесі формула бойынша анықталады:

$$b_{\min} = 2 \cdot (d_{\text{char},0} + d_{\Theta}), \quad (7.5)$$

мұнда d_{Θ} – өрт әсері кезінде температурасы жоғарылайтын күй сызығынан тыс қабаттың тереңдігі (7.6-сурет).



7.6-сурет – Күюдің бір жақты жылдамдығы кезінде көлденең қиманың минималды бастапқы енін анықтау

7.2.7 20 минуттық от әсері барысында 13 мм күй тереңдігін беретін күюдің бір жақты жылдамдығының $\beta_0=0,65$ мм/мин мәні кезінде, сонымен қатар 40 мм тең d_{Θ} қабат тереңдігін есепке ала отырып, (7.5) формула ҚР ҚН EN 1995-1-2:2004/2011 (3.3) формуласы бойынша келесі түрге ие болады (7.7-сурет):

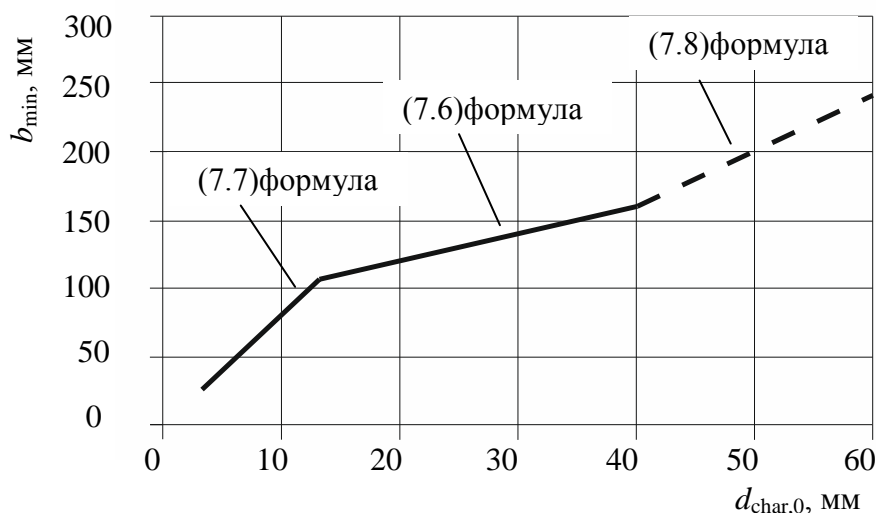
$$d_{\text{char},0} \geq 13 \text{ мм кезінде } b_{\min} = 2 \cdot d_{\text{char},0} + 80 \quad (7.6)$$

7.2.8 Жеңілдету ретінде d_{Θ} шамасы 20 минут ішінде сызықтық жоғарылайды деп қабылдауға болады (0 мм-ден 40 мм аралығында), дегенмен 7.7-суреттен көріп отырғанымыздай өрт әсерінің басында күй біршама қарқынды жүреді. Осылайша, от әсерінің алғашқы жиырма минуты үшін (7.5) формула ҚР ҚН EN 1995-1-2:2004/2011 (3.3) формуласы бойынша келесі түрге ие болады:

$$d_{\text{char},0} < 13 \text{ мм кезінде } b_{\min} = 8,15 \cdot d_{\text{char},0} \quad (7.7)$$

7.2.9 ҚР ҚН EN 1995-1-2:2004/2011 сәйкес бұрыштық жұмырлану радиусі $d_{\text{char},0} > 40$ мм кезінде $r=d_{\text{char},0}$ болған кезде (7.5) формула зерттеу деректері [1] бойынша келесі түрде иемденеді:

$$d_{\text{char},0} > 40 \text{ мм кезінде } b_{\text{min}} = 4,0 \cdot d_{\text{char},0} \quad (7.8)$$



7.7-сурет – Өрттің бір жақты әсері кезінде көлденең қиманың минималды бастапқы енінің күй тереңдігіне тәуелділігі

7.2.10 β_n және β_0 күй жылдамдықтарының 7.1-кестеде берілген мәндері көлденең қиманың келесі параметрлеріне ие ағаш конструкциялар үшін қолданылады:

– егер күй қалыңдық бағытында екі жақтан да жүретін болса, минималды қалдық қалыңдық 40 мм құрауы тиіс;

– егер күй қалыңдық бағытында бір жақтан жүретін болса, минималды қалыңдық 20 мм құрауы тиіс.

7.2.11 Ағаш тақталар мен ағаш қаптамаларға арналған күй жылдамдығының 7.1-кестеде берілген есептік мәндері ағаштың 450 кг/м^3 сипаттамалық тығыздығында және тақтаның (қаптаманың) 20 мм кем емес қалыңдығында қолданылады.

7.2.12 7.1-кестеде берілген мәндерден өзге ρ_k сипаттамалық тығыздық және h_p тақтаның 20 мм кем қалыңдығы кезінде бір жақты күй жылдамдығы ҚР ҚН EN 1995-1-2:2004/2011 (3.4) формула бойынша анықталады:

$$\beta_{0,p,t} = \beta_0 \cdot k_p \cdot k_h, \quad (7.9)$$

мұнда k_p – өртке қарсы қаптаманы қорғаудың тиімділігін есепке алатын коэффициент ҚР ҚН EN 1995-1-2:2004/2011 (3.5) формуласы бойынша анықталады:

$$k_p = \sqrt{\frac{450}{\rho_k}}, \quad (7.10)$$

ρ_k – сипаттамалық тығыздық, кг/м^3 .

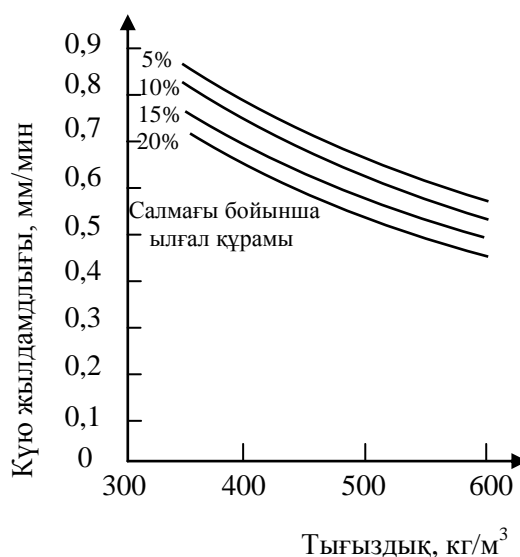
Өртке қарсы қаптаманың қалыңдығын есепке алатын k_h коэффициент мәні ҚР ҚН EN 1995-1-2:2004/2011 (3.6) формуласы бойынша есептеледі:

$$k_h = \sqrt{\frac{20}{h_p}}, \quad (7.11)$$

h_p – тақта қалыңдығы, мм.

Ескертпе – Конструктивті өртке қарсы қорғанысы жоқ ағаш құраластырылымдар үшін k_p коэффициенті $k_p=1$ тең етіп қабылданады.

7.2.13 Ағаштың күйу жылдамдығының мәнін ағаштың дымқылдығына және тығыздығына байланысты 7.8-суретте көрсетілген номограмма бойынша анықтауға болады.



7.8-сурет – Ағаштың күйу жылдамдығының өзгеруінің тығыздыққа және дымқылдыққа тәуелділігі

7.2.14 7.1-кестеде аталмаған материалдардан жасалған ағаш конструкцияларды қолдану кезінде сипаттамалық тығыздыққа байланысты күйу жылдамдығы [1] сәйкес келесі формула бойынша есептелуі мүмкін:

$$\beta = 0,4 + (280/\rho_k)^2, \quad (7.12)$$

мұнда ρ_k – ағаштың сипаттамалық тығыздығы, кг/м³.

7.2.15 Күйу тереңдігін есептеу кезінде заттай от сынақтары негізінде алынған және [1] сәйкес 7.2-кестеде берілген күйу жылдамдығының мәнін қолдануға болады. Күйу жылдамдығының аталған мәндері 200 кг/м³ бастап 1000 кг/м³ дейінгі аралығындағы сипаттамалық тығыздыққа ие жапырақ тұқымды ағаштар үшін келтірілген. Сынақ кезінде өрттің әсер ету уақыты 60 минутты құрады.

7.2-кесте – Тығыздығы әртүрлі ағаш конструкцияларына арналған β күю жылдамдығының есептік мәндері

Тығыздық (кг/м ³) кезіндегі ағаштың күю жылдамдығы (мм/мин)						
ρ_k	200	290	450	600	800	1000
β	1,032	0,876	0,682	0,600	0,512	0,461
<p>Ескертпе</p> <p>1 7.2-кестеде ағаштың күюінің бір жақты жылдамдығының есептік мәндері (β_0) берілген.</p> <p>2 Өрт конструкцияларға екі және одан да көп жағынан әсер еткен кезде осы құралдың 7.1.3-тармағына сәйкес бұрыштық жұмырлану мен сызаттардың ықпалын есепке алу қажет.</p>						

7.3 Өрт әсерінен конструктивті өртке қарсы қорғаныспен қорғалған (түрлі материалдардан жасалған қаптармен) арқалықтар мен бағаналардың күю тереңдігін анықтау

7.3.1 Ағаш конструкциясының отқа төзімділігі шегінің мәнін анықтау кезінде көп жағдайда түпнұсқа көлденең қима күю тереңдігінің шамасына азаяды. Көтергішконструкциялары (арқалықтар, бағаналар, бағандар) үшін конструктивті өртке қарсы қорғанысты қолданған жағдайда күю жылдамдығы қаптаманың нақты түріне байланысты уақыт бойынша өзгереді.

7.3.2 Арқалықтардың және бағаналардың беттерін конструктивті өртке қарсы қорғау үшін өртке қарсы қаптарды (7.9-сурет), сонымен қатар басқа да оттан қорғайтын материалдарды немесе элементтерді қолданған кезде келесі шарттарды есепке алу қажет:

– күюдің басталуы t_{ch} уақытша кідіреді (өрттің әсері басталған сәттен өртке қарсы қаптаманың күюі басталғанға дейінгі уақыт);

– өртке қарсы қаптаманың күюі оның қорғаныс қасиеттерін жоғалтқанға дейін басталуы мүмкін, бірақ t_f істен шығу уақытына дейінгі күю жылдамдығы 7.1-кестеде көрсетілгеннен аз;

– өртке қарсы қаптаманың күюі оның қорғаныс қасиеттерін жоғалтқанға дейін басталуы мүмкін, бірақ $t_{f\text{уақыт}}$ моментінен t_a уақытмоментіне дейінгі жылдамдық мәні 7.2-кестеде көрсетілгеннен көп;

– өртке қарсы қаптаманың күюі оның қорғаныс қасиеттерін жоғалтқанға дейін басталуы мүмкін, бірақ t_a уақыт моментінен бастап күю жылдамдығы 7.1-кестеде көрсетілген мәндерді қайта қабылдайды (бұл жағдайда күю тереңдігінің мәні өртке қарсы қаптамасы жоқ ұқсас конструкцияның күю тереңдігінің минималды мәніне сәйкес келеді немесе 25 мм тең етіп қабылданады).

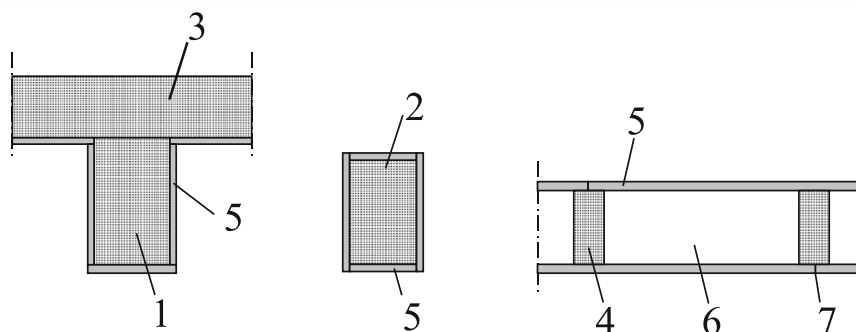
Оттан қорғаудың түрлі тәсілдері және күюдің оған сәйкес келетін жылдамдықтары 7.10-7.13-суреттерде көрсетілген (өрт әсері уақытынан күю тереңдігінің функциясы ретінде).

Ескертпе

1 Осы құралда түрлі типтегі қаптамалар түріндегі конструктивті өртке қарсы қорғаныс қана қарастырылады. Сондайақ ҚР СТ EN 13381-7 сәйкес ісінген жабындар мен сіңірмелер түріндегі белсенді өртке қарсы қорғаныс қолданылуы мүмкін. Бұл жағдайда жабыны бар конструкциялар заттай от сынағынан

өтуі және отқа төзімділік шегі не болмаса күй тереңдігі өткізілген сынақтардың нәтижелері негізінде қабылдануы тиіс.

2 Конструктивті оттан қорғаныс ретінде осы құралда аталмаған басқа элементтерді қолданған кезде конструктивті қорғаныс элементінің бүлінуі немесе бұзылуы себепті, сонымен қатар конструктивті қорғаныс элементінің шектен тыс деформациясы салдарынан шектелуі мүмкін.



1 – арқалық; 2 – бағана; 3 – жабын плитасы; 4 – баған; 5 – қаптама;
6 – оқшауланбаған тығыздық (куыс); 7 – қаптамаларды біріктіру

7.9-сурет – Құрылыс конструкциясын қорғау үшін қаптамаларды қолдану мысалы

7.3.3 Сынақ нәтижелері бойынша келесі келтірілген шамалардың мәндері белгіленеді:

- өрт әсері басталған сәттен бастап қорғалған құрылыс конструкциясының күйе бастағанға дейінгі уақыты – t_{ch} ;
- қаптаманың немесе басқа да оттан қорғайтын материалдардың өздерінің қорғаныс қасиеттерін жоғалту уақыты – t_f ;
- қаптама өзінің қорғаныс қасиеттерін жоғалтқанға дейінгі күй жылдамдығы, егер $t_f > t_{ch}$.

Ескертпе – Құрылыс конструкцияларын қаптамаларды қолданып сынау ENV 13381-7 сәйкес жүргізілуі тиіс.

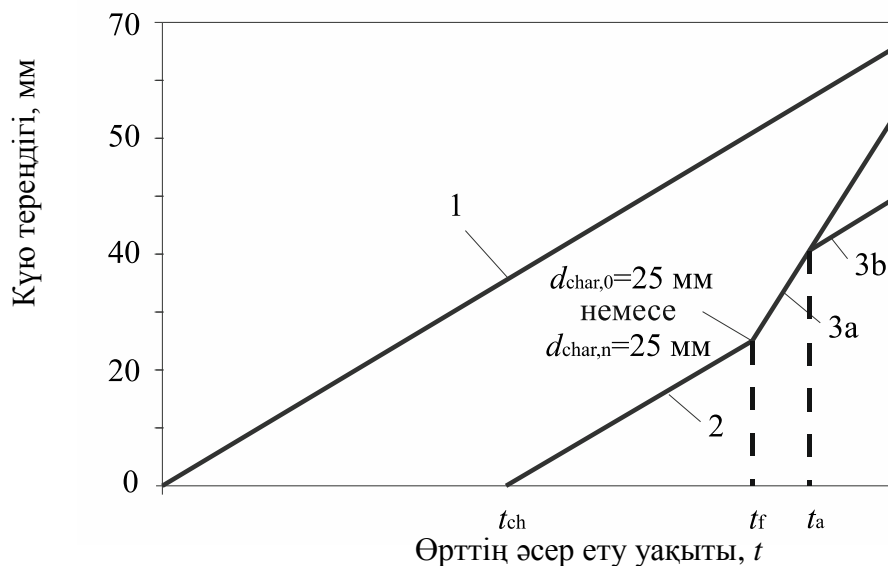
7.3.4 Қаптамалармен қорғалған ағаш құрылыс конструкцияларының отқа төзімділігін бағалау кезінде ағаш конструкциясы мен қаптама арасында пайда болатын саңылаудың ені күй басталар алдында 2 мм аспауы тиіс.

7.3.5 Қаптамалармен қорғалмаған және қорғалған ағаш конструкцияларының күйін салыстырмалы талдау 7.10-суретте көрсетілген. Қорғалмаған беттер үшін күйдің басы оларға өрт әсер еткен кезде бірден басталады (7.10-суреттегі 1-сызық). Қорғалған беттер үшін күй процесі бірнеше фазада жүреді:

- *1-фаза* температураның 300°C аспайтын мәнге дейін температураның жоғарылауымен және қорғаныс қабатының болуы есебінен күйіктің болмауымен сипатталады;
- *2-фаза қорғаныс* деп аталады және t_f уақытқа жеткенге дейін жалғасады (қаптамалар өздерінің қорғаныс қасиеттерін жоғалтатын уақытпен);

– 3-фаза қаптама бұзылғаннан кейін ағаш конструкцияларды қорғау уақытымен сипатталады.

2-фаза өткен кезде күйу отқа қарсы қорғаныс әсерінің әлсіреуі есебінен жоғарылай бастайды (7.10-суреттегі 3a сызығы). 3-фаза t_a уақытқа жеткен кезде басталады. Уақыттың көрсетілген интервалына күйу тереңдігі 25 мм асып кеткеннен кейін ғана жетеді, ал күйу жылдамдығы 7.1-кестеде берілген мәнге дейін азаяды (7.10-суреттегі 3b сызығы).



1 – β_n (немесе β_0) күйу жылдамдығы кезінде қорғалмаған конструкциялар үшін күйу тереңдігінің өрттің әсер ету ұзақтығына тәуелділігі;

2 – қаптама қорғаныс қасиеттерін жоғалтқаннан кейін қорғалған конструкциялар үшін күйу тереңдігінің өрттің әсер ету ұзақтығына тәуелділігі;

3a – өртке қарсы қаптаманың әсері бәсеңдегеннен кейін күйу жылдамдығының жоғарылауы;

3b – күйу тереңдігі 25 мм асқаннан кейін 2-фазадағы күйу жылдамдығын 7.1-кестеде көрсетілген мәндерге дейін төмендету

7.10-сурет – Күйу тереңдігінің өрттің қорғалмаған және қорғалған құрылыс конструкцияларына әсер ету ұзақтығына тәуелділігі

7.3.6 Көлденең қимасының өлшемі үлкен емес конструкциялар (қаңқа элементтеріндегі бағаналар және арқалықтар) үшін t_a уақыт интервалына барлық ен бойынша қарқынды жылу әсері есебінен жете алмайды, сондықтан күйу басқа конструкциялармен салыстырғанда біршама жоғары жылдамдықпен жалғасады (7.10-суреттегі 3a сызығы).

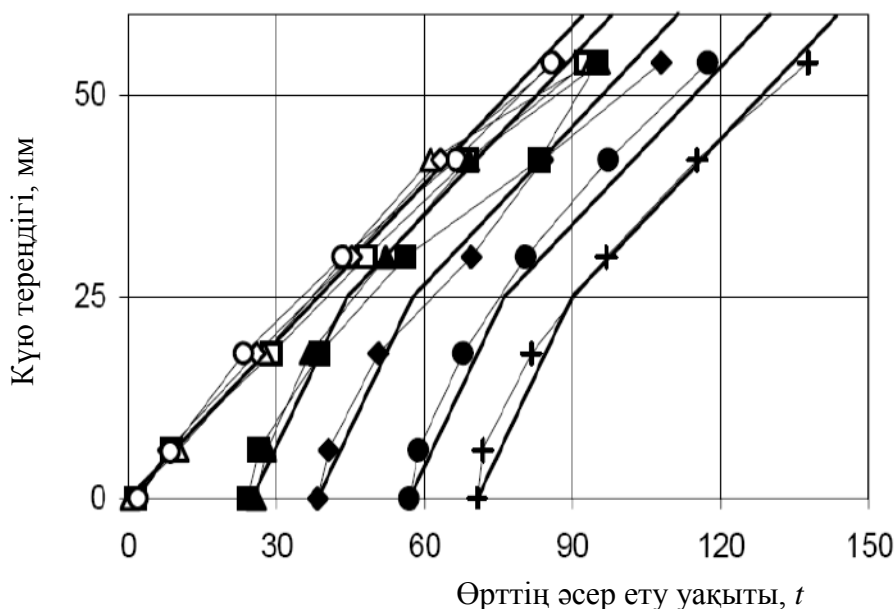
7.3.7 7.10-суретте берілген тәуелділік $t_{ch} = t_f$ кезінде ақиқат, яғни өрт әсері басталған сәттен қорғалған құрылыс конструкциясы күйе бастағанға дейінгі уақыт қаптаманың өз қорғаныс қасиеттерін жоғалту уақытына сәйкес келеді және t_a уақыт моментіндегі күйу тереңдігі 25 мм артық болмайды.

7.3.8 Қаптама өзінің қорғаныс қасиеттерін жоғалтқаннан кейін қорғалған конструкцияның күйу жылдамдығының жоғарылау себебі келесілерге байланысты:

- қаптаманың жоғарғы қорғаныс қабатының күйу температурасы қаптамасы бар қорғалмаған ағаш конструкцияға қатынасы бойынша біршама жоғары болып табылады;
- қаптама өзінің қорғаныс қасиеттерін жоғалтқаннан кейін көрсетілген температура оның астындағы конструкцияға тікелей әсер етеді.

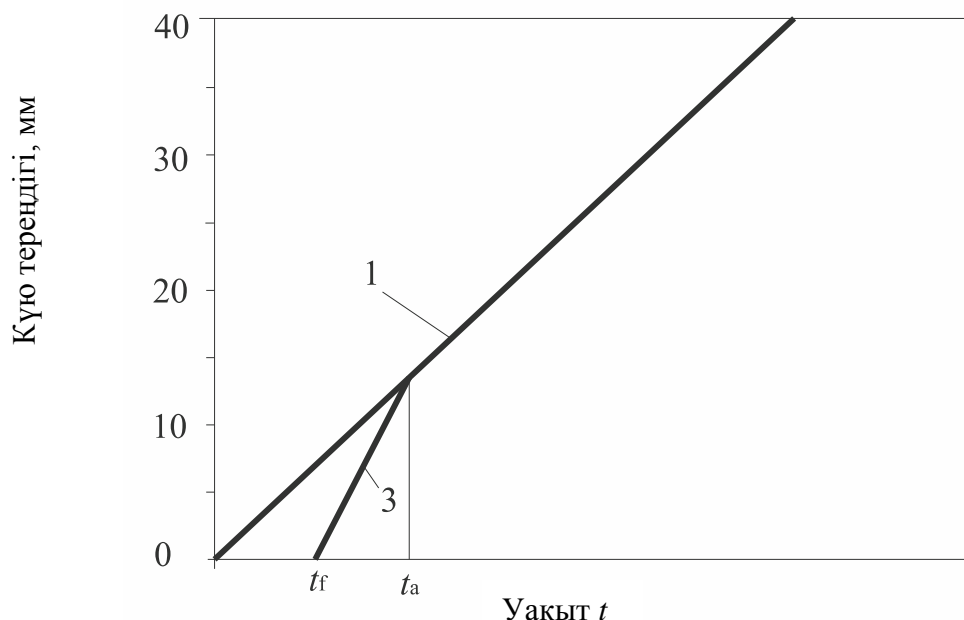
7.3.9 Қолданылатын қаптама конструкциясының күйу тереңдігі 25 мм мәніне жеткенге дейін қорғайды. Содан соң күйу жылдамдығы қорғалмаған беттердегі сияқты 7.1-кестеде берілген мәнге дейін азаяды. Жеңілдету үшін 25 мм критерийі бір жақты $d_{char,0}$, сондайақ шартты $d_{char,n}$ күйу тереңдігі үшін де қабылданған.

7.3.10 7.11-суретте [2] деректері бойынша өртке қарсы қаптама сынақтарының нәтижелері берілген, олар жеңілдету үшін күйу тереңдігінің 7.10-суретте көрсетілген өрт әсерінің ұзақтығына бисызықтық тәуелділігін қолдануға болатындығын көрсетеді.



7.11-сурет – Қаптама өзінің қорғаныс қасиеттерін жоғалтқаннан кейін күйу тереңдігінің өрттің әсер ету ұзақтығына тәуелділігі

7.3.11 Қаптаманың өзінің қорғаныс қасиеттерін жоғалтуының t_f уақыты және 25 мм күйу тереңдігіне жету t_a уақыты (7.14b) формула бойынша есептелген уақыттан аз болса, онда қорғалған конструкциялар үшін күйу тереңдігінің өрттің әсер ету ұзақтығына тәуелділігі 7.12-суретте берілген түрге ие болады.



- 1 – күю жылдамдығы 7.1-кестеде көрсетілген қорғалмаған конструкциялар үшін күю тереңдігінің өрттің әсер ету ұзақтығына тәуелділігі;
- 3 – қаптаманың өзінің қорғаныс қасиетін жоғалтуының t_f уақыты мен t_a уақыты (7.11b) формула бойынша есептелген уақытқа карағанда аз болатын қорғалған конструкциялар үшін күю тереңдігінің өрттің әсер ету ұзақтығына тәуелділігі

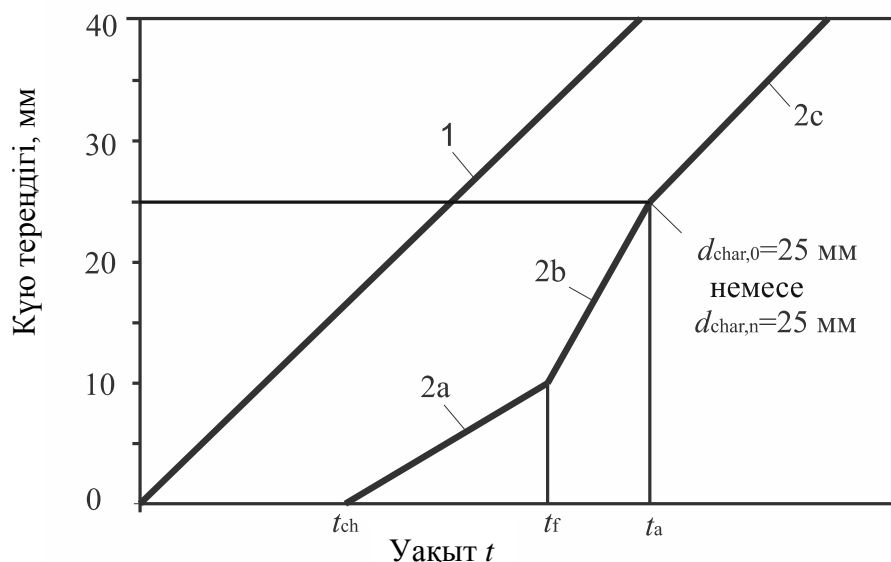
7.12-сурет – $t_{ch} = t_f$ кезінде және t уақыт моментіндегі күюдің 25 мм кем тереңдігі кезінде күю тереңдігінің өрттің әсер ету ұзақтығына тәуелділігі

7.3.12 Ағаштың күюдi бастауды t_{ch} уақытына дейiн кiдiртетiн қорғаныс қаптамасы қуыстарды жылу оқшаулағыш материалдармен толтыру салдарынан күю жылдамдығын азайту орын алатын бiршама ұзақ уақыт iшiнде конструкцияға бекiтiлген күйiнде қала беруi тиiс.

7.3.13 t_f уақыт моментiнде қаптама өзінің қорғаныс қасиеттерiн жоғалтқан жағдайда күю жылдамдығы жеткiлiктi қорғанысты қамтамасыз ететiн 25 мм күйген қабаттың болуы есебiнен t_a уақыт моментiне дейiн ұлғая бастайды (7.13-сурет).

7.3.14 2а сатысында күю жылдамдығының төмендеуi конструктивтi оттан қорғау ретiнде F типтi отқа төзiмдi гипс-картон табактарды қолдану есебiнен орын алады. Қаптамалардың механикалық қасиеттерiн жоғалтуы олардың термиялық ыдырауы салдарынан, сонымен қатар бекiтпе элементтердiң iстен шығуы салдарынан орын алады.

7.3.15 Баста типтi (F типiнен басқа) гипс-картон отқа төзiмдi гипс-картон сияқты термиялық қасиеттерге ие. Осылайша, күюдi бастауды кiдiрту уақытын есептеу және қорғалмаған ағаш конструкциялар үшiн күю жылдамдығын төмендету үшiн 7.13-суретте көрсетiлген параметрлер негiзiнен гипс-картон үшiн қолданылады.



- 1 – күю жылдамдығы β_n (немесе β_0) болатын қорғалмаған конструкциялар үшін күю тереңдігінің өрттің әсер ету ұзақтығына тәуелділігі;
- 2 – күюі қаптама өзінің қорғаныс қасиеттерін жоғалтар алдында басталатын қорғалған конструкциялар үшін күю тереңдігінің өрттің әсер ету ұзақтығына тәуелділігі;
- 2a – $0 < t_{ch} < t_f$ кезінде күюдің басталуы;
- 2b – қаптама қорғаныс қасиеттерін жоғалтқаннан кейін күю жылдамдығының жоғарылауы;
- 2c – күю тереңдігі 25 мм асқаннан кейін күю жылдамдығының 7.1-кестеде көрсетілген мәндерге дейін төмендеуі

7.13-сурет – $t_{ch} < t_f$ шартымен күю тереңдігінің өрттің әсер ету ұзақтығына тәуелділігі

7.4 Күю жылдамдығы

7.4.1 $t_{ch} \leq t \leq t_f$ теңсіздігі орындалған жағдайда, ағаш конструкциясының күю жылдамдығының 7.1-кестеде көрсетілген мәндері k_2 коэффициентіне (оқшаулағышты қолдану коэффициентіне) көбейтілуі тиіс.

7.4.2 Егер ағаш конструкциясы F типті гипс-картонды табақтан жасалған бір қабатты қаптамамен қорғалған болса, онда k_2 коэффициенті ҚР ҚН EN 1995-1-2:2004/2011 сәйкес (3.7) формуласымен есептелуі:

$$k_2 = 1 - 0,018 \cdot h_p, \quad (7.13)$$

мұнда h_p – оттан қорғайтын қаптама қалыңдығы, мм.

7.4.3 Егер қаптама F типті гипс-картонды табақтың бірнеше қабатынан тұрса, онда оттан қорғайтын қаптама h_p қалыңдығы ретінде ішкі қабаттың қалыңдығын қабылдау қажет.

7.4.4 [3.4.3.2 (3)] Егер конструкция қалыңдығы 20 мм кем емес, тығыздығы 26 кг/м^3 кем емес және балқу температурасы $T \geq 1000^\circ \text{C}$ минерал мақтамен қорғалған болса, онда k_2 мәнін 7.3-кесте бойынша таңдау қажет. Минерал мақта тақтаның қалыңдығы 20 мм-ден

45 мм-ге дейінгі аралығында болған кезде k_2 коэффициентінің мәні сызықтық интерполяциямен анықталады.

7.3-кесте – Минерал мақта плиталармен қорғалған ағаш конструкциялар үшін k_2 мәні

h_{ins} ҚАЛЫҢДЫҒЫ, мм	k_2
20	1
≥ 45	0,6

7.4.5 $t_f \leq t \leq t_a$ теңсіздігі орындалған жағдайда, отқа қарсы қаптама істен шыққаннан кейін 7.1-кестеде көрсетілген күй жылдамдығының мәндері $k_3 = 2$ коэффициентіне көбейтілуі тиіс. Егер $t \geq t_a$ теңсіздігі орындалса, онда 7.1-кесте бойынша қолданылатын күй жылдамдығының мәндері k_3 коэффициентіне көбейтпей қолданылуы тиіс.

7.4.6 Егер $t_{\text{ch}} = t_f$ теңсіздігі орындалса, онда t_a уақыт (7.11, 7.12-сурет) ҚР ҚН EN 1995-1-2:2004/2011 (3.8) формуласы бойынша есептелуі тиіс:

$$t_a = \min \begin{cases} 2 \cdot t_f; & (a) \\ \frac{25}{k_3 \cdot \beta_n} + t_f, & (b) \end{cases} \quad (7.14)$$

7.4.7 Егер $t_{\text{ch}} < t_f$ теңсіздігі орындалса, онда t_a уақыт (7.10, 7.13-сурет) ҚР ҚН EN 1995-1-2:2004/2011 (3.9) формуласы бойынша есептелуі тиіс:

$$t_a = \frac{25 - (t_f - t_{\text{ch}}) \cdot k_2 \cdot \beta_n}{k_3 \cdot \beta_n} + t_f, \quad (7.15)$$

мұнда β_n – күйдің шартты жылдамдығының есептік мәні, мм/мин. (7.14) және (7.15) формулаларды да бір жақты күй кезінде қолдану қажет, β_n мәні β_0 мәнімен ауыстырылады.

7.5 Қаптамалардың күйе бастауының t_{ch} уақыты

7.5.1 [3.4.3.3(1)] Ағаш тақталардың немесе ағаш панельдердің бір немесе бірнеше қабатынан тұратын өртке қарсы қаптамалар үшін қорғалған конструкцияның күйе бастау t_{ch} уақыты ҚР ҚН EN 1995-1-2:2004/2011 (3.10) формуласы бойынша анықталады:

$$t_{\text{ch}} = \frac{h_p}{\beta_0}, \quad (7.16)$$

мұнда h_p – оттан қорғайтын тақтаның қалыңдығы, бірнеше қабаттан тұрған жағдайда – олардың жалпы қалыңдығы;

t_{ch} – күйдің басталу уақыты.

7.5.2 Жүргізілген заттай от сынақтарының негізінде [3–4] сәйкес қаптамалардың әр түрі үшін күюдің басталу уақытын есептеу бойынша эмпирикалық теңдеулер алынған. 7.4-кестеде көрсетілген теңдеулер әлемнің түрлі елдеріндегі (негізінен еуропалық) түрлі институттар өткізген 340 астам заттай сынақтардың жалпылыма деректерінің негізінде алынған. Деректердің барлығы EN 1363-1 сәйкес стандартты өрт жағдайлары үшін алынған.

7.4-кесте – Қабырға қаптамалары мен жабындардың күйе бастау уақытын анықтауға арналған есептік формулалар

Қаптама типі мен қабаттар саны	Есептік формула	Шарт
<i>A</i> немесе <i>F</i> типі бір қабат	$t_{ch} = 2,8 \cdot h_p - 14, \quad (7.17)$	$9 \text{ мм} \leq h_p \leq 18$
<i>A</i> немесе <i>F</i> типі екі қабат ($t_{f,1} > t_{ch,2}$)	$t_{ch} = 2,1 \cdot h_{p,tot} - 7, \quad (7.18)$	$25 \text{ мм} \leq h_{p,tot} \leq 31$
<i>F</i> типі екі қабат ($t_{f,1} < t_{ch,2}$)	$t_{ch} = t_{f,1}, \quad (7.19)$	$25 \text{ мм} \leq h_{p,tot} \leq 31$
<i>A</i> типі екі қабат ($t_{f,1} < t_{ch,2}$)	$t_{ch} = t_{f,1} + 11, \quad (7.20)$	$25 \text{ мм} \leq h_{p,tot} \leq 31$
<p>Ескертпе</p> <p>1 $h_{p,tot}$ – гипс-картонның бірнеше қабатын қолданған жағдайда қаптаманың жалпы қалыңдығы.</p> <p>2 $t_{f,1}$ қаптаманың бірінші қабатының қорғаныс қасиеттерінің істен шығу уақыты $t_{ch,2}$ екінші қабаттың күйе бастау уақытынан көп болған кезде (7.18) формуланы қолдану қажет. Аталған теңсіздік орындалмаған жағдайда <i>F</i> типті гипс-картонды қабат үшін (7.19) формуланы және <i>A</i> типті гипс-картонды қабат үшін (7.20) формуланы қолдану қажет.</p>		

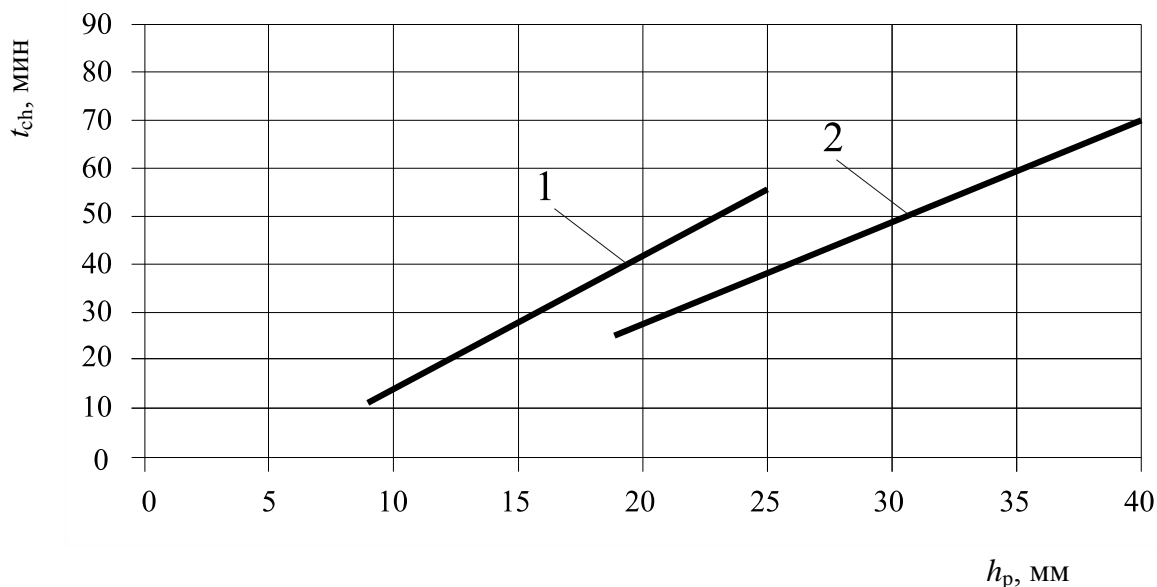
7.5.3 7.14-суретте (7.17) формуланы қолданып алынған есептік деректермен жақсы келісетін гипс-картонды табақтардың күйе бастау уақытының мәндері берілген.

7.5.4 Ені 2 мм асатын ашық саңылаулары бар түйіскен жерлерде күйе бастау уақыты t_{ch} ҚР ҚН EN 1995-1-2:2004/2011 (3.12) формуласы бойынша анықталады:

$$t_{ch} = 2,8 \cdot h_p - 23, \quad (7.21)$$

мұнда h_p – оттан қорғайтын панель қалыңдығы, мм.

Ескертпе – *E*, *D*, *R* және *I* типті гипс-картонды табақтар EN 520 сәйкес *A* және *H* типінің табақтарына қарағанда тең мәнді немесе жақсартылған жылу-техникалық және механикалық сипаттамаларға ие.



- 1 – қаптама А немесе F типті гипс-картонның бір табағынан тұрады;
 2 – қаптама А немесе F типті гипс-картонның екі табағынан тұрады, бірінші қабат күйе бастағанға дейін бекітілген күйінде қалады

7.14-сурет – Гипс-картонның бір қабатынан тұратын қаптаманың күйе бастау уақыты

7.5.5 Минерал мақта тақталармен қорғалған арқалықтар мен бағаналар үшін күйе бастау уақыты ҚР ҚН EN 1995-1-2:2004/2011 (3.13) формуласы бойынша анықталатын:

$$t_{ch} = 0,07 \cdot (h_{ins} - 20) \cdot \sqrt{\rho_{ins}}, \quad (7.22)$$

мұнда t_{ch} – күйе бастау уақыты, мин;

h_{ins} – оқшаулағыш қалыңдығы, мм;

ρ_{ins} – жылу оқшаулағыш материалдың тығыздығы, кг/м³.

7.6 Қаптамалардың қорғаныс әсерінің t_f уақыты

7.6.1 [3.4.3.4(1)] Өртке қарсы қаптамалардың бұзылуы келесі себептерге байланысты орын алуы мүмкін:

- қаптама материалының күйеі немесе механикалық бұзылуы;
- күймеген ағашқа бекітпе бұйымдарды қыстыру тереңдігі жеткіліксіз;
- бекітпе бұйымдар арасындағы интервал және арақашықтық жеткіліксіз.

7.6.2 Арқалықтар мен бағаналарға бекітілген ағаш қаптамалар мен ағаш тақталар үшін қорғаныс әсерінің уақыты ҚР ҚН EN 1995-1-2:2004/2011 (3.14) формуласы бойынша есептеледі:

$$t_f = t_{ch}, \quad (7.23)$$

мұнда t_{ch} – осы құралдың 7.5-тарауы талаптарына сәйкес анықталады.

7.6.3 А және Н типті гипс-картонды табақтар үшін қорғаныс әсерінің уақыты ҚР ҚН EN 1995-1-2:2004/2011 (3.15) формуласы бойынша есептеледі:

$$t_f = t_{ch}, \quad (7.24)$$

Ескертпе – Жалпы алғанда механикалық тозу салдарынан өртке қарсы қаптаманың істен шығуы температураға, сонымен қатар оның орналасуына тәуелді.

7.6.4 Жабын тақталары мен қаңқа қабырғаларға жүргізілген заттай от сынақтары негізінде [3–4] сәйкес әр түрлі өртке қарсы қаптамалардың t_f қорғаныс әсерінің уақытын есептеу бойынша эмпирикалық теңдеулер берілген, олар 7.5-кестеде көрсетілген.

7.5-кесте – Қабырғалар мен аражабындарға арналған t_f уақыт интервалын анықтау бойынша есептік теңдеулер

Қаптам а типі	Қабырғалар		Жабындар	
	Есептік формула	Шарт	Есептік формула	Шарт
F типі бір қабат	$t_f = 4,5 \cdot h_p - 24$ (7.25)	$9 \text{ мм} \leq h_p \leq 18 \text{ мм}$	$t_f = h_{p,1} + 10$ (7.36)	$12,5 \text{ мм} \leq h_p \leq 16$
	$t_f = 57$ (7.26)	$h_p > 18 \text{ мм}$	$t_f = 26$ (7.37)	$h_p > 16$
F типі екі қабат	$t_f = 4 \cdot h_{p,\text{tot}} - 40$ (7.27)	$25 \text{ мм} \leq h_{p,\text{tot}} \leq 31 \text{ мм}$	$t_f = 2 \cdot h_{p,\text{tot}} - 3$ (7.38)	$25 \text{ мм} \leq h_{p,\text{tot}} \leq 31 \text{ мм}$
	$t_f = 84$ (7.28)	$h_{p,\text{tot}} > 31 \text{ мм}$	$t_f = 59$ (7.39)	$h_{p,\text{tot}} > 31 \text{ мм}$
F+ типі A ¹ типі	$t_f = 81$ (7.29)	$h_p > 15 \text{ мм}^2$	$t_f = 50$ (7.40)	$h_p > 15 \text{ мм}^2$
A типі бір қабат	$t_f = 1,9 \cdot h_p - 7$ (7.30)	$9 \text{ мм} \leq h_p \leq 15 \text{ мм}$	$t_f = 1,8 \cdot h_p - 7$ (7.41)	$12,5 \text{ мм} \leq h_p \leq 15 \text{ мм}$
	$t_f = 21,5$ (7.31)	$h_p > 15 \text{ мм}$	$t_f = 20$ (7.42)	$h_p > 15 \text{ мм}$
A типі екі қабат	$t_f = 2,1 \cdot h_{p,\text{tot}} - 14$ (7.32)	$25 \text{ мм} \leq h_{p,\text{tot}} \leq 30 \text{ мм}$	— ³	— ³
	$t_f = 49$ (7.33)	$h_{p,\text{tot}} > 30 \text{ мм}$	— ³	— ³
A типі үш қабат	$t_f = 55$ (7.34)	$h_{p,\text{tot}} > 37,5 \text{ мм}$	— ³	— ³
Гипсті ағаштал- шықты тақта бір қабат	$t_f = 2,4 \cdot h_p - 14$ (7.35)	$10 \text{ мм} \leq h_p \leq 12,5 \text{ мм}$	— ³	— ³
<p>Ескертпе</p> <p>1 Сыртқы қабат F типті гипс-картонды табақтардан тұрады, ішкі қабат A типті гипс-картонды табақтардан тұрады.</p> <p>2 F типті гипс-картонды табақтардың бірінші қабатының қалыңдығы.</p> <p>3 Сынақтар туралы деректер жоқ.</p>				

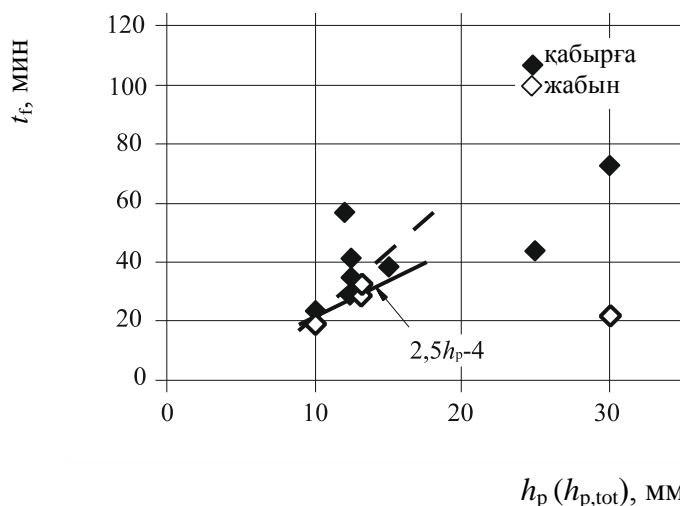
7.6.5 Қаптаманың бірінші қабаты ретінде қолданылатын A немесе F типті гипс-картонды табақтарға арналған $t_{f,1}$ уақыт интервалының мәнін [3] сәйкес 7.6-кестеде берілген шарттарға байланысты анықтау қажет.

7.6-кесте – $t_{f,1}$ уақыт интервалын анықтау жөніндегі есептік теңдеулер

Қаптама типi	Есептік формула		Шарт
	Қабырғалар	аражабындар	
F типі	$t_{f,1} = 3,5 \cdot h_{p,1} + 7$ (7.43)	$t_{f,1} = 4 \cdot h_{p,1} - 14$ (7.45)	$9 \text{ мм} \leq h_p \leq 18 \text{ мм}$
A типі	$t_{f,1} = 1,6 \cdot h_{p,1} + 2$ (7.44)	$t_{f,1} = 1,6 \cdot h_{p,1}$ (7.46)	$9 \text{ мм} \leq h_p \leq 18 \text{ мм}$

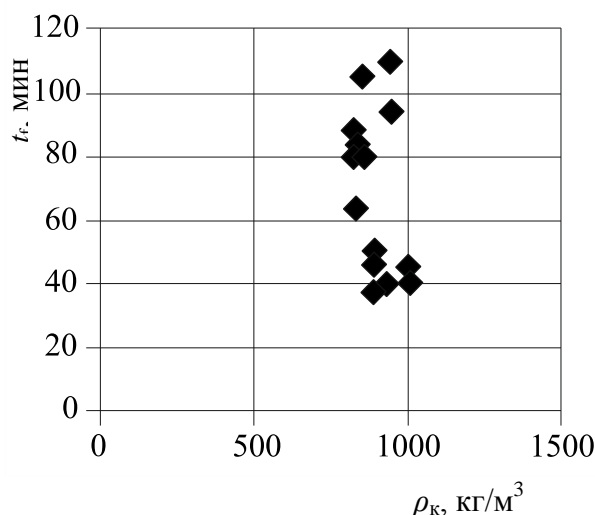
7.6.6 Қабырғалар мен жабындар түрі комбинациядағы A , F типті гипс-картонды табақтардан жасалған қаптамалармен қорғалған және олардың қалыңдығы 7.6-кестеде берілген мәннен асып кеткен жағдайда аталған қаптамалар үшін $t_{f,1}$ уақыт интервалын 7.5-кестеде берілген шарттарға байланысты анықтау қажет.

7.6.7 7.15-суретте гипс-картонның бір табағымен қапталған қаңқа қабырғаны сынау нәтижелері берілген. Суреттен көріп тұрғанымыздай EN 316 бойынша гипс ағаш-талшықты тақталардан жасалған қаптама F типті гипс-картонды табаққа қарағанда ерте бұзылады.



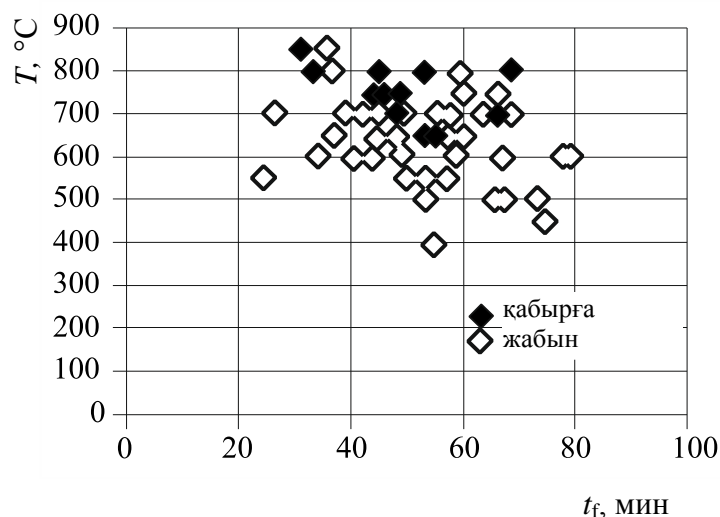
7.15-сурет – Қаңқа қабырғалардағы гипс ағаш-талшықты тақтадан жасалған өртке қарсы қаптаманың істен шығу уақыты

7.6.8 7.16-суретте қаптаманың істен шығу уақыты мен қаңқа қабырғалардың қаптамасы ретінде қолданылатын F типті гипс-картонды табақтың сипаттамалық тығыздығы арасындағы тәуелділік мысалы көрсетілген.



7.16-сурет – Қаңқа қабырғалардың F типті гипс-картонды табақтарынан жасалған бір қабатты қаптаманың сипаттамалық тығыздығы мен бұзылу уақыты арасындағы тәуелділік

7.6.9 7.17-суретте өрттің әсер температурасы мен оның қыздырылмайтын бетінде өлшенетін F типті гипс-картонды табақтардан жасалған қаптаманың бұзылу уақыты арасындағы тәуелділік көрсетілген.



7.17-сурет – Өрттің әсер ету температурасы мен F типті гипс-картонды табақтан жасалған қаптаманың бұзылу уақыты арасындағы тәуелділік

7.6.10 Ағаш конструкцияларды қаптамалармен қорғау кезінде бекітпе бұйымдарды күймеген ағашқа l_a қыстыру тереңдігі кемінде 10 мм құрауы тиіс. Бекітпе бұйымдардың $l_{f,req}$ талап етілетін тереңдігі ҚР ҚН EN 1995-1-2:2004/2011 (3.16) формуласы бойынша есептелуі тиіс:

$$l_{f,req} = h_p + d_{char,0} + l_a, \quad (7.47)$$

мұнда h_p – оттан қорғайтын панель қалыңдығы;

$d_{char,0}$ – ағаш конструкциясының күй тереңдігі;

l_a – бекітпе бұйымдарды күймеген ағашқа қыстырудың минималды тереңдігі.

7.6.11 Бекітпе бұйымдардың істен шығуын есепке алатын t_f қаптамалардың қорғаныс әсерінің уақытын ҚР ҚН EN 1995-1-2:2004/2011 келесі (С.9) формуласы бойынша есептеген жөн:

$$t_f = t_{ch} + \frac{l_f - l_{a,min} - h_p}{k_s \cdot k_2 \cdot k_n \cdot k_j \cdot \beta_0}; \quad (7.48)$$

мұнда $k_j = 1,0$ – ағаш конструкциясына бекітілмеген қаптамаларға арналған қосылыс коэффициенті;

$k_j = 1,15$ түйіспелер өрт әсер еткен қаптаманың сыртқы қабатында орналасқан кездегі қосылыс коэффициенті;

l_f – бекітпе бұйымның ұзындығы;

$l_{a,min}$ – бекітпе бұйымдарды күймеген ағашқа қыстырудың минималды тереңдігі;

h_p – қаптаманың жалпы қалыңдығы;

k_s – көлденең қима коэффициенті;

k_2 – оқшаулағыш коэффициенті;

k_n – симметриялық емес кішірейтілген көлденең қиманы шартты, тік бұрышты көлденең қимаға аудару коэффициенті;

β_0 – өрттің стандартты әсері кезіндегі күйдің бір жақты жылдамдығының есептік мәні.

Күймеген ағашқа $l_{a,min}$ бекітпе бұйымдарды қыстырудың минималды тереңдігі 10 мм құрауы тиіс.

Қаптаманы конструкцияға бекіту үшін болат швеллерлерді қолдану кезінде осы швеллерлердің қорғаныс әсерінің уақыты (7.48) формула бойынша есептеледі, бұл ретте h_p қаптаманың жалпы қалыңдығы t_s болат швеллер қалыңдығына ауыстырылады және қосылыс коэффициенті $k_j = 1,0$ тең етіп қабылданады.

Қаптама қорғаныс әсерін жоғалтқаннан кейін болат швеллерлер қуыстарды жылу оқшаулауды қамтамасыз ету үшін қолданылған жағдайда швеллерлердің бекітпе бұйымдардың істен шығуына қатысты қорғаныс әсерінің уақыты ҚР ҚН EN 1995-1-2:2004/2011 (С.12) формуласы бойынша есептеледі:

$$t_{sf} = t_f + \frac{l_f - l_{a,min} - k_s \cdot k_2 \cdot k_n \cdot \beta_0 \cdot (t_f - t_{ch}) - t_s}{k_s \cdot k_3 \cdot k_n \cdot \beta_0}, \quad (7.49)$$

мұнда t_{sf} – болат швеллерлердің қорғаныс әсерінің уақыты;

t_s – болат швеллерлердің қалыңдығы;

k_3 – қалдық қорғаныс коэффициенті.

7.7 Қорғаныс қаптамалары ретінде қолданылатын гипс-картонды табақтардың сипаттамалары

7.7.1 Осы тарауда ағаш құрылыс конструкцияларының қорғаныс қаптамасы ретінде қолданылатын түрлі типтегі (*A, D, E, F, H, I, P*, және *R*) гипс-картонды табақтардың геометриялық сипаттамаларына қойылатын негізгі талаптар берілген. Гипс-картонды табақтың әр типінің көрсетілген белгісі EN 520 сәйкес олардың жалпы таңбалануына кіреді.

7.7.2 *P* типті гипс-картонды табақтардың номиналды ені 400, 600, 900 және 1200 мм құрайды, ал номиналды ұзындық: 1200, 1500, 1800 және 2000 мм. Номиналды еннен шекті ауытқу 0-ден 8 мм-ге дейін, ал номиналды ұзындықтан 0-ден 6 мм-ден аспауы тиіс. *P* типті гипс-картонды табақтардың қалыңдығы әдетте 9,5 және 12,5 мм құрайды, ал номиналды қалыңдықтан шекті ауытқу $\pm 0,6$ мм аспауы тиіс.

Ескертпе – *P* типті гипс-картонды табақтарды осы тарауда берілгеннен өзгеше геометриялық өлшемдермен дайындауға болады. Осындай табақтарды қолдану қажеттілігі әр нақты жағдайда негізделуі тиіс.

7.7.3 *A, H, D, E, F, I* және *R* типті гипс-картонды табақтар үшін олардың геометриялық сипаттамаларына және олардан шекті ауытқуларына қойылатын келесі талаптар бекітіледі:

- номиналды ені: 600, 625, 900, 1200 және 1250 мм (0 – 4 мм);
- номиналды ұзындық: 1200, 1500, 1800 және 2000 мм (0 – 5 мм);
- номиналды қалыңдық: 9,5, 12,5 және 15 мм.

Ескертпе

- 1 Аталған типтің табақтарының номиналды қалыңдығы 6,0 мм кем болмауы тиіс.
- 2 Табақтардың 18 мм дейінгі номиналды қалыңдығының шекті ауытқуы $\pm 0,5$ мм аспауы тиіс. Табақтардың 0,1 мм дейінгі дәлдікпен анықталған ≥ 18 мм номиналды қалыңдығынан шекті ауытқу $\pm 0,04$ болуы тиіс, миллиметрмен табақ қалыңдығына көбейтілген және 0,1 мм дейін дөңгелектелген.
- 3 *A, H, D, E, F, I* және *R* типті гипс-картонды табақтарды осы тарауда берілгеннен өзгеше геометриялық өлшемдермен дайындауға болады. Осындай табақтарды қолдану қажеттілігі әр нақты жағдайда негізделуі тиіс.

7.7.4 *A, P, D, R, F, I* типті гипс-картонды табақтар ғимаратты жылулық қорғау жөніндегі қолданыстағы ережелерге сәйкес құрғақ және қалыпты дымқылдық тәртіптеріне ие ғимараттар мен бөлмелерде қолданылады.

7.7.5 *H* типті гипс-картонды табақтар ғимараттарды жылулық қорғау жөніндегі қолданыстағы ережелерге сәйкес құрғақ, қалыпты және дымқыл дымқылдықты тәртіптерге ие ғимараттар мен бөлмелерде қолданылады. Дымқыл тәртіпке ие ғимараттар мен бөлмелерде *H* типті табақтарды қолдану кезінде олар алдыңғы бетінен гидро оқшаулағышпен, суға төзімді топырақтармен, керамикалық тақталармен қорғалады.

7.7.6 *F* типті гипс-картонды табақтар өртену қауіптілігі жоғары бөлмелерде олардың отқа төзімділік шегін жоғарылату мақсатында конструкцияларды қаптау үшін қолданылады. Сондайақ осы типтің гипс-картонды табақтары сыртқы қабырға элементтерін қаптау үшін қолданылады.

7.7.7 Аталған типтердің гипс-картонды табактарын сынау EN 13823 сәйкес жүргізіледі. Сынақ нәтижелері бойынша өрт-техникалық көрсеткіштерді бекіту EN 13501-2 сәйкес жүзеге асырылады.

1-МЫСАЛ

Берілгені: 45 минут бойы өрт әсер еткен желімделген ағаш бағана. Бағана өлшемі 400×400 мм өлшемді тік бұрышты қимаға ие, сипаттамалық тығыздығы 550 кг/м^3 құрайтын ағаштың жапырақ тұқымдастарынан жасалған.

Талап етіледі: Аталған бағананың қалдық көлденең қимасының ауданын анықтау.

Есептеу:

Бұрыштық жұмырлануларды есепке ала отырып есептеу

Құралдың 7.1-кестесі бойынша ағаштың бір жақты күйу жылдамдығы $\beta_0 = 0,65 \text{ мм/мин}$ анықталады. (7.3) формула бойынша анықталатын күйу тереңдігі келесіні құрайды:

$$d_{\text{char},0} = \beta_0 \cdot t = 0,65 \times 45 = 29,25 \text{ мм},$$

мұнда $t = 45$ мин – өрттің әсер ету уақыты.

Күйу тереңдігін және өрттің әсер ету уақытын есепке ала отырып, конструкцияның көлденең қимасының параметрлері анықталады:

– көлденең қиманың ені мен биіктігі

$$b = B - 2 \cdot d_{\text{char},0} = 400 - 2 \times (29,25 + 0,07) = 341,36 \text{ мм};$$

Бұрыштық жұмырлануларды есепке ала отырып (7.1) формула бойынша анықталатын көлденең қима ауданы келесіні құрайды:

$$A_r = b^2 - 4 \times 0,215 \cdot r^2 = 341,36^2 - 4 \times 0,215 \times 29,25^2 = 115790,8 \text{ мм}^2 = 0,116 \text{ м}^2,$$

мұнда $r = d_{\text{char},0} = 29,25 \text{ мм}$ – бұрыштық жұмырлану радиусі (осы құралдың 7.1.4-тармағына сәйкес қабылданады).

Бұрыштық жұмырлануларды есепке алмай есептеу

7.1-кесте бойынша ағаштың шартты күйу жылдамдығы $\beta_n = 0,70 \text{ мм/мин}$ анықталады. (7.4) формула бойынша анықталатын шартты күйу тереңдігі келесіні құрайды:

$$d_{\text{char},n} = \beta_n \cdot t = 0,70 \times 45 = 31,5 \text{ мм},$$

мұнда $t = 45$ мин – өрттің әсер ету уақыты.

Күйу тереңдігін және өрттің әсер ету уақытын есепке ала отырып, конструкцияның көлденең қимасының параметрлері анықталады:

– көлденең қиманың ені мен биіктігі

$$b = B - 2 \cdot d_{\text{char},0} = 400 - 2 \times (31,5 + 0,07) = 336,86 \text{ мм};$$

Аталған конструкцияның көлденең қимасының ауданы келесіні құрайды:

$$A_r' = b^2 = 336,86^2 = 113474,8 \text{ мм}^2 = 0,113 \text{ м}^2,$$

Ескертпе – Аталған мысалда бағаны қыздырудың ең нашар нұсқасы қолданылады – төрт жағынан.

Қорытынды: Бұрыштық жұмырлануы есепке алынған ағаш желімденген бағананың қалдық көлденең қимасының ауданы $A_r = 0,116 \text{ м}^2$, бұрыштық жұмырлануын есепке алмағанда – $A_r' = 0,113 \text{ м}^2$.

2-МЫСАЛ

Берілгені: сипаттамалық тығыздығы 300 кг/м^3 құрайтын жапырақ тұқымды бүтін ағаштан жасалған жабынның ағаш арқалығы. Отқа төзімділіктің шекті 15 минутты құрайды.

Талап етіледі: көлденең қиманың минималды енін анықтау b_{\min} .

Есептеу:

Осы құралдың 7.1-кестесіне сәйкес күйдің бір жақты жылдамдығының мәні $\beta_0 = 0,65 \text{ мм/мин}$.

(7.3) формула бойынша бір жақты күй тереңдігі келесіні құрайды:

$$d_{\text{char},0} = \beta_0 \cdot t = 0,65 \times 15 = 9,75 \text{ мм},$$

мұнда $t = 15 \text{ мин}$ – өрттің әсер ету уақыты.

Өрттің бір жақты әсері кезінде күй тереңдігінің мәні 13 мм ($d_{\text{char},0} < 13 \text{ мм}$) кем болатындықтан, арқалықтың минималды ені b_{\min} осы құралдың (7.7) формуласы бойынша есептеледі:

$$b_{\min} = 8,15 \cdot d_{\text{char},0} = 8,15 \times 9,75 = 79,46 \text{ мм}.$$

Қорытынды: арқалықтың минималды ені $b_{\min} = 79,46 \text{ мм}$ құрауы тиіс.

3-МЫСАЛ

Берілгені: EN 300 сәйкес ағаш конструкцияларының қорғаныс қаптамалары ретінде қолданылатын екі OSB панель. Бірінші панельдің қалыңдығы $h_p = 12 \text{ мм}$, ал екіншісі $h_p = 20 \text{ мм}$ құрайды. Сипаттамалық тығыздығы 700 кг/м^3 .

Талап етіледі: Аталған OSB панельдерінің күй жылдамдығын анықтау.

Есептеу: OSB панельдердің сипаттамалық тығыздығы 7.1-кестеде көрсетілген мәндерден асып кететін болғандықтан, күй жылдамдығы (7.9) формула бойынша анықталады. Аталған панельдердің k_p коэффициентінің мәні сипаттамалық тығыздыққа байланысты (7.10) формула бойынша анықталады:

$$k_p = \sqrt{\frac{450}{\rho_k}} = \sqrt{\frac{450}{700}} = 0,8.$$

(7.11) формула бойынша k_h коэффициентін есептеу жүргізіледі және тақта қалыңдығына байланысты келесілерді құрайды:

$h_p = 12 \text{ мм}$ кезінде

$$k_h = \sqrt{\frac{20}{h_p}} = \sqrt{\frac{20}{12}} = 1,29;$$

$h_p = 20 \text{ мм}$ кезінде

$$k_h = \sqrt{\frac{20}{h_p}} = \sqrt{\frac{20}{20}} = 1,00;$$

Онда (7.9) формула бойынша анықталған күй жылдамдығы әр тақта үшін келесіні құрайды:

$$h_p = 12 \text{ мм кезінде} \quad \beta_{0,p,t} = \beta_0 \cdot k_p \cdot k_h = 0,9 \times 0,8 \times 1,29 = 0,93 \text{ мм/мин};$$

$$h_p = 20 \text{ мм кезінде} \quad \beta_{0,p,t} = \beta_0 \cdot k_p \cdot k_h = 0,9 \times 0,8 \times 1,00 = 0,72 \text{ мм/мин},$$

мұнда $\beta_0 = 0,9$ мм/мин – 7.1-кесте бойынша қабылданатын күй жылдамдығының мәні.

Қорытынды: OSB панельдің бір жақты күй жылдамдығының есептік мәні $h_p = 12$ мм қалыңдық кезінде $\beta_{0,p,t} = 0,93$ мм/мин, $h_p = 20$ мм қалыңдық кезінде $\beta_{0,p,t} = 0,72$ мм/мин құрайды.

4-МЫСАЛ

Берілгені: С22 класының жапырақ тұқымдас бүтін ағаштан жасалған ағаш арқалық, сипаттамалық тығыздығы 340 кг/м^3 құрайды, көлденең қима өлшемі 75×250 мм, аралық шамасы 4,5 м құрайды, арқалықтың вертикаль конструкцияларға сүйеніп тұрған жерінде ол 83 мм биіктіктегі қимаға ие. Арқалықтың әр аралығына әсер ететін айнымалы жүктеме 2,5 кПа құрайды, тұрақты жүктеме 0,2 кН/мм дең. Арқалықтардың осьтері арасындағы қашықтық 600 мм құрайды және оларға үш жағынан өрт әсер етеді.

Талап етіледі: ағаш арқалықтың стандартты өрттің 30 минут бойы әсерінен кейін аталған жүктемеге шыдай алатындығын анықтау.

Есептеу:

Осы құралдың А қосымшасына сәйкес ағаштың қасиеттері анықталады:

- серпімділік модулі $E_0 = 10,0$ ГПа;
- төзімділік (иілу) класы $f_{m,k} \sigma_k = 7,7$ МПа;
- ығысу кезіндегі төзімділік шегі $f_{v,k} = 0,71$ МПа.

Аталған конструкциялардың отқа төзімділігінің шегін есептеу екі кезеңмен жүргізіледі. Бірінші кезеңде бұрыштық жұмырлану ықпалы еленбейді, ал екінші кезеңде олар есепке алынады.

Осы құралдың 7.1-кестесі бойынша ағаштың шартты күй жылдамдығы $\beta_n = 0,70$ мм/мин анықталады. (7.4) формула бойынша есептелетін шартты күй тереңдігі келесіні құрайды:

$$d_{\text{char}} = \beta_n \cdot t = 0,70 \times 30 = 21,0 \text{ мм},$$

мұнда $t=30$ мин – стандартты өрттің әсер ету уақыты (шарт бойынша).

Бұрыштық жұмырлануларды есепке алмай есептеу

Көлденең қиманың азайтылған параметрлері есептеледі:

$$\text{– көлденең қиманың ені } b = B - 2 \cdot d_{\text{char}} = 75 - 2 \times 21,0 = 33,0 \text{ мм};$$

$$\text{– көлденең қиманың биіктігі } d = D - d_{\text{char}} = 250 - 21,0 = 229,0 \text{ мм}.$$

Иілу моменті

Серпімділік модулі анықталады:

$$E_d = \frac{b \cdot d^2}{6} = \frac{33 \times 229^2}{6} = 288 \times 10^3 \text{ мм}^3.$$

Иілу моменті анықталады:

$$M = \frac{q \cdot l^2}{8} = \frac{(2,5 \times 0,6 + 0,2) \times 4,5^2}{8} = 4,3 \text{ кН},$$

мұнда q – тұрақты және айнымалы жүктеме сомасы ретінде анықталатын конструкцияларға жүктеме.

Иілуге кернеу келесі формула бойынша есептеледі (иілу кезіндегі біршама созылған талшықтағы кернеу):

$$\sigma_m = \frac{M}{E_d} = \frac{4300}{288} = 14,9 \text{ МПа}.$$

Бастапқы көлденең қимасының ені 70 мм асатын конструкциялар үшін иілудің шекті кернеуі беріктілік класына қарағанда 2,25 есе жоғары (бастапқы көлденең қимасының ені 70 мм жетпейтін конструкциялар үшін иілу кернеуі беріктілік класынан 2,0 есе асып кетеді, бұл көлденең қима центріндегі температураның жоғарылауы салдарынан аздаған шығындарға жол береді).

Осылайша, иілуге шекті кернеу келесіні құрайды:

$$f_m = 2,25 \cdot f_{m,k} = 2,25 \times 7,7 = 17,33 \text{ МПа}.$$

Иілуге нақты кернеу шекті рұқсат етілетін мәндерден аспайтын болғандықтан, сәйкесінше Арқалықтың көлденең қимасы аталған шекті күйді қанағаттандырады.

Ығысу

Ығысуға кедергі ауданы A_r 36 мм тең азайтылған енге 167 мм тең тіреу орнындағы ойық үстіндегі түпнұсқа биіктіктің туындысы ретінде анықталады.

Конструкция тіреулеріндегі ығысу моменті келесі формула бойынша есептеледі:

$$M_d = \frac{q \cdot l}{2} = \frac{(2,5 \times 0,6 + 0,2) \times 4,5}{2} = 3,83 \text{ кН}.$$

Осылайша, арқалықтың қимасын және күйе шамасына азайтылған биіктікті есепке ала отырып, тіректегі ығысу кернеуі келесі тәсілмен есептеледі:

$$\tau_d = \frac{1,5 \cdot M_d}{A_r} = \frac{1,5 \times 3,83 \times 10^3}{(167 \times 33)} = 1,0 \text{ МПа}.$$

Ығысудың шекті рұқсат етілетін кернеуі келесіні құрайды:

$$\tau_{d,c} = 2,25 \cdot f_{v,k} \cdot \frac{d'}{d} = 2,25 \times 0,71 \times \frac{167}{229} = 1,16 \text{ МПа}.$$

Келтірілген деректерден ығысу кернеуінің нақты мәні шекті рұқсат етілетін мәннен аспайтындығы көрініп тұр, сәйкесінше арқалықтың көлденең қимасы аталған шекті күйді қанағаттандырады.

Майысу

Инерция моменті келесі тәсілмен анықталады:

$$I = \frac{b \cdot d^3}{12} = \frac{35 \times 230^3}{12} = 35,5 \times 10^6 \text{ мм}^4.$$

Майысу шамасы келесіні құрайды:

$$w_b = \frac{5 \cdot q \cdot L^4}{384 \cdot E \cdot I} = \frac{5 \times (2,5 \times 0,6) \times 4,5^4}{384 \times 10,0 \times 10^{-6} \times 35,5 \times 10^6} = 0,025 \text{ м.}$$

Ығысу кезіндегі майысуды анықтау барысында ығысу модулі $E/16$ ретінде қабылданады:

$$w_s = \frac{k \cdot M}{A \cdot G} = \frac{1,2 \times 4,3}{229 \times 33 \times \left(\frac{10 \times 10^6}{16} \right)} = 0,001 \text{ м.}$$

Соңғы майысу шамасы келесі тәсілмен анықталады:

$$w_{fin} = w_b + w_s = 0,025 + 0,001 = 0,026 \text{ м.}$$

Майысудың шекті рұқсат етілетін мәні келесіні құрайды:

$$w_c = \frac{1}{20} = \frac{4,5}{20} = 0,225 \text{ м.}$$

Осылайша, аталған арқалық шекті рұқсат етілетін майысу шартын қанағаттандырады, өйткені аталған параметрдің нақты мәні талап етілгеннен аспайды.

Өрт кезіндегі бұрыштық жұмырланулардың әсерін есепке ала отырып, арқалықты есептеу

Осы құралдың 7.1-кестесі бойынша ағаштың бір жақты күйу жылдамдығы $\beta_0 = 0,65$ мм/мин анықталады. (7.3) формула бойынша есептелетін күйу тереңдігі келесіні құрайды:

$$d_{char} = \beta_0 \cdot t = 0,65 \times 30 = 19,5 \text{ мм,}$$

мұнда $t = 30$ мин – стандартты өрттің әсер ету уақыты (шарт бойынша).

Көлденең қиманың азайтылған параметрлері келесілерді құрайды:

- көлденең қиманың ені $b = B - 2 \cdot d_{char} = 75 - 2 \times 19,5 = 36,0$ мм;
- көлденең қиманың биіктігі $d = D - d_{char} = 250 - 19,5 = 230,5$ мм.

Осы құралдың (7.1) формуласы бойынша анықталатын бұрыштық жұмырлануларды есепке ала отырып, көлденең қима ауданы келесіні құрайды:

$$A = b \cdot d - 2 \cdot 0,215 r^2 = 36 \times 230,5 - 2 \times 0,215 \times 21^2 = 8108 \text{ мм}^2,$$

мұнда $r = d_{char}$ – бұрыштық жұмырлану радиусі (осы құралдың 7.1.4-тармағына сәйкес қабылданады).

Жұмырлану бұрышын есепке ала отырып, қиманың ауырлық центрінің орналасуы осы құралдың 7.1.5-тармағын назарға алған кезде келесі формула бойынша анықталады:

$$x_n = \frac{\left(\frac{b \cdot d^2}{2} - 2 \times 0,215 \cdot r^2 \cdot 0,223 \cdot r \right)}{A} = \frac{\left(\frac{36 \times 230,5^2}{2} - 2 \times 0,215 \times 19,5^2 \times 0,223 \times 19,5 \right)}{8108} = 117,8 \text{ мм.}$$

Инерция моменті келесі Формула бойынша есептеледі:

$$\begin{aligned}
 I &= \frac{b \cdot d^3}{12} + b \cdot d \left(\frac{d}{2} - x_n \right)^2 - 2 \times 0,08 \cdot r^4 - 2 \times 0,215 \cdot r^2 (x_n - 0,223 \cdot r)^2 = \\
 &= \frac{36 \times 230,5^2}{12} + 36 \times 230,5 \left(\frac{230,5}{2} - 117,8 \right)^2 - 2 \times 0,008 \times 19,5^4 - 2 \times 0,215 \times 19,5^2 \times \\
 &\times (117,8 - 0,223 \times 19,5)^2 = 34 \times 10^6 \text{ мм}^4.
 \end{aligned}$$

Серпімділік модулі келесіні құрайды:

$$E_d = \frac{I}{x_n} = \frac{34 \times 10^6}{117,8} = 289 \times 10^3 \text{ мм}^3.$$

Иілу моменті

Иілу моментінің мәні алдыңғы кезеңдегі сияқты ені келесіні құрайды:

$$M = \frac{q \cdot l^2}{8} = \frac{(2,5 \times 0,6 + 0,2) \times 4,5^2}{8} = 4,3 \text{ кН},$$

Иілуге кернеу келесі формула бойынша есептеледі:

$$f_m = \frac{M}{E_d} = \frac{4300}{289} = 14,9 \text{ МПа}.$$

Иілуге кернеудің шекті рұқсат етілетін мәні 17,33 МПа құрайды. Иілуге нақты кернеу шекті рұқсат етілетін мәннен аспайтын болғандықтан, Арқалықтың көлденең қимасы аталған шектелген күйді қанағаттандырады.

Ығысу

Конструкция тіреулеріндегі ығысу моменті $V = 3,83 \text{ кН}$ тең. Ығысуға кедергі ауданы $A_v 36 \text{ мм}$ тең азайтылған енге 167 мм тең тіреу орнындағы ойық үстіндегі түпнұсқа биіктіктің туындысы ретінде анықталады:

$$A_r = d' \cdot b = 167 \times 36 = 6012 \text{ мм}^2.$$

Осылайша, арқалықтың қимасын және күйеу шамасына азайтылған биіктікті есепке ала отырып, тіректегі ығысу кернеуі келесіні құрайды:

$$\tau_d = \frac{1,5 \cdot M_d}{A_r} = \frac{1,5 \times 3,83 \times 10^3}{6012} = 0,96 \text{ МПа}.$$

Ығысудың шекті рұқсат етілген кернеуі $1,16 \text{ МПа}$ құрайды, сәйкесінше арқалықтың көлденең қимасы аталған шекті күйді қанағаттандырады.

Майысу

Майысу шамасы келесіні құрайды:

$$w_b = \frac{5 \cdot q \cdot L^4}{384 \cdot E \cdot I} = \frac{5 \times (2,5 \times 0,6) \times 4,5^4}{384 \times 10,0 \times 10^{-6} \times 34,0 \times 10^6} = 0,024 \text{ м}.$$

Ығысу кезіндегі майысуды анықтау барысында ығысу модулі $E/16$ ретінде қабылданады:

$$w_s = \frac{k \cdot M}{A \cdot G} = \frac{1,2 \times 4,3}{8108 \times \left(\frac{10 \times 10^6}{16} \right)} = 0,001 \text{ м.}$$

Соңғы майысу шамасы келесі тәсілмен анықталады:

$$w_{\text{fin}} = w_b + w_s = 0,024 + 0,001 = 0,025 \text{ м.}$$

Майысудың шекті рұқсат етілетін шамасы келесіні құрайды:

$$w_c = \frac{1}{20} = \frac{4,5}{20} = 0,225 \text{ м.}$$

Осылайша, аталған арқалық шекті рұқсат етілетін майысу шартын қанағаттандырады, өйткені аталған параметрдің нақты мәні талап етілгеннен аспайды.

Қорытынды: Жасалған есептеу нәтижесінде сипаттамалары көрсетілген аражабынның арқалығы өрттің 30 минут бойы әсерінен кейін отқа төзімділіктің талап етілетін шегін қамтамасыз етеді.

5-МЫСАЛ

Берілгені: бағана С22 класының қылқан жапырақ тұқымды ағашынан жасалған. Бағана биіктігі 3,0 м, квадрат кима ($D \times B$) 150×150 мм. Осьтік жұмыс жүктемесі 30 кН құрайды, ал осьтік рұқсат етілетін жүктеме 45 кН. Өрт кезіндегі ағаш төзімділігінің есептік мәні $f_{d,fi} = 14,81$ МПа құрайды, серпімділіктің есептік модулі $E_{d,fi} = 8250$ МПа.

Талап етіледі: ағаш бағананың көтергіш қабілетінің 30 минут бойы өрт әсеріне шыдай алатындығын анықтау.

Есептеу:

Осы құралдың 7.1-кестесіне сәйкес аталған конструкцияның шартты күй жылдамдығы $\beta_n = 0,80$ мм/мин құрайды.

Күй тереңдігі (7.4) формула бойынша есептеледі:

$$d_{\text{char}} = \beta_n \cdot t = 0,80 \times 30 = 24 \text{ мм}$$

Күй сызығынан тыс қабаттың тереңдігі осы құралдың 10-тармағына сәйкес $d_0 = 7$ мм тең етіп қабылданады.

Кішірейтілген көлденең қиманың өлшемдері анықталады:

$$d = D - 2 \cdot d_{\text{char}} = 150 - 2 \times (24 + 7) = 88 \text{ мм.}$$

Инерция радиусінің мәні келесіні құрайды:

$$i = \frac{d}{2\sqrt{3}} = \frac{88}{2\sqrt{3}} = 25,4 \text{ мм.}$$

Элементтің иілгіштігі есептеледі:

$$\lambda = \frac{L_e}{i} = \frac{3000}{25,4} = 118.$$

Шектік кернеу мәні анықталады:

$$\sigma_e = \frac{\pi^2 \cdot E_{d,fi}}{\lambda^2} = \frac{3,14^2 \times 8250}{118^2} = 5,85 \text{ МПа}.$$

$$\frac{f_{kd,fi}}{f_{d,fi}} = 0,286 \text{ қатынасын анықталады, онда } f_{kd,fi} = 0,286 \times 14,81 = 4,23 \text{ МПа}.$$

Күю тереңдігін есепке алатын қалдық көлденең қиманың ауданы келесіні құрайды:

$$A_r = d^2 = 88^2 = 7744 \text{ мм}^2.$$

Конструкцияға түсірілетін шекті рұқсат етілетін жүктеме келесіні құрайды:

$$N_{fi,r} = A_r \cdot f_{kd,fi} = (7744 \times 4,23)/1000 = 32,8 \text{ кН}.$$

Өрт кезіндегі конструкцияға түсірілетін кернеуді есептейді:

$$N_{fi,d} = \eta_{fi} \cdot N_{sd} = 0,6 \times 45 = 27 \text{ кН}.$$

Қорытынды: Өрт кезіндегі конструкцияға түсірілетін кернеу шекті рұқсат етілетін мәндерден аспайтын болғандықтан, аталған бағана 30 минутқа созылатын өрт әсері кезінде отқа төзімділіктің талап етілетін шегін қамтамасыз етеді.

8 КЕДЕРГІНІ ЕСЕПТЕУ ӘДІСТЕРІ

8.1 Келтірілген көлденең қима әдісі

8.1.1 Аталған әдісті қолданған кезде тиімді көлденең қима ҚР ҚН EN 1995-1-2:2004/2011 (4.1) формуласы бойынша анықталатын d_{ef} күйдің тиімді тереңдігіне (8.1-сурет) азайтылған бастапқы көлденең қиманы есепке ала отырып есептеледі:

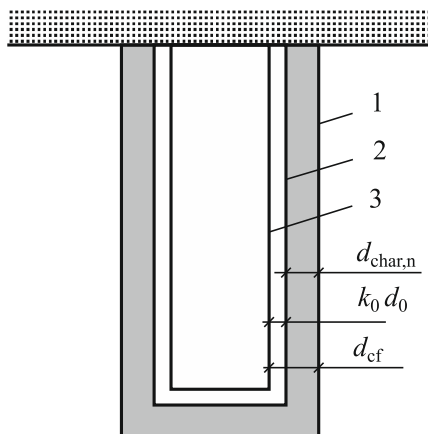
$$d_{ef} = d_{char,n} + k_0 \cdot d_0, \quad (8.1)$$

мұнда d_0 – күйсызығынан тыс қабат тереңдігі, бұл ретте беріктік пен қаттылық нөлге тең етіп қабылданады ($d_0=7$ мм қабылдауға болады);

$d_{char,n}$ – (7.4) формула бойынша анықталатын шартты күй тереңдігі;

k_0 – 8.1-кесте бойынша анықталатын коэффициент.

Ескертпе – Келтірілген көлденең қима әдісін қолдану кезінде өрт әсері кезіндегі конструкция кедергісін есептеуде келесі шектер қолданылады: қабат қалыңдығы k_0 және d_0 күй сызығынан тыс материалдың беріктігі мен қаттылығы нөлге тең болады, ал бұл ретте қалдық көлденең қиманың беріктігі мен қаттылығының сипаттамалары өзгеріссіз қалады.



1 – конструкцияның сыртқы беті; 2 – қалдық көлденең қиманың шекарасы;
3 – тиімді көлденең қиманың шекарасы

8.1-сурет – Қалдық және тиімді көлденең қиманы анықтау

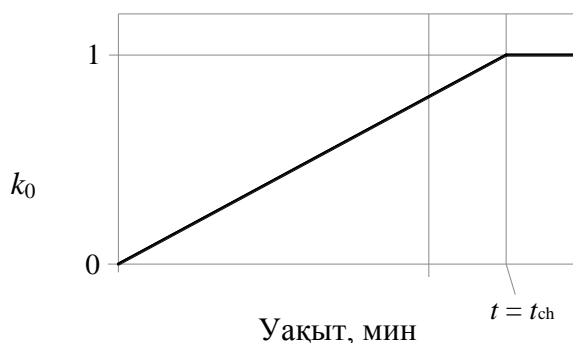
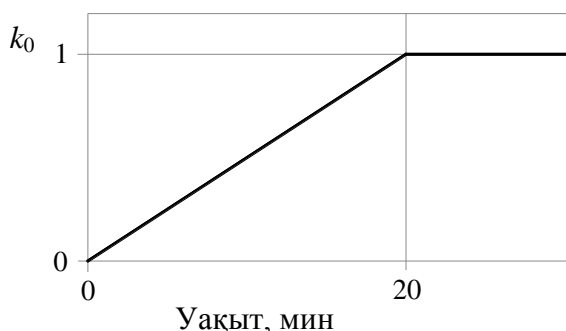
8.1.2 [4.2.2(2)] Ағаш құрылыс конструкцияларының қорғалмаған беттері үшін k_0 коэффициентінің мәні 8.1-кестеде берілген.

8.1-кесте – t уақыт моментіндегі ағаш құрылыс конструкцияларының қорғалмаған беттеріне арналған k_0 коэффициентінің мәні, мин (7.10-сурет)

Өрттің әсер ету уақыты	k_0 коэффициентінің мәні
$t < 20$ мин	$t/20$
$t \geq 20$ мин	1,0

8.1.3 Конструкциялар қаптамалармен қапталған және осы конструкцияның күйе бастағанға дейінгі уақыты 20 мин ($t_{ch} > 20$ мин) асып кеткен жағдайда, k_0 коэффициенті $t = 0 - t = t_{ch}$ аралығындағы уақыт ішінде 0-ден 1-ге дейін сызықтық жоғарылайды деп болжанады (8.2-сурет).

Конструкциялар қаптамалармен қапталған және осы конструкцияның күйе бастағанға дейінгі уақыты 20 мин ($t_{ch} \leq 20$ мин) аспайтын болса, онда k_0 коэффициентін анықтау үшін 8.1-кестені қолдану қажет.



a - $t_{ch} \leq 20$ мин кезінде қорғалмаған және қорғалған конструкциялар үшін

b - $t_{ch} > 20$ мин кезінде қорғалған конструкциялар үшін

8.2-сурет – Өрттің әсер ету уақытына байланысты k_0 коэффициентін өзгерту

8.1.4 Қуыстары толтырылмаған (мысалы, қаңқа қабырғалар мен жабындардағы бағаналар немесе арқалықтар арасындағы кеңістік) ағаш конструкциялар үшін келесі талаптарды есепке алу қажет:

– егер өртке қарсы қаптама A типті гипс-картонды табактардың бір немесе бірнеше қабатынан, ағаш панельдерден немесе ағаш такталардан тұрса, онда k_0 коэффициенті t_f конструкцияның бұзылу уақытының моментінде 0,3 тең қабылдануы тиіс. Содан соң кейінгі 15 минутта k_0 коэффициенті 1,0 мәніне дейін сызықтық жоғарылайды деп қабылданады;

– егер өртке қарсы қаптама F типті гипс-картонды табактардың бір немесе бірнеше қабатынан тұратын болса, онда күйе бастау уақытының сәтінде k_0 коэффициенті 1,0 тең қабылдануы тиіс. $t < t_{ch}$ кезінде k_0 коэффициентін анықтау үшін сызықтық интерполяцияны қолдану қажет (8.2b-сурет).

8.1.5 Тиімді көлденең қиманың беріктік пен қаттылық параметрлерінің есептік мәндері $k_{mod,fi} = 1,0$ тең модификация коэффициентін есепке ала отырып есептелуі керек.

8.2 Келтірілген сипаттамалар әдісі

8.2.1 Келтірілген сипаттамалар әдісі үш немесе төрт жағынан өрт әсер еткен, тік бұрышты көлденең қиманың ағаш қылқан жапырақты тұқымдарынан жасалған конструкцияларды, сонымен қатар барлық периметрі бойынша өрт әсер еткен дөңгелек ағаш конструкцияларды жобалау кезінде қолданылады.

8.2.2 Қалдық көлденең қиманың сипаттамалары мен өлшемдері осы құралдың 7-тарауына сәйкес анықталады.

Өрттің әсер ету ұзақтығы $t \geq 20$ мин болған кезде $k_{mod,fi}$ модификация коэффициенті ҚР ҚН EN 1995-1-2:2004/2011 (4.2) – (4.4) формулалары бойынша есептеледі (8.3-сурет):

– иілу беріктігі үшін

$$k_{mod,fi} = 1,0 - \frac{1}{200} \cdot \frac{p}{A_r}; \quad (8.2)$$

– сығу беріктігі үшін

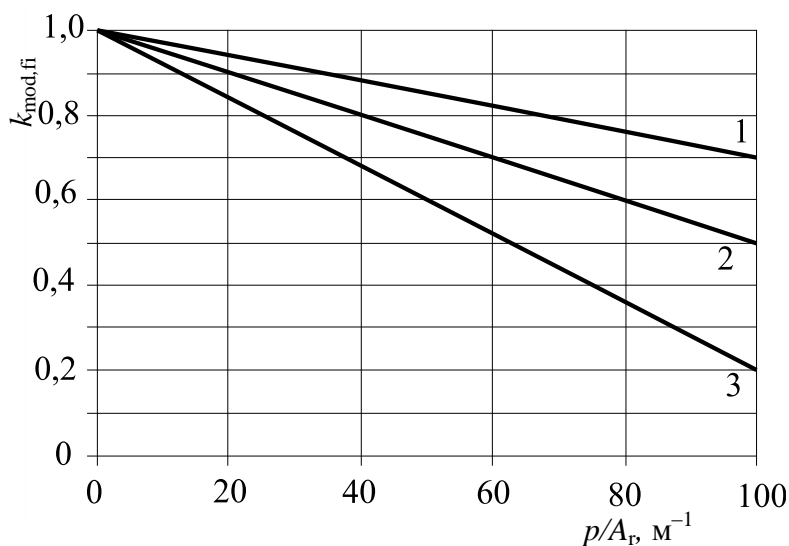
$$k_{mod,fi} = 1,0 - \frac{1}{125} \cdot \frac{p}{A_r}; \quad (8.3)$$

– созылу беріктігі және серпімділік модулі үшін

$$k_{\text{mod,fi}} = 1,0 - \frac{1}{330} \cdot \frac{p}{A_r}, \quad (8.4)$$

мұнда p – өрт әсер еткен қалдық көлденең қиманың периметрі, м;
 A_r – қалдық көлденең қиманың ауданы, м².

8.2.3 [4.2.3(3)] $t = 0$ уақыт моментіндегі қорғалмаған және қорғалған конструкциялар үшін модификация коэффициенті $k_{\text{mod,fi}} = 1$ тең қабылдануы тиіс. $0 \leq t \leq 20$ мин уақыт моментіндегі қорғалмаған конструкциялар үшін модификация коэффициенті сызықтық интерполяция көмегімен анықталады.



1 – созылуға беріктік, серпімділік модулі; 2 – иілуге беріктік;
 3 – сығуға беріктік

8.3-сурет – Тәуелділіктің графикалық түрі (8.2) – (8.4)

8.3 Конструкциялар мен конструктивті элементтерді есептеудің жеңілдетілген ережелері

8.3.1 Осы ережелерді қолдану кезінде келесі шектер енгізіледі:

- ағаш талшықтарына перпендикуляр қысым еленбейді;
- тік бұрышты және дөңгелек қималардағы ығысу жүктемесі еленбейді.

8.3.2 Саңылаулары бар арқалықтар үшін [4.3.1(2)] сәйкес төмендегі формула бойынша келесі шарттарды орындауға тексеру жүргізіледі:

$$A_r \geq 0,6 \cdot A, \quad (8.5)$$

мұнда A_r – қалдық көлденең қиманың ауданы;

A – ағаш конструкциясының көлденең қимасының минимальды ауданы, қалыпты температурасы кезінде анықталған.

8.4 Конструкциялардың механикалық қосылыстары

8.4.1 Механикалық байланысқан конструкциялар үшін өрт кезіндегі жылжудың моделінің азаюы есепке алынуы тиіс.

8.4.2 Өрт кезіндегі K_{fi} жылжу модулі ҚР ҚН EN 1995-1-2:2004/2011 (4.5) формуласы бойынша есептеледі:

$$K_{fi} = K_u \cdot \eta_f, \quad (8.6)$$

мұнда K_{fi} – өрт кезіндегі жылжу модулі, Н/мм;

K_u – қалыпты температура кезіндегі тіреу қабілетін жоғалту жөніндегі шекті күйге арналған жылжу модулі (ҚР ҚН EN 1995-1-1:2008/2011 сәйкес анықталады), Н/мм;

η_f – 8.2-кесте бойынша анықталатын аудару коэффициенті.

8.2-кесте – η_f аудару коэффициенті

Бекітпе бұйымдар	η_f
Шегелер мен бұрамалар	0,2
Бұрандалар, сыналар, қысқыш сақиналар қолданылған қосылыстар, пластинкалы кілттер, тісті біріктіру элементтері	0,67

8.5 Есептеудің жалпы әдістері

8.5.1 Есептеудің жалпы әдістері өрт кезіндегі конструктивті жүйелердің реалистік талдануын қамтамасыз етуі тиіс. Олар өрт кезінде тиісті конструктивті элементтің күтілетін жұмысы туралы біршама дәл деректер алуға алып келетін негізді физикалық көріністерге негізделуі тиіс.

8.5.2 Есептеудің жалпы әдістері жекелеген конструктивті элементтер, сондайақ конструкция бөліктері үшін немесе бүтін конструкциялар үшін қолданылады.

8.5.3 Есептеудің жалпы әдістерін келесі жағдайларда қолдану қажет:

- күй тереңдігін анықтау кезінде;
- конструкциялардағы температураның жоғарылауын және таралуын анықтау үшін (жылу-техникалық есеп);
- конструктивті жүйенің немесе оның кез келген бөлігінің механикалық жұмысын анықтау үшін (статистикалық есеп).

8.5.4 Есептеулер жүргізу кезінде сыртқы ауа температурасы 20°C тең етіп қабылданады.

8.5.5 Конструкциялардың жылу сипаттамаларын есептеу әдістері жылу беру теориясына негізделуі тиіс.

8.5.6 Жылу-техникалық есеп температураға байланысты материалдардың жылу сипаттамаларының өзгеруін есепке алады.

Ескертпе – Егер жылу-техникалық есептік модель масса алмастыру салдарынан жылу берудің жоғары болуының деректерін, мысалы, сұйықтықтың булануы кезінде не болмаса сызаттардың пайда болуы салдарынан (конвекцияның және/немесе сәулеленудің жылу беруі), есепке алмайтын болса, жылу-техникалық сипаттамаларды, ереже бойынша, эксперименттік деректермен салыстырылатын нәтижелер алу үшін өзгерту қажет.

8.5.7 Ағашта және гипс-картонды табақтан жасалған қорғаныс қаптамаларында ылғалдық әсері есепке алынуы тиіс.

8.5.8 Есептеудің жалпы әдістері температура мен ылғалдыққа байланысты механикалық сипаттамалардың өзгеруін есепке алуы тиіс.

8.5.9 Конструкцияларды талдау кезінде температураның өзгергіштігін есепке алу қажет. Ағаштан және ағаш тақталардан жасалған бұйымдар үшін айнымалы ылғалдықты есепке алу ерекше маңызды.

Ескертпе – Осы құралда аталған ағаштан жасалған механикалық материалдардың сипаттамалары температураның өзгергіштігін және ылғалдық айнымалысын есепке алады.

8.5.10 Ағаштан және ағаш тақталардан жасалған материалдарды қоспағанда, материалдар үшін температурадағы айырмашылықтар салдарынан туындайтын термиялық созылулар мен кернеулердің әсері есепке алынуы тиіс.

8.5.11 Статикалық есеп материалдардың сызықтық емес сипаттамаларының ықпалын есепке алуы тиіс.

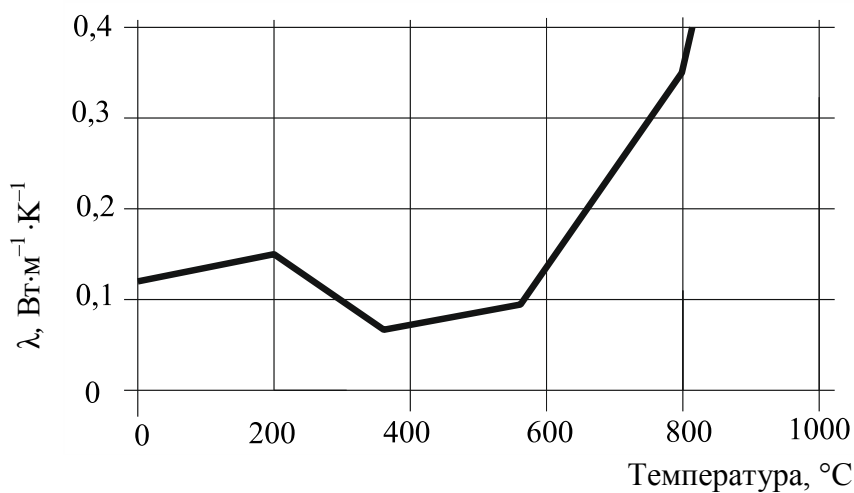
8.6 Жылу-техникалық сипаттамалар

8.6.1 Өрттің стандартты әсері кезіндегі қылқан жапырақ тұқымдас ағаштың жылу өткізгіштік, жылу сыйымдылық және салыстырмалы тығыздық мәндері 8.4 – 8.6-суреттерде және 8.3 – 8.4-кестелерде көрсетілген.

Ескертпе

1 Күйген қабаттың жылу өткізгіштігінің мәндері өлшеу жолымен алынған ағаш көміріне арналған мәндерге қарағанда біршама басым болып табылады. Осы мәндер 500 °C жоғары температура кезіндегі отыру сызаттарының салдарынан жоғары жылу өткізгіштік әсерін және 1000 °C жоғары температура кезіндегі күйген қабаттың ыдырауын есепке алу үшін қолданылады. Ағаш көміріндегі сызаттар сәулелену және конвекция салдарынан жылу алмасуды жоғарылатады. Қолданылатын компьютерлік модельдер бұл құбылыстарды есепке алмайды.

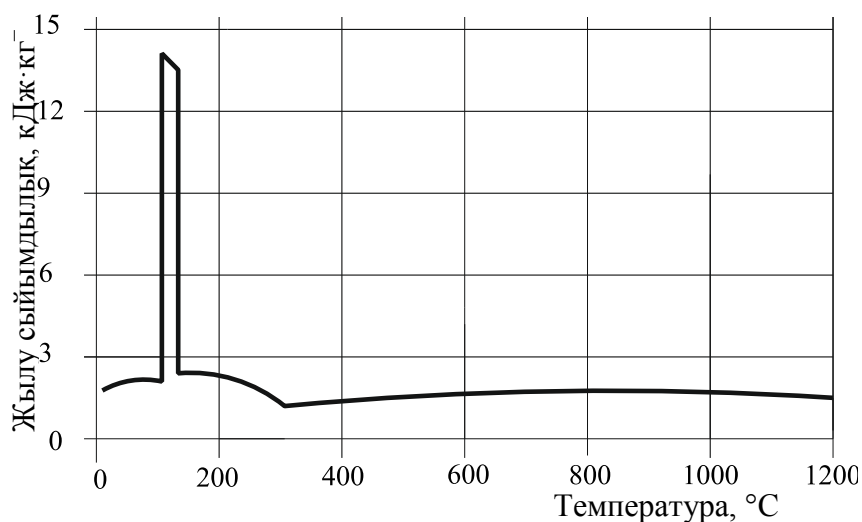
2 Қолданылатын есептік модельге байланысты материалдардың аталған жылу-техникалық сипаттамаларын өзгерту талап етілуі мүмкін.



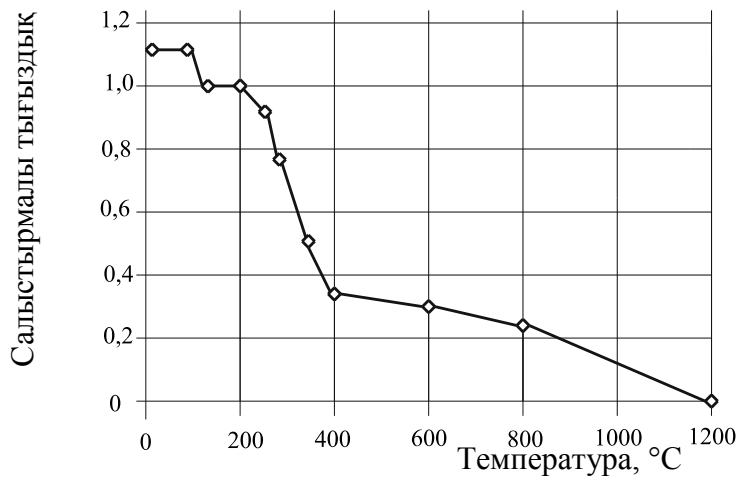
8.4-сурет – Ағаш үшін жылу өткізгіштік коэффициентінің күй сызығы температурасына тәуелділігі

8.3-кесте – Ағаш үшін жылу өткізгіштік коэффициентінің күй сызығы температурасына тәуелділігі

Температура, °C	Жылу өткізгіштік коэффициенті (λ), Вт·м ⁻¹ ·К ⁻¹
20	0,12
200	0,15
350	0,07
500	0,09
800	0,35
1200	1,50



8.5-сурет – Ағаш және ағаш көмірі үшін жылу сыйымдылықтың температураға тәуелділігі



8.6-сурет – 12 % ылғалдыққа ие қылқан жапырақты ағаш үшін салыстырмалы тығыздықтың температураға тәуелділігі

8.4-кесте – Қолданудың 1 класы үшін құрғақ күйдегі қылқан жапырақты ағаштың шекті жылу сыйымдылығы мен салыстырмалы тығыздығы

Температура, °C	Шекті жылу сыйымдылығы, $\text{кДж} \cdot \text{кг}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$	Тығыздықтар қатынасы ¹
20	1,53	$1 + \omega$
99	1,77	$1 + \omega$
99	13,60	$1 + \omega$
120	13,50	1,00
120	2,12	1,00
200	2,00	1,00
250	1,62	0,93
300	0,71	0,76
350	0,85	0,52
400	1,00	0,38
600	1,40	0,28
800	1,65	0,26
1200	1,65	0

¹ ω – ылғал мөлшері

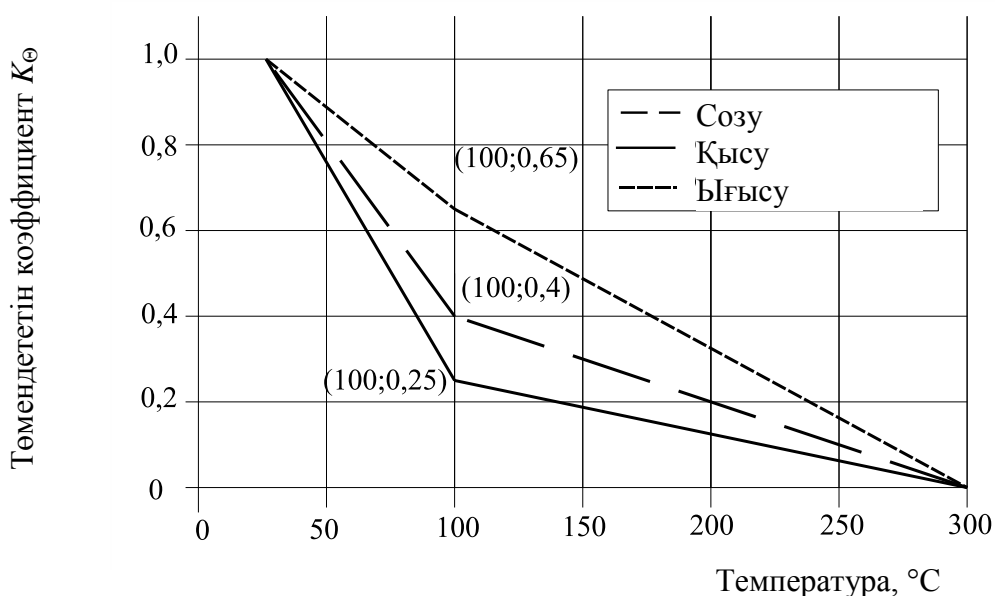
8.7 Механикалық сипаттамалар

8.7.1 Қылқан жапырақты ағаштың беріктікі мен серпімділік модулінің локальды мәндері 8.7 және 8.8-суреттерде көрсетілген температураға тәуелді төмендету коэффициентіне көбейтілуі тиіс.

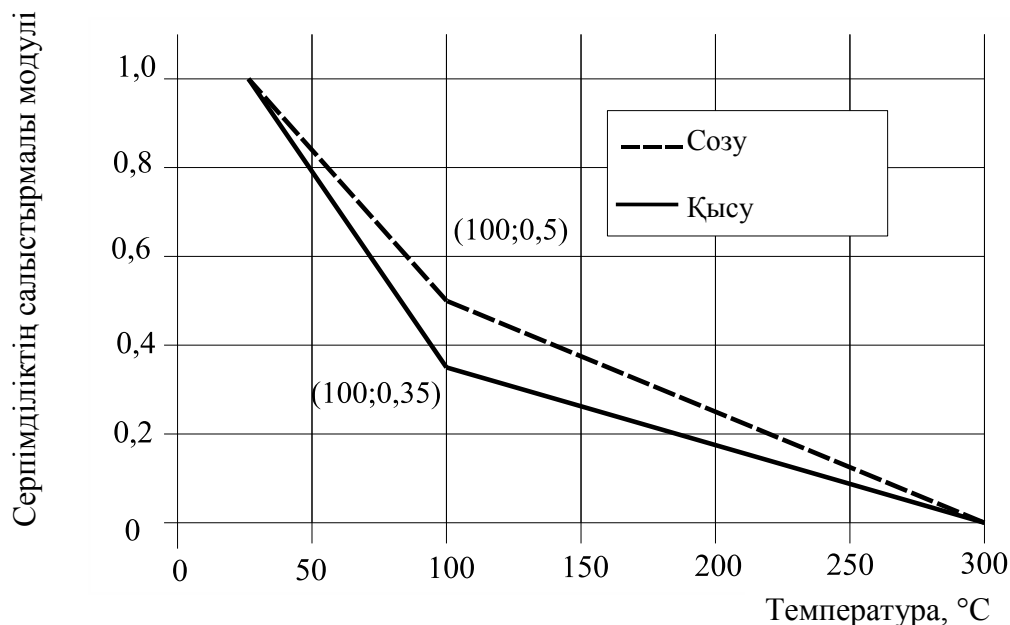
Ескертпе – Көрсетілген тәуелділіктер ағаштың орнатылған сырғанағыштығының әсерін есепке алады.

8.7.2 Талшықтарды көлденеңінен сығу кезінде талшықтарды параллель сығу үшін қолданылған беріктіктің төмендету коэффициентін қолдану қажет.

8.7.3 Талшықтарды көлденеңінен екі ығыстыратын күшпен жылжыту кезінде (ширатылатын ығысу) талшықтарды параллель сығу үшін қолданылған азайту коэффициентін қолдану қажет.



8.7-сурет – Параллель талшықтар әсері кезіндегі қылқан жапырақты ағаш беріктігінің төмендету коэффициенті



8.8-сурет – Параллель талшықтар әсері кезінде температураның қылқан жапырақты ағаш серпімділігінің модуліне әсері

1-МЫСАЛ

Берілгені: көлденең қимасының өлшемі 250×75 мм және ұзындығы 4,5 м ағаш арқалық. Арқалық сипаттамалық тығыздығы 400 кг/м^3 қылқан жапырақ тұқымдас ағаштан жасалған. Аталған арқалықтың отқа төзімділігінің талап етілген шегі R30 құрайды.

Талап етіледі: аталған ағаш арқалық үшін жүктеме әсерінің ұзақтығын және өрт кезінде ылғал мөлшерін $k_{\text{mod,fi}}$ есепке алатын модификация коэффициентінің мәнін анықтау.

Есептеу:

$k_{\text{mod,fi}}$ коэффициентінің мәнін екі тәсілмен анықтауға рұқсат етіледі: 1) (8.2)–(8.4) есептік тәуелділіктерді қолданып; 2) 8.3-суретте берілген номограмманы қолданып, графикалық.

$k_{\text{mod,fi}}$ коэффициентін есептік анықтау

Осы құралдың 7.1-кестесі бойынша ағаштың шартты күй жылдамдығы $\beta_n = 0,80$ мм/мин анықталады. Сонда (7.3) формула бойынша есептелетін шартты күй тереңдігі келесіні құрайды:

$$d_{\text{char}} = \beta_n \cdot t = 0,80 \times 30 = 24,0 \text{ мм},$$

мұнда $t = 30$ мин – стандартты өрттің әсер ету уақыты (шарт бойынша).

Көлденең қиманың азайтылған параметрлері есепке алынады:

– көлденең қиманың ені $b = B - 2 \cdot d_{\text{char}} = 75 - 2 \times 24,0 = 27,0 \text{ мм};$

– көлденең қиманың биіктігі $d = D - d_{\text{char}} = 250 - 24,0 = 226,0 \text{ мм}.$

Кішірейтілген көлденең қиманың ауданы келесіні құрайды:

$$A_r = b \cdot d = 27,0 \times 226,0 = 6102 \text{ мм}^2.$$

Өрт әсер еткен жақтардың көлденең қимасының периметрі келесіні құрайды:

$$p = 2 \cdot d + b = 2 \times 226,0 + 27,0 = 479 \text{ мм.}$$

$k_{\text{mod,fi}}$ коэффициентінің мәні осы Құралдың (8.2) формуласы бойынша анықталады:

$$k_{\text{mod,fi}} = 1,0 - \frac{1}{200} \cdot \frac{p}{A_t} = 1,0 - \frac{1}{200} \times 78 = 0,61;$$

мұнда
$$\frac{p}{A_t} = \frac{479}{6102} = 0,079 \text{ мм}^{-1} = 78 \text{ м}^{-1}.$$

$k_{\text{mod,fi}}$ коэффициентін графикалық анықтау

Өрт әсер еткен көлденең қиманың периметрінің қалдық көлденең қима ауданына қатынасы 78 м^{-1} құрайды. 8.3-суреттегі 2-тәуелділікті қолдана отырып (іілуге беріктік үшін), модификация коэффициентінің мәні де $k_{\text{mod,fi}} = 0,61$ құрайды.

Қорытынды: Көлденең қимасының өлшемдері $250 \times 75 \text{ мм}$ ағаш арқалық үшін модификация коэффициенті $k_{\text{mod,fi}} = 0,61$ тең.

2-МЫСАЛ

Берілгені: С30 беріктік класына ие қылқан жапырақ тұқымдас ағаштан дайындалған ағаш бағана (талшықтарды бойлай қысу кедергісі $f_{20} = 23 \text{ Н/мм}^2$, $\rho_k = 530 \text{ кг/м}^3$). Бағана биіктігі 4,0 м, тік бұрышты қима ($D \times B$) $150 \times 100 \text{ мм}$. Осы тік жұмыс жүктемесі 60 кН құрайды. Бағана от әсерінен F типті гипс-картонның 2 қабатымен қорғалған, әр қайсысының қалыңдығы $h_p = 12,5 \text{ мм}$, саңылаулары бар түйіспелер 2 мм аз.

Талап етіледі: ағаш бағананың тіреу қабілеті бойынша отқа төзімділік шегін анықтау.

Есептеу: Отқа төзімділік шегін анықтау үшін қиманың есептік кедергісін азайту жылдамдығын тауып алу қажет, ол үшін күй тереңдігін анықтау қажет.

Осы құралдың 7.1-кестесіне сәйкес аталған конструкцияның шартты күй жылдамдығы $\beta_n = 0,80 \text{ мм/мин}$ құрайды.

7.6.4-тармақ, 7.5-кесте бойынша F типті және жалпы қалыңдығы $h_{p,\text{tot}} = 2 \times 12,5 = 25 \text{ мм}$ табақтармен екі қабатпен қаптау үшін (7.27) формуланы қолданып, қаптама үшін қорғаныс әсерінің уақыт интервалы анықталады:

$$t_f = 4 \cdot h_{p,\text{tot}} - 40 = 4 \times 25 - 40 = 60 \text{ мин.}$$

Бірінші қабаты үшін қорғаныс әсерінің уақыт интервалы төмендегіні құрайды ((7.43) Формула, 7.6-кесте):

$$t_{f,1} = 3,5 \cdot h_p + 7 = 3,5 \times 12,5 + 7 = 50,75 \text{ мин.}$$

Екінші қабаттың күйе бастау уақыты анықталады (7.5.2-тармақ, 7.4-кесте):

Гипс-картонның бір (бірінші) қабаты үшін екінші қабаттың күйе бастау уақыты төмендегіні құрайды:

$$t_{ch,2} = 2,8 \cdot h_p - 14 = 2,8 \cdot 12,5 - 14 = 21 \text{ мин.}$$

$t_{f,1} > t_{ch,2}$ болғандықтан, бағана материалының күйе бастау уақытын анықтау үшін 7.4-кестенің (7.18) формуласы қолданылады:

$$t_{ch} = 2,1 \cdot h_{p,\text{tot}} - 7 = 2,1 \times 25 - 7 = 45,5 \text{ мин.}$$

7.1-кестеде берілген күй жылдамдығын өзгерту коэффициенттері сатылар бойынша келесілерді құрайды:

$$k_2 = 1 - 0,018 \cdot h_p = 1 - 0,018 \times 12,5 = 0,775$$

$$k_3 = 2$$

ал күйдің тиісті жылдамдық сатылары бойынша төмендегідей:

$$t_{ch} \leq t \leq t_f, \beta = \beta_n \cdot k_2 = 0,8 \times 0,775 = 0,62 \text{ мм/мин};$$

$$t_f \leq t \leq t_a, \beta = \beta_n \cdot k_3 = 0,8 \times 2 = 1,6 \text{ мм/мин};$$

$$t > t_a, \beta = \beta_n = 0,8 \text{ мм/мин}.$$

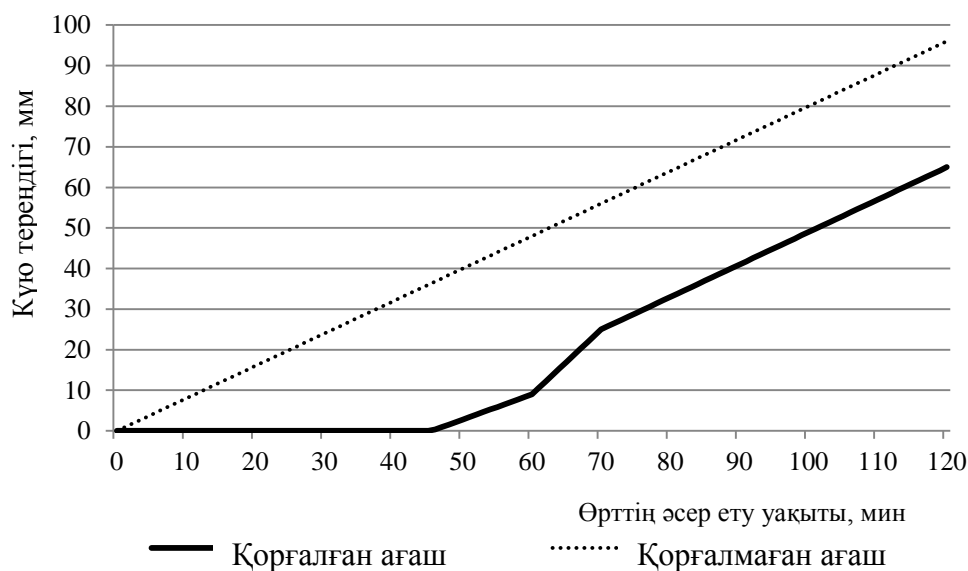
$t_{ch} = 45,5 \text{ мин} < t_f = 60 \text{ мин}$ болғандықтан, құралдың 7.4.7-тармағына сәйкес t_a уақыт (7.15) формуласы бойынша анықталады:

$$t_a = \frac{25 - (t_f - t_{ch}) \cdot k_2 \cdot \beta_n}{k_3 \cdot \beta_n} + t_f = \frac{25 - (60 - 45,5) \times 0,775 \times 0,8}{2 \times 0,8} + 60 = 70,01 \text{ мин}.$$

Күю тереңдігі (7.4) формула бойынша есептеледі:

$$d_{char} = \beta_n \cdot t.$$

Осылайша, күю тереңдігінің оттан қорғаныстың бірінші нұсқасының мысалында қарастырылған өрт ұзақтығына тәуелділігі 8.9-суретте графикалық көрсетілуі мүмкін.



8.9-сурет – Күю тереңдігінің өрт әсері ұзақтығына тәуелділігі

Келтірілген көлденең қима әдісі

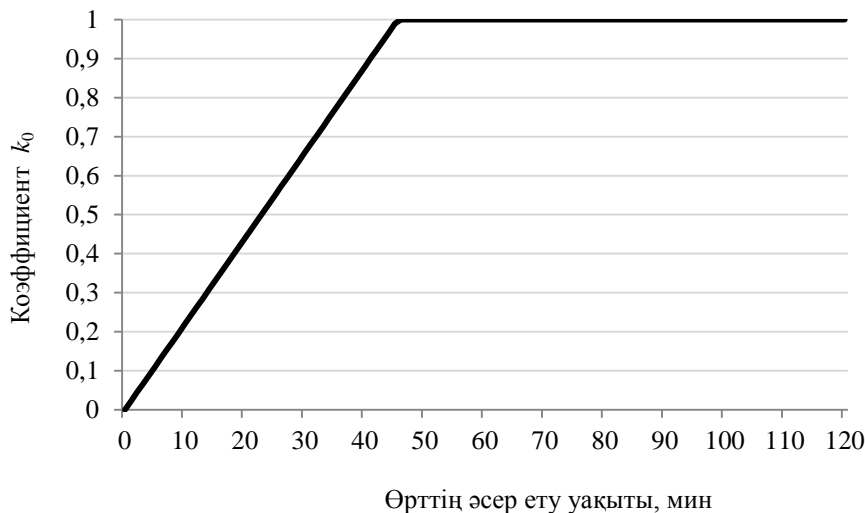
(8.1) формула бойынша тиімді күю тереңдігі анықталады:

$$d_{ef} = d_{char} + k_0 \cdot d_0,$$

мұнда $d_0 = 7 \text{ мм}$ – күю линиясынан тыс қабат тереңдігі осы құралдың 6.2-тармағына сәйкес қабылданады.

$k_0 - t_{ch}$ тәуелді және құралдың 8.1-кестесі бойынша қабылданатын коэффициент.

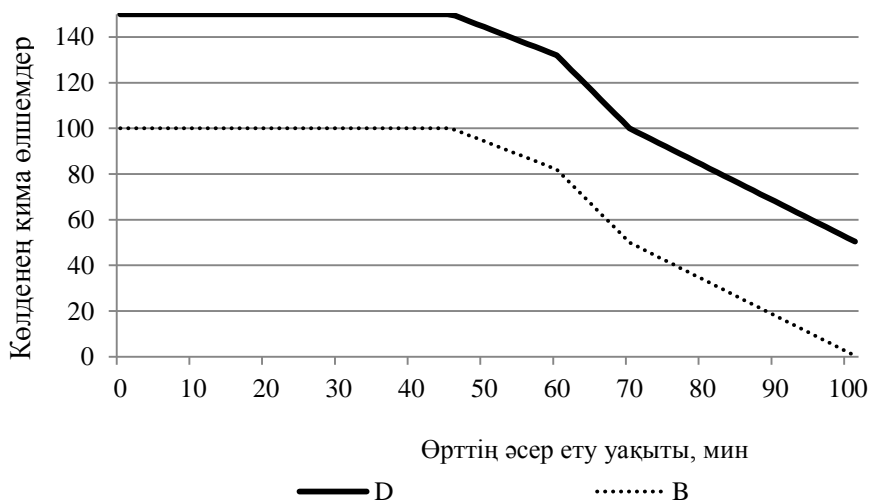
Қарастырылып жатқан оттан қорғалған конструкцияда $t_{ch} = 45,5$ мин > 20 мин болғандықтан, осы құралдың 8.1.3-тармағына сәйкес k_0 коэффициенті $t = 0 - t = t_{ch}$ аралығындағы уақыт ішінде 0-ден 1-ге дейін сызықтық жоғарылайды деп күтіледі (8.10-сурет).



8.10-сурет – k_0 коэффициентінің өрттің әсер ету уақыты тәуелділігі

Тиімді көлденең қиманың беріктік және қаттылық параметрлерінің есептік мәндері $k_{mod,f} = 1,0$ мәнімен есептеледі. Беріктіктің есептік мәні (6.1) формула бойынша анықталады:

Өлшемдерді азайту кезінде күю салдарынан қиманың есептік кедергісінің төмендеу орын алады (8.11-сурет).



8.11-сурет – Уақыт бойынша қима өлшемдерін өзгерту

Талшықтарға параллель қысу кезінде формула бойынша келесі шарттар орындалуы тиіс:

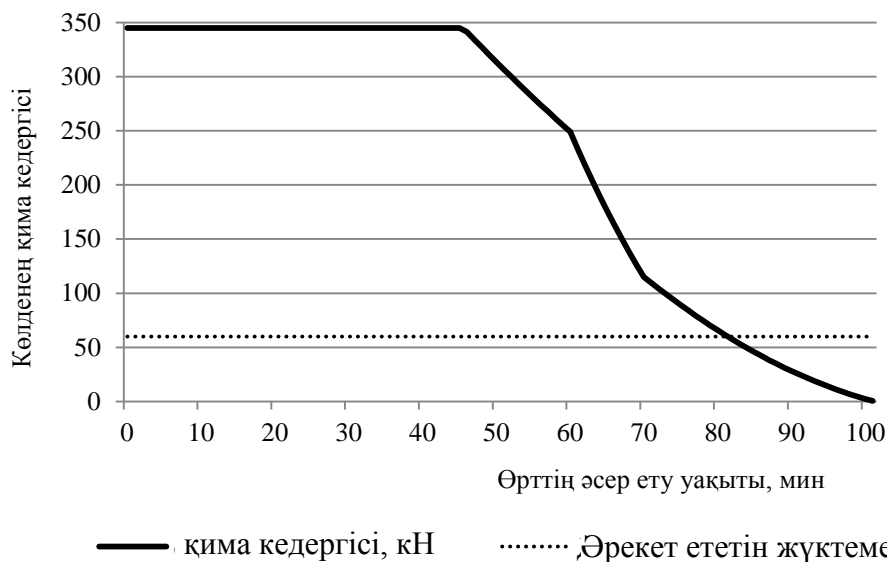
$$\sigma \leq f_{d,f},$$

мұнда

$$\sigma = \frac{N}{A_r},$$

A_r – қалдық көлденең қима ауданы.

Уақыт бойынша көлденең қима кедергісін өзгерту 8.12-суретте көрсетілген.

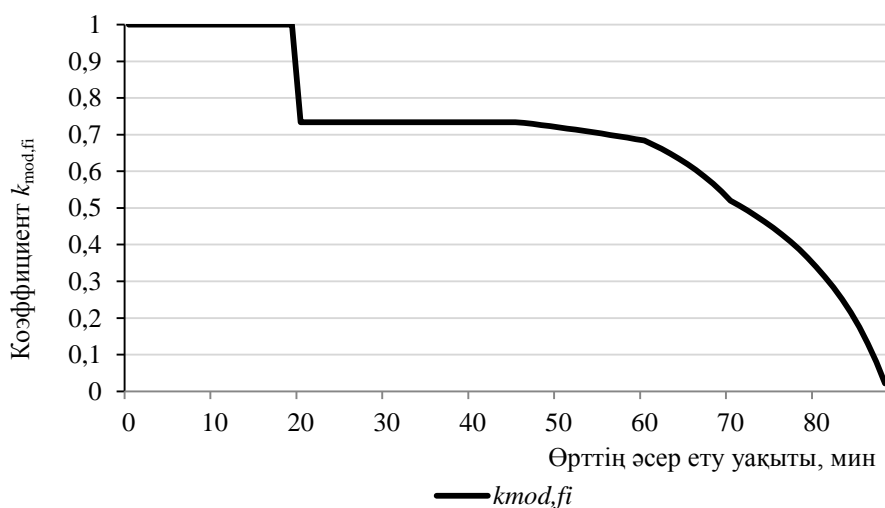


8.12-сурет – Уақыт бойынша көлденең қиманың кедергісін өзгерту

Осылайша, беріктікті жоғалту бойынша критикалық жағдай өрттің 81-минутында орын алады. Алынған мәнді ең жақын стандартты қатарға дейін дөңгелектеу арқылы, R75 отқа төзімділік шегінің мәнін аламыз.

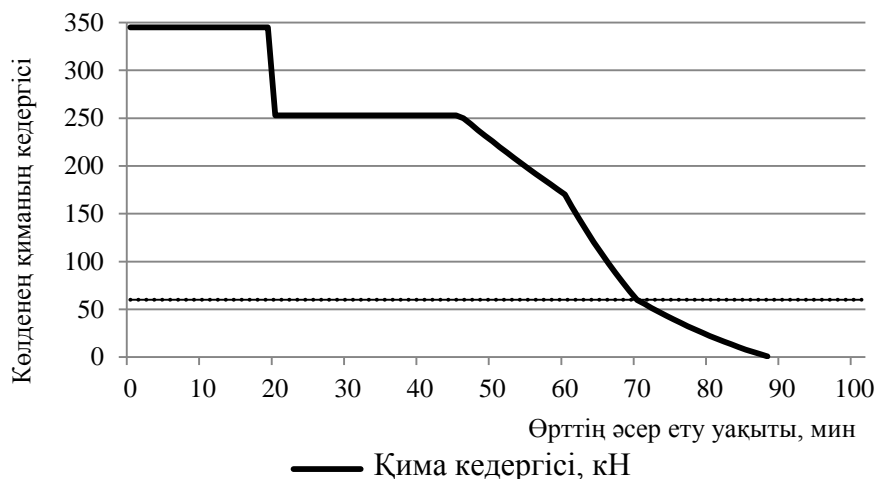
Келтірілген сипаттамалар әдісі

Жоғарыда аталған келтірілген көлденең қима әдісімен алынған қалдық көлденең қима туралы деректерді қолдана отырып, өрттің әсер ету ұзақтығы $t \geq 20$ мин болды деген шартпен $k_{mod,fi}$ коэффициенті (8.3) формула бойынша есептеледі. $t = 0$ уақыт сәтінде модификация коэффициенті $k_{mod,fi} = 1$ тең етіп қабылданады. Оттың әсер ету уақытына байланысты $k_{mod,fi}$ коэффициентін өзгерту графигі 8.13-суретте берілген.



8.13-сурет – Өрттің әсер ету уақытына байланысты $k_{mod,fi}$ коэффициентін өзгерту

Өрттің әсер ету уақытына байланысты көлденең қиманың кедергісін өзгерту 8.14-суретте көрсетілген.



8.14-сурет – Уақыт бойынша көлденең қиманың кедергісін өзгерту

Осылайша, беріктікті жоғалту бойынша критикалық жағдай өрттің 71-минутында орын алады. Алынған мәнді ең жақын стандартты қатарға дейін дөңгелектеу арқылы, R60 отқа төзімділік шегінің мәнін аламыз.

Есептеудің екі әдісі үшін алынған деректерді салыстыру арқылы соңында R60 отқа төзімділік шегін қабылдаймыз.

Ағаш конструкцияларын қаптамалармен қорғау кезінде бекітпе бұйымдарды күймеген ағашқа l_a қыстыру тереңдігі кемінде 10 мм құрайды тиіс. Бекітпе бұйымдардың $l_{f,req}$ талап етілетін тереңдігі төмендегіге тең:

$$l_{f,req} = h_p + d_{char,0} + l_a = 25 + 8,99 + 10 \approx 44 \text{ мм},$$

мұнда h_p – оттан қорғайтын панельдің қалыңдығы;

$d_{char,0}$ – 60-минутта ағаш конструкциясының күй тереңдігі;

$l_{a,min}$ – бекітпе бұйымдарды күймеген ағашқа қыстырудың минималды тереңдігі.

Гипс-картонды бекіту үшін ұзындығы 45 мм, диаметрі 5 мм өздігінен тескіш шуруптарды қолданамыз.

Қорытынды: ағаш бағананың отқа төзімділік шегі R60 құрайды, ал қаптаманың бекітпе бұйымдарының ұзындығы 45 мм кем емес.

3-МЫСАЛ

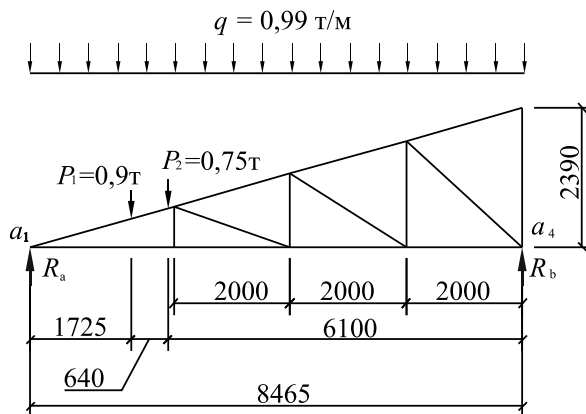
Берілгені: өлшемдері 8465×4780 мм және тығыздығы 600 кг/м^3 Ф-1 ағаш тіреуіштерінің фермалары Ф-1. Аталған фермалар жабынның тіреу элементтері ретінде қолданылады. Фермалар ылғалдығы 16% аспайтын І және ІІ сұрыпты қылқан жапырақ тұқымдас ағаштардан жасалған. Әр ферма төрт қабаттан желімделген, екі тікенекті қосылысқа ие және бұрандалы ойығы бар қалайымен қапталған шегелермен қосымша бекітілген конструкцияны білдіреді. Болат байланыстар мен бекітпе элементтер 4 қабатты оттан қорғайтын құрамды қолданып өңделген.

Талап етіледі: 15 минут бойы стандартты өрт әсер кезінде аталған жүктемеге тіреуіш фермалардың шыдай алатындығын анықтау.

Есептеу:

Жабын фермаларын статикалық есептеу

8.15-суретте Ф-1 фермасының бастапқы есептік сызбасы көрсетілген (ферманың өз салмағын есепке ала отырып, таратылған жүктеме 462 кг құрайды).



8.15-сурет – Ф-1 фермасының бастапқы есептік сызбасы

Бастапқы есептік сызбалардың тіректерінің реакцияларын анықтау үшін тепе-теңдіктің теңдеуі құрастырылған:

$$\begin{cases} \sum M(a_1) = 0; \\ \sum F_y = 0. \end{cases} \quad (8.7)$$

$$\begin{cases} \sum M(a_1) = P_1 \cdot g \cdot l_1 + P_2 \cdot g \cdot (l_1 + l_2) \cdot q \cdot g \cdot L \cdot \frac{L}{2} - R_b \cdot L = 0; \\ \sum F_y = R_a + R_b - P_1 \cdot g - P_2 \cdot g - q \cdot g \cdot L = 0. \end{cases} \quad (8.8)$$

мұнда $\sum M(a_1)$ – a_1 нүктесіне қатысты моменттер жиыны, Н·м;

$\sum F_y$ – ордината осіне қатысты күштер жиыны, Н; g – еркін құлаудың жылдамдауы, м/с²;

q – айдау жүктемесі, кг/м;

l_1 – a_1 нүктесінен бастап P_1 күш салу нүктесіне дейінгі абсцисса осі бойынша қашықтық, м;

l_2 – P_1 күш салу нүктесінен P_2 күш салу нүктесіне дейінгі абсцисса осі бойынша қашықтық, м;

l_3 – P_2 күш салу нүктесінен b_4 нүктесіне дейінгі абсцисса осі бойынша қашықтық, м

L – ферманың есептік ұзындығы, м.

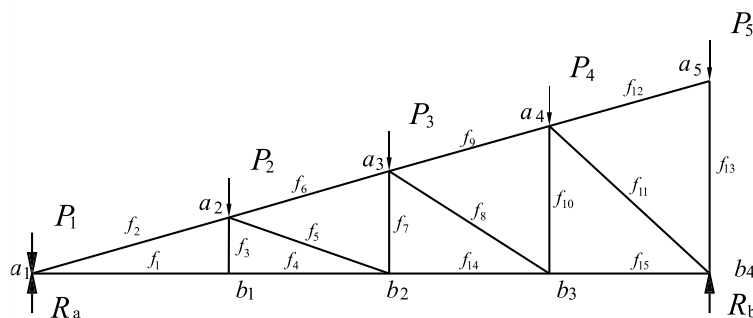
(8.7–8.8) формулалардан тіреуіш реакцияларының мәндері алынған:

$$R_b = \frac{P_1 \cdot g \cdot l_1 + P_2 \cdot g \cdot (l_1 + l_2) + q \cdot g \cdot L \cdot \frac{L}{2}}{L} = \quad (8.9)$$

$$= \frac{900 \times 9,81 \times 1,725 + 750 \times 9,81 \times (1,725 + 0,64) + 992 \times 9,81 \times 8,465 \times \frac{8,465}{2}}{8,465} = 45046 \text{ Н},$$

$$R_a = P_1 \cdot g + P_2 \cdot g + q \cdot g \cdot L - R_b = 900 \times 9,81 + 750 \times 9,81 + 992 \times 9,81 \times 8,465 - 45046 = 53523 \text{ Н}. \quad (8.10)$$

Ферма белдіктеріндегі күшті анықтау үшін бастапқы схема есептік элементтер бойынша түрлендірілген (8.16-сурет).



8.16-сурет – Ф-1 фермасының элементтер бойынша есептік сызбасы

8.16-суретте көрсетілген сызбаға сәйкес фермаға әсер ететін $P_3...P_5$ эквивалентті сыртқы күштің мәндері анықталған.

$$P_3 = 0,5 \cdot g \cdot q \cdot l_2 + 0,5 \cdot g \cdot q \cdot l_3 = 0,5 \times 9,81 \times 992 \times 2,0 + 0,5 \times 9,81 \times 992 \times 2,0 = 19464 \text{ Н}, \quad (8.11)$$

$$P_4 = 0,5 \cdot g \cdot q \cdot l_3 + 0,5 \cdot g \cdot q \cdot l_4 = 0,5 \times 9,81 \times 992 \times 2,0 + 0,5 \times 9,81 \times 992 \times 2,0 = 19464 \text{ Н}, \quad (8.12)$$

$$P_5 = 0,5 \cdot g \cdot q \cdot l_4 = 0,5 \times 9,81 \times 992 \times 2,0 = 9732 \text{ Н}, \quad (8.13)$$

мұнда l_i – горизонталь бойынша күш салу нүктелері арасындағы қашықтық, м.

P_1-P_2 эквивалентті сыртқы күштер мәні 8.16-суретке сәйкес есептік сызба үшін түрлендірілген (8.7) формуланың теңдігінен анықталған.

$$\begin{cases} \sum M(a_1) = P_2 \cdot l_1 + P_3 \cdot (l_1 + l_2) + P_4 \cdot (l_1 + l_2 + l_3) + P_5 \cdot L - R_b \cdot L = 0; \\ \sum F_y = R_a + R_b - P_1 - P_2 - P_3 - P_4 - P_5 = 0. \end{cases} \quad (8.14)$$

$$\begin{aligned} P_2 &= \frac{R_b \cdot L - P_3 \cdot (l_1 + l_2) - P_4 \cdot (l_1 + l_2 + l_3) - P_5 \cdot L}{l_1} = \\ &= \frac{45046 \times 8,465 - 19464 \times (2,465 + 2) - 19464 \times (2,465 + 2 + 2) - 9732 \times 8,465}{2,465} = 34965 \text{ Н}, \end{aligned} \quad (8.15)$$

$$P_1 = R_a + R_b - P_2 - P_3 - P_4 - P_5 = 53523 + 45046 - 34965 - 19464 - 19464 - 9732 = 14944 \text{ Н}. \quad (8.16)$$

Ферма элементтеріндегі күш түйіндерді қиып алу әдісімен анықталған. Төменде Ф-1 фермасының түйіндерін аналитикалық талдау нәтижелері берілген. Талдау барысында ферманың барлық сығуға жұмыс жасайтындығы болжанды.

a_1 түйіні.

Барлық түйіндер үшін тепе-теңдіктің бастапқы шарты келесі түрге ие:

$$\begin{cases} \sum F_x = 0; \\ \sum F_y = 0. \end{cases} \quad (8.17)$$

мұнда F_i – күштердің осьтік проекциялары.

(8.17) формуладан ферма элементтеріндегі күш тудыратындардың мәні алынған:

$$\begin{cases} \sum F_x = f_1 + f_2 \cdot \cos \alpha = 0; \\ \sum F_y = R_a - P_1 + f_2 \cdot \sin \alpha = 0, \end{cases} \quad (8.18)$$

$$f_2 = \frac{P_1 - R_a}{\sin \alpha} = \frac{14944 - 53523}{0,696/2,561} = -141979 \text{ Н}, \quad (8.19)$$

$$f_1 = -f_2 \cdot \cos \alpha = 141979 \times 2,465/2,561 = 136636 \text{ Н}, \quad (8.20)$$

мұнда f_i – ферма элементтеріндегі күштер; α – $a_2a_1b_1$ бұрышы (8.16-суретті қараңыз).

b_1 түйіні

Бастапқы (8.17) формуласына сәйкес:

$$\begin{cases} \sum F_x = -f_1 + f_4 = 0; \\ \sum F_y = f_3 = 0. \end{cases} \quad (8.21)$$

$$f_4 = f_1 = 136636 \text{ Н}. \quad (8.22)$$

a_2 түйіні

Бастапқы (8.17) формуласына сәйкес:

$$\begin{cases} \sum F_x = f_6 \cdot \cos \alpha + f_5 \cdot \cos \beta - f_2 \cdot \cos \alpha = 0; \\ \sum F_y = -P_2 + f_6 \cdot \sin \alpha - f_5 \cdot \sin \beta - f_3 - f_2 \cdot \sin \alpha = 0, \end{cases} \quad (8.23)$$

$$f_6 = \frac{f_2 \cdot \cos \alpha - f_5 \cdot \cos \beta}{\cos \alpha} = f_2 - f_5 \cdot \frac{\cos \beta}{\cos \alpha}, \quad (8.24)$$

$$\begin{aligned} \sum F_y &= -P_2 + f_2 \cdot \sin \alpha - f_5 \cdot \frac{\cos \beta}{\cos \alpha} \cdot \sin \alpha - f_5 \cdot \sin \beta - f_3 - f_2 \cdot \sin \alpha = \\ &= -P_2 - f_3 - f_5 \cdot (\cos \beta \cdot \operatorname{tg} \alpha - \sin \beta) = 0, \end{aligned} \quad (8.25)$$

$$f_5 = -\frac{P_2 + f_3}{\cos \beta \cdot \operatorname{tg} \alpha + \sin \beta} = -\frac{34965 + 0}{2/2,118 \times 0,696/2,465 + 0,696/2,118} = -58730 \text{ Н}, \quad (8.26)$$

$$f_6 = f_2 - f_5 \cdot \frac{\cos \beta}{\cos \alpha} = -141979 + 58730 \times \frac{2/2,118}{2,465/2,561} = -84341 \text{ Н}, \quad (8.27)$$

мұнда β – $b_1b_2a_2$ бұрышына сәйкес келетін бұрыш (8.16-суретті қараңыз).

b_2 түйіні

Бастапқы (8.17) формуласына сәйкес:

$$\begin{cases} \sum F_x = f_{14} - f_4 - f_5 \cdot \cos \beta = 0; \\ \sum F_y = f_7 + f_5 \cdot \sin \beta = 0, \end{cases} \quad (8.28)$$

$$f_{14} = f_4 + f_5 \cdot \cos \beta = 136636 - 58730 \times 2/2,118 = 81167 \text{ Н}, \quad (8.29)$$

$$f_7 = -f_5 \cdot \sin \beta = 58730 \times 0,696/2,118 = 19303 \text{ Н}. \quad (8.30)$$

a₃ түйіні

Қарастырылатын түйін *a₂* түйініне ұқсас, сондықтан шешім ұқсас түрге ие:

$$f_8 = -\frac{P_3 + f_7}{\cos \gamma \cdot \operatorname{tg} \alpha + \sin \gamma} = -\frac{19464 + 19303}{2/2,364 \times 0,696/2,645 + 1,261/2,364} = -50213 \text{ Н}, \quad (8.31)$$

$$f_9 = f_6 - f_8 \cdot \frac{\cos \gamma}{\cos \alpha} = -84341 + 50213 \times \frac{2/2,364}{2,465/2,561} = -40202 \text{ Н}, \quad (8.32)$$

мұнда $\gamma - b_2b_3a_3$ бұрышына сәйкес келетін бұрыш (8.16-суретті қараңыз).

b₃ түйіні

Қарастырылатын түйін *b₂* түйініне ұқсас, сондықтан шешім ұқсас түрге ие:

$$f_{15} = f_{14} + f_8 \cdot \cos \gamma = 81167 - 50213 \times 2/2,364 = 38689 \text{ Н}, \quad (8.33)$$

$$f_{10} = -f_8 \cdot \sin \gamma = 50213 \times 1,261/2,364 = 26774 \text{ Н}. \quad (8.34)$$

a₄ түйіні

Қарастырылатын түйін *a₂* түйініне ұқсас, сондықтан шешім ұқсас түрге ие:

$$f_{11} = -\frac{P_4 + f_{10}}{\cos \varphi \cdot \operatorname{tg} \alpha + \sin \varphi} = -\frac{19464 + 26774}{2/2,708 \times 0,696/2,645 + 1,825/2,708} = -52385 \text{ Н}, \quad (8.35)$$

$$f_{12} = f_9 - f_{11} \cdot \frac{\cos \varphi}{\cos \alpha} = -40202 + 52385 \times \frac{2/2,708}{2,465/2,561} = 0 \text{ Н}, \quad (8.36)$$

мұнда $\varphi - b_3b_4a_4$ бұрышына сәйкес келетін бұрыш (8.16-суретті қараңыз).

a₅ түйіні

Бастапқы (8.17) формуласына сәйкес:

$$\begin{cases} \sum F_x = -f_{12} \cdot \cos \alpha = 0; \\ \sum F_y = -P_5 - f_{13} = 0, \end{cases} \quad (8.37)$$

$$f_{12} = 0 \text{ Н}, \quad (8.38)$$

$$f_{13} = -P_5 = -9732 \text{ Н}. \quad (8.39)$$

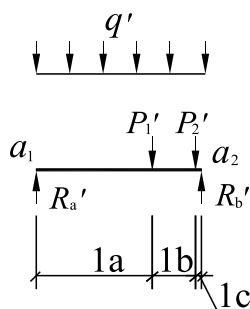
Ф-1 фермасының барлық белдіктеріндегі күш мәндері 8.5-кестеде берілген.

8.5-кесте – Ф-1 фермасының белдіктеріндегі күштер мәні

Белдік №	Күш, Н	Белдік №	Күш, Н	Белдік №	Күш, Н
f_1	136 636	f_6	-84 341	f_{11}	-52 385
f_2	-141 979	f_7	19 303	f_{12}	0
f_3	0	f_8	-50 213	f_{13}	-9 732
f_4	136 636	f_9	-40 202	f_{14}	81 167
f_5	-58 730	f_{10}	26 774	f_{15}	38 689

Қабылданған болжауға байланысты ферманың оң күшке ие белдіктері қысуға жұмыс жасайды, ал теріс күшке ие болғандары – созылуға.

Ф-1 фермасының жоғарғы белдігіне орталықтанған жүктеме f_2 түсірілетіндігіне байланысты, бұл элемент күрделі кернеулі күйде тұрады және сондайақ көлденең иілуге жұмыс жасайды. 8.16-суретте көрсетілген бастапқы есептік схеманың түрленуі тек осы элемент үшін 8.17-суретте көрсетілген түрге ие (таратылған жүктемеге элементтік 43 кг өзіндік салмағы қосылған).

8.17-сурет – Ф-1 фермасының f_2 элементінің көлденең иілуінің есептік схемасы

Есептік схема тіреуішінің реакциясын анықтау үшін тепе-теңдік теңдеуі жасалған (горизонталь құрамдастардың есепке алмай):

$$\begin{cases} \sum M(a_1) = 0; \\ \sum F_y = 0. \end{cases} \quad (8.40)$$

$$\begin{cases} \sum M(a_1) = P_1' \cdot l_a + P_2' \cdot (l_a + l_b) + q' \cdot \frac{L^2}{2} - R_b' \cdot L = 0; \\ \sum F_y = R_a' + R_b' - P_1' - P_2' - q' \cdot L = 0, \end{cases} \quad (8.41)$$

мұнда P_i' – орталықтандырылған жүктеменің вертикаль құрамдасы;
 q' – айдау жүктемесінің вертикаль құрамдасы; L – есептік қатар.

(8.40–8.41) формуладан тіреуіш реакцияларының мәні алынған:

$$R_b' = \frac{P_1' \cdot l_a + P_2' \cdot (l_a + l_b) + \frac{q' \cdot L^2}{2}}{L} = \frac{P_1 \cdot \cos \alpha \cdot l_a + P_2 \cdot \cos \alpha \cdot (l_a + l_b) + \frac{q \cdot \cos \alpha \cdot L^2}{2}}{L} =$$

$$= \frac{900 \times 9,81 \times \frac{2,465}{2,561} \times 1,725 + 750 \times 9,81 \times \frac{2,465}{2,561} \times (1,725 + 0,64) + 573 \times 9,81 \times \frac{2,465}{2,561} \times \frac{2,465^2}{2}}{2,465} = \quad (8.42)$$

$$= 19407 \text{ Н},$$

$$R_a = P_1' + P_2' + q' \cdot L - R_b' = P_1 \cdot \cos \alpha + P_2 \cdot \cos \alpha + q \cdot L \cdot \cos \alpha - R_b' =$$

$$= 900 \times 9,81 \times \frac{2,465}{2,561} + 750 \times 9,81 \times \frac{2,465}{2,561} + 573 \times 9,81 \times \frac{2,465}{2,561} \times 2,465 - 19407 = 9506 \text{ Н}. \quad (8.43)$$

мұнда $\alpha - a_2 a_1 b_1$ бұрышы (8.16-суретті қараңыз).

Осы элементтің қимасындағы иілу моментінің максималды мәнін бағалау үшін орташаланған күштер арасында кезегімен үш учаске қарастырылған.

la түйіні

Осы учаскедегі иілу моментін өзгерту келесі тәуелділікке сәйкес келеді:

$$M_1 = R_a' \cdot z_i - q' \cdot \frac{z_i^2}{2} = R_a' \cdot z_i - q \cdot \cos \alpha \cdot \frac{z_i^2}{2}, \quad (8.44)$$

мұнда z_i – учаскедегі еркін нүкте (айнымалы).

P_1 орташаланған күштің әсер ету нүктесіндегі иілу моменті төмендегіні құрайды:

$$M_{P_1} = R_a' \cdot l_a - q' \cdot \frac{l_a^2}{2} = 9005 \times 1,725 - 573 \times 9,81 \times \frac{2,465}{2,561} \times \frac{1,725^2}{2} = 8348 \text{ Н} \cdot \text{м}. \quad (8.45)$$

lb учаскесі

Осы учаскедегі иілу моментін өзгерту төмендегі тәуелділікке сәйкес келеді:

$$M_2 = R_a' \cdot (l_a + z_i) - P_1' \cdot z_i - q' \cdot \frac{(l_a + z_i)^2}{2} = R_a' \cdot (l_a + z_i) - P_1 \cdot \cos \alpha \cdot z_i - q \cdot \cos \alpha \cdot \frac{(l_a + z_i)^2}{2}. \quad (8.46)$$

P_2 орташаланған күштің әсер ету нүктесіндегі иілу моменті төмендегіні құрайды:

$$M_{P_2} = R_a' \cdot (l_a + l_b) - P_1' \cdot l_b - q' \cdot \frac{(l_a + l_b)^2}{2} =$$

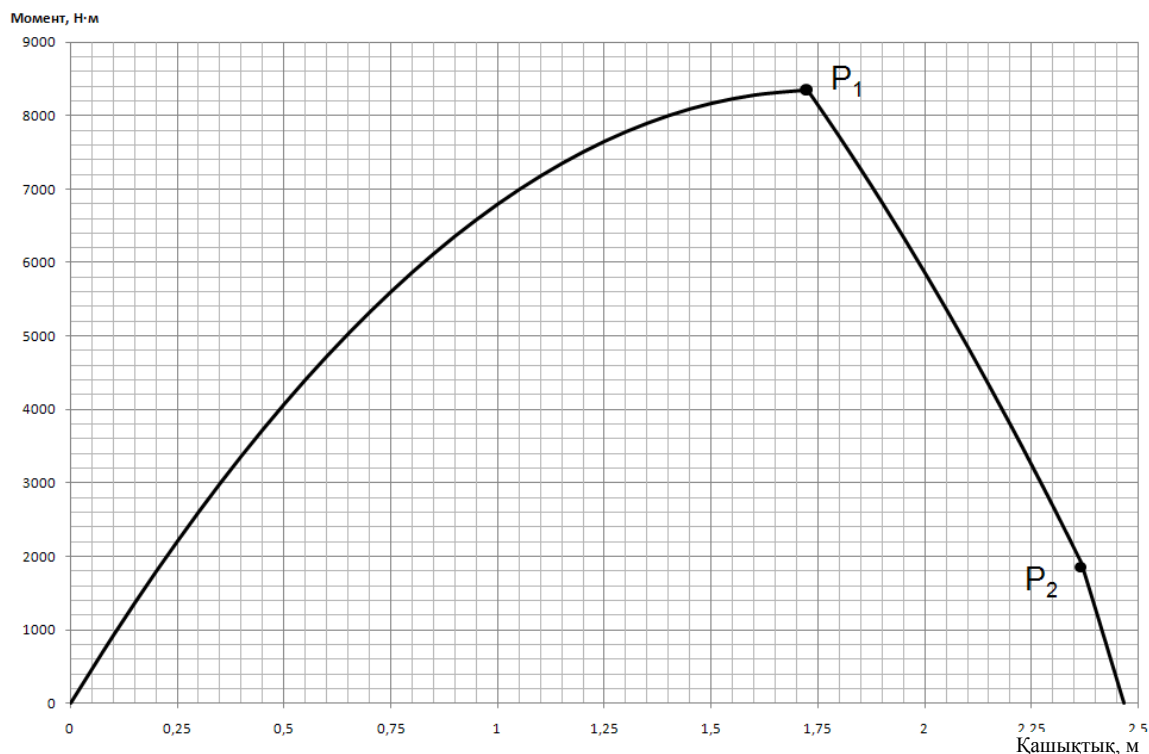
$$= 9005 \times (1,725 + 0,64) - 900 \times 9,81 \times \frac{2,465}{2,561} \times 0,64 - 573 \times \frac{2,465}{2,561} \times \frac{(1,725 + 0,64)^2}{2} = 1914 \text{ Н} \cdot \text{м}. \quad (8.47)$$

lc учаскесі.

Осы учаскедегі иілу моментін өзгерту төмендегі тәуелділікке сәйкес келеді:

$$M_3 = R_b' \cdot z_i - q' \cdot \frac{z_i^2}{2} = R_b' \cdot z_i - q \cdot \cos \alpha \cdot \frac{z_i^2}{2}. \quad (8.48)$$

Ф-1 фермасы элементтерінің иілу моменттерінің эпюрі 8.18-суретте көрсетілген.



8.18-сурет – Ф-1 фермасы элементтерінің иілу моменттерінің эпюрі

8.18-суреттен иілу моментінің максималды мәнінің P_1 күш салу нүктесіне сәйкес келетіндігі және 8348 Н·м тең екендігі көрініп тұр.

Бастапқы деректерге сәйкес Ф-1 фермасының жоғарғы белдігі өлшемі 160×175 мм қимаға ие, диагональдары мен бағандары – 160×150 мм. Фермалар ашық ауада пайдалануға арналған, бұл пайдалану шарттарының 4-классына сәйкес келеді. Пайдалану шарттарының осы классы үшін әсер етудің (өрт) ерекше түрін есепке ала отырып, k_{mod} жұмыс жасау шартының коэффициенті осы құралдың 6.5-тармағына сәйкес 1,0 тең етіп қабылданған. Ағаштың есептік кедергісі келесілерді құрайды:

- иілуге $f_{m,d}$ және сығуға $f_{c,0,d}$ есептік кедергі – 13 МПа;
- созылуға $f_{t,0,d}$ есептік кедергі – 9 МПа.

Орталықтан созылған элементтерді келесі тәуелділік бойынша есептеген жөн:

$$\sigma_{t,0,d} = \frac{N_d}{A_{inf}} \leq f_{t,0,d}, \quad (8.49)$$

мұнда $\sigma_{t,0,d}$ – созылуға есептік кедергі;

N_d – есептік көлденең күш;

A_{inf} – нетто элементінің көлденең қимасының ауданы.

Бұл, жекелегенде Ф-1 фермасының (160×175 мм) f_2 жоғарғы элементі үшін төмендегіні құрайды:

$$\sigma_{t,0,d} = \frac{N_d}{A_{inf}} = \frac{141979}{0,16 \times 0,175} \leq f_{t,0,d} \cdot k_{mod} = 9 \times 10^6 \times 1,0, \quad (8.50)$$

$$\sigma_{t,0,d} = 5,07 \times 10^6 \leq f_{t,0,d} \cdot k_{\text{mod}} = 9,0 \times 10^6 \text{ Па.}$$

(8.49) формуланың орындалатындығы көрініп тұр, сәйкесінше, f_2 элемент от әсерісіз тағайындалған есептік схема үшін күш әсерін қабылдай алады, сәйкесінше, отқа төзімділікке ие.

Орталықтан қысылған элементтерді келесі тәуелділік бойынша есептеген жөн:

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N_d}{A_{\text{inf}}} \leq f_{c,0,d}, \quad (8.51)$$

мұнда $\sigma_{c,0,d}$ – қимадағы есептік кернеу.

Бұл, жекелегенде Ф-1 фермасының (160x150 мм) f_1 төменгі элементі үшін төмендегіні құрайды:

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N_d}{A_{\text{inf}}} = \frac{136636}{0,16 \times 0,15} \leq f_{c,0,d} \cdot k_{\text{mod}} \cdot k_{\delta} = 13 \times 10^6 \times 1,0 \times 1,3, \quad (8.52)$$

$$\sigma_{c,0,d} = 5,69 \times 10^6 \leq f_{c,0,d} \cdot k_{\text{mod}} \cdot k_{\delta} = 16,9 \times 10^6 \text{ Па.}$$

(8.51) шартының орындалатындығы көрініп тұр, f_1 элемент от әсерісіз тағайындалған есептік схема үшін күш әсерін қабылдай алады, сәйкесінше, отқа төзімділікке ие.

Иілетін элементтерді келесі тәуелділік бойынша есептеген жөн:

$$\sigma_{m,d} = \frac{M_d}{W_d} \leq f_{m,d}, \quad (8.53)$$

мұнда $\sigma_{m,d}$ – қимадағы есептік момент;

M_d – есептік иілу моменті;

W_d – элементтің көлденең қимасы кедергісінің есептік моменті.

Бұл, жекелегенде Ф-1 фермасының (160 × 175 мм) f_2 жоғарғы элементі үшін төмендегіні құрайды:

$$\sigma_{m,d} = \frac{M_d}{W_d} = \frac{M_d}{b \cdot h^2 / 6} = \frac{8348}{(0,16 \times 0,175)^2 / 6} \leq f_{m,d} \cdot k_{\text{mod}} \cdot k_{\delta} = 13 \times 10^6 \times 1,0 \times 1,3, \quad (8.54)$$

$$\sigma_{m,d} = 13,91 \times 10^6 \leq f_{m,d} \cdot k_{\text{mod}} \cdot k_{\delta} = 16,9 \times 10^6 \text{ Па,}$$

мұнда b – элементтің есептік ені;

h – элементтің есептік биіктігі.

(8.53) формула бойынша шарттың орындалатындығы көрініп тұр, сәйкесінше, f_2 элемент от әсерісіз тағайындалған есептік схема үшін иілу моментінің әсерін қабылдай алады.

Жылу-техникалық есеп

Осы құралдың 7.1-кестесіне сәйкес шартты күй жылдамдығы 0,55 мм/мин тең етіп қабылданады.

Күй тереңдігі (7.4) формула бойынша есептеледі:

$$d_{\text{char}} = \beta_n \cdot t = 0,55 \times 15 = 8,25 \text{ мм.}$$

Конструкцияның беріктігін одан ары талдау үшін тиімді көлденең қима анықталады. Осы құралдың 6.2-тармағына сәйкес беріктігі нөлге тең етіп қабылданатын қабат қалыңдығы $d_0 = 7$ мм құрайды.

Кішірейтілген көлденең қима өлшемдері төмендегілерді құрайды:

160×175 мм қима үшін (жоғарғы белдік – үш жақтан от әсері):

$$b_{fi} = b - 2 \cdot d_{char} = 160 - 2 \times (8,25 + 7) = 129,5 \text{ мм};$$

$$h_{fi} = h - d_{char} = 175 - (8,25 + 7) = 159,75 \text{ мм}.$$

– 160×150 мм қима үшін (төрт жақтан от әсері):

$$b_{fi} = b - 2 \cdot d_{char} = 150 - 2 \times (8,25 + 7) = 119,5 \text{ мм};$$

$$h_{fi} = h - d_{char} = 160 - (8,25 + 7) = 144,75 \text{ мм}.$$

Осылайша, стандартты от әсерінің 15 минутынан кейін 160×175 мм жоғарғы белдік қимасы $129,5 \times 159,75$ мм өлшеміне дейін өзгереді, ал 160×150 мм элементтерінің қимасы – $119,5 \times 144,5$ мм өлшемдеріне дейін.

15 минуттық стандартты от әсерінің уақыты үшін күйген қиманы, (8.49)-(8.54) формулаларын есепке ала отырып 8.6-кестеде берілген.

8.6-кесте – Ф-1 ферма элементтерін отқа төзімділікке есептеу нәтижелері

Белдік №	Күш, Н Момент, Н·м	Қалыпты жағдайлар кезіндегі беріктік, Н (Н·м)	15 минутқа созылатын от әсері кезіндегі беріктік, Н (Н·м)
f_1	136 636	507 000	382 197
f_2	<u>-141 979</u> 8 348	<u>315 000</u> 17 252	<u>254 892</u> 12 947
f_3	0	–	–
f_4	136 636	507 000	382 197
f_5	-58 730	270 000	203 537
f_6	-84 341	315 000	254 892
f_7	19 303	507 000	382 197
f_8	-50 213	270 000	203 537
f_9	-40 202	315 000	254 892
f_{10}	26 774	507 000	382 197
f_{11}	-52 385	270 000	203 537
f_{12}	0	–	–
f_{13}	-9732	270 000	203 537
f_{14}	81 167	507 000	382 197
f_{15}	38 689	507 000	382 197

Ескертпе

1 «минус» белгісіне ие элементтер созылуға жұмыс жасайды, қалғандары – қысуға;

2 Қима беріктігі ағаш кедергісінің қима ауданындағы қысуға/созылуға көбейтіндісі ретінде қабылданған (ағаштың илуге кедергісінің қима кедергісі моментіне көбейтіндісі).

Қорытынды: 8.6-кестеден 15 минуттық өрт әсері кезінде ферманың барлық элементтерінің отқа төзімділіктің талап етілетін шегін (R15) қамтамасыз етуге қабілетті екендігі көрініп тұр.

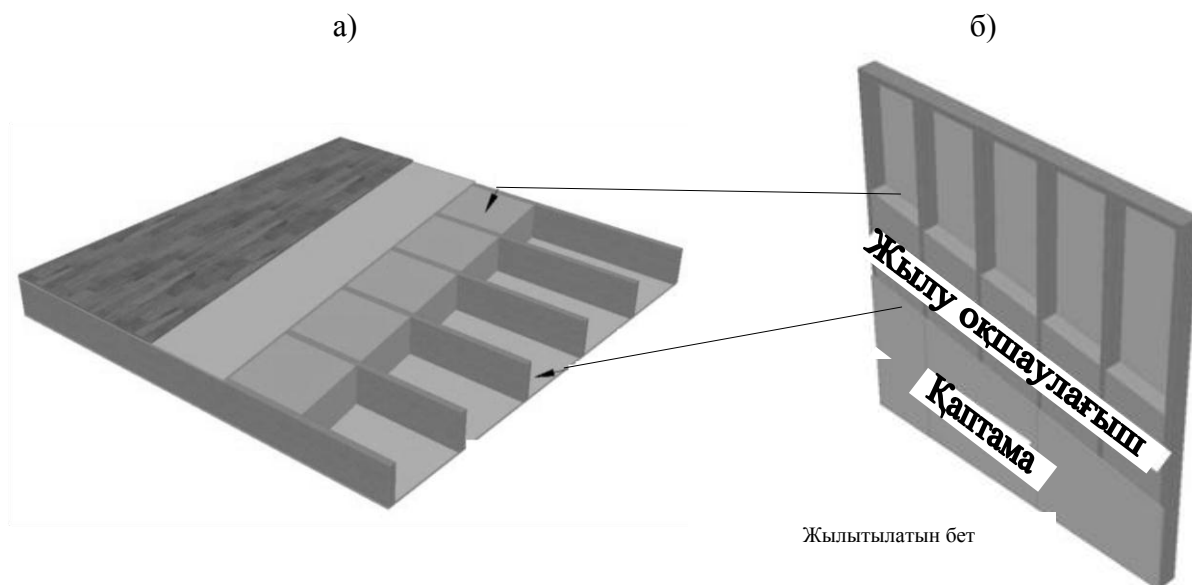
9 ҚАБЫРҒАЛАР МЕН АРАЖАБЫНДАРДЫ ЕСЕПТЕУ ӘДІСТЕРІ

9.1 Қуыстары минерал мақтадан немесе шыны талшықтан жасалған жылу оқшаулағышпен толтырылған қаңқа элементтері

9.1.1 Осы тарауда берілген ережелер көтергіш конструкциялардың (R функциясы) (мысалы, бағаналар, арқалықтар, бағандар), қоршау конструкцияларының (EI функциялары) (мысалы, аражабырғалар), сонымен қатар бір уақытта көтергіш және қоршау болып табылатын конструкциялардың (REI функциялары) (мысалы, аражабын плиталары) отқа төзімділік шегіне есептеу жүргізуге мүмкіндік береді. Ағаш конструкциялардың EI функциялары бойынша отқа төзімділік шектері 60 мин аспайтын мәндермен шектеледі.

9.1.2 Көтергіш конструкциялары (көтергіш қоршау конструкцияларын қоспағанда) екі және одан да көп жағынан бір уақытта өрт әсерін ескере отырып, есептеледі.

9.1.3 Қаңқа қабырғалар мен аражабындар әдетте 9.1-суретте көрсетілгендей қаптама табақтары арасында орналасқан бағандар (көтергіш арқалықтар) мен жылу оқшаулағыштардан тұрады.



9.1-сурет – Қаңқа элементтері: а - аражабын; б - қабырға

9.1.4 Өрт әсер ететін жағынан тақталармен қапталған ағаш қабырға және аражабын түріндегі қаңқа элементтерінің отқа төзімділік шегін бағалау (R функциясы) үшін келесі талаптарды орындауды тексеру қажет:

- ағаш қаңқаға өрт әсерінің есептік уақыты 60 минуттан аспайтындай етіп қабылданады;
- ішкі қуыстар минерал мақтадан немесе шыны талшықтан жасалған жылу оқшаулағыш материалмен толтырылған;
- қабырға бағандары мен арқалықтарын майыстыру кезінде тұрақтылықты жоғалтып алмау үшін жазықтықтағы аражабындар, ағаш қаңқалар қыздырылмайтын бетінен панельдермен немесе көлденең байланыстармен бекітілуі тиіс;

– қаптамалар аражабындарға максималды қалыңдығы 25 мм болат швеллерлермен бекітіледі, олар ағаш арқалықтарға перпендикуляр өтеді.

9.1.5 Қорғаныс қаптамасы қаңқаның өрт әсер ететін жағындағы элементтерінің бірінші және ең маңызды элементі болып табылады. Күю жылдамдығы қорғаныс қаптамалары әсерінің түрлі кезеңдеріне байланысты түрлі мәндерді қабылдайды. Қорғаныс қаптамасы өзінің функцияларын орындаған жағдайда күю жылдамдығы қорғалмаған конструкцияларға қарағанда біршама төмен. Қорғау қаптамасы термиялық бұзылғаннан кейін күю жылдамдығы біршама артады. Бұл 9.2-суретте айқын көрсетілген.



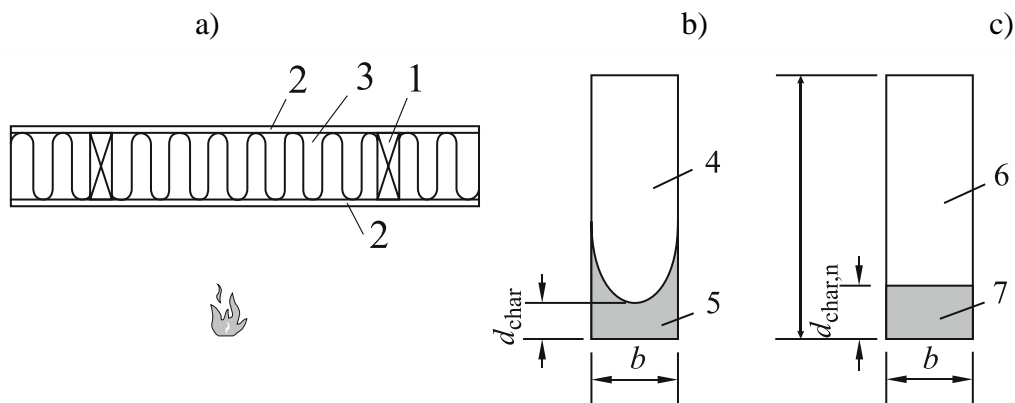
9.2-сурет – Өрт кезінде қаңқа элементтерін қорғау сатылары

9.1.6 ҚР ҚН EN 1995-1-2:2004/2011 берілген талаптар қуыстары минерал мақтамен не болмаса шыны мақтамен толтырылған қаңқа элементтеріндегі қорғаныс қаптамаларының әсер ету ұзақтығын анықтау әдістерін бекітпейді. Гипс-картонның түрлі типтерінен тұратын қаптамалардың істен шығу уақыты өндіруші зауыттың деректері бойынша белгіленеді немесе стандартты от сынақтары нәтижесінде анықталады.

9.1.7 EN 520 гипс-картонды табақтардың түрлі типтеріне қойылатын талаптарды бекітеді. Дегенмен EN 520 аталған табалардың күйе бастау уақытын анықтау үшін олардың өрт кезінде бүтін қаңқа құрамындағы әрекеттері туралы ақпарат қажет. Барлық қаңқа үшін жекелеген элементтер туралы мәліметтерді қолдануға болмайды (айтылған күй F типті отқа төзімді гипс-картонды табақтарға да қатысты).

9.1.8 EN 13162 минерал мақтаны дайындау технологиясына қойылатын талаптарды бекітеді және өрт кезінде осы материалдың әрекетін бағалауға мүмкіндік береді. [4] минерал мақта мен шыны мақтаның негізгі өрт қауіпі бар қасиеттері берілген. Өрт қауіпсіздігі тұрғысынан минерал мақта шыны мақтаға қарағанда ең жақсы қорғаныс қасиеттеріне ие. Қаңқа элементтерінің отқа төзімділік шегін есептеу кезінде жылу оқшаулау материалдары өздерінің қорғаныс қасиеттерін конструкциялардың ішіне бекітілген күйінде қалған кезге дейін орындайды деп саналады.

9.1.9 Ағаш конструкциялары кең беті бойынша қапталатын жылу оқшаулағышпен қорғалған кезде, егер оған өрт әсер ететін болса, күю тар жағынан жүреді. Дегенмен жылу оқшаулағыш арқылы жылу жіберуге байланысты ағаш конструкцияларының күюі де түпнұсқа көлденең қимадағы ($b \times h$) жұмырлану қабырғасының радиусын ұлғайта отырып, кең бетінен жүреді (9.3-сурет).



1 – бүтін ағаштан жасалған конструкция (бағана, арқалық); 2 – қаптама; 3 – жылу окшаулау;
 4 – кішірейтілген көлденең қима (шынайы көріністер); 5 – күйу тереңдігі (шынайы көріністер); 6 – шартты
 қалдық көлденең қима; 7 – шартты күйу тереңдігі
 а - ағаш қаңқа қимасы; б - шынайы көлденең қима және күйу тереңдігі;
 с - шартты көлденең қима және шартты күйу тереңдігі

9.3-сурет – Қаңқа ағаш элементтердің (бағандардың немесе арқалықтардың) күйуі

9.1.10 Ағаш қаңқа элементтердің шартты күйу тереңдігі
 ҚР ҚН EN 1995-1-2:2004/2011 (3.2) формуласы бойынша анықталады:

$$d_{char,n} = \beta_n \cdot t. \quad (9.1)$$

Минималды қима жағынан ағаш қаңқа элементтерінің β_n шартты күйу жылдамдығы
 ҚР ҚН EN 1995-1-2:2004/2011 (C.1)-(C.2) формулаларына сәйкес анықталады:

$$\beta_n = k_s \cdot k_p \cdot k_n \cdot \beta_0; \quad (9.2)$$

k_p коэффициенті келесі тәсілмен анықталады:

1) k_p коэффициенті $t_{ch} \leq t \leq t_f$ шартын орындаған кезде конструкцияны 2 фаза бойы қаптамамен қорғау әсерін есепке алады. Аталған фаза ішінде коэффициент $k_p = k_2$ тең етіп қабылданады, ал оның мәні келесі формула бойынша есептеледі:

– қаптамалар ажырап кеткен жерлерде немесе олардың бір қабатпен түйіскен жерлерінде ҚР ҚН EN 1995-1-2:2004/2011 (C.3) формуласы бойынша:

$$k_2 = 1,05 - 0,0073 \cdot h_p; \quad (9.3)$$

– түрді қабаттардың түйіскен жерлерінде (ішкі және сыртқы) (ҚР ҚН EN 1995-1-2:2004/2011 (C.4) формуласы):

$$k_2 = 0,86 - 0,0037 \cdot h_p, \quad (9.4)$$

мұнда h_p – қаптаманың барлық қабаттарының жалпы қалыңдығы, мм.

Ескертпе – (9.3) және (9.4) формулалары бойынша есептелетін k_2 коэффициенті өрт әсер ететін сыртқы қабат ретінде қолданылатын F типінің немесе F типі мен A типінің F типімен комбинациясының гипс-картонды табақтарынан тұратын қаптамалар үшін қолданылады.

2) $t_{ch} \geq t_f$ шартын орындаған кезде 3-фаза барысында k_p коэффициенті қаптаманың қалдық қорғанысын есепке алады және $k_p = k_3$ тең етіп қабылданады. Қуыстар минерал мақтамен толтырылған және көрсетілген жылу окшаулау қаптама өзінің қорғаныс қасиеттерін жоғалтқаннан кейін конструкцияда сақталып қалған жағдайларда k_3 қалдық қорғаныс коэффициенті [3] сәйкес келесі формулалар бойынша есептелуі тиіс:

$$k_3 = 1 + \frac{8}{75} \cdot t_f; \quad 0 \leq t_f \leq 15 \text{ мин шарты кезіне} \quad (9.5)$$

$$k_3 = 1,9 + \frac{7}{150} \cdot t_f; \quad 15 \leq t_f \leq 60 \text{ мин шарты кезіне} \quad (9.6)$$

мұнда t_f – қаптаманың қорғаныс әсерінің уақыты.

3) Қорғалмаған ағаш конструкциялары қолданылған жағдайда (қаптамасыз) k_3 коэффициентінің мәні $k_3 = 1$ тең етіп қабылданады.

9.1.11 (9.2) формулада берілген k_s коэффициенті конструкцияның көлденең қимасының енін есепке алады. Көлденең қиманың ені кішкентай болған кезде конструкция ішіндегі екі өлшемді жылу ағынының есебінен оның күйі жоғарылайды. Аталған коэффициенттің мәні (9.6) формула бойынша анықталады, ол [3] сәйкес d_{char} күй тереңдігі мен өрттің әсер ету t уақыты аралығындағы сызықтық тәуелділікті болжайды:

$$k_s = \begin{cases} 0,000167 \cdot b^2 - 0,029 \cdot b + 2,27 & 38 \text{ мм} \leq b \leq 90 \text{ мм шарты кезінде;} \\ 1 & b > 90 \text{ мм шарты кезінде.} \end{cases} \quad (9.7)$$

9.1.12 Белгілі бір енге ие ағаш элементтер үшін k_s көлденең қима коэффициентінің мәні ҚР ҚН EN 1995-1-2:2004/2011 сәйкес 9.1-кестеде берілген.

9.1-кесте – b еніне ие ағаш элементтердің k_s көлденең қимасы коэффициенттерінің мәні

Ағаш элементтің ені b , мм	k_s коэффициентінің мәні
38	1,4
45	1,3
60	1,1

9.1.13 k_n коэффициенті күйдің симметриялық емес тереңдігінен күйдің шартты тереңдігіне ауысу болып табылады (9.3b және 9.3c-суреттер). Аталған коэффициент өрттің әсер ету уақытына және көлденең қима қасиеттеріне (ауданға, қима кедергісінің моментіне, инерцияның осьтік моментіне) тәуелді. Коэффициент мәні $k_n = 1,5$ тең етіп қабылданады. Егер шартты күй тереңдігі қима кедергісінің бастапқы моментінен

40 % бен 20 % аралығындағы салыстырмалы кедергі кезінде анықталады (өрт әсерінің уақыты $t=0$ тең етіп қабылданады).

9.1.14 Өрт әсері жағдайларындағы ағаш қаңқа элементтерінің әрекетін бағалау кезінде минерал мақта мен шыны мақтадан жасалған жылу оқшаулау арасындағы принципиалды айырмашылық қаптама өзінің қорғаныс қасиеттерін жоғалтқанға дейін, яғни t_f уақыт интервалына дейін болмайды. Қаптама бұзылғаннан кейін дәстүрлі шыны мақта ыдырайды және ақырындап өзінің қорғаныс әсерін жоғалтады.

Егер минерал мақта ағаш қаңқаға бекітілген күйінде қалса, онда ол ағаш конструкцияны жылу оқшаулағыш жағынан қорғауды жалғастыра береді.

9.2 Гипс-картоннан жасалған қаптамалардың ағаштың күйіне әсер етуі

Ағаш конструкцияларын сынау жөніндегі деректер базасының негізінде [3] сәйкес түрлі типтегі қаптамалардың күйе бастау уақытын есептеу бойынша эмпирикалық теңдеулер алынған (9.2-кесте).

9.2-кесте – Ағаш конструкциясының қаптамасы ретінде қолданылатын түрлі типтегі гипс-картонды табақтардың t_{ch} күйе бастау уақыты

Қаптама типi	Қабырғалар		Аражабындар	
	Есептік формула	Шарт	Есептік формула	Шарт
A, F типі бір қабат	$t_{ch} = 1,8 \cdot h_p - 7$ (9.8)	$9 \text{ мм} \leq h_p \leq 18 \text{ мм}$	$t_{ch} = 1,8 \cdot h_p - 7$ (9.8)	$9 \text{ мм} \leq h_p \leq 18 \text{ мм}$
	$t_{ch} = 25,5$ (9.9)	$h_p > 18 \text{ мм}$	$t_{ch} = 25,5$ (9.9)	$h_p > 18 \text{ мм}$
F типі екі қабат	$\min = \begin{cases} 2,1 \cdot h_{p,tot} - 7 \\ 3,5 \cdot h_p + 7 \end{cases}$ (9.10)	$25 \text{ мм} \leq h_{p,tot} \leq 31 \text{ мм}$	$\min = \begin{cases} 2,1 \cdot h_{p,tot} - 7 \\ 4 \cdot h_p - 14 \end{cases}$ (9.12)	$25 \text{ мм} \leq h_{p,tot} \leq 31 \text{ мм}$
$F+$ типі A типі екі қабат		$9 \text{ мм} \leq h_p \leq 18 \text{ мм}$		$9 \text{ мм} \leq h_p \leq 18 \text{ мм}$
A типі екі қабат		$18 \text{ мм} \leq h_{p,tot} \leq 31 \text{ мм}$		$18 \text{ мм} \leq h_{p,tot} \leq 31 \text{ мм}$
	$\min = \begin{cases} 2,1 \cdot h_{p,tot} - 7 \\ 1,6 \cdot h_p + 13 \end{cases}$ (9.11)	$9 \text{ мм} \leq h_p \leq 18 \text{ мм}$	$\min = \begin{cases} 2,1 \cdot h_{p,tot} - 7 \\ 1,6 \cdot h_p + 11 \end{cases}$ (9.13)	$9 \text{ мм} \leq h_p \leq 18 \text{ мм}$

9.3 Шыны талшықтан жасалған жылу оқшаулағышы бар ағаш қаңқа қабырғаларды жобалау

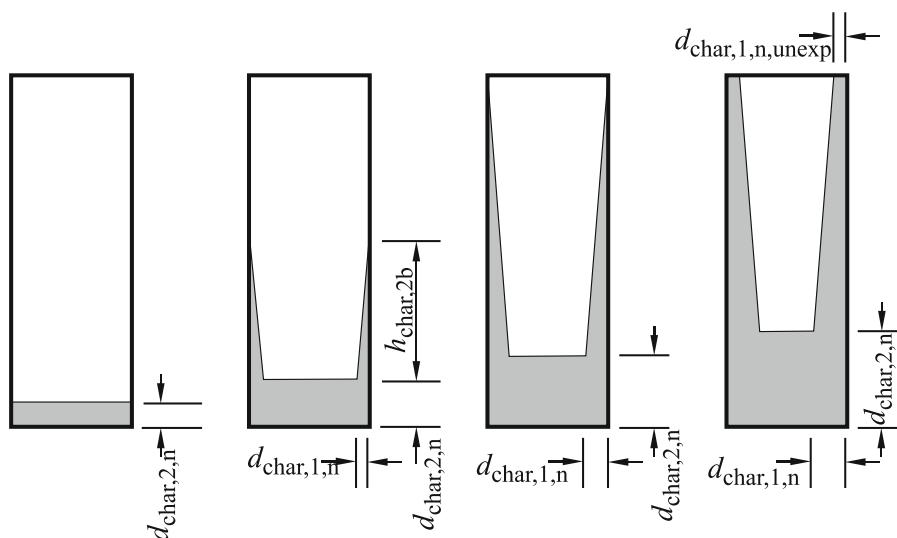
9.3.1 Қаптамалар өздерінің қорғаныс қасиеттерін жоғалтқанға дейін жылу оқшаулағыш әрекетін қарастыра отырып (7.10-суреттегі $t \leq t_f$ кезіндегі қорғаныс фазасы), минералды мақта, сондайақ шыны мақта өздерінің жылу оқшаулағыш қасиеттерін шамамен бірдей көрсетеді. Дегенмен, қаптама бұзылған кезде жылу оқшаулағышқа өрт тікелей әсер етеді ($t > t_f$ кезіндегі 3-фаза), шыны мақтадан жасалған оқшаулағыш өрт әсер етпейтін ағаш беттерге арналған қорғаныс қасиеттерін ақырын жоғалта отырып, ыдырайды. Минерал мақта, ол қаңқа қабырғалардың қуыстарына бекітілген күйінде қалады деген шартпен, өрт әсер етпейтін ағаш элементтерді қорғауды жалғастыра береді.

9.3.2 Нәтижелері [3–4] берілген заттай от сынақтары нәтижесінде шыны мақтадан жасалған жылу оқшаулағышқа өрттің тікелей әсерінен, ол істен шыққанға дейін белгілі бір уақыт интервалы өтеді.

Сонымен қатар ағаш қаңқаларды есептеу кезінде [3] сәйкес 3-фазаны есепке алуға рұқсат етіледі. Аталған фазаны есепке алу кезінде келесі рұқсаттар қабылданады: минерал мақтадан жасалған жылу оқшаулау көлденең ағаш рейкалардың немесе металл профильдердің көмегімен әрқашан бекітілген күйінде қалады.

9.3.3 Қаңқа қабырғалар мен жабындарға жасалған [3] сынақтарының нәтижесінде шыны мақтадан жасалған жылу оқшаулағыш қалыңдығын азайту 15 мм/мин - пен 28 мм/мин аралығындағы жылдамдықпен жүреді. Қаңқа конструкцияларды жобалау сатысында жылу оқшаулағыш енін кішірейту жылдамдығын $v_{\text{rec,gw}} = 30$ мм/минтең беріктік қорын есепке ала отырып қабылдау қажет.

9.3.4 Қиманың әртүрлі биіктігі бойынша күйе бастау уақытының түрлі мәндері салдарынан шартты көлденең қиманың формасы трапеция тәрізді ретінде қарастырылады. Ағаш құрылыс конструкцияларын есептеудің аталған моделі 9.4-суретте көрсетілген.



a - $t_{\text{ch}} \leq t \leq t_{\text{f}}$ шарты кезінде қаптама өзінің қорғаныс қасиеттерін жоғалтқанға дейін ағаш конструкциясының бір жақты күйі

b - $t_{\text{f}} \leq t \leq t_{\text{f,ins}}$ шарты кезінде шыны мақтадан жасалған жылу оқшаулағыштың бұзылуы барысында ағаш конструкциясының үш жақты күйі;

c - $t = t_{\text{f,ins}}$ шарты кезінде минерал мақтадан жасалған жылу оқшаулағыштың толығымен бұзылуы сәтіндегі ағаш конструкциясының үш жақты күйі;

d - $t \geq t_{\text{f,ins}}$ шарты кезінде минерал мақтадан жасалған жылу оқшаулағыш бұзылғаннан кейін ағаш конструкциясының үш жақты күйі.

9.4-сурет – Ағаш конструкциясының күйе сатысының суреттемесі

9.3.5 Заттай от сынақтары негізінде [3] алынған күйе тереңдігін есептеу бойынша эмпирикалық теңдеулер 9.3-кестеде берілген.

9.3-кесте – Күюдің түрлі сатыларында ағаш конструкциясының күю тереңдігін есептеу жөніндегі формулалар

Күю фаза-сы	Уақыт кезеңі	Күю тереңдігі			
		$d_{char,2,n}$	$d_{char,1,n}$	$d_{char,1,unexp}$	$d_{hchar,3}$
2	$t_{ch} \leq t \leq t_f$	$k_2 \cdot k_s \cdot k_n \cdot \beta_0 \cdot (t_f - t_{ch})$ (9.1 4)	–	–	–
3	$t_f \leq t \leq t_{f,ins}$	$k_2 \cdot k_s \cdot k_n \cdot \beta_0 \cdot (t_f - t_{ch}) +$ (9.1 5)	$k_3 \cdot \beta_0 \cdot (t - t_f)$ (9.1 6)	–	–
3	$t \geq t_{f,ins}$	$+ k_3 \cdot \beta_n \cdot (t - t_f)$ (9.1 8)		$k_3 \cdot \beta_0 \cdot (t - t_f)$ (9.17)	$v_{rec,ins} \cdot (t - t_f)$ (9.1 8)

9.3.6 Жылу оқшаулағыштың өзінің қорғаныс қасиеттерін жоғалту уақыты [4] деректері бойынша келесі формула бойынша анықталады:

$$t_{f,ins} = t_f + \frac{h}{v_{rec,ins}}, \quad (9.19)$$

мұнда $v_{rec,ins}$ – жылу оқшаулағыш енін кішірейту жылдамдығы (шыны мақтадан жасалған жылу оқшаулағыш үшін $v_{rec,ins} = 30$ мм/мин);

h – көлденең қима биіктігі;

k_2 – конструкцияны қаптамамен қорғау әсерін есепке алатын коэффициент осы құралдың (9.3) және (9.4) формулалары бойынша анықталады;

k_3 – қаптаманың қалдық қорғанысын есепке алатын коэффициент осы құралдың (9.5) және (9.6) формулалары бойынша анықталады;

k_s – осы құралдың (9.7) формуласы бойынша анықталатын көлденең қима коэффициенті;

k_n – симметриялық емес күю тереңдігінен шартты күю тереңдігіне ауыстыру коэффициенті.

9.3.7 Егер жылу оқшаулағыш толығымен бұзылғанға дейін оның қатпарлану қауіпі туындаса, онда [4] зерттеуге сәйкес $t_{f,ins}$ уақыт келесі тәсілмен анықталады:

$$t_{f,ins} = t_f. \quad (9.20)$$

1-МЫСАЛ

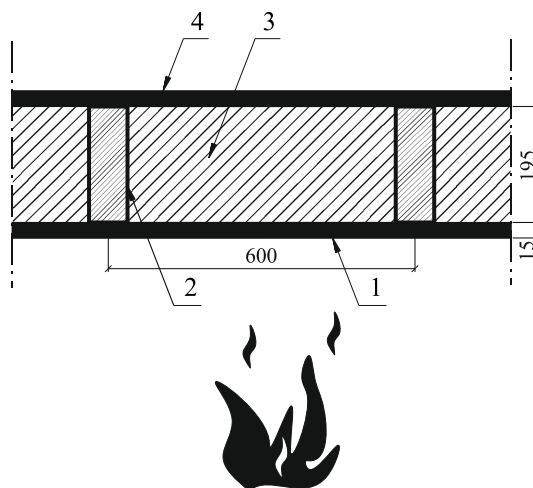
Берілгені: Өлшемі 45×195 мм ағаш арқалықтардан, 600 мм қадаммен орналасқан Арқалықтардан тұратын ұзындығы 3000 мм ағаш жабын. Ағаш беріктігінің класы құралдың А қосымшасына сәйкес С24 құрайды. Қуыстар толығымен шыны мақтадан жасалған жылу оқшаулағышпен толтырылған. Өрт әсер ететін жағындағы қаптама қалыңдығы 15 мм F типті гипс-картонның бір қабатынан тұрады. Қыздырылмайтын бетіндегі қаптама ағаш тақтаның бір қабатынан жасалған. Гипс-картонды табакты арқалыққа өрт әсер ететін жағынан бекіту ұзындығы $l_f = 35$ мм құрайтын бұрандалар көмегімен жүзеге асырылады.

Талап етіледі:

30 минутқа созылған өрт әсері кезінде қуыстары шыны мақтадан жасалған жылу оқшаулағышпен толтырылған жабын арқалықтарының максималды жүктемесін анықтау (R_{30} төмен емес отқа төзімділік шегі үшін).

Есептеу:

Өрттің аражабынға әсер ету сызбасы 9.5-суретте көрсетілген.



1 – қалыңдығы 15 мм F типті гипс-картоннан жасалған қаптама; 2 – 45×195 мм ағаш арқалықтар; 3 – шыны мақтадан жасалған жылу оқшаулағыш; 4 – ағаш панельдерден жасалған қаптама

9.5-сурет – Қаңқа жабынның көлденең қимасы

Қаптамалардың күйін есептеу

Күйе бастау уақыты (9.8) формула бойынша анықталады:

$$t_{ch} = 1,8 \cdot h_p - 7 = 1,8 \times 15 - 7 = 20 \text{ мин.}$$

Жылу әсері салдарынан қаптаманың бұзылу уақыты (7.36) формула бойынша анықталады:

$$t_f = h_p + 10 = 15 + 10 = 25 \text{ мин.}$$

Бекітпе элементтердің істен шығуы салдарынан қаптаманың бұзылу уақыты (7.48) формула бойынша анықталады:

$$t_f = t_{ch} + \frac{l_f - l_{a,\min} - h_p}{k_s \cdot k_2 \cdot k_n \cdot k_j \cdot \beta_0} = 20 + \frac{35 - 10 - 15}{1,3 \times 0,94 \times 1,5 \times 1 \times 0,65} = 28,4 \text{ мин} > 25 \text{ мин.}$$

Ағаш арқалықтардың күйін есептеу

Жылу оқшаулағыштың істен шығу уақыты (9.19) формула бойынша анықталады:

$$t_{f,ins} = t_f + \frac{h}{v_{rec,ins}} = 25 + \frac{195}{30} = 31 \text{ мин.}$$

Жылу оқшаулағыштың бар-жоғын есепке алатын коэффициент (9.3) формула бойынша анықталады:

$$k_2 = 1,05 - 0,0073 \cdot h_p = k_2 = 1,05 - 0,0073 \times 15 = 0,94.$$

Қаптаманың қалдық қорғанысын есепке алатын коэффициент (9.6) формула бойынша анықталады:

$$k_3 = 1,9 + \frac{7}{150} \cdot t_f = 1,9 + \frac{7}{150} \times 25 = 3,1.$$

Көлденең қима коэффициенті құралдың 8.5-кестесіне сәйкес $k_s = 1,3$ тең етіп қабылданады. Симметриялық емес қалдық көлденең қиманы шартты тік бұрышты көлденең қимаға ауыстыру коэффициенті $k_n = 1,5$ тең қабылданады.

Бір жақты күй жылдамдығы $\beta_0 = 0,65$ мм/мин тең қабылданады, ал шартты күй жылдамдығы – осы құралдың 7.1-кестесіне сәйкес $\beta_n = 0,80$ мм/мин.

Өрттің әсер етуінің 30-минутында шартты күй тереңдігі (9.15) формула бойынша есептеледі:

$$d_{\text{char},2,n} = k_2 \cdot k_s \cdot k_n \cdot \beta_0 (t_f - t_{\text{ch}}) + k_3 \cdot \beta_n \cdot (t - t_f) = \\ = 0,94 \times 1,3 \times 1,5 \times 0,65 \times (25 - 20) + 3,1 \times 0,8 \times (30 - 25) = 18,4 \text{ мм}.$$

$t = t_{\text{ins}}$ уақыт моментіндегі кең беттің күй тереңдігі (9.16) формула бойынша есептеледі:

$$d_{\text{char},1,n} = k_3 \cdot \beta_0 \cdot \left(t - t_f - 0,3 \cdot \frac{h}{v_{\text{rec},\text{ins}}} \right) = 3,1 \times 0,65 \times \left(31 - 25 - 0,3 \times \frac{190}{30} \right) = 8,26 \text{ мм}.$$

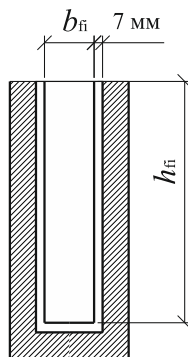
Сызықтық интерполяция әдісімен 30 минуттық уақыт моментіндегі күй анықталады:

$$\frac{t - t_f}{t_{f,\text{ins}} - t_f} \cdot d_{\text{char},1,n,t,f,\text{ins}} = \frac{30 - 25}{31 - 25} \times 8,26 = 6,9 \text{ мм}.$$

Конструкцияның беріктігін одан ары талдау үшін тиімді көлденең қима анықталады. Осы құралдың 8.2.1-тармағының талаптарына сәйкес беріктігі нөлге тең қылып алынатын қабат қалыңдығы $d_0 = 7$ мм құрайды.

Арқалықтардың кішірейтілген көлденең қималарының өлшемдері төмендегіні құрайды (9.6-сурет):

$$b_{\text{fi}} = 45 - 2 \times (6,9 + 7) = 17,2 \text{ мм}; \\ h_{\text{fi}} = 195 - (18,4 + 7) = 169,6 \text{ мм}.$$



9.6-сурет – Шартты көлденең қима

Майыстыру кезіндегі беріктіктің есептік мәні (6.1) формула бойынша анықталады:

$$f_{d,fi} = k_{\text{mod},fi} \cdot \frac{f_{20}}{\gamma_{M,fi}} = 1 \times \frac{30}{1} = 30 \text{ Н/мм}^2,$$

мұнда $f_{20} = k_{fi} \cdot f_{m,k} = 1,25 \times 24 = 30 \text{ Н/мм}^2$;

$$k_{fi}=1,25;$$

$$k_{mod,fi} = 1,0;$$

$$\gamma_{M,fi} = 1,0.$$

Қалдық көлденең қима кедергісінің моменті төмендегіге тең:

$$W_{fi} = \frac{17,2 \times 169,6^2}{6} = 82457 \text{ мм}^3.$$

Максималды иілу моменті төмендегіге тең:

$$M_{max} = W_{fi} \cdot f_{m,d,fi} = 82457 \times 30 = 2,47 \times 10^6 \text{ Н·мм} = 2,47 \text{ кН·м}.$$

Ұзындық бірлігіне максималды жүктеме (конструкцияның жеке салмағын қоса алғанда) келесіні құрайды:

$$q = \frac{8 \cdot M}{L^2} = \frac{8 \times 2,47}{3,0^2} = 2,2 \text{ кН/м}.$$

Қорытынды: аражабындардың ағаш арқалықтарының R көтергіш функциясы 30 минутқа созылған өрт әсері кезінде, қаптаманың 25 минут бойы қорғаныс әсерінің уақытын есепке ала отырып, жеке салмағын қоса алғанда 2,2 кН/м құрайды.

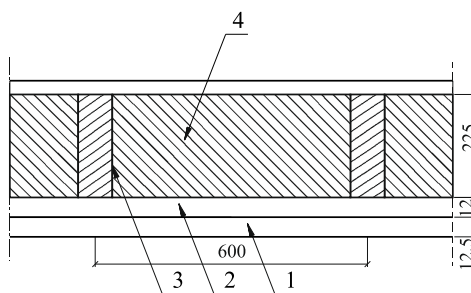
2-МЫСАЛ

Берілгені: Биіктігі 2800 мм ағаш қаңқа қабырға. Ағаш бағандар көлденең қиманың келесі өлшемдеріне ие: 95 × 225 мм. Ағаштың беріктік класы құралдың А қосымшасына сәйкес С21 құрайды. Қуыстар толығымен шыны мақтадан жасалған жылу оқшаулағышпен толтырылған. Өрт әсер ететін жағындағы қаптама EN 520 бойынша қалыңдығы 12,5 мм А типті гипс-картонды табақтың бір қабатынан және EN 309 бойынша қалыңдығы 12 мм және тығыздығы 550 кг/м³ ағаш-жоңқалы тақтадан тұрады. Қыздырылмайтын бетіндегі қаптама ағаш тақталардың бір қабатынан жасалған. Гипс-картонды табактарды арқалықтарға өрт әсер ететін жағынан бекіту ұзындығы $l_f = 51$ мм құрайтын бұрамалар көмегімен жүзеге асырылады. Инерцияның осьтік моменті $I_{fi} = 31,39 \times 10^6 \text{ мм}^4$ тең.

Талап етіледі: 60 минут бойы өрт әсері кезінде қуыстары шыны мақтамен толтырылған қаңқа қабырғаның ағаш бағандарының көтергіш қабілетін анықтау (R60 төмен емес отқа төзімділік шегі үшін).

Есептеу:

Өрттің қабырғаға әсерінің сызбасы 9.7-суретте көрсетілген.



- 1 – қалыңдығы 12,5 мм А типті гипс-картонды табақтан жасалған қаптама;
 2 – қалыңдығы 12 мм ағаш-жаңқалы тақта;
 3 – 92 × 225 мм ағаш бағандар;
 4 – шыны мақтадан жасалған жылу оқшаулағыш.

9.7-сурет – Қаңқа қабырғаның көлденең қимасы

Күйе бастау уақыты (9.8) формула бойынша анықталады:

$$t_{ch} = 1,8 \cdot h_p - 7 = 1,8 \times 12,5 - 7 = 15,5 \text{ мин.}$$

Жылу әсері салдарынан қаптаманың бұзылу уақыты (7.30) формула бойынша анықталады:

$$t_f = 1,9 \cdot h_p - 7 = 1,9 \times 12,5 - 7 = 16,7 \text{ мин.}$$

Ағаш-жаңқалы тақтаның күйі

Ағаш-жаңқалы тақтаның тығыздығы мен қалыңдығын есепке ала отырып, оған арналған күйе жылдамдығы (7.9) формула бойынша анықталады:

$$\beta_{0,p,t} = \beta_0 \cdot k_0 \cdot k = \beta_0 \cdot \sqrt{\frac{450}{\rho_k}} \cdot \sqrt{\frac{20}{h_p}} = 0,9 \times \sqrt{\frac{450}{550}} \times \sqrt{\frac{20}{12}} = 1,05 \text{ мм/мин,}$$

мұнда, $\beta_0 = 0,9$ мм/мин – осы құралдың 7.1-кестесіне сәйкес қабылданған ағаш-жаңқалы тақталардың күйінің бір жақты жылдамдығының есептік мәні;

$\rho_k = 550 \text{ кг/м}^3$ – тақтаның сипаттамалық тығыздығы;

$h_p = 12 \text{ мм}$ – тақтаның қалыңдығы.

$15,5 \text{ мин} \leq t \leq 16,7 \text{ мин}$ уақыт интервалындағы ағаш-жаңқалы тақтаның күйе жылдамдығы келесіні құрайды:

$$\beta_{pb} = k_2 \cdot \beta_{0,p,t} = 0,78 \times 1,05 = 0,82 \text{ мм/мин,}$$

мұнда (7.13) формула бойынша анықталатын k_2 коэффициенті төмендегіге тең болады:

$$k_2 = 1 - 0,018 \cdot h_p = 1 - 0,018 \times 12,5 = 0,78.$$

$t > 16,7 \text{ мин}$ өрт әсері кезінде ағаш-жаңқалы тақтаның күйе жылдамдығы төмендегіні құрайды:

$$\beta_{pb} = k_3 \cdot \beta_{0,p,l} = 2 \times 1,05 = 2,1 \text{ мм/мин},$$

мұнда $k_3 = 2$ – осы құралдың 7.4.5-тармағына сәйкес қабылданатын қалдық қорғаныс коэффициенті.

Қаптаманың бұзылу уақыты (А типті гипс-картонды табақ және ағаш-жоңқалы тақталар) мен ағаш бағандардың күйе бастау уақыты (7.16) формула бойынша есептеледі:

$$t_f = \frac{h_p}{\beta_0} - 4 = 15,5 + 1,2 + \frac{12,5 - 1}{2,1} - 4 = 18,2 \text{ мин},$$

мұнда, $d_{char} = 1,2 \times 0,82 = 1,0$ мм – қорғаныс фазасы барысындағы күйе тереңдігі.

Жылу окшаулағыштың істен шығу уақыты (9.19) формула бойынша анықталады:

$$t_{f,ins} = t_f + \frac{h}{v_{rec,ins}} = 18,2 + \frac{225}{30} = 25,7 \text{ мин}.$$

Қаптаманың қалдық қорғанысын есепке алатын коэффициент (9.6) формула бойынша анықталады:

$$k_3 = 1,9 + \frac{7}{150} \cdot t_f = 1,9 + \frac{7}{150} \times 18,2 = 2,7.$$

8.5-кестеге сәйкес көлденең қима коэффициенті $k_s = 1,3$ тең қабылданады.

Бір жақты күйе жылдамдығы $\beta_0 = 0,65$ мм/мин тең қабылданады, ал шартты күйе жылдамдығы – осы құралдың 7.1-кестесіне сәйкес $\beta_n = 0,80$ мм/мин.

Өрт әсерінің 30-минутындағы шартты күйе тереңдігі (9.16) формула бойынша есептеледі:

$$d_{char,2,n} = k_3 \cdot \beta_n \cdot (t - t_f) = 2,7 \times 0,8 \times (30 - 18,2) = 25,5 \text{ мм}.$$

Кең бетінің күйе тереңдігі (9.18) формула бойынша есептеледі:

$$d_{char,1,n} = k_3 \cdot \beta_0 \cdot \left(t - t_f - 0,5 \cdot \frac{h}{v_{rec,ins}} \right) = 2,7 \times 0,65 \times \left(30 - 25,7 - 0,5 \times \frac{225}{30} \right) = 14,1 \text{ мм}.$$

Конструкцияның беріктігін одан ары талдау үшін тиімді көлденең қима анықталады. Осы құралдың 8.2.1-тармағының талаптарына сәйкес беріктігі нөлге тең қылып алынатын қабат қалыңдығы $d_0 = 7$ мм құрайды.

Бағандардың кішірейтілген көлденең қималарының өлшемдері төмендегіні құрайды:

$$b_{fi} = 95 - 2 \times (14,1 + 7) = 52,8 \text{ мм};$$

$$h_{fi} = 225 - (25,5 + 7) = 192,5 \text{ мм}.$$

Кішірейтілген көлденең қима ауданы төмендегіні құрайды:

$$A_{fi} = b_{fi} \cdot h_{fi} = 52,8 \times 192,5 = 10164 \text{ мм}^2.$$

Иілу кезіндегі беріктіктің есептік мәні (6.1) формула бойынша анықталады:

$$f_{d,fi} = k_{mod,fi} \cdot \frac{f_{20}}{\gamma_{M,fi}} = 1,0 \times \frac{26,3}{1,0} = 26,3 \text{ Н/мм}^2,$$

мұнда $f_{20} = k_{fi} \cdot f_{m,k} = 1,25 \times 21 = 26,3 \text{ Н/мм}^2$;

$k_{fi} = 1,25$;

$k_{mod,fi} = 1,0$;

$\gamma_{M,fi} = 1,0$.

Қабырғаның сыртқы жазықтығының иілуі ғана қарастырылады. Ішкі иілу салдарынан тұрақтылықты жоғалтудың алдын алу үшін конструкцияның қыздырылатын бетінен ағаш-жаңқалы тақталар қолданылады.

Бағандардың есептік ұзындығы келесі тәсілмен анықталады:

$$l_y = 0,7 \cdot l = 0,7 \times 2,8 = 1,96 \text{ м},$$

мұнда l – баған ұзындығы;

ҚР ҚН EN 1995-1-1:2008/2011 сәйкес келесі Формула бойынша бағандардың иілгіштігінің коэффициенті анықталады:

$$\lambda = \frac{l_y}{i} = \frac{1960}{55,6} = 35,3$$

мұнда i – келесі формула бойынша анықталатын инерция радиусі:

$$i = \sqrt{\frac{I_{fi}}{A_{fi}}} = \sqrt{\frac{31,39 \times 10^6}{10164}} = 55,6 \text{ мм}.$$

ҚР ҚН EN 1995-1-1:2008/2011 сәйкес иілгіштіктің салыстырмалы коэффициенті төмендегіге тең қабылданады:

$$\lambda_{rel,y} = \frac{\lambda_y}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{c,0,k}}{E_{0,05}}} = \frac{35,3}{3,14} \times \sqrt{\frac{26,3}{7400}} = 0,67,$$

мұнда, $E_{0,05}$ – талшықтар бойындағы серпімділік модулінің 5 %-дық мәні.

Көлденең иілу коэффициенті ҚР ҚН EN 1995-1-1:2008/2011 сәйкес келесі тәсілмен есептеледі:

$$k_{c,y} = \frac{1}{k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{rel,y}^2}} = \frac{1}{0,76 + \sqrt{0,76^2 - 0,67^2}} = 0,89,$$

мұнда, $k_y = 0,5 \cdot (1 + \beta_c \cdot (\lambda_{rel,y} - 0,3) + \lambda_{rel,y}^2) = 0,5 \cdot (1 + 0,2 \cdot (0,67 - 0,3) + 0,67^2) = 0,76$,

$\beta_c = 0,2$ – тік сызық коэффициенті (бүтін ағаш үшін).

Бір бағанның осьтік жүктемеге кедергісінің есептік мәні келесі тәсілмен анықталады:

$$N_{d,fi} = A_{fi} \cdot k_{c,y} \cdot f_{c,d,fi} = 10164 \times 0,89 \times 26,3 = 237908 \text{ Н} = 238 \text{ кН}.$$

Қорытынды: R60 төмен емес отқа төзімділік шегі үшін ағаш бағанның көтергіш қабілеті 238 кН құрайды.

10 ҚОСЫЛЫСТАР

10.1 Ағаш құрылыс конструкцияларының шеге, бұранда, сына, бұрама, тегіс сақиналы және пластинкалы кілтек, тісті бекітпе бұйымдар сияқты металл бекітпе элементтері өрт кезіндегі температуралық әсерден отқа төзімділіктің талап етілген шегін қамтамасыз ететін қорғанысқа ие болуы тиіс. Металл бекітпе элементтермен байланыстырылған конструкциялардың отқа төзімділік шегі 60 минуттан аспауы тиіс.

10.2 10.1-кестеде ағаш құрылыс конструкцияларының қорғалмаған қосылыстарының отқа төзімділік шектері берілген. 10.1-кестеде келтірілген байланыстыру элементтерінің өлшемдеріне қойылатын талаптар (бұйымдар арасындағы интервал, бүйірлер арасындағы және конструкция шектері арасындағы қашықтық) ҚР ҚН EN 1995-1-1:2008/2011 берілген.

10.1-кесте – Бүйір беттегі ағаш элементтердің қорғалмаған қосылыстарының отқа төзімділік шегі

Бекітпе бұйымдар	Отқа төзімділік шегі $t_{fi,d}$, мин	Шарт ¹
Шегелер	15	$d \geq 2,8$ мм
Бұрамалар	15	$d \geq 3,5$ мм
Бұрандалар	15	$t_1 \geq 45$ мм
Сыналар	20	$t_1 \geq 45$ мм
EN 912 сәйкес біріктіру элементтерінің топтары: – А тобы сақиналы қосылыстар; – В тобы пластинкалы қосылыстар; – С тобы тісті-сақиналы кілтек қосылыстары; – D тобы басқа да біріктіру элементтері	15	$t_1 \geq 45$ мм
d – бекітпе бұйымның диаметрі, t_1 – бүйір бетінің қалыңдығы		

10.3 Бастиектері конструкция жазықтығынан шықпайтын сыналар, шегелер немесе бұрамалар сияқты бекітпе бұйымдармен байланыстырылған қосылыстардың отқа төзімділік шегі келесі өлшемдерді a_{fi} мәніне көбейткен кезде 10.1-кестеде берілген мәндермен салыстырғанда 30 минутқа дейін ұлғайтыла алады: бүйір элементінің қалыңдығы; бүйір элементтің ені; бекітпе бұйымдардан конструкция шегіне дейінгі қашықтық.

a_{fi} параметрінің мәні (10.1-сурет) ҚР ҚН EN 1995-1-2:2004/2011 (6.1) формуласы бойынша анықталады:

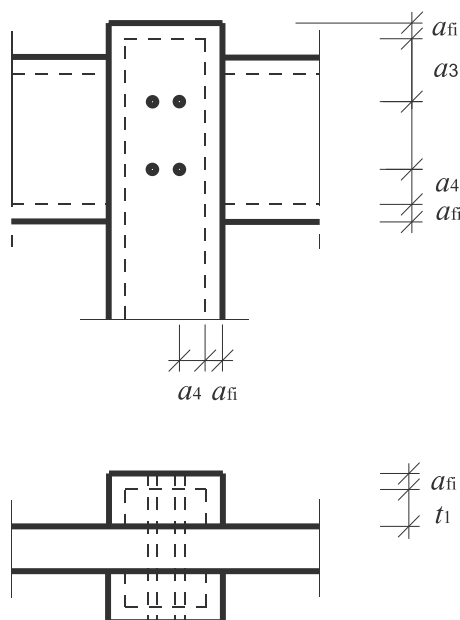
$$a_{fi} = \beta_n \cdot k_{flux} \cdot (t_{fi,req} - t_{fi,d}), \quad (10.1)$$

мұнда β – 7.1-кестеге сәйкес ағаш құрылыс конструкциясының күй жылдамдығы;

$k_{flux} = 1,5$ – қосылыстардың жылу ағынын есепке алатын коэффициент;

$t_{fi,req}$ – отқа төзімділіктің талап етілетін шегі (өрттің әсер ету уақыты);

$t_{fi,d}$ – 10.1-кестеге сәйкес қорғалмаған қосылыстың отқа төзімділік шегі.



10.1-сурет – Бекітпе бұйымдардың отқа төзімділік шегін ұлғайтуға арналған a_{fi} қашықтықты анықтау сызбасы

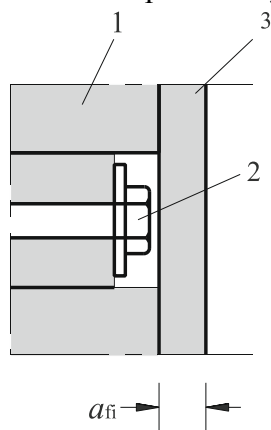
10.4 Біріктіру элементтері қаптамаларды құрылыс конструкцияларына сенімді бекітуді қамтамасыз етуі және оның уақытынан бұрын бұзылуының алдын алуы керек. Ағаш тақталар мен гипс-картонды табақтардан жасалған қосымша қаптамалар конструкция күйе бастағанға дейін бұзылмауы тиіс. *F* типті гипс-картонды табақтардан жасалған қосымша сыртқы қаптамалар конструкцияның отқа төзімділігінің талап етілетін шегі ішінде бұзылмауы тиіс.

10.5 [6.2.1.2(5)] Бұрандалы қосылыстарда бұранданың бастиегі қосымша қорғалуы тиіс, қорғаныс қалыңдығы a_{fi} құрауы тиіс, 10.2-сурет.

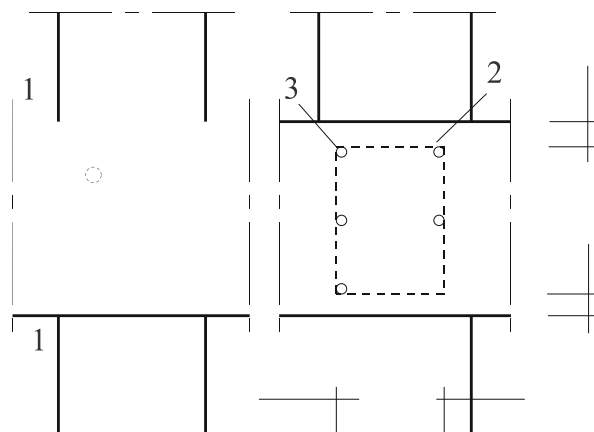
10.6 Қосымша қаптаманы шегелермен немесе шуруптармен бекіту кезінде келесі талаптарды сақтау қажет:

– бекітпе бұйымдар арасындағы қашықтық тақтаның жиегін бойлай 100 мм артық және ішкі бекітпе бұйымдар арасында 300 мм артық болмауы тиіс;

– конструкция сыртынан шеткі бекітпе бұйымдарға дейінгі қашықтық (10.1) формула бойынша есептелген a_{fi} тең немесе артық болуы керек, 10.3-сурет.



10.2-сурет – Бұrandаның бастиегін қорғау мысалы



- 1 – жабыстырылған ағаш бітеме; 2 – қаптамалармен қосымша қорғау;
3 – қосымша қорғаныс қаптамасын бекітуді қамтамасыз ететін бекітпе бұйымдар

10.3-сурет – Ағаш бітемелер, ағаш тақталар немесе гипс-катонды табақтар жабыстырылған бекітпе бұйымдарды қосымша қорғау

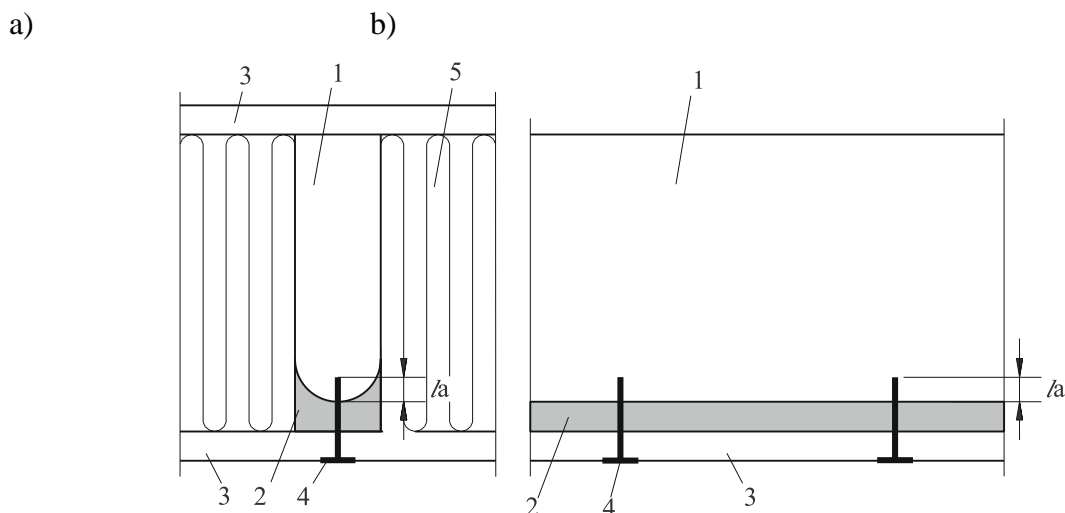
10.7 Ағаштан, ағаш тақтадан немесе A немесе H типті гипс-картонды табақтардан жасалған қосымша қаптаманы бекіту кезінде бекітпе бұйымдарды қыстыру тереңдігі $6d$ кем болмауы тиіс, мұнда d – бекітпе бұйымның диаметрі. F типті гипс-картонды табақтар үшін бекітпе бұйымдарды күймеген ағашқа қыстыру ұзындығы (күю шегінен тыс) 10 мм кем болмауы тиіс (10.4-сурет).

10.8 Ағаштың бетіне шығып тұратын, қалыңдығы 2 мм тең немесе одан артық ішкі болат пластиналармен байланысқан қосылыстардың отқа төзімділік шегін анықтау кезінде b_{st} пластина ені 10.2-кестеде келтірілген мәндерге сәйкес келуі тиіс.

10.9 Ені байланыстырылатын ағаш конструкциялардың еніне қарағанда кіші болат пластиналар келесі жағдайларда қорғалғандар ретінде қарастырыла алады (10.5-сурет):

– егер пластиналардың отқа төзімділік шегі 3 мм артық емес, d_g конструкциялар арасындағы саңылау тереңдігі 20 мм артық болған кезде 30 минутты құраса, саңылау тереңдігі 60 мм артық болған кезде отқа төзімділік шегі 60 минутқа тең;

– егер қалыңдығы 10 мм асатын желімделген жолақтары немесе қорғайтын ағаш тақталары бар қосылыстардың отқа төзімділік шегі 30 минутты құраса, жолақтардың тереңдігі немесе тақталардың қалыңдығы 30 мм артық болмаған кезде отқа төзімділік шегі 60 минутты құрайды.



1 – күймеген ағаш; 2 – күйген қабат; 3 – қаптама; 4 – бекітпе бұйым; 5 – жылу оқшаулау

а – Оқшауланған қуыстары бар ағаш қаңқа; б – Бүтін ағаш конструкциялар

10.4-сурет – Бекітпе бұйымдарды күймеген ағашқа қыстырудың l_a тереңдігін анықтау мысалдары

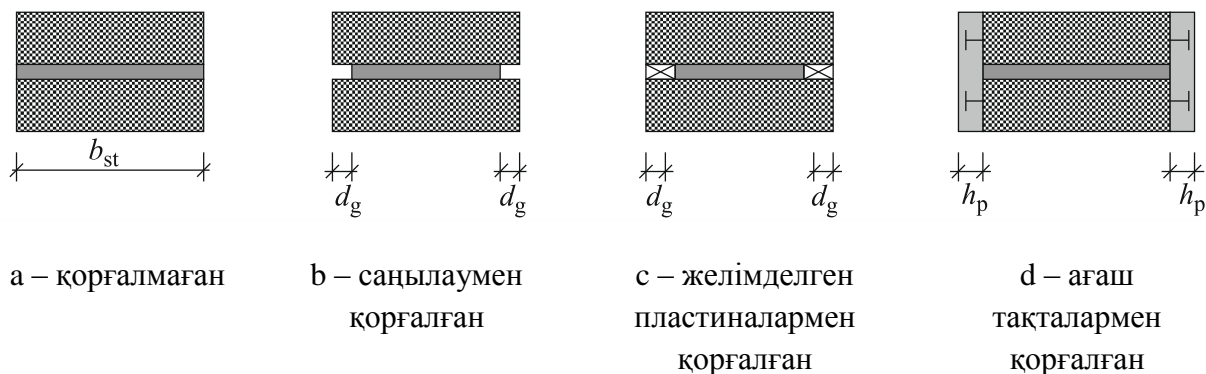
10.2-кесте – Қорғалмаған бүйір жақтары бар болат пластиналардың ендеріне байланысты отқа төзімділік шегі

Шарт	Отқа төзімділік шегі	b_{st}
Қорғалмаған бүйір жақтар	R30	≥ 200 мм
	R60	≥ 280 мм
Бір немесе екі жағынан қорғалмаған бүйір жақтар	R30	≥ 120 мм
	R60	≥ 280 мм

10.10 Металл қосылыстарды есептеу кезінде (мысалы, бұрандалар және сыналар үшін), егер бүйір беттегі қаптамалардың ені t_1 тең немесе артық болса, келтірілген жүктеме әдісін қолдануға рұқсат етілген, мм (ҚР ҚН EN 1995-1-2:2004/2011 (6.4) формуласы):

$$t_1 = \max \begin{cases} 50 \\ 50 + 1,25 \cdot (d - 12) \end{cases}, \quad (10.2)$$

мұнда d – бұранданың немесе сынаның диаметрі, мм.



10.5-сурет – Бүйір жақтағы болат пластиналарды қорғау (бекітпе бұйымдар көрсетілмеген)

10.11 Өрттің стандартты әсері кезінде жылжыту кезіндегі бекітпе бұйымдардың нормативтік көтергіш қабілеті ҚР ҚН EN 1995-1-2:2004/2011 (6.5) формуласы бойынша анықталады:

$$F_{v,Rk,fi} = \eta \cdot F_{v,Rk} \quad (10.3)$$

кезінде $\eta = e^{-k \cdot t_{d,fi}}$, (10.4)

мұнда $F_{v,Rk}$ – қалыпты температура кезіндегі бекітпе элементтерінің жылжуға нормативтік тұрақты көтергіш қабілеті (ҚР ҚН EN 1995-1-1:2008/2011 сәйкес анықталады);

η_{fi} – өрт кезіндегі жүктеменің есептік деңгей коэффициенті;

k – 10.3-кестеге сәйкес анықталатын коэффициент;

$t_{d,fi}$ – қорғалмаған қосылыстың отқа төзімділік шегі.

10.12 Қосылыстардың түрлі типтері үшін көтергіш қабілетін қолдану коэффициенті мен өрттің әсер ету уақыты аралығындағы тәуелділік 10.6-суретте көрсетілген.

10.13 [6.2.2.1(3)] Өрт кезінде қорғалмаған қосылыстың отқа төзімділігінің шегі ҚР ҚН EN 1995-1-2:2004/2011 (6.7) формуласы бойынша есептелуі тиіс:

$$t_{d,fi} = -\frac{1}{k} \cdot \ln \frac{\eta_{fi} \cdot \gamma_{M,fi}}{\gamma_M \cdot k_{fi}}, \quad (10.5)$$

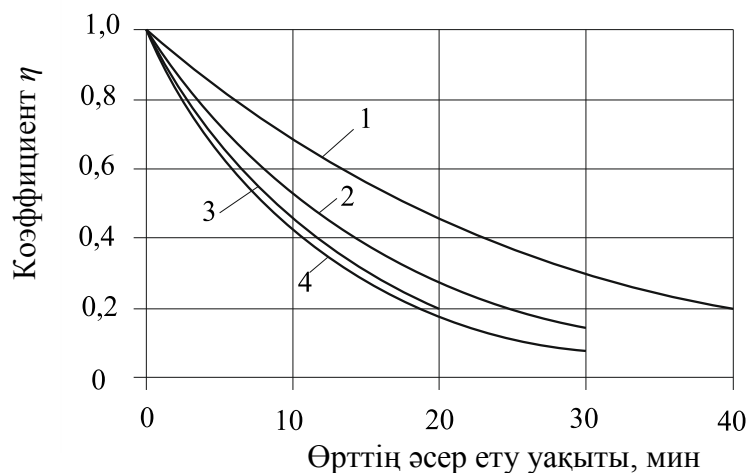
мұнда k – 10.3-кестеге сәйкес анықталатын коэффициент;

η_{fi} – өрт кезіндегі жүктеменің есептік деңгейінің коэффициенті;

γ_M – қауіпсіз қосылыстың жеке коэффициенті;

k_{fi} – 6.1-кесте бойынша анықталатын коэффициент;

$\gamma_{M,fi}$ – өрт кезіндегі ағаш қауіпсіздігінің жеке коэффициенті.



- 1 - сыналар көмегімен ағаш пен ағашты біріктіру;
 2 - ағаш пен ағашты бұрандамен біріктіру;
 3 - бұрамалар мен шегелер көмегімен ағаш пен ағашты біріктіру;
 4 - сыналар көмегімен металды ағашпен біріктіру.

10.6-сурет – Тіреу қабілетін қолдану коэффициенті мен қорғалмаған қосылыстардың бұзылу уақыты арасындағы тәуелділік

10.3-кесте – k коэффициентінің мәні

Қосылыс	Коэффициент k	Қорғалмаған қосылыстардың отқа төзімділігінің максималды шегі, мин
Шегелер мен бұрамалар	0,08	20
Бұрандалар, ағаш-ағаш, $d \geq 12$ мм	0,065	30
Бұрандалар, болат-ағаш, $d \geq 12$ мм	0,085	30
Сыналар, ағаш-ағаш ¹ , $d \geq 12$ мм	0,04	40
Сыналар, болат-ағаш ¹ , $d \geq 12$ мм	0,085	30
EN 912 сәйкес біріктіру элементтерінің топтары: – А тобы сақиналы қосылыстар; – В тобы пластинкалы қосылыстар; – С тобы тісті-сақиналы кілтек қосылыстары; – D тобы басқа да біріктіру элементтері	0,065	30
Ескертпе – Сыналарға арналған мән әр төрт сынада бұранданың болуына тәуелді.		

10.14 Бастиектері 5 мм артыққа шығып тұрған сыналар үшін k коэффициентінің мәнін бұрандалармен бірдей қабылдаған жөн.

10.15 Сыналардың бұрандалары қолданылған қосылыстардың көтергіш қабілеті тиісті бекітпе бұйымдардың көтергіш қабілеттерінің сомасы ретінде есептелуі тиіс.

10.16 Қосылыстардың отқа төзімділік шегін (10.5) формула бойынша алынғаннан да, бірақ 30 минуттан артық емес, жоғарылату мақсатында бастиектері шығып тұрмайтын шегелерді немесе бұрамаларды қолданатын қосылыстар үшін бүйір беттегі қаптамалардың қалыңдығын және конструкция шекарасынан бекітпе бұйымдарға дейінгі қашықтықты a_{fi} мәніне ұлғайту қажет (8.15-суретті қараңыз). a_{fi} мәні ҚР ҚН EN 1995-1-2:2004/2011 (6.8) формуласы бойынша анықталады:

$$a_{fi} = \beta_n \cdot (t_{fi,req} - t_{fi,d}), \quad (10.6)$$

мұнда β_n – 7.1-кесте бойынша анықталатын шартты күй жылдамдығы;

$t_{fi,req}$ – өрттің стандартты әсері кезіндегі отқа төзімділіктің талап етілетін шегі;

$t_{fi,d}$ – 10.1-кесте бойынша қабылданатын өрт кезіндегі қорғалмаған қосылыстың отқа төзімділік шегі.

10.17 Қорғалған қосылыстардың отқа төзімділік шегін (10.5) формула бойынша есептеу қажет. Бүйір беттегі элементтердің бүйір жақтары мен беттерін қорғау әдісіне балама ретінде конструкция шекарасы мен жиектерінен қашықтықты (10.1) формула бойынша анықталатын a_{fi} қашықтығына ұлғайтуға рұқсат етіледі. 30 минуттан асатын отқа төзімділік шегін алу үшін конструкция шекарасынан бұранданың астындағы ең жақын саңылау центріне дейінгі қашықтықты $2a_{fi}$ кем емес қашықтыққа дейін ұлғайту қажет. Осы талап орталық тоғысқан конструкциялар үшін де қолданылады.

10.18 Біріктіру элементтері ретінде болат пластиналарды қолдану кезінде олардың көтергіш қабілеті ҚР ҚН EN 1993-1-2:2005/2011 талаптарына сәйкес анықталуы тиіс.

10.19 Көлденең қима коэффициентін есептеу кезінде ҚР ҚН EN 1993-1-2:2005/2011 сәйкес ағашқа жапсарлар жатқан жағындағы болат беттер онымен тығыз жанасу кезінде өрт әсеріне ұшырайтындығын қабылдауға рұқсат етіледі.

10.20 Бүйір жағындағы бөліктерін қоса алғанда бүйір элементтер ретінде қолданылатын болат пластиналарды, егер олар (10.1) формула бойынша анықталатын минималды қалыңдығы a_{fi} құрайтын ағаштан немесе ағаш тақталардан жасалған қаптамамен толығымен жабылған болса, қорғалғандар ретінде қарастыру қажет. Қорғалмаған болат қосылыстардың отқа төзімділік шегі $t_{fi,d} = 5$ минутқа тең қабылданады.

10.21 ҚР ҚН EN 1995-1-2:2004/2011 берілген талаптар өрттің тікелей әсерінен қорғалған осьтік жүктемелері бар шуруптар сияқты біріктіру элементтерінің отқа төзімділік шегіне есеп жүргізуге мүмкіндік береді.

10.22 [6.4(3)] Бұрамалар кедергісінің есептік мәні (6.3) формула бойынша есептелуі тиіс. a_2 және a_3 бекітпе бұйымдарына арналған қашықтығы ҚР ҚН EN 1995-1-2:2004/2011 (6.9)-(6.10) формулаларына сәйкес, (10.7-сурет)(10.7) және (10.8) формулаларының шарттарын қанағаттандыратын қосылыстар үшін (10.9) формуласына сәйкес өрт кезіндегі осьтік бағыттағы бұрамалар кедергісін азайтудың η коэффициенті ҚР ҚН EN 1995-1-2:2004/2011 (6.11) формуласына сәйкес есептелуі тиіс:

$$a_2 \geq a_1 + 40, \quad (10.7)$$

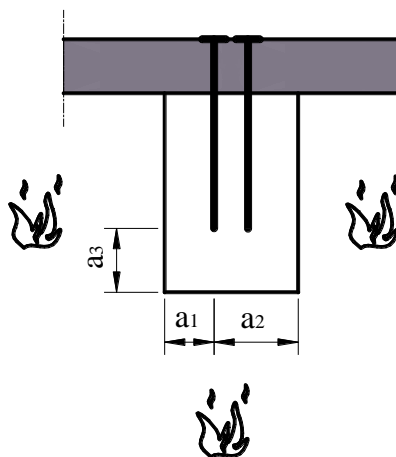
$$a_3 \geq a_1 + 20, \quad (10.8)$$

мұнда a_1 – бүйір бетіндегі қаптаманың қалыңдығы (10.7-сурет);
 a_2 және a_3 – бұл 10.7-суретке сәйкес қабылданатын қашықтық.

$$\eta = \begin{cases} 0 & a_1 \leq 0,6 \cdot t_{fi,d} \text{ шарты кезінде;} & (a) \\ \frac{0,44 \cdot a_1 - 0,264 \cdot t_{fi,d}}{0,2 \cdot t_{fi,d} + 5} & 0,6 \cdot t_{fi,d} \leq a_1 \leq 0,8 \cdot t_{fi,d} + 5 \text{ шарты кезінде;} & (b) \\ \frac{0,56 \cdot a_1 - 0,36 \cdot t_{fi,d} + 7,32}{0,2 \cdot t_{fi,d} + 23}; & 0,8 \cdot t_{fi,d} + 5 \leq a_1 \leq t_{fi,d} + 28 \text{ шарты кезінде;} & (c) \\ 1,0, & a_1 \leq 0,6 \cdot t_{fi,d} + 28 \text{ шарты кезінде,} & (d) \end{cases} \quad (10.9)$$

мұнда a_1 – бүйір бетіндегі қаптаманың қалыңдығы, мм, 10.7-сурет;
 $t_{fi,d}$ – өрт кезінде қорғалмаған құрылыстың отқа төзімділік шегі, мин.

10.23 Бүйір жақтарынан $a_2 = a_1$ және $a_3 \geq a_1 + 20$ мм қашықтықтағы бекітпе бұйымдарға арналған η коэффициенті (10.9) формула бойынша есептелуі тиіс, мұнда $t_{fi,d}$ отқа төзімділік шегінің мәні $1,25t_{fi,d}$ мәнімен алмастырылады.



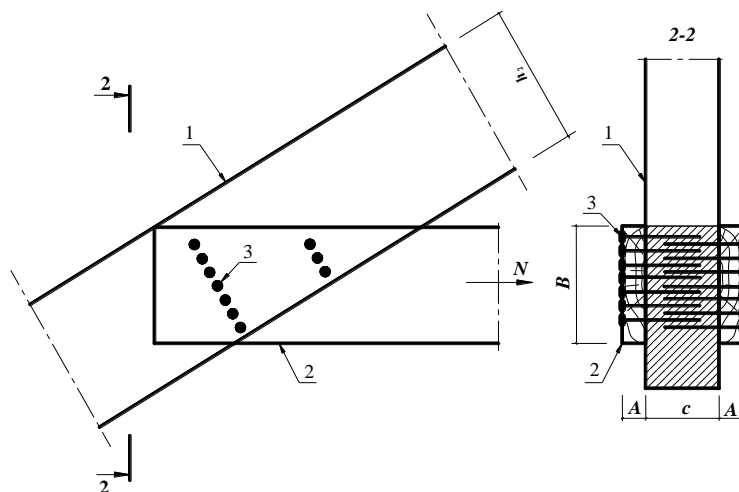
10.7-сурет – Конструкцияның көлденең қимасы және тиісті қашықтығы

1-МЫСАЛ

Берілгені: Көлбеу итарқадағы ригельде (10.8-сурет) $N=11$ кН созу күші туындайды. Ригель $A \times B = 40 \times 150$ мм қимаға ие екі тақтайдан тұрады. Тақтайлар $c \times h_2 = 100 \times 180$ мм қимаға ие білеулерден тұратын итарқа аяқтарын екі жағынан қармайды және оған ұзындығы $l = 100$ мм және диаметрі $d = 4$ мм шегелермен бекітіледі. Конструкция элементтері $\rho_k \geq 290$ кг/м³ сипаттамалық тығыздыққа ие қылқан жапырақ тұқымдас бүтін ағаштан жасалған.

Талап етіледі: R30 кем емес отқа төзімділік шегін қамтамасыз ету үшін элементтерді біріктіру конструкцияын есептеу.

Есептеу:



1 – көлбеу итарқа; 2 – горизонталь итарқа; 3 – бекітпе бұйымдар (шегелер)

10.8-сурет – Итарқа жүйесінің элементтерін біріктіру сызбасы

Қорғалмаған қосылыстар

Ағаш-ағаш $t_{fi,d}$ қорғалмаған қосылыстарының отқа төзімділік шегі құралдың 10.1-кестесі бойынша анықталады. Өйткені $l > 2,8$ мм $t_{fi,d} = 15$ мин.

Бастиектері конструкция жазықтығынан шығып тұрмайтын шегелері бар қосылыстардың отқа төзімділік шегі келесі өлшемдерді a_{fi} мәніне ұлғайту кезінде құралдың 9.2-кестесінде берілген мәндермен салыстырғанда 30 минуттан артыққа ұлғайтыла алмайды:

- бүйір элементтің қалыңдығы;
- бүйір элементтің ені;
- бекітпе бұйымдардан конструкциялар шекарасына дейінгі қашықтық.

a_{fi} мәні төмендегі формула бойынша анықталады:

$$a_{fi} = \beta_n \cdot k_{flux} \cdot (t_{fi,req} - t_{fi,d}) = 0,8 \times 1,5 \times (30 - 15) = 18 \text{ мм},$$

мұнда β - 7.1-кестеге сәйкес күйе жылдамдығы;

$k_{flux} = 1,5$ – қосылыстардың жылу ағынын есепке алатын коэффициент;

$t_{fi,req}$ – отқа төзімділіктің талап етілетін шегі;

$t_{fi,d}$ – 10.1-кесте бойынша анықталатын қорғалмаған қосылыстың отқа төзімділік шегі.

Қорытынды: Осылайша, R30 кем емес оттан қорғалмаған қосылыстың талап етілетін отқа төзімділік шегін қамтамасыз ету үшін бүйір элементтің қалыңдығын, бүйір элементтің енін және бекітпе бұйымдардан конструкция шекараларына дейінгі қашықтықты кемінде 18 мм-ге ұлғайту қажет.

Қорғалған қосылыстар

Қосылыстарды қосымша F типті гипс-картонды табақтармен қорғау үшін күйе бастағанға дейінгі уақыт келесі шарттарды қанағаттандыруы тиіс:

$$t_{ch} \geq t_{fi,req} - 1,2 \cdot t_{fi,d} = 30 - 1,2 \times 15 = 12 \text{ мин},$$

мұнда t_{ch} – күйе бастағанға дейінгі уақыт;

$t_{fi,req}$ – отқа төзімділіктің талап етілген шегі;

$t_{fi,d}$ – 9.2-кестеге сәйкес қорғалмаған қосылыстың отқа төзімділік шегі.

7.4-кесте бойынша F типті гипс-картон қаптаманың бір қабаты үшін (7.17) формуладан алынады:

$$h_p = (t_{ch} + 14) / 2,8 = (12 + 14) / 2,8 = 9,3 \text{ мм.}$$

EN 520 бойынша стандартты қалыңдыққа ие гипс-картонды табақ $h_p = 9,5$ мм тең етіп қабылданады. Күйге бастағанға дейінгі минималды уақыт төмендегіні құрайды:

$$t_{ch} = h_p \cdot 2,8 - 14 = 9,5 \times 2,8 - 14 = 12,6 \text{ мин.}$$

Қаптамамен қосылыстың отқа төзімділік шегі төмендегіні құрайды:

$$t_{fi,req} = t_{ch} + 1,2 \cdot t_{fi,d} = 12,6 + 1,2 \times 15 = 30,6 \text{ мин.}$$

$t_{ch} \leq t \leq t_f$ өрт әсерінің интервалы үшін конструкцияның күй жылдамдығы k_2 коэффициентіне көбейтіледі (құралдың 7.4.1, 7.4.2-тармақтары):

$$k_2 = 1 - 0,018 \cdot h_p = 1 - 0,018 \times 9,5 = 0,829,$$

және төмендегіні құрайды

$$\beta_{char}^1 = \beta_n \cdot k_2 = 0,8 \times 0,829 = 0,663 \text{ мм/мин}$$

Өртке қарсы қаптаманың қорғаныс әсерінің уақыты келесіні құрайды (құралдың 7.6.4-тармағы, 7.5-кестесі):

$$t_f = 4,5 \cdot h_p - 24 = 4,5 \times 9,5 - 24 = 18,75 \text{ мин.}$$

Ағаш конструкциясының күйе бастау t_{ch} уақытының мәні мен өртке қарсы қаптаманың істен шығу t_f уақыты арасында салыстыру жасалады:

$$t_{ch} = 12,6 \text{ мин} < t_f = 18,75 \text{ мин.}$$

$t_f \leq t \leq t_a$ от әсерінің интервалы үшін өртке қарсы қаптама істен шыққаннан кейін құралдың 7.1-кестесінде көрсетілген күй жылдамдығының мәні $k_3 = 2$ коэффициентіне көбейтіледі және төмендегіні құрайды:

$$\beta_{char}^2 = \beta_n \cdot k_3 = 0,8 \times 2 = 1,6 \text{ мм/мин.}$$

$t_{ch} < t_f$ теңсіздігі орындалатын болғандықтан, t_a уақыт төмендегі формула бойынша анықталады (құралдың 7.4.7-тармағы):

$$t_a = \frac{25 - (t_f - t_{ch}) \cdot k_2 \cdot \beta_n}{k_3 \cdot \beta_n} + t_f = \frac{25 - (18,75 - 12,6) \times 0,829 \times 0,8}{2 \times 0,8} + 18,75 = 31,8 \text{ мин.}$$

F типті гипс-картонды табактардан жасалған қосымша сыртқы қаптамалар конструкцияның отқа төзімділігінің талап етілген шегі ішінде бұзылмауы тиіс ($t = t_{fi,req}$).

Қосымша қаптаманы шегелермен немесе шуруптармен бекіту кезінде келесі талаптар қолданылады:

– бекітпе бұйымдар арасындағы қашықтық тақтаның жиегін бойлай 100 мм артық және ішкі бекітпе бұйымдар арасында 300 мм артық болмауы тиіс;

– конструкция бүйір жағынан бекітпе бұйымдар шекарасына дейінгі қашықтық a_{fi} кем болмауы керек.

F типті гипс-картонды табактардың қосымша қаптамасын күймеген ағашқа (күйу линиясынан тыс) бекіту кезінде бекітпе бұйымдарды қыстыру тереңдігі 10 мм кем болмауы тиіс.

Осылайша, 30 минуттық от әсеріне арналған күйдің есептелген динамикасы үшін күй тереңдігі төмендегіні құрайды:

$$d_{char,0} = \beta_{char}^1 \cdot (t_f - t_{ch}) + \beta_{char}^2 \cdot (30 - t_f) = 0,663 \times (18,75 - 12,6) + 1,6 \times (30 - 18,75) = 22,08 \text{ мм}$$

Бекітпе бұйымдардың $l_{f,req}$ талап етілетін тереңдігі төмендегіні құрайды:

$$l_{f,req} = h_p + d_{char,0} + l_a \approx 9,5 + 22,01 + 10 \approx 41,5 \text{ мм} \approx 42 \text{ мм}.$$

Гипс-картонды бекіту үшін 45 мм стандартты ұзындыққа ие диаметрі 5 мм өздігінен тескіш шуруптар қолданылады.

Бекітпе бұйымдар желімделген ағаш бітемелермен қорғалған жағдайда бітеме қалыңдығы құралдың (10.1) формуласы бойынша анықталады:

$$a_{fi} = \beta_n \cdot k_{flux} \cdot (t_{fi,req} - t_{fi,d}) = 0,8 \times 1,5 \times (30 - 15) = 18 \text{ мм}.$$

Қорытынды: қорғалған қосылыстың 30 минуттан кем емес отқа төзімділік шегі, оны диаметрі 5 мм және ұзындығы 45 мм өздігінен тескіш бұрамалармен бекітіледі немесе бекітпе бұйымдар қалыңдығы 18,0 мм кем емес жабыстырылған ағаш бітемелермен қорғалады деген шартпен, қалыңдығы 9,5 мм *F* типті гипс-картонды табақтың бір қабатын орнатумен қамтамасыз етіле алады.

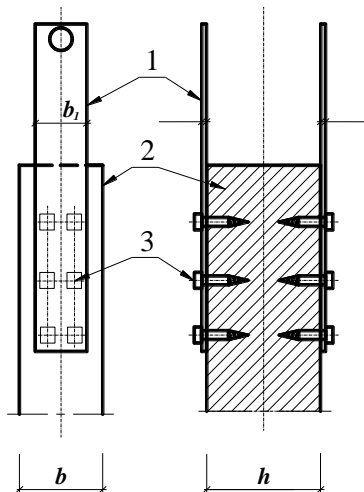
2-МЫСАЛ

Сыналар көмегімен металл-ағаш қосылысының отқа төзімділік шегін есептеу.

Берілгені: $d_{гл} = 12 \text{ мм}$, $l_{гл} = 80 \text{ мм}$ сыналар көмегімен жасалған $b \times h = 130 \times 180 \text{ мм}$ қимасы бар ағаш созылған элементті $b_1 \times \delta = 80 \times 6 \text{ мм}$ қимасы бар болат жапсырмалармен байланыстыру (10.9-сурет). Сынаның ену тереңдігі 7,4 см. Есептік созу күші $N = 35 \text{ кН}$.

Талап етіледі: Бекітпе элементтер (сыналар) бойынша қорғалмаған қосылыстың отқа төзімділік шегін анықтау.

Есептеу:



1 – болат жапсырмалар; 2 – ағаш конструкциясы; 3 – біріктіру элементі (сына)

10.9-сурет – Сыналарды қолданатын металл-ағаш қосылысының схемасы

Бұл жағдайда қосылыстағы сыналар бір қималы сыналар ретінде жұмыс жасайды:

$$t_1 = \max \begin{cases} 50 \\ 50 + 1,25 \cdot (d - 12) \end{cases} = \max \begin{cases} 50 \\ 50 + 1,25 \times (12 - 12) \end{cases} = 50.$$

Жапсырма ені $b_1 = 80 \text{ мм} > t_1 = 50 \text{ мм}$, сәйкесінше, келтірілген әдісті қолдануға рұқсат етіледі (құралдың 10.8-тармағы).

Өрттің стандартты әсері кезінде ығысу кезіндегі сынаның нормативтік көтергіш қабілеті келесі формула бойынша анықталады:

$$F_{v,Rk,fi} = \eta \cdot F_{v,Rk} = e^{-0,085 \times 9,2} \times 854 = 390,$$

мұнда $F_{v,Rk}$ – қалыпты температура кезіндегі бекіту элементтерінің ығысуға сипаттамалық тұрақты көтергіш қабілеті;

$\eta = e^{-k \cdot t_{d,fi}}$ – аудару коэффициенті;

k – құралдың 12.1-кестесіне сәйкес анықталатын коэффициент;

$t_{fi,d}$ – қорғалмаған қосылыстың отқа төзімділік шегі, мин.

Ағашты болат пластиналармен байланыстыру үшін ағаштың болат пластиналармен нормативті көтергіш қабілеті пластиналардың қалыңдығына байланысты болады. Болат пластинаның қалыңдығы $\delta = 6$ мм, ал сына диаметрі $d_{пл} = 12$ мм болғандықтан, пластина жұқа деп саналады (қалыңдығы $0,5d$ артық емес).

Қиманың әр жазықтығындағы сыналардың көтергіш қабілеті бір элементке ағашты жұқа болат пластинамен бір қималы байланыстыру үшін минималды мәнге тең етіп қабылданады:

$$F_{v,Rk} = \min \begin{cases} 0,4 \cdot f_{h,k} \cdot t_1 \cdot d & \text{a)} \\ 1,15 \cdot \sqrt{2 \cdot M_{y,Rk} \cdot f_{h,k} \cdot d} + \frac{F_{ax,Rk}}{4} & \text{b)} \end{cases}$$

$$F_{v,Rk} = \min \begin{cases} 0,4 \cdot f_{h,k} \cdot t_1 \cdot d \\ 1,15 \cdot \sqrt{2 \cdot M_{y,Rk} \cdot f_{h,k} \cdot d} + \frac{F_{ax,Rk}}{4} \end{cases} = \min \begin{cases} 0,4 \times 2,7 \times 74 \times 12 = 959 \\ 1,15 \times \sqrt{2 \times 288 \times 2,7 \times 12} + \frac{2789}{4} = 854 \end{cases},$$

мұнда $f_{h,k}$ – ағаштың жаншылуға сипаттамалық кедергісі (С30 қылқан жапырақты тұқымдастар үшін және $f_{h,k} = 2,7$ Н/мм² талшықтарды көлденеңінен сығу);

t_1 – бір қималы қосылыстардағы ағаштан жасалған ең жұқа элементтің қалыңдығы немесе сынаның ену тереңдігі;

d – сына диаметрі;

$M_{y,Rk}$ – сынаның пластикалық деформациясының сипаттамалық моменті;

$F_{ax,Rk}$ – сынаның жұлқылауға сипаттамалық кедергісі
($F_{ax,Rk} = 1 \text{ Н/мм}^2 \times 3,14 \times 12 \text{ мм} \times 74 \text{ мм} = 2789 \text{ Н}$).

Өрт кезінде қорғалмаған қосылыстың отқа төзімділік шегі төмендегі формула бойынша анықталады:

$$t_{fi,d} = -\frac{1}{0,085} \times \ln \frac{0,6 \times 1,0}{1,25 \times 1,05} = 9,2,$$

мұнда $k = 0,085$ – құралдың 12.1-кестесіне сәйкес анықталатын коэффициент;

$\eta_{fi} = 0,6$ – өрт кезіндегі жүктеменің есептік деңгейінің коэффициенті (рұқсат);

$\gamma_M = 1,25$ – болат перфорацияланған пластина түріндегі қосылыс қауіпсіздігінің жеке коэффициенті;

$k_{fi} = 1,05$ – құралдың 6.1-кестесіне сәйкес анықталатын коэффициент;

$\gamma_{M,fi} = 1,0$ – өрт кезінде ағаш қауіпсіздігінің жеке коэффициенті.

Қорытынды: Қарастырылған қосылыстың отқа төзімділік шегі 15 минуттан аз (9,2 минут) болады.

3-МЫСАЛ

Берілгені: диаметрi 6 мм, ұзындығы 100 мм тот баспайтын болаттан жасалған екі шуруптан жасалған ағаш-ағаш қосылысы, ағаш конструкциясының сипаттамалық тығыздығы 380 кг/м³ құрайды. Қосылысқа $N = 25$ кН осьтік созылу күші әсер етеді. Бекіткен жерден бекітілген элемент шекарасында дейінгі қашықтық $a_1 = 25$ мм, $a_2 = 25$ мм, $a_3 = 45$ мм тең (10.7-суретке сәйкес).

Талап етіледі: аталған қосылыстың беріктігі стандартты өрттің 30 минуттық әсеріне шыдай алатындығын тексеру.

Есептеу:

Бүйір жақтардан қашықтық $a_2 = a_1$ және $a_3 \geq a_1 + 20$ мм болғандықтан, бекітпе бұйымдар үшін η өрт кезіндегі жүктеменің есептік деңгейінің коэффициенті (10.9) формула бойынша есептеледі:

$$\eta = \begin{cases} 0 & \text{шарты кезінде } a_1 \leq 0,6 \cdot t_{fi,d}; & (a) \\ \frac{0,44 \cdot a_1 - 0,264 \cdot t_{fi,d}}{0,2 \cdot t_{fi,d} + 5} & \text{шарты кезінде } 0,6 \cdot t_{fi,d} \leq a_1 \leq 0,8 \cdot t_{fi,d} + 5; & (b) \\ \frac{0,56 \cdot a_1 - 0,36 \cdot t_{fi,d} + 7,32}{0,2 \cdot t_{fi,d} + 23}; & \text{шарты кезінде } 0,8 \cdot t_{fi,d} + 5 \leq a_1 \leq t_{fi,d} + 28; & (c) \\ 1,0, & \text{шарты кезінде } a_1 \leq 0,6 \cdot t_{fi,d} + 28, & (d) \end{cases}$$

мұнда $t_{fi,d}$ отқа төзімділік шегінің мәні $1,25 \cdot t_{fi,d} = 1,25 \times 30 = 37,5$ мин мәнімен алмастырылады.

Құралдың (10.9) формуласының 2-шарты бойынша: $0,6 \times 37,5 = 22,5 \leq 25 \leq 0,8 \times 37,5 + 5 = 35$, сәйкесінше, η табу үшін (10.9b) формула қолданылады:

$$\eta = \frac{0,44 \cdot a_1 - 0,264 \cdot t_{fi,d}}{0,2 \cdot t_{fi,d} + 5} = \frac{0,44 \times 25 - 0,264 \times 37,5}{0,2 \times 37,5 + 5} = 0,088$$

Бұрамалардың кедергісінің есептік мәні осы құралдың (6.3) формуласы бойынша анықталады:

$$R_{d,t,fi} = \eta \cdot \frac{R_{20}}{\gamma_{M,fi}},$$

мұнда $R_{20} - 20\%$ жүктеме мен ылғалдықтың әсер ету ұзақтығын есепке алмай, қалыпты температура кезіндегі кедергі квантили ($k_{mod} = 1$);

$\gamma_{M,fi} = 1,0$ – өрт кезіндегі ағаш қауіпсіздігінің жеке коэффициенті.

Осьтік жүктеме әсер ететін шуруптар үшін келесі критерийлерді есепке ала отырып, бұрандаларға түсірілетін осьтік жүктеме әсерімен қосылыстардың көтергіш қабілетін бағалау кезінде бұзылудың келесі тәртіптерін тексеру қажет:

- бұраманың бұралған бөлігінің алыну қабілеті;
- бұранданы созу кезіндегі бұзылу.

Ирек оймалы бөліктің нақты ұзындығы $l_{ef} = 93,05$ мм.

Бұрамалардағы қосылыстар үшін:

$$6 \text{ мм} \leq d \leq 12 \text{ мм};$$

$$0,6 \leq d_1/d \leq 0,75,$$

мұнда $d = 6,05$ мм ирек ойманың сыртқы диаметрі;

$d_1 = 4,05$ мм ирек ойманың ішкі диаметрі;

жұлқылауға нормативтік көтергіш қабілеті төмендегіні құрайды:

$$F_{ax,k,Rk} = \frac{n_{ef} \cdot f_{ax,k} \cdot d \cdot l_{ef} \cdot k_d}{1,2 \cdot \cos^2 \alpha + \sin^2 \alpha} = \frac{24,5 \times 15,56 \times 6,05 \times 93,05 \times 0,756}{1,2 \times \cos^2 90 + \sin^2 90} = 162 \text{ кН},$$

$$\text{мұнда } f_{ax,k} = 0,52 \cdot d^{-0,5} \cdot l_{ef}^{-0,1} \cdot \rho_k^{0,8} = 0,52 \times 6,05^{-0,5} \times 93,05^{-0,1} \times 380^{0,8} = 15,56 \text{ Н/мм}^2;$$

$$k_d = \min \left\{ \frac{d}{8} = \min \left\{ \frac{6,05}{8} = 0,756, \right. \right.$$

$F_{ax,\alpha,Rk}$ – талшықтарға α бұрышынан әсер ететін жұлқылауға нормативтік көтергіш қабілеті, Н;

$f_{ax,k}$ – талшықтарға перпендикуляр жұлқылауға нормативтік төзімділік, Н/мм²;

n_{ef} – төмендегі формула бойынша анықталатын бұрандалардың есептік саны:

$$n_{ef} = n^{0,9} = 35^{0,9} = 24,5,$$

n – қосылыста қолданылатын бұрандалар саны;

l_{ef} – ирек оймалы бөліктің ұзындығы, мм;

ρ_k – нормативтік тығыздық, кг/м³;

$\alpha = 90^\circ$ – бұранда осі мен талшықтар бағыты арасындағы бұрыш.

$F_{t,Rk}$ қосылыстың созылуға нормативтік кедергісі (бастиек қимасы немесе бұранда денесінің созылуға төзімділік қабілеті) төмендегідей анықталады:

$$F_{t,Rk} = n_{ef} \cdot f_{tens,k} = 24,5 \times 39,4 = 965,3 \text{ кН},$$

мұнда $f_{tens,k}$ – бұраманың созылуға нормативтік беріктігі (39,4 кН).

Нормативтік кедергі мәндерін талдау $F_{ax,k,Rk} = 162$ кН жұлқылауға нормативтік көтергіш қабілеті $F_{t,Rk} = 965,3$ кН қосылыстың созылуының нормативтік көтергіш қабілетіне қарағанда аз және анықтаушы шама болып табылады.

Қосылыста екі бұраманың болуын есепке ала отырып, қосылыс кедергісінің сипаттамалық мәні төмендегіні құрайды:

$$R_k = 2 \cdot F_{ax,k,Rk} = 2 \times 162 = 324 \text{ кН};$$

$$R_{20} = k_{fi} \cdot R_k = 1,05 \times 324 = 340,2 \text{ кН}$$

k_{fi} – осы құралдың 6.1-кестесі бойынша қабылданатын коэффициент;

R_k – жүктеме мен ылғалдық әсерінің ұзақтығын есепке алмай, қалыпты температура кезіндегі қосылыс кедергісінің сипаттамалық мәні ($k_{mod} = 1$).

Өрттің 30-минутында бұрама кедергісінің есептік мәні төмендегіге тең:

$$R_{d,t,fi} = \eta \cdot \frac{R_{20}}{\gamma_{M,fi}} = 0,088 \times \frac{340,2}{1} = 29,9 \text{ кН};$$

$$N = 25 \text{ кН} < R_{d,t,fi} = 29,9 \text{ кН}.$$

Қорытынды: беріктік шарты орындалады, қосылыс 30 минут отқа төзімділік шегін қамтамасыз етеді.

11 ҚҰРАСТЫРУ

11.1 Қабырға бағандары мен аражабын қосылыстары арасындағы қашықтық 625 мм аспауы тиіс. Қабырғалардың ағаш қаптамалары ҚР ҚН ЕН 1995-1-2:2004/2011 (7.1) формуласы бойынша анықталатын минималды қалыңдыққа ие болуы тиіс:

$$t_{p,\min} = \max \begin{cases} \frac{l_p}{70}; \\ 8, \end{cases} \quad (11.1)$$

мұнда $t_{p,\min}$ – панельдің минималды қалыңдығы, мм;

l_p – панельдер арасындағы қашықтық (жарықтағы ағаш қаңқа элементтері мен тор арасындағы қашықтық), мм.

Бір қабатты ағаш қаптамамен жинақтағы ағаш тақталардың сипаттамалық тығыздығы әр жағынан 350 кг/м³ кем болмауы тиіс.

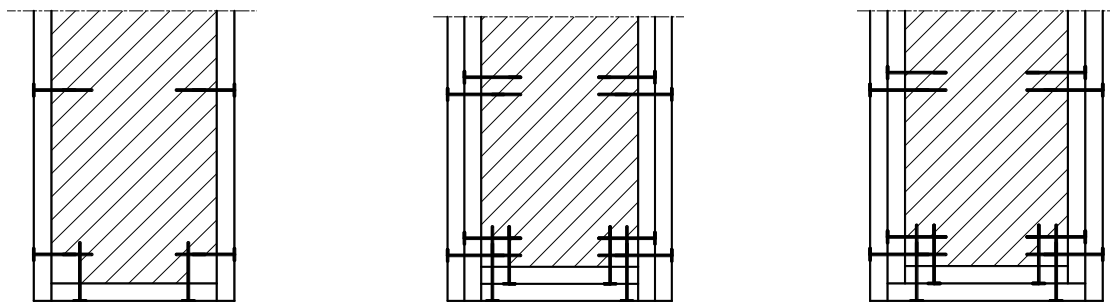
11.2 Ағаш конструкцияларын қорғайтын қаптамалар ағаш қаңқаға немесе торға бекітілуі тиіс. Ағаш тақталар мен ағаш қаптамалар үшін тақталардың бекітпеге дейінші жиектемелерінің максималды қашықтығы келесілерді құрауы тиіс: шегелер үшін - 150 мм, бұрамалар үшін – 250 мм. Бекітпе бұйымдарды қыстырудың минималды тереңдігі тірейтіндер үшін $8d$, тірмейтін ағаш панельдер үшін $6d$ құрауы керек.

11.3 Периметр бойынша бұрамалар арасындағы қашықтық 200 мм артық болмауы тиіс, ал тақталар шегінде – 300 мм артық емес.

11.4 [7.1.2(5)] Панельдердің сыртқы бөліктері максималды ені 1 мм аспайтын саңылаумен тығыз түйістірілуі тиіс. Олар ағаш қаңқаға немесе торға кемінде екі қарама-қарсы жиегінен бекітілуі тиіс.

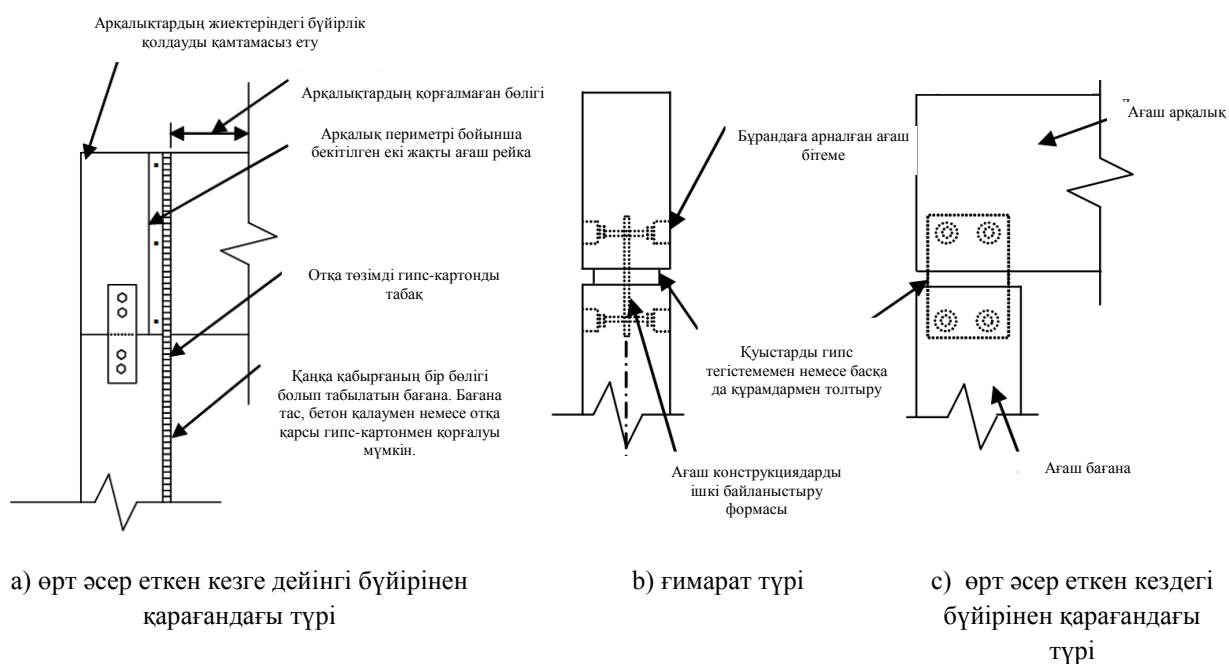
11.5 [7.1.2(6)] Көп қабатты панельдер үшін тоғысқан жерлер кемінде 60 мм-ге ығысуы керек. Әр тақта бөлек бекітілуі тиіс.

11.6 [7.2(1)] Өртке қарсы ағаш қаптамалар немесе арқалықтар мен бағаналарды қорғап тұрған ағаш тақталар 11.1-суретке сәйкес шегелермен немесе бұрамалармен бекітіледі. Қаптамалар басқа қаптамаларға емес, тікелей құрылыс конструкцияларына бекітілуі тиіс. Бірнеше қабаттан тұратын қаптамалар үшін әр қабат жеке-жеке бекітілуі тиіс, ал түйіскен жерлерде қабаттар кемінде 60 мм ығысуы тиіс. Бекітпе бұйымдар арасындағы қашықтық 200 мм немесе $17h_p$ (тақта қалыңдығы) артық болмауы тиіс, бұл ретте ең аз мән анықтаушы болып табылады. Бекітпе бұйымдар арасындағы қашықтық $3h_p$ (тақта қалыңдығы) артық болмауы және $1,5h_p$ немесе 15 мм кем болмауы тиіс, бұл ретте ең аз мән анықтаушы болып табылады.

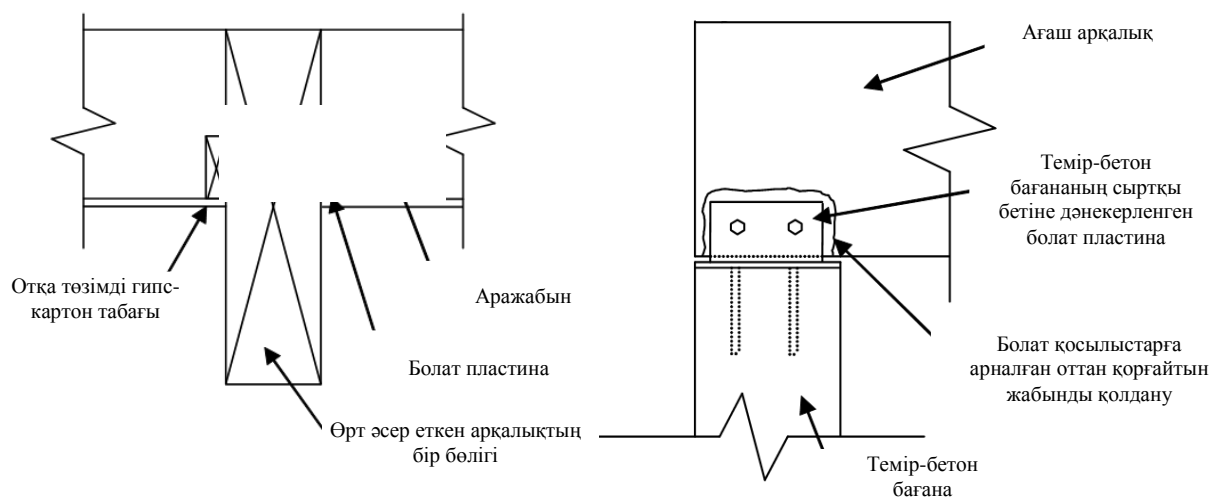


11.1-сурет – Өртке қарсы қаптамаларды арқалықтарға немесе бағаналарға бекіту мысалдары

11.7 11.2–11.5-суреттерде ағаш құрылыс конструкциялардың қосылыстарын түрлі тәсілдермен құрастыру мысалдары берілген.



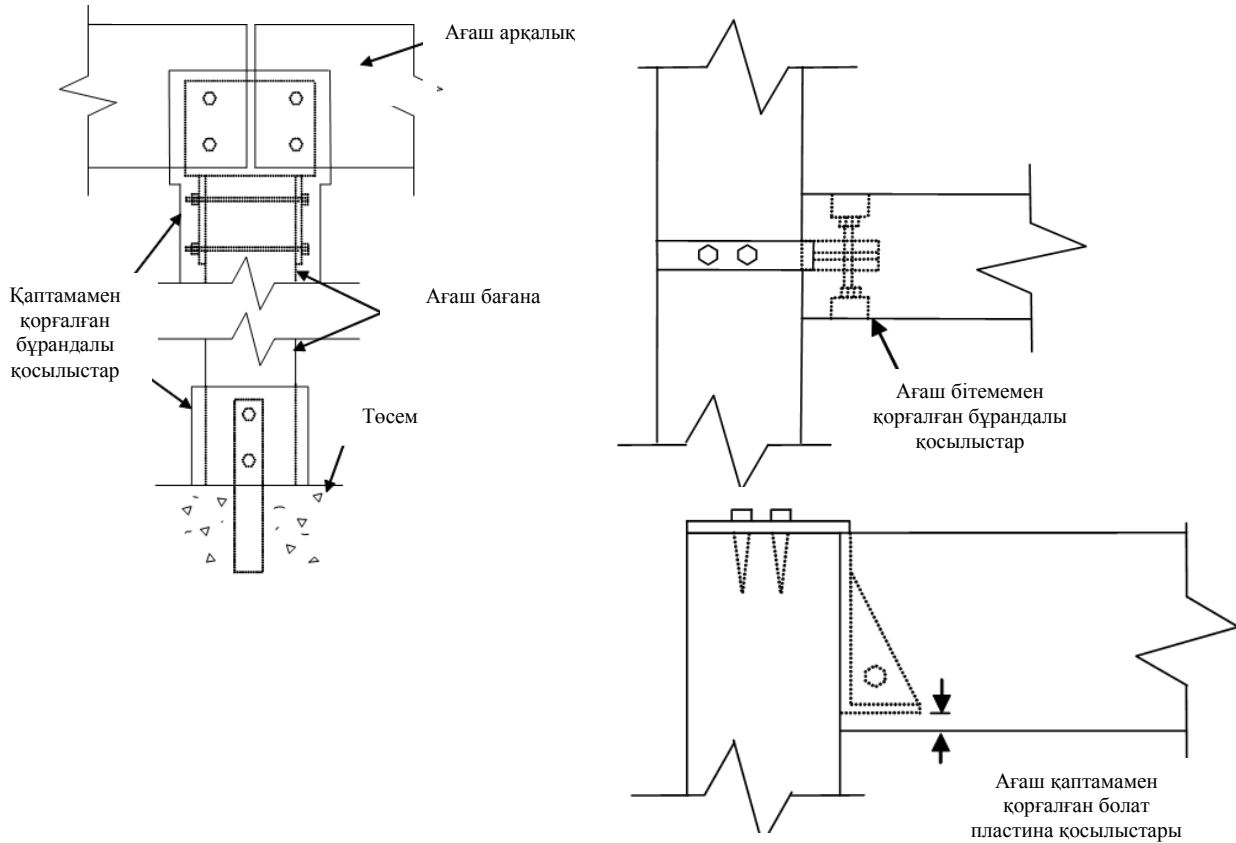
11.2-сурет – Ағаш арқалықты ағаш бағанаға байланыстыру мысалы



а) қаңқа ағаш аражабынды ағаш арқалықпен байланыстыру

б) темірбетон бағананы ағаш арқалықпен байланыстыру

11.3-сурет – Ағаш арқалықты қаңқа аражабынмен және темірбетон бағанамен байланыстыру мысалы

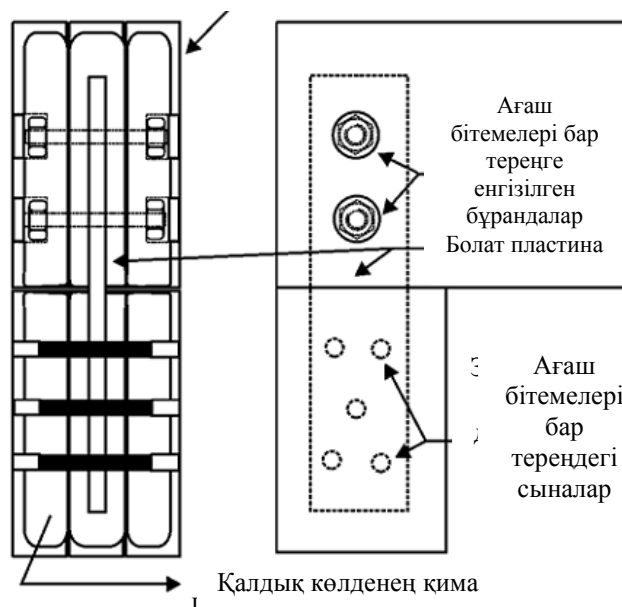


а) ағаш бағананың ағаш арқалықпен бұрандалы қосылыстары

б) бұрандалы қосылыс және металл пластина арқылы ағаш бағананы ағаш арқалықпен байланыстыру ы

11.4-сурет – Ағаш арқалықты ағаш бағанамен байланыстыру мысалы

Ағаш конструкцияның
күйген бөлігі



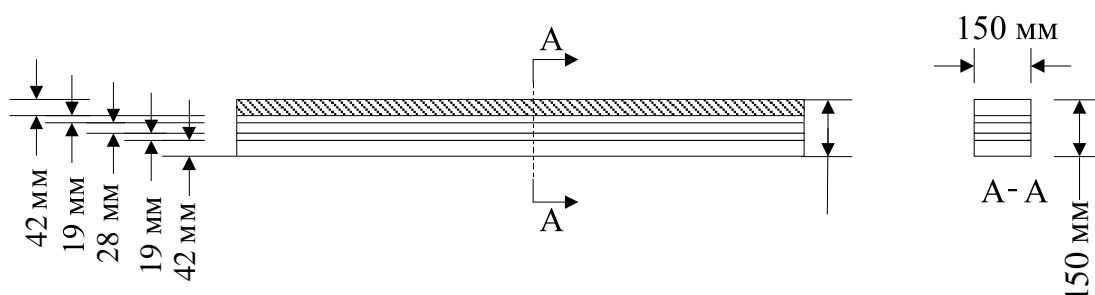
11.5-сурет – Ағаш конструкцияларын ағаш бітемелермен қорғау мысалдары

12 ОТ СЫНАҚТАРЫ

12.1 Ағаш конструкцияларын сынау

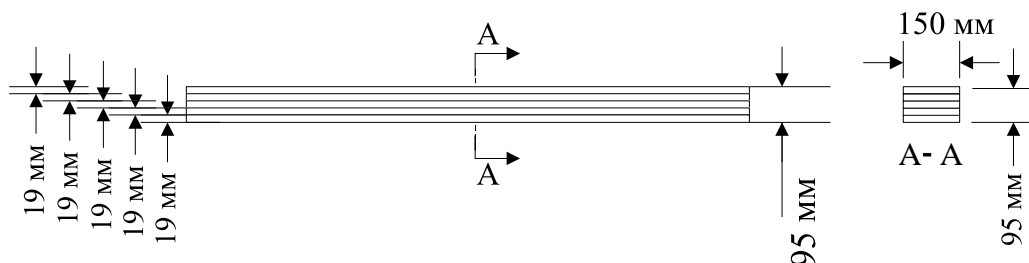
12.1.1 Осы тарауға [5] сәйкес бір бірінен қабаттарының өлшемімен және құрамымен ерекшеленетін CLT-арқалықтарының (қабаттары қарама-қарсы орналасқан көп қабатты ағаштан жасалған арқалықтар) екі түрін сынау нәтижелері берілген.

Арқалықтардың бірінші түрі өлшемі 150×150 мм квадрат қимаға ие, 5 қабаттан тұрады. Қабаттар өзара EN 301 сәйкес фенолформальдегидті желім көмегімен жабыстырылған. Арқалықтардың бірінші түрінің сыртқы түрі мен өлшемдері 12.1-суретте ұсынылған.



12.1-сурет – CLT-арқалықтарының қабаттары мен көлденең қимасының өлшемдері (1-түр)

Арқалықтардың екінші түрі өлшемі 95×150 мм тік бұрышты қимаға ие, ол да өзара фенолформальдегидті желіммен жабыстырылған 5 қабаттан тұрады. Қабаттары мен көлденең қимасының өлшемдері 12.2-суретте көрсетілген.



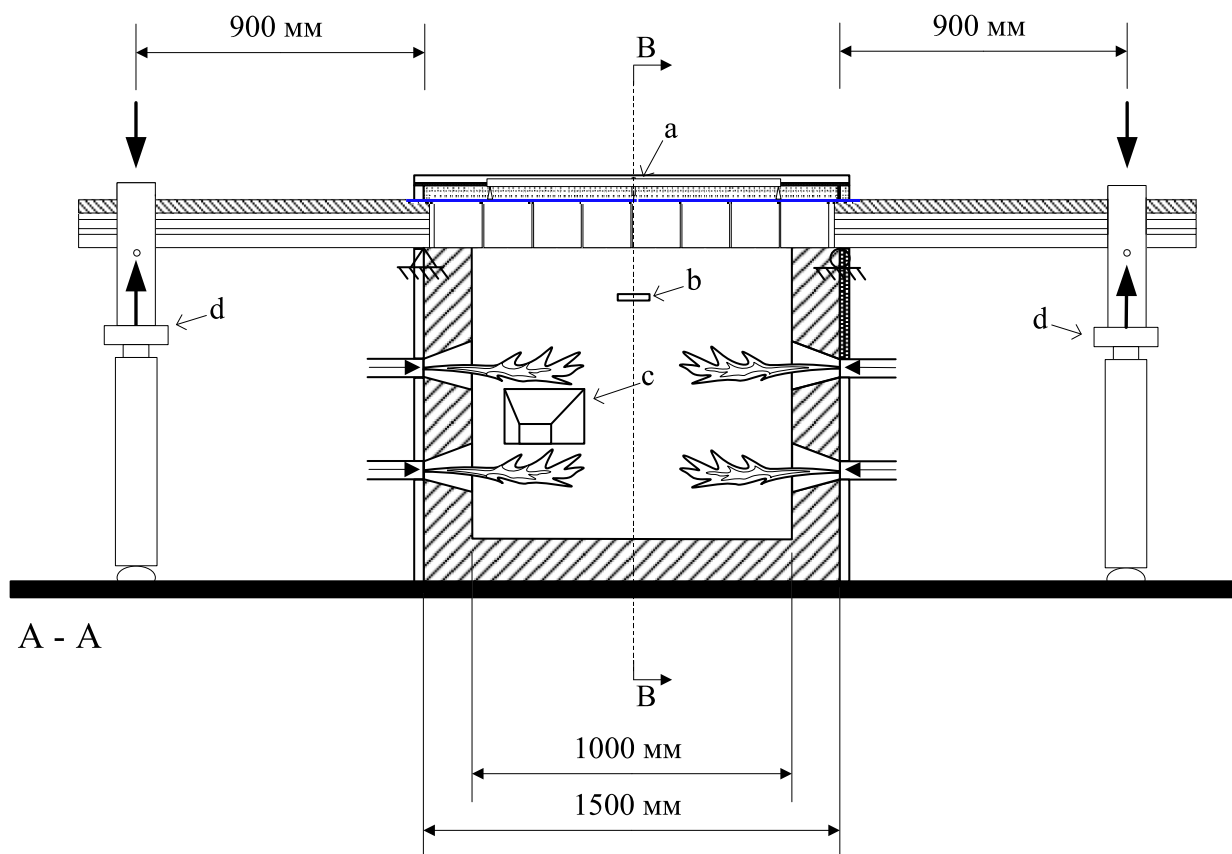
12.2-сурет – CLT-арқалықтарының арқалықтарының қабаттары мен көлденең қимасының өлшемдері (2-түр)

12.1.2 Аталған арқалықтарға түсірілетін жүктеменің диапазондары нақты көтергішқабілетінен 20 % -бен 40 % аралығын құрайды. Жүктеме мәндерінің диапазонын таңдау [6] сәйкес шынайы тәжірибедегі біршама өзекті жүктемелерді сипаттайды. От пешінде өрт әсер еткен арқалық учаскесінің ұзындығы 1,0 м құрады. Сынақ қондырғысының сызбасы 12.3-суретте көрсетілген.

12.1.3 Сынақ нәтижелері 12.1-кестеде берілген.

12.1-кесте – Әр түрлі CLT-арқалықтарын отпен сынау нәтижелері

Сынақ №	Жүктеме	Отқа төзімділік шегі, мин	Істен шығу түрі
CLT – арқалықтар (1-түр)			
1	39%	51,5	ығысу
2	32%	65,0	ығысу
3	28%	60,0	ығысу
4	20%	100,0	ығысу
5	39%	48,8	бұзылу
6	34%	68,3	бұзылу
7	26%	82,1	бұзылу
8	20%	90,2	бұзылу
CLT – арқалықтар (2-түр)			
1	48%	14,0	бұзылу, ығысу
2	37%	49,0	жұқа қабаттардың бұзылуы
3	37%	54,0	жұмсару
4	35%	50,0	локальды күйу түріндегі бұзылу



a – деформацияны өлшеу құрылғысы; b – термометр; c – қарау терезесі; d – жүктеме түсіру және жүкт

12.3-сурет – CLT-арқалықтарын сынау жөніндегі эксперименталдық қондырғы

12.2 Қосылыстарды сынау

12.2.1 Төменде сыналар көмегімен байланыстырылған ағаш конструкцияларын сынау көрсетілген. Қосылыстардың геометриялық сипаттамалары 12.2-кестеде берілген.

12.2-кесте – Ағаш – ағаш қосылысының геометриялық сипаттамалары

Сынақ №	Қосылыс типі	Қосылыс диаметрі, мм	Биіктік, мм	Қаптама қалыңдығы, мм	Орталық конструкциясының қалыңдығы, мм
A	ағаш-ағаш	16	254	84	160
B				64	112

12.2.2 Сынақтарға арналған үлгілер қаптамасы төрт бекітпе элементпен екі қатарға (әр қатарға екі сына және бір бұранда) бекітілген LVL білеулерін ұсынады. Әр конструкцияның тіреу қасиеті 269,4 кН және сәйкесінше 267,9 кН құрайды. От сынақтарын жүргізу әдістемесі олардың тіреу қасиеттерінен 10 % -бен 40 % аралығында кезеңдік батыруды қарастырды.

12.2.3 Сынақ нәтижелері 12.3-кестеде берілген.

12.3-кесте – Байланыстырғыш элементтерді сынау нәтижелері

Сынақ №	t_1 , мм	t_2 , мм	Жүктеме, кН	Коэффициент η	От әсері кезінде бұзылу уақыты, мин
A	84	160	26,6	9,9%	79
A			80,6	29,9%	54
B	64	112	26,0	9,7%	59
B			53,7	20,0%	46
B			53,1	19,8%	45
B			80,5	30,0%	38
B			80,6	30,1%	41

12.2.4 12.3-кестеде берілген эксперименталдық деректер өрт кезіндегі жүктеменің есептік деңгейінің η коэффициентін азайту кезінде қарастырылатын қосылыстардың отқа төзімділік шегі 60 минуттан асуы мүмкін.

А қосымшасы

(міндетті)

Ағаштың беріктігінің, қаттылығының және тығыздығының сипаттамалық мәндері

А.1-кесте – Бүтін ағаштың беріктігінің, қаттылығының және тығыздығының сипаттамалық мәндері.

Кесілген материалдардың беріктік кластары

		Терек және қылқан жапырақ тұқымды ағаш												Жапырақ тұқымды ағаш					
		C14	C16	C18	C20	C22	C24	C27	C30	C35	C40	C45	C50	D30	D35	D40	D50	D60	D70
Беріктік көрсеткіштері, Н/мм ²																			
Иілу	$f_{m,k}$	14	16	18	20	22	24	27	30	35	40	45	50	30	35	40	50	60	70
Талшықтарды бойлай созылу	$f_{t,0,k}$	8	10	11	12	13	14	16	18	21	24	27	30	18	21	24	30	36	42
Талшықтарға көлденең созылу	$f_{t,90,k}$	0,4	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,7	0,9
Талшықтарды бойлай сығу	$f_{c,0,k}$	16	17	18	19	20	21	22	23	25	26	27	29	23	25	26	29	32	34
Талшықтарға көлденең сығу	$f_{c,90,k}$	2,0	2,2	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7	2,8	2,9	3,1	3,2	8,0	8,4	8,8	9,7	10,5	13,5
Ығысу	$f_{v,k}$	1,7	1,8	2,0	2,2	2,4	2,5	2,8	3,0	3,4	3,8	3,8	3,8	3,0	3,4	3,8	4,6	5,3	6,0
Қаттылық көрсеткіштері, кН/мм ²																			
Талшықтарды бойлай серпімділіктің орташа мәні	$E_{0,mean}$	7	8	9	9,5	10	11	11,	12	13	14	15	16	10	10	11	14	17	20
Талшықтарды бойлай серпімділік модулінің 5%-дық квантили	$E_{0,0,5}$	4,7	5,4	6,0	6,4	6,7	7,4	8,0	8,0	8,7	9,4	10,0	10,7	8,0	8,7	9,4	11,8	14,3	16,8
Талшықтарға көлденең серпімділіктің орташа мәні	$E_{90,mean}$	0,23	0,27	0,30	0,32	0,33	0,37	0,38	0,40	0,43	0,47	0,50	0,53	0,64	0,69	0,75	0,93	1,13	1,33
Ығысу модулінің орташа мәні	G_{mean}	0,44	0,50	0,56	0,59	0,63	0,69	0,72	0,75	0,81	0,88	0,94	1,00	0,60	0,65	0,70	0,88	1,06	1,25
Тығыздық, кг/м ³																			
Тығыздық	ρ_k	290	310	320	330	340	350	370	380	400	420	440	460	530	560	590	650	700	900
Тығыздықтың орташа мәні	ρ_{mean}	350	370	380	390	410	420	450	460	480	500	520	550	640	670	700	780	840	1080

**А.1-кесте – Бүтін ағаштың беріктігінің, қаттылығының және тығыздығының сипаттамалық мәндері.
Кесілген материалдардың беріктік кластары (жалғасы)**

Ескертпе

1 Жоғарыда көрсетілген созылу, сығу және ығысу кезіндегі беріктік мәндері, серпімділік модулінің 5%-дық квантили, талшықтарға көлденең серпімділік модулінің орташа мәні және ығысу модулінің орташа мәні EN 338 (А қосымшасы) көрсетілген формулаларды қолданып есептелген;

2 Кесте көрсеткіштері 20 °C температура кезіндегі дымқылдықтағы және 65% ауаның салыстырмалы ылғалдығындағы ағашқа таратылады.

**А.2-кесте – Беріктіктің, қаттылықтың, Н/мм², және тығыздықтың сипаттамалық мәні, кг/м³
(біркелкі көп қабатты желімденген ағаш үшін)**

Желімденген ағаштың беріктігінің класы	GL 24h	GL 28h	GL 32 h	GL 36 h
Иілу кезіндегі беріктік $f_{m,g,k}$	24	28	32	36
Созылу кезіндегі беріктік $f_{t,0,g,k}$	16,5	19,5	22,5	26
$f_{t,90,g,k}$	0,4	0,45	0,5	0,6
Сығу кезіндегі беріктік $f_{c,0,g,k}$	24	26,5	29	31
$f_{c,90,g,k}$	2,7	3,0	3,3	3,6
Қыздыру кезіндегі беріктік $f_{v,g,k}$	2,7	3,2	3,8	4,3
Серпімділік модулі $E_{0,g,mean}$	11 600	12 600	13 700	14 700
$E_{0,g,05}$	9 400	10 200	11 100	11 900
$E_{90,g,mean}$	390	420	460	490
Ығысу модулі $G_{g,mean}$	720	780	850	910
Тығыздық $\rho_{g,k}$	380	410	430	450

**А.3-кесте – Беріктің, қаттылықтың, Н/мм², және тығыздықтың сипаттамалық мәні, кг/м³
(аралас көп қабатты желімденген ағаш үшін)**

Желімденген ағаштың беріктігінің класы	GL24c	GL28c	GL 32c	GL 36c
Иілу кезіндегі беріктік $f_{m,g,k}$	24	28	32	36
Созылу кезіндегі беріктік $f_{t,0,g,k}$	14	16,5	19,5	22,5
$f_{t,90,g,k}$	0,35	0,4	0,45	0,5
Сығу кезіндегі беріктік $f_{c,0,g,k}$	21	24	26,5	29
$f_{c,90,g,k}$	2,4	2,7	3,0	3,3
Қыздыру кезіндегі беріктік $f_{v,g,k}$	2,2	2,7	3,2	3,8
Серпімділік модулі $E_{0,g,mean}$	11 600	12 600	13 700	14 700
$E_{0,g,05}$	9 400	10 200	11 100	11 900
$E_{90,g,mean}$	320	390	420	460
Ығысу модулі $G_{g,mean}$	590	720	780	850
Тығыздық $\rho_{g,k}$	350	380	410	430

БИБЛИОГРАФИЯ

[1] Качим, П., Франсен, Дж-М. Метод оценки скорости обугливания древесины в соответствии с Еврокодом 5. / П. Качим, Дж-М. Франсен / Технологии противопожарной защиты №46 (2010)(5-ші Еврокодпен сәйкес ағаштың күй жылдамдығын бағалау әдісі/ П. Качим, Дж-М. Франсен / Өртке қарсы қорғау технологиясы). «Springer Science & Business Media» басылымы. 169–181-б.

[2] Пуркисс, Дж. А. Противопожарная инженерия. Проектирование конструкций / Дж.А. Пуркисс / (Өртке қарсы инженерия. Конструкцияларды жобалау) Астон азаматтық құрылыс университеті. Оксфорд, 1996. – 342-б.

[3] Ойгер, К. Проектирование деревянных каркасов с теплоизоляцией из стекловаты покрытых обшивкой из гипсокартона с учетом воздействия пожара / К. Ойгер / (Өрт әсерін ескере отырып гипсокартоннан жабылып қапталған әйнекті мақтадан жасалған жылу оқшаулаушысы бар ағаш қаңқасын жобалау). Инженерия докторы ғылыми дәрежесіне іздену диссертациясы. Таллин, 2010. – 160-б.

[4] Арикуин, К.Л. Скорость обугливания конструкций из цельной древесины при их проектировании с учетом воздействия пожара (Өрт әсерін ескере отырып жобалағанда тұтас ағаштан жасалған конструкцияның күй жылдамдығы). Философия докторы ғылыми дәрежесіне іздену диссертациясы. NTNU. Трондхейм, 2010. – 138-б.

[5] Огнестойкость балок из многослойной древесины с перекрестным расположением слоев (Қатарлары қиылысып орналасқан көп қатарлы ағаштан жасалған бөренелердің өртке төзімділігі). / Технологиялық институттың ғылыми бөлімі. 2009. – 79-б.

[6] Кониг, Дж. Шмид, Дж., Огнестойкость балок перекрытия. Технологии обработки древесины (Жабын бөренелердің өртке төзімділігі. Ағашты өңдеу технологиясы) Швеция, Австрия, 2007. – 93-б.

[7] Ла Планш, К., Дхима, Д., Рэйчер, П. Поведение нагельных соединений при пожаре: результаты огневых испытаний и моделирование теплопереноса (Өрт кезіндегі сынамен біріктіру тәлімі). «Ағаш құрылыстарды салу технологиялары» 8-халықаралық конференциясының баяндамалары, WCTE 2004, Лахти, Финляндия. С. 335–340.

[8] Кониг, Дж. Односторонняя и условная скорости обугливания древесины (Ағаштың күйінің біржақты және шартты жылдамдықтары). CIB W18 ағаш конструкцияларын жобалау жөніндегі жұмыс комиссиясының халықаралық конференциясының материалдары, 2002, Киото, Жапония. 35–16–1-б.

ӘОЖ 624.0

МСЖ 91.080.01

Түйінді сөздер: конструкциялар, өрт, отқа төзімділік, отқа төзімділіктің шектеулі күйі, әсерлер, жылутехникалық есептеу, температуралық тәртіп, өрт жүктемесі, күйо тереңдігі, күйо жылдамдығы

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	V
1 Область применения	1
2 Нормативные ссылки	1
3 Термины и определения	3
4 Обозначения и сокращения	15
4.1 Латинские прописные буквы	15
4.2 Латинские строчные буквы	16
4.3 Греческие прописные буквы	18
4.4 Греческие строчные буквы.....	18
5 Основы проектирования	19
5.1 Общие положения	19
5.2 Методы расчета огнестойкости	21
5.3 Основные принципы расчета по предельным состояниям	23
5.4 Характеристика воздействий	25
6 Характеристики материалов	30
7 Глубина обугливания	33
7.1 Глубина обугливания с учетом влияния угловых закруглений.....	33
7.2 Определение глубины обугливания для незащищенных обшивками поверхностей деревянных конструкций в течение стандартного воздействия пожара	34
7.3 Определение глубины обугливания балок и колонн, защищенных от воздействия пожара конструктивной противопожарной защитой (обшивками из различных материалов)	41
7.4 Скорость обугливания	46
7.5 Время начала обугливания обшивок t_{ch}	47
7.6 Время защитного действия обшивок t_f	50
7.7 Характеристики листов гипсокартонных, используемых в качестве защитных обшивок.....	54
8 Методы расчета сопротивления.....	63
8.1 Метод приведенного поперечного сечения	63
8.2 Метод приведенных характеристик	65
8.3 Упрощенные правила расчета конструкций и конструктивных элементов	67
8.4 Механически соединенные конструкции	67
8.5 Общие методы расчета	67
8.6 Теплотехнические характеристики	68
8.7 Механические характеристики	71
9 Методы расчета стен и перекрытий	88
9.1 Каркасные элементы с заполнением пустот теплоизоляцией из минеральной ваты или стекловолокна.....	88
9.2 Влияние обшивок из гипсокартона на обугливание древесины.....	92
9.3 Проектирование деревянных каркасных стен с теплоизоляцией из стекловолокна	93
10 Соединения	101
11 Конструирование.....	116
12 Огневые испытания.....	120

НТП РК 05-01-2.1-2012

12.1 Испытание деревянных конструкций	120
12.2 Испытание соединений.....	123
Приложение А (обязательное) Характеристические значения прочности, жесткости и плотности древесины.....	124
Библиография	127

ВВЕДЕНИЕ

Настоящее нормативно-техническое пособие подготовлено республиканским государственным предприятием «Казахский научно-исследовательский и проектно-экспериментальный институт сейсмостойкого строительства и архитектуры» (РГП «КазНИИССА»).

В настоящем нормативно-техническом пособии приведены:

- принципы и правила применения при проектировании деревянных строительных конструкций с учетом выполнения ими своих функций при пожаре, содержащиеся в Разделах 1–7 СН РК EN 1995-1-2:2004/2011;
- положения, развивающие принципы и правила, приведенные в Разделах 1–7 СН РК EN 1995-1-2:2004/2011;
- примеры, иллюстрирующие применение положений Разделов 1–7 СН РК EN 1995-1-2:2004/2011 в практике проектирования;
- альтернативные методы расчета огнестойкости деревянных строительных конструкций, не противоречащие требованиям СН РК EN 1995-1-2:2004/2011;
- дополнительные данные по поведению и расчету каркасных деревянных элементов с заполнением пустот теплоизоляцией из минеральной ваты и стекловолокна, не противоречащие требованиям СН РК EN 1995-1-2:2004/2011.

При разработке настоящего нормативно-технического пособия, помимо положений СН РК EN 1995-1-2:2004/2011, учтены:

- положения Национального Приложения к СН РК EN 1995-1-2:2004/2011;
- соответствующие положения СН РК EN 1990:2002+A1:2005/2011 «Основы строительного проектирования»;
- соответствующие положения СН РК EN 1991-1-2:2002/2011 Еврокод 1. Воздействия на несущие конструкции. Часть 1-2. Общие воздействия. Воздействия на конструкции при пожарах;
- соответствующие положения СН РК EN 1995-1-1:2008/2011 Проектирование деревянных конструкций. Часть 1-1. Общие правила и правила для зданий.
- некоторые общепризнанные положения теории огнестойкости зданий, сооружений, строительных конструкций и материалов, дополняющие требования СН РК EN 1995-1-2:2004/2011 и не противоречащие им;
- апробированные результаты исследований, полученные зарубежными научными организациями, специализирующимися в области огнестойкости деревянных строительных конструкций и материалов.

Настоящее нормативно-техническое пособие предназначено для инженерно-технических работников проектных организаций, научных работников, заказчиков проектной продукции, преподавателей и студентов высших учебных заведений.

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 ДЕРЕВЯННЫХ КОНСТРУКЦИЙ. ЧАСТЬ. ОБЩИЕ
ПРАВИЛА ПРОЕКТИРОВАНИЯ КОНСТРУКЦИЙ С УЧЕТОМ ВОЗДЕЙСТВИЯ
ПОЖАРА

DESIGN OF TIMBER STRUCTURES. PART. GENERAL.
STRUCTURAL FIRE DESIGN

Дата введения - 2015-07-01

1 ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

1.1 Пособие «Проектирование деревянных конструкций. Часть. Общие правила проектирования конструкций с учетом воздействия пожара» (далее – пособие) разработано в соответствии с положениями СН РК EN 1995-1-2:2004/2011 и распространяется на проектирование деревянных конструкций с учетом воздействия на них пожара. В пособии детализируются и разъясняются виды воздействий на случай пожара, расчеты несущей и ограждающей способности конструкций при пожаре, в соответствии с принципами и правилами СН РК EN 1990:2002+A1:2005/2011 и СН РК EN 1995-1-2:2004/2011.

1.2 Разработанное пособие распространяется на проектирование деревянных конструкций из древесины (цельная древесина, пиленая древесина, строганная или круглая древесина, фанера, клееная древесина, состоящая из нескольких слоев шпона с параллельным расположением волокон (LVL)) или древесных плит, соединенных между собой механически или при помощи клея, и применяемых в зданиях с соответствующими их назначению пожарными нагрузками.

2 НОРМАТИВНЫЕ ССЫЛКИ

Для применения настоящего пособия необходимы следующие ссылочные документы. Для датированных ссылок применяют только указанное издание ссылочного документа, для недатированных ссылок применяют последнее издание ссылочного документа (включая все его изменения):

СТ РК 1.9–2007 Государственная система технического регулирования Республики Казахстан. Порядок применения международных, региональных и национальных стандартов иностранных государств, других нормативных документов по стандартизации в Республике Казахстан.

СН РК EN 1990:2002+A1:2005/2011 Основы проектирования несущих конструкций.

СН РК EN 1991-1-1:2002/2011 Воздействия на несущие конструкции. Часть 1-1. Собственный вес, постоянные и временные нагрузки на здания.

СН РК EN 1991-1-2:2002/2011 Воздействия на несущие конструкции. Часть 1-2. Общие воздействия. Воздействия для конструкции при пожарах.

СН РК EN 1993-1-2:2005/2011 Проектирование стальных конструкций. Часть 1-2. Общие правила. Проектирование конструкций с учетом воздействия пожара.

СН РК EN 1995-1-1:2004+А 1:2008/2011 Проектирование деревянных конструкций. Часть 1-1. Общие правила и правила для зданий.

СН РК EN 1995-1-2:2004/2011 Проектирование деревянных конструкций. Часть 1-2. Общие правила проектирования конструкций с учетом воздействия пожара.

СТ РК EN 316 Плиты древесноволокнистые. Определение, классификация и обозначения.

СТ РК EN 520 Листы гипсокартонные. Технические условия. Методы испытания.

СТ РК ENV 13381-7 Методы испытания для определения факторов, влияющих на огнестойкость строительных конструкций. Часть 7. Защита деревянных конструкций.

СТ РК EN 14080 Конструкции деревянные. Клееная древесина. Требования.

СТ РК EN 14374 Конструкции деревянные. Конструкционный слоистый фанерный пиломатериал. Технические требования.

EN 300* Oriented strand boards (OSB). Definitions, classification and specifications (Плиты древесноволокнистые (ориентированно-стружечные) (OSB). Определения, классификация и требования).

EN 301* Adhesives, phenolic and aminoplastic, for loading bearing timber structures. Classification and performance requirements (Клеи для несущих деревянных конструкций. Фенопласты и аминопласты. Классификация и требования).

EN 309* Particleboards. Definition and classification (Плиты древесностружечные. Определение и классификация).

EN 313-1* Plywood. Classification and terminology. Plywood. Classification and terminology. Classification (Фанера. Классификация и терминология. Часть 1. Классификация).

EN 314-2* Plywood. Bonding quality. Test methods (Фанера. Качество склеивания. Часть 2. Требования).

EN 338* Structural timber. Strength classes (Древесина конструкционная. Классы прочности).

EN 912* Timber fasteners. Specifications for connectors for timbers (Крепежные изделия для древесины. Технические требования к соединительным элементам для древесины).

EN 1363-1* Fire resistance tests. General requirements (Испытания на огнестойкость. Часть 1. Общие требования).

EN 13162* Thermal insulation products for buildings. Factory made mineral wool (MW) products. Specification (Материалы теплоизоляционные для зданий. Изделия из минеральной ваты (МВ). Технические условия).

ISO 6707-1* Building and civil engineering – Vocabulary – Part 1: General terms (Строительство зданий и гражданское строительство. Словарь. Часть 1. Общие термины).

* Применяется в соответствии с СТ РК 1.9

* Применяется в соответствии с СТ РК 1.9

Примечание – – При пользовании настоящим нормативно-техническим пособием 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 пособии применяются следующие термины с соответствующими определениями:

3.1 Строение (construction works): Все, что строится или является результатом строительных работ.

Примечание – –Определение по ISO 6707-1. Данный термин подразумевает как здания, так и инженерные сооружения. Термин относится к законченному строению, которое содержит конструктивные (несущие), неконструктивные (ненесущие), а также геотехнические элементы.

3.2 Тип здания или инженерного сооружения (type of building or civil engineering works): Определяется исходя из функционального назначения здания или сооружения, например, жилой дом, подпорная стена, промышленное здание, дорожный мост.

Примечание – –Вид строения может быть использован для определения силовых и температурных (пожарных) нагрузок на конструкции без дополнительных расчетов.

3.3 Тип конструкции (type of construction): Определяется исходя из вида материалов, применяемых для изготовления конструкции, например, железобетонная конструкция, стальная конструкция, деревянная конструкция, каменная конструкция, сталебетонная составная конструкция.

Примечание – –В настоящем пособии рассматриваются только деревянные строительные конструкции.

3.4 Конструкция (сооружение) (structure): Предусмотренная комбинация взаимосвязанных конструктивных элементов, предназначенных для восприятия нагрузок и обеспечения адекватной жесткости.

3.5 Конструктивный элемент (structural member): Физически различимая часть конструкции, например, колонна, балка, плита, фундаментная свая.

3.6 Отдельная конструкция (member): Основной элемент конструктивной системы, который можно рассматривать отдельно с учетом граничных условий и схемы опирания (например, балка, колонна, а также сборные конструкции, такие как фермы, рамы и т.д.).

3.7 Несущее строительное изделие (structural element): К несущим строительным изделиям относятся фундамент, колонна, в мостах – опора, плита полотна дороги и несущие элементы, например, канаты.

3.8 Ненесущее строительное изделие (non structural element): К ненесущим строительным изделиям относятся дополнительные отделки, покрытия и облицовки, соединяемые с несущим изделием, включая дорожные покрытия и ограждения, а также оборудование и механические устройства, стационарно соединенные с несущим изделием.

3.9 Конструктивная система (structural system): Несущие элементы здания или инженерного сооружения, объединенные определенным способом для совместной работы.

3.10 Часть конструктивной системы (part of structure): Отдельная часть конструктивной системы с соответствующими граничными условиями и схемой опирания.

3.11 Модель сооружения (structural model): Идеализированная схема сооружения, применяемая при проектировании в расчетах и расчетных проверках.

Примечание – Модель сооружения представляет собой упрощенное восприятие геометрии для упрощения расчетных процедур без значимой потери точности – например, плиты в расчете представляются в виде балок, колонны – в виде стержней.

3.12 Критерии расчета (design criteria): Количественные показатели, описывающие условия, которые должны быть выполнены для каждого предельного состояния.

Примечание – С точки зрения расчета огнестойкости в качестве критериев принимают в основном разрушение конструкции либо достижение критической температуры.

3.13 Расчетные ситуации (design situations): Совокупность физических условий, моделирующих реальные условия, встречающиеся в определенном интервале времени, для которого расчеты должны показать, что соответствующие предельные состояния не превышены.

Примечание – Пожар относят к аварийным расчетным ситуациям.

3.14 Переходная расчетная ситуация (transient design situation): Ситуация, реализующаяся в течение интервала времени, существенно меньшего по продолжительности, чем период эксплуатации сооружения и имеющая высокую вероятность проявления.

Примечание – Переходная расчетная ситуация относится к временным условиям эксплуатации или воздействия на несущую конструкцию, например, во время строительства или во время проведения ремонта.

3.15 Постоянная расчетная ситуация (persistent design situation): Ситуация, являющаяся определяющей в течение всего периода эксплуатации сооружения.

Примечание –

1 Как правило постоянная расчетная ситуация относится к нормальным условиям эксплуатации. Указанная ситуация может быть использована в расчете огнестойкости в качестве исходных данных – нагрузки, напряжения.

2 Считается, что при пожаре действует только определенная часть действующих нагрузок, определяемых для постоянной расчетной ситуации. Поскольку пожар относится к достаточно редким событиям, то вероятность совпадения момента перегрузки конструкций с моментом возникновения пожара пренебрежимо мала.

3.16 Аварийная расчетная ситуация (accidental design situation): Ситуация, учитывающая особые для сооружения условия или воздействия, например, пожар, взрыв, удар или местное разрушение.

3.17 Противопожарные проектные мероприятия (fire design): Мероприятия, предусматриваемые при проектировании конструкций для сохранения их работоспособности в случае пожара.

Примечание – Огнестойкость относят к противопожарным проектным мероприятиям. Требуемое значение огнестойкости устанавливается национальными нормами (например, Техническим регламентом «Общие требования к пожарной безопасности»). Еврокоды позволяют определить (рассчитать) только фактические параметры огнестойкости.

3.18 Опасность (hazard): Необычное и серьезное событие, например, не предполагаемое воздействие или влияние окружающей среды, недостаточная прочность или несущая способность, либо недопустимое отклонение от предусмотренных размеров.

3.19 Предельные состояния (limit states): Состояния, при превышении которых строительные конструкции не отвечают требованиям норм проектирования.

3.20 Критические предельные состояния (ultimate limit states): Состояния, связанные с разрушением или другими формами отказа конструкции (сооружения).

Примечание – Как правило, они соответствуют максимальной несущей способности конструкции или ее элемента, в том числе и при воздействии пожара.

3.21 Несущая способность (сопротивление) (resistance): Способность конструктивного элемента или его поперечного сечения противостоять воздействиям без механического разрушения, например, сопротивление изгибу, сопротивление потере устойчивости, сопротивление растяжению.

3.22 Прочность (strength): Механическое свойство материала, характеризующее его способность сопротивляться воздействиям и, обычно, выражаемое в единицах механического напряжения.

3.23 Надежность (reliability): Способность сооружения или его конструктивного элемента соответствовать установленным требованиям в течение расчетного срока эксплуатации. Надежность выражается, как правило, в вероятностных величинах.

Примечание – Понятие надежность распространяется на безопасность, эксплуатационную пригодность и долговечность сооружения.

3.24 Номинальное значение (nominal value): Значение, принятое не по результатам статистического анализа, а на основании опытных данных или физических условий.

Примечание – Номинальные значения используются преимущественно в тех случаях, когда проведение статистического анализа невозможно.

3.25 Воздействие (F) (action (F)):

а) Группа сил (нагрузок), действующих на сооружение (прямое воздействие);

б) Группа приложенных деформаций или колебаний, вызванных изменением температуры или влажности, неравномерной осадкой оснований или землетрясением (косвенное воздействие).

Примечание – Пожар относится к варианту воздействий б) и представляет собой нестационарный (переменный во времени) тепловой поток в направлении конструкций.

3.26 Эффект воздействий (E) (effect of action (E)): Результат воздействия на элементы конструкции (например, внутренние силы, моменты, напряжения, деформации) или реакции всего сооружения (например, прогибы, повороты), вызванные воздействиями.

3.27 Постоянное воздействие (G) (permanent action (G)): Воздействие в течение всего срока эксплуатации, временное изменение величины которого, по сравнению со средним значением, незначительно, или воздействие, изменение которого до достижения определенного предельного значения происходит всегда монотонно и в одном направлении.

3.28 Переменное воздействие (Q) (variable action (Q)): Воздействие, для которого изменение его величины во времени не является ни незначительным и ни монотонным.

3.29 Аварийное воздействие (A) (accidental action (A)): Воздействие, как правило, кратковременное, но значительной величины, имеющее небольшую вероятность возникновения в течение расчетного срока эксплуатации сооружения.

Примечание –

1 Аварийное воздействие может иметь значительные последствия, если не принимать соответствующих мер. Например, пожар – аварийное воздействие (опасность) – может привести к разрушению конструкции (здания, сооружения).

2 Ударные, снеговые, ветровые и сейсмические воздействия могут быть переменными или аварийными, в зависимости от имеющейся информации относительно их статистических распределений.

3.30 Фиксированное воздействие (fixed action): Воздействие, которое имеет постоянное распределение и положение по отношению к конструкции или конструктивному элементу, в результате чего величина и направление этого воздействия однозначно определяются для конструкции или конструктивного элемента, если его величина и направление определены для одной точки конструкции или конструктивного элемента.

Примечание – Для расчета огнестойкости учитываются только фиксированные силовые воздействия (нагрузки). Перемещением грузов в условиях деформаций конструкций при пожаре пренебрегается. Сгоранием грузов в условиях пожара также пренебрегается. Исключение составляет снеговая нагрузка, которая при расчете огнестойкости может учитываться в качестве положительного эффекта за счет таяния снежной массы под воздействием теплового потока пожара.

3.31 Свободное воздействие (free action): Воздействие, которое может иметь различные пространственные распределения по отношению к конструкции.

3.32 Статическое воздействие (static action): Воздействие, не вызывающее существенных колебаний конструкции или конструктивного элемента.

Примечание – –Статическое воздействие – это воздействие, которое может быть принято постоянным для рассматриваемого промежутка времени. Для расчета огнестойкости учитываются только статические силовые воздействия (нагрузки).

3.33 Динамическое воздействие (dynamic action): Воздействие, вызывающее существенные колебания конструкции или конструктивного элемента.

3.34 Характеристическое значение воздействия (F_k) (characteristic value of an action (F_k)): Определяющее репрезентативное значение воздействия.

Примечание – –Если характеристическое значение может быть установлено статистически, то его определяют с заданной вероятностью, при которой в течение «референтного периода времени» не произойдет превышения данного значения; при этом учитываются расчетный срок эксплуатации сооружения и продолжительность расчетной ситуации.

3.35 Комбинационное значение переменного воздействия ($\psi_0 Q_k$) (combination value of a variable action ($\psi_0 Q_k$)): Значение переменного воздействия, выбранное по возможности, на статистической основе таким образом, чтобы вероятность превышения эффектов, вызванных комбинацией воздействий, была примерно такой же, как и вероятность превышения характеристического значения отдельного воздействия. Комбинационное значение представляет собой часть характеристического значения переменного воздействия и может быть определено умножением характеристического значения на коэффициент $\psi_0 \leq 1$.

3.36 Частное значение переменного воздействия ($\psi_1 Q_k$) (frequent value of a variable action ($\psi_1 Q_k$)): Значение переменного воздействия, выбранное по возможности, на статистической основе таким образом, чтобы либо суммарное время его действия в пределах референтного периода, когда это значение превышает, являлось малой частью референтного периода, либо частота этих превышений ограничивалась заданным значением. Частное значение представляет собой часть характеристического значения переменного воздействия и может быть определено умножением характеристического значения на коэффициент $\psi_1 \leq 1$.

Примечание – –Частное значение переменного воздействия известно также как временная длительно действующая нагрузка, но принятая на статистической основе. Так как пожар относится к редким по повторяемости событиям, то для расчета огнестойкости допускается применять частное значение переменного воздействия.

3.37 Значение сопутствующего переменного воздействия (ψQ_k) (accompanying value of a variable action (ψQ_k)): Значение переменного воздействия, которое сопровождает доминирующее воздействие в комбинации воздействий.

Примечание – –Значением сопутствующего переменного воздействия может быть его комбинационное, частное или квазипостоянное значение. Так как переменные воздействия разнообразны с точки зрения времени присутствия, то величины воздействия, учесть их точное значение в любой момент (референтный период) времени (например, соответствующему возникновению пожара) не представляется возможным. Поэтому в зависимости от вида расчетной ситуации (т.е. длительности ее присутствия) принимается комбинирующий коэффициент $\psi \leq 1$.

3.38 Репрезентативное значение воздействия (F_{rep}) (representative value of an action (F_{rep})): Значение, применяемое при расчете по предельным состояниям. В качестве репрезентативного значения могут быть приняты характеристическое значение (F_k) или сопутствующее значение (ψF_k).

Примечание –

1 Расчетное значение может обозначаться также как произведение характерного значения и частного коэффициента безопасности γ_F ; ($\gamma_F = \gamma_{sd}\gamma_I$).

2 Репрезентативное значение воздействия также известно как «характеристическое» значение воздействия. При расчете огнестойкости для постоянных силовых воздействий принимают характеристическое значение, для переменных – сопутствующее значение воздействия.

3.39 Расчетное значение воздействия (F_d) (design value of an action (F_d)): Значение воздействия, полученное умножением репрезентативного значения на частный коэффициент γ .

Примечание –

1 Расчетное значение может обозначаться также как произведение характерного значения и частного коэффициента безопасности γ_F ; ($\gamma_F = \gamma_{sd}\gamma_I$).

2 Для аварийных расчетных ситуаций (пожара) коэффициент γ_I принимается равным 1,0.

3.40 Комбинации воздействий (combination of actions): Совокупность расчетных значений воздействий, используемых при проверке надежности сооружения по некоторым предельным состояниям при одновременном действии различных воздействий.

3.41 Характеристическое значение (X_k или R_k) (characteristic value (X_k or R_k)): Значение, характеризующее свойства материала или изделия с определенной вероятностью непревышения при гипотетически неограниченном количестве испытаний. Характеристическое значение, обычно соответствует определенной квантили принятого статистического распределения рассматриваемого материала или изделия. В некоторых случаях номинальное значение используется как характеристическое.

Примечание –

1 Прочность древесины, например, принимается равной уровню 5% квантиля статистического распределения. Это означает, что из 100 испытанных идентичных образцов 5 образцов, показавших наименьшую прочность, отбраковывается, и прочность материала принимается по наименьшему из 95 оставшихся.

2 Характеристические значения прочности, жесткости и плотности для древесины в зависимости от ее класса прочности принимаются в соответствии с EN 338 и приведены в Приложении А.

3.42 Расчетное значение свойств материала или изделия (X_d или R_d) (design value of a material or product property (X_d or R_d)): Значение, получаемое в результате деления характеристического значения показателя свойств материала и изделия X_k или показателя свойств конструктивного элемента R_k на частный коэффициент γ_m или $\gamma_{M,k}$ или, в особых случаях, определяемое непосредственно.

Примечание – – Для аварийных расчетных ситуаций (пожара) коэффициенты γ_m или $\gamma_{M,k}$ принимаются равными 1,0 или устанавливаются в соответствии с национальными приложениями.

3.43 Номинальное значение свойств материала или изделия (X_{nom} или R_{nom}) (nominal value of a material or product property (X_{nom} or R_{nom})): Значение, обычно применяемое как характеристическое значение, определенное в соответствующем документе, например, в Европейском или предварительном стандарте.

3.44 Характеристическое значение геометрической величины (a_k) (characteristic value of a geometrical property (a_k)): Значение, обычно соответствующее номинальному размеру, принятому при проектировании. При необходимости значения геометрических размеров могут соответствовать установленным квантилям статистического распределения.

3.45 Расчетное значение геометрической величины (a_d) (design value of a geometrical property (a_d)): Как правило – это номинальное значение. При необходимости значения геометрических размеров могут соответствовать установленным квантилям статистического распределения.

Примечание – Отклонения возникают тогда, когда значение геометрического показателя является определяющим для предельного состояния, например, при воздействии геометрических дефектов на продольный изгиб. В этих случаях расчетное значение указывается непосредственно в стандартах на измерения. При необходимости расчетное значение может быть определено на основании статистических оценок с применением квантиля (т.е. более редкое значение), превышающего квантиль характеристического значения.

3.46 Расчет конструкций (structural analysis): Процедура или алгоритм определения эффектов воздействий (сил, моментов, напряжений, деформаций) в любой точке конструкции.

Примечание – Расчет можно проводить на трех уровнях, используя различные модели: общий расчет, расчет отдельных конструктивных элементов, локальный (местный) расчет.

3.47 Общий расчет (global analysis): Определение в конструкции согласованных между собой величин сил, моментов и усилий, находящихся в равновесии с воздействиями на несущую конструкцию и зависящих от геометрических размеров, конструктивных решений и свойств материалов.

Примечание – Общий расчет – это расчет всей конструктивной системы. Общий расчет производится, как правило, с использованием систем автоматизированного проектирования.

3.48 Общий анализ конструктивной системы при пожаре (global structural analysis (for fire)): Анализ конструктивной системы в целом, полностью или частично подвергнутой воздействию пожара.

Примечание – Непрямые воздействия пожара учитываются для всей конструктивной системы.

3.49 Непрямые воздействия пожара (indirect fire actions): Усилия, вызванные температурным расширением.

3.50 Анализ отдельной конструкции при пожаре (member analysis (for fire)): Теплотехнический и статический расчеты конструкции, рассматриваемой отдельно с

соответствующими граничными условиями и схемой опирания в условиях воздействия пожара.

Примечание – – При анализе отдельной конструкции не прямые воздействия пожара не рассматриваются, за исключением воздействий, вызванных температурными перепадами.

3.51 Расчет при нормальной температуре (normal temperature design): Расчет конструкции при температуре окружающей среды.

3.52 Теплотехнический расчет (temperature analysis): Методы определения нарастания температуры в конструкциях с учетом тепловых воздействий (тепловой поток), теплотехнических свойств материалов конструкции и, в случае необходимости, свойств защитных поверхностей.

Примечание – – Суть теплотехнического расчета деревянных строительных конструкций заключается в определении изменения (уменьшения) поперечного сечения от глубины обугливания с учетом различной скорости обугливания и наличия защитных обшивок.

3.53 Огнестойкость (fire resistance): Способность конструктивной системы, ее части или отдельной конструкции выполнять требуемые функции (несущую и/или ограждающую) в течение установленной продолжительности регламентируемого пожара при заданном уровне нагрузки.

3.54 Стандартная огнестойкость, предел огнестойкости (standard fire resistance): Способность конструктивной системы, ее части или обычно только отдельной конструкции выполнять требуемую несущую и/или ограждающую функцию, при регламентированной комбинации воздействий, в течение установленного времени в условиях теплового воздействия, определяемого стандартным температурным режимом.

3.55 Целостность (integrity) E: Способность ограждающей конструкции при одностороннем воздействии пожара предотвращать проникновение пламени и продуктов горения на необогреваемую поверхность.

3.56 Теплоизолирующая способность (insulation) I: Способность ограждающей конструкции при одностороннем воздействии пожара ограничивать рост температуры на необогреваемой поверхности выше установленного уровня.

3.57 Несущая способность (функция) (load bearing function) R: Способность конструктивной системы или отдельной конструкции выдерживать при пожаре установленные воздействия в соответствии с заданными параметрами.

3.58 Ограждающая способность (функция) (separating function): Способность ограждающей конструкции предотвращать распространение регламентируемого пожара или воспламенение необогреваемой поверхности (включает целостность (E) и теплоизолирующую способность (I)).

3.59 Пожарная секция (отсек) (fire compartment): Замкнутое пространство в здании, в пределах одного или нескольких этажей, выделенное ограждающими конструкциями, препятствующими распространению регламентируемого пожара за его пределы.

3.60 Противопожарная стена (fire wall): Стена между двумя частями здания (двумя зданиями), обладающая необходимой огнестойкостью и конструктивной устойчивостью, с учетом действия возможных горизонтальных нагрузок, в том числе при одностороннем обрушении примыкающих строительных конструкций.

Примечание – – Как правило, это кирпичная самонесущая стена, опирающаяся на собственный фундамент.

3.61 Ограждающая конструкция (separating element): Несущая или ненесущая конструкция (стена), образующая часть ограждения пожарного отсека.

3.62 Расчетный пожар (design fire): Схема развития пожара, принятая при проектировании.

Примечание – – Для расчета огнестойкости используется преимущественно расчетный пожар, соответствующий стандартному температурному режиму. Это обусловлено, прежде всего, тем, что требуемые значения огнестойкости, принятые в национальных нормах, выражены в единицах времени стандартного температурного режима.

3.63 Риск возникновения пожара (fire activation risk): Параметр, учитывающий вероятность возникновения пожара и являющийся функцией площади пожарного отсека и назначения помещения.

Примечание – – Риск возникновения пожара это величина, определяемая как произведение вероятности возникновения пожара (вероятности отказа защитных систем) на сумму ущерба, к которому может привести возможный пожар. Так как ущерб напрямую зависит от площади размещения горючих материалов, на практике ущерб заменяется параметрически на площадь пожарного отсека (пространства, в пределах которого пожар может практически свободно распространяться) с учетом назначения помещения.

3.64 Сценарий пожара (fire scenario): Качественное описание протекания пожара с указанием времени для ключевых событий, которые характеризуют данный пожар и отличают его от других возможных.

Примечание – – Сценарий обычно описывается процессами возгорания и развития пожара, стадиями его полного развития и затухания во взаимосвязи с оснащением здания и системами, которые влияют на протекание пожара. Понятие «сценарий пожара» характерно только для общих и параметрических моделей пожара.

3.65 Тепловые воздействия (thermal actions): Воздействия на конструктивную систему, описываемые с помощью теплового потока к конструкциям.

3.66 Температурные режимы (temperature-time curves): Зависимость температуры среды, окружающей поверхности конструкции, от времени. Различают:

– номинальные: общепринятые зависимости, адаптированные для классификации и подтверждения огнестойкости (установлены: стандартный температурный режим, температурный режим наружного пожара и температурный режим пожара углеводородов);

– параметрические: зависимости, определенные на базе моделей пожара и специальных физических параметров, определяющих условия в помещении при пожаре.

3.67 Стандартный температурный режим (standard temperature-time curve): Номинальная температурно-временная зависимость, для характеристики модели развившегося пожара в помещении.

3.68 Эквивалентная продолжительность пожара (equivalent time of fire exposure): Продолжительность пожара, характеризуемого стандартным температурным режимом, в

течение которого предполагается такое же тепловое воздействие в помещении, как при реальном пожаре.

3.69 Огнезащитный материал (fire protection material): Любые материалы либо их сочетания, примененные к конструктивному элементу с целью повышения его огнестойкости.

3.70 Линия обугливания (char-line): Граничная линия между обуглившимся слоем и остаточным поперечным сечением.

3.71 Эффективное поперечное сечение (effective cross-section): Сечение конструкции при расчете параметров противопожарной защиты, основывающееся на методе приведенного поперечного сечения. Оно определяется из остаточного поперечного сечения путем исключения частей сечения, прочность и жесткость которых принимаются равными нулю.

3.72 Остаточное поперечное сечение (residual cross-section): Поперечное сечение отдельной конструкции, уменьшенное на глубину обугливания.

3.73 Время защитного действия (failure time of protection): Продолжительность защиты конструкции от непосредственного воздействия пожара (например, когда огнезащитное покрытие или другой вид защиты откалывается от поверхности конструкции, или когда предварительно защищенный конструктивный элемент откалывается вследствие разрушения, или огнезащита нарушается другим конструктивным элементом вследствие чрезмерных деформаций).

Примечание – – Время защитного действия определяется для различных видов обшивок и теплоизолирующих материалов (при их использовании в каркасных конструкциях).

3.74 Огнезащитный материал (fire protection material): Любые материалы либо их сочетания, примененные к конструктивному элементу с целью повышения его огнестойкости.

Примечание – – Под данным термином подразумевается использование конструктивной противопожарной защиты в виде различных обшивок (листы гипсокартона, древесностружечные и древесноволокнистые плиты) и теплоизолирующих материалов (в большинстве случаев минеральной и стекловаты).

3.75 Слоистый фанерный пиломатериал (laminated veneer lumber) **LVL**: Слоистый материал, состоящий из склеенных между собой листов древесной фанеры с волокнами, выстроенных преимущественно в одном направлении.

Примечание – – Данное определение не исключает слоистый фанерный пиломатериал, состоящий из листов фанеры с извилистыми волокнами.

3.76 Плиты древесноволокнистые (ориентированно-стружечные) (orient strand board) **OSB**: Многослойные плиты, выполненные из древесной стружки определенной формы и толщины и соединенные между собой связующим.

Примечание – – В плитах OSB стружка во внешнем слое ориентирована в направлении длины или ширины плиты, а стружка в центральном слое обычно ориентирована перпендикулярно к стружке наружного слоя.

3.77 Гипсокартонный лист (gypsum plasterboard): Прямоугольное изделие, состоящее из гипсового сердечника и оболочки из приклеенного плотного, способного к сопротивлению картона.

Примечание –

1 Поверхности картона могут быть различными в зависимости от области применения каждого типа листов, а гипсовый сердечник может содержать добавки, придающие листу дополнительные свойства.

2 Продольные кромки листа покрыты картоном и имеют профили в соответствии с целью их применения.

3.78 Продольная кромка листа гипсокартона (axial edges of side gypsum plasterboard): Кромка, покрытая картоном в продольном направлении листа.

3.79 Поперечная кромка листа гипсокартона (cross edges of side gypsum plasterboard): Кромка с видимым гипсовым сердечником, перпендикулярная продольной кромке.

3.80 Лицевая сторона листа гипсокартона (front side of gypsum plasterboard): Сторона листа, поверхность и продольные кромки которого покрыты картоном.

3.81 Тыльная сторона листа гипсокартона (backside of gypsum plasterboard): Сторона листа, противоположная лицевой стороне.

3.82 Гипсокартонные листы типа А (gypsum plasterboard of type A): Листы, на лицевую сторону которых может быть нанесена гипсовая шпатлевка или декоративное покрытие.

Примечание – – Для целей маркировки листы обозначают: «Тип А».

3.83 Гипсокартонные листы типа Н (листы с низким водопоглощением) (gypsum plasterboard of type H): Листы, гипсовый сердечник которых содержит добавки, снижающие водопоглощение листов.

Примечание –

1 Листы применяют в условиях, при которых необходимо низкое водопоглощение.

2 Для целей маркировки листы в зависимости от их водопоглощения обозначают: «Тип Н1», «Тип Н2» и «Тип Н3».

3.84 Гипсокартонные листы типа Е (gypsum plasterboard of type E): Листы, применяемые, как правило, в качестве обшивки элементов наружных стен.

Примечание –

1 Нанесение декоративного покрытия на листы не предусмотрено.

2 Листы не рассчитаны на длительное воздействие внешних климатических условий. Для листов характерны пониженное водопоглощение и минимальная паропроницаемость.

3 Для целей маркировки листы обозначают: «Тип Е».

3.85 Гипсокартонные листы типа F (листы с повышенной огнестойкостью гипсового сердечника при высоких температурах) (gypsum plasterboard of type F): Листы, на лицевую сторону которых может быть нанесена шпаклевка или декоративное покрытие.

Примечание –

1 Для улучшения структуры и повышения прочности при высоких температурах (в случае пожара) гипсовый сердечник листов может содержать минеральные волокна и/или другие добавки.

2 Для целей маркировки листы обозначают: «Тип F».

3.86 Гипсокартонные листы типа P (gypsum plasterboard of type P): Листы, лицевая сторона которых предназначена для нанесения гипсовой штукатурки или приклеивания других материалов, например, гипсокартонных листов или плиточных материалов.

Примечание –

1 Форма кромок листов, для которых предусмотрено нанесение гипсовой штукатурки, должна быть прямоугольной или закругленной.

2 Для целей маркировки листы обозначают: «Тип P».

3.87 Гипсокартонные листы типа D (листы с заданной контролируемой плотностью) (gypsum plasterboard of type D): Листы контролируемой плотности, на лицевую сторону которых может быть нанесена гипсовая шпатлевка или декоративное покрытие.

Примечание –

1 Гипсовый сердечник листов может иметь определенную плотность, обеспечивающую оптимальные свойства листов при определенных условиях применения.

2 Для целей маркировки листы обозначают: «Тип D».

3.88 Гипсокартонные листы типа R (листы с повышенной прочностью) (gypsum plasterboard of type R): Листы, на лицевую сторону которых может быть нанесена гипсовая шпатлевка или декоративное покрытие.

Примечание –

1 Листы предназначены для применения в условиях, при которых требуется повышенная прочность на разрыв в продольном и поперечном направлениях.

2 Для целей маркировки листы обозначают: «Тип R».

3.89 Гипсокартонные листы типа I (листы с повышенной твердостью поверхности) (gypsum plasterboard of type I): Листы, предназначенные для применения в условиях, при которых к листам предъявляют требование к повышенной твердости поверхности.

Примечание –

1 На лицевую сторону листов может быть нанесена гипсовая шпатлевка или декоративное покрытие.

2 Для целей маркировки листы обозначают: «Тип I».

3.90 Соединительный элемент (connector): Элемент, обычно состоящий из пластины, зубчатой пластины или кольцевой пластины, частично вставленный в одну из контактирующих поверхностей двух конструкций, скрепленных вместе соединительным болтом, который в состоянии перенести нагрузку с одной конструкции на другую.

3.91 Соединение пластиной (plate connector): Односторонний соединительный элемент, выполненный из круглой пластины с фланцем по периметру одной стороны пластины.

3.92 Соединение зубчато-кольцевой шпонкой (toothed-plate connector): Односторонний соединительный элемент, выполненный из пластины с треугольными зубцами по краям или со штырями на пластине.

Примечание – – Соединительный элемент с зубчатой пластиной может быть двухсторонним и односторонним.

4 ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ

В настоящем пособии приняты следующие обозначения:

4.1 Латинские прописные буквы

A – минимальная площадь поперечного сечения деревянной конструкции, определенная при нормальной температуре;

A_r – площадь остаточного поперечного сечения;

A_t – площадь обуглившегося поперечного сечения;

E_d – расчетный результат воздействий;

$E_{d,fi}$ – расчетный модуль упругости древесины при пожаре;

$E_{fi,d,t}$ – расчетный модуль упругости; расчетный результат воздействий при пожаре;

F_{Rk} – характеристическое сопротивление соединения при нормальной температуре без учета влажности и длительности воздействия нагрузки ($k_{mod} = 1$);

$G_{fi,d}$ – расчетное значение модуля сдвига при пожаре;

G_k – характеристическое значение постоянного воздействия;

I – момент инерции;

K_{fi} – модуль скольжения при пожаре;

K_u – модуль скольжения для предельного состояния первой группы при нормальной температуре;

M_d – расчетный момент;

N – осевое усилие;

$Q_{k,1}$ – характеристическое значение доминирующего переменного воздействия, 1 (ведущее воздействие);

$R_{fi,d,t}$ – расчетное сопротивление элемента при пожаре в момент времени t ;

R_{20} – 20 % квантиль сопротивления при обычной температуре без учета продолжительности действия нагрузки и влажности;

R_k – характеристическое значение сопротивления соединения при обычной температуре без учета продолжительности действия нагрузки и влажности;

S_{05} – 5 % квантиль жесткости (модуль упругости или модуль сдвига) при нормальной температуре;

S_{20} – 20 % квантиль жесткости (модуль упругости или модуль сдвига) при нормальной температуре;

$S_{fi,d}$ – расчетное значение жесткости (модуль упругости или модуль сдвига) при пожаре;

W_{ef} – момент сопротивления эффективного поперечного сечения;

W_r – момент сопротивления остаточного поперечного сечения.

4.2 Латинские строчные буквы

a_0 – параметр;

a_1 – параметр;

a_2 – расстояние;

a_3 – расстояние;

a_{fi} – дополнительная толщина строительного элемента для лучшего сопротивления соединений;

b_{min} – начальная минимальная ширина поперечного сечения;

d – диаметр крепежного изделия;

d_0 – глубина слоя за линией обугливания, при которой прочность и жесткость принимаются равными нулю;

$d_{char,0}$ – глубина обугливания при одностороннем воздействии пожара;

$d_{char,n}$ – условная глубина обугливания;

d_{ef} – эффективная глубина обугливания;

d_g – глубина зазора;

d_{Θ} – глубина слоя за линией обугливания, в котором происходит увеличение температуры при воздействии пожара;

f_{20} – 20 % квантиль прочности при нормальной температуре;

$f_{c,0,d}$ – расчетное сопротивление на сжатие вдоль волокон;

$f_{d,fi}$ – расчетное значение прочности древесины при пожаре;

f_k – характеристическое значение прочности древесины;

f_{vk} – характеристическое значение прочности на сдвиг;

$f_{m,d}$ – расчетное сопротивление древесины на изгиб;

$f_{m,k}$ – характеристическое сопротивление древесины на изгиб

$f_{t,0,d}$ – расчетное сопротивление на растяжение вдоль волокон

h_{ins} – толщина изоляции;

h_p – толщина огнезащитной обшивки;

$h_{p,tot}$ – общая толщина обшивки, в случае применения нескольких слоев гипсокартона;

i – радиус инерции;

k – параметр;

k_p – коэффициент, учитывающий эффективность защиты противопожарной обшивки;

k_0 – коэффициент;

k_2 – коэффициент использования изоляции;

k_3 – коэффициент остаточной защиты;

k_{fi} – переводной коэффициент характеристического значения прочности из 5 % квантиля в 20 % квантиль;

k_{flux} – коэффициент, учитывающий тепловой поток крепежных изделий;

k_h – коэффициент, учитывающий толщину противопожарной обшивки;

k_j – коэффициент соединения для обшивок, не прикрепленных к деревянной конструкции;
 k_{mod} – коэффициент модификации, учитывающий длительность действия нагрузки и содержание влаги;
 $k_{mod,fi}$ – коэффициент модификации, учитывающий длительность действия нагрузки и содержание влаги при пожаре;
 k_n – переводной коэффициент несимметричного уменьшенного поперечного сечения в условное, прямоугольное поперечное сечение;
 k_θ – коэффициент снижения прочностных и деформационных характеристик, зависящий от температуры и учитывающий характеристики прочности или жесткости;
 k_j – коэффициент соединения для обшивок, не прикрепленных к деревянной конструкции;
 k_s – коэффициент поперечного сечения;
 l_a – глубина заземления крепежного изделия элемента в негоревшую древесину;
 $l_{a,min}$ – минимальная глубина заземленной части крепежного изделия;
 l_f – длина соединительного элемента;
 $l_{f,req}$ – требуемая глубина крепежных изделий;
 l_p – шаг размещения панелей;
 p – периметр остаточного поперечного сечения при пожаре;
 r – радиус ребра закругления при обугливание;
 q – нагрузка на конструкцию;
 t – продолжительность воздействия пожара;
 t_0 – промежуток времени с постоянной скоростью обугливания;
 t_1 – толщина бокового элемента;
 t_{ch} – время до начала обугливания защищенной конструкции;
 $t_{fi,d}$ – расчетный (фактический) предел огнестойкости;
 $t_{fi,req}$ – требуемый предел огнестойкости;
 t_f – время защитного действия противопожарной обшивки;
 t_{ins} – время повышения температуры на необогреваемой стороне конструкции;
 $t_{ins,0,i}$ – основное значение i -го слоя изоляции;
 $t_{p,min}$ – минимальная толщина панели;
 t_R – предел огнестойкости по потере несущей способности;
 t_{sf} – время защитного действия стальных швеллеров;
 t_s – толщина стальных швеллеров;
 w – величина прогиба;
 $v_{rec,gw}$ – скорость уменьшения ширины теплоизоляции;
 y – координата;
 z – координата.

4.3 Греческие прописные буквы

Θ – температура;
 Θ_d – расчетная температура материала;
 $\Theta_{cr,d}$ – расчетная критическая температура материала.

4.4 Греческие строчные буквы

β_0 – расчетное значение односторонней скорости обугливания при стандартном воздействии пожара;

β_n – расчетное значение условной скорости обугливания при стандартном воздействии пожара;

η_{fi} – коэффициент расчетного уровня нагрузки при пожаре;

η_f – переводной коэффициент модуля скольжения;

γ_G – частный коэффициент безопасности для постоянных воздействий;

γ_{GA} – частный коэффициент безопасности для постоянных воздействий в аварийных ситуациях;

γ_M – частный коэффициент безопасности строительного элемента, учитывающий погрешности модели и отклонения величин;

$\gamma_{M,fi}$ – частный коэффициент безопасности древесины при пожаре;

$\gamma_{Q,1}$ – частный коэффициент безопасности для доминирующего переменного воздействия;

λ – гибкость элемента;

ρ_k – характеристическая плотность;

ρ_{ins} – плотность теплоизолирующего материала;

ω – влагосодержание;

τ_d – расчетное напряжение сдвига;

$\psi_{1,1}$ – коэффициент к частному значению переменного воздействия;

$\psi_{2,1}$ – коэффициент к квазипостоянному значению переменного воздействия;

ψ_{fi} – коэффициент к квазипостоянному значению переменного или частного воздействия.

5 ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

5.1 Общие положения

5.1.1 Несущие конструкции следует проектировать и строить таким образом, чтобы они в течение проектного срока эксплуатации с необходимой надежностью и экономичностью выдерживали возможные воздействия и влияния и сохраняли огнестойкость. В случае пожара должен быть обеспечен достаточный резерв несущей способности на требуемую продолжительность пожара (требуемое значение пределов огнестойкости).

Примечание – В соответствии с Техническим регламентом «Общие требования к пожарной безопасности» (Приложения 4 и 5), несущая способность при пожаре обеспечивается соответствием конструкций требуемым значениям огнестойкости (требуемым значениям пределов огнестойкости), выражаемых во времени стандартного огневого воздействия.

5.1.2 Несущая способность при пожаре R представляет собой резерв несущей способности строительной конструкции, исчерпываемый при огневом воздействии на конструкцию за счет уменьшения (обугливания) сечения. Для стандартного воздействия

пожара несущая способность при пожаре может также называться «предел огнестойкости» и определяться временем (в минутах) до наступления нормируемых критериев (предельных состояний) огнестойкости (например – R_{30} , R_{60} , R_{150}).

5.1.3 Несущую конструкцию следует проектировать и строить таким образом, чтобы при наступлении таких событий как пожар (взрыв), удар или механический отказ не возникали несоизмеримые последствия. Несоизмеримые последствия определяются превышением нормируемого значения индивидуального пожарного риска и превышением экономических потерь от последствий по сравнению с затратами на их предотвращение.

С учетом малой вероятности таких событий как пожар (взрыв), удар или механический отказ, их одновременную реализацию допускается не учитывать.

5.1.4 Возможное повреждение следует ограничить или исключить проведением соответствующего мероприятия или комплекса следующих мероприятий:

- предотвращение, исключение или снижение опасностей, которым может быть подвергнута несущая конструкция (снижение вероятности наступления пожара либо снижение (исключение) горючих веществ и материалов вблизи конструкций);

- применение такого вида несущей системы и ее строительное исполнение, чтобы выход из строя отдельного элемента конструкции или ограниченной части несущей конструкции вследствие повреждения не приводил к полному отказу всей несущей конструкции (применение статически неопределимых элементов, способных к восприятию действующих нагрузок при превращении в статически определимые вследствие повреждения);

- по возможности, исключение несущих систем, которые могут полностью выйти из строя без предварительных проявлений начинающегося разрушения (проектирование с возможностью плавного разрушения при обугливание части конструкции, а также уменьшение числа сторон, подверженных воздействию пожара);

- надежное соединение несущих элементов, а также надежная защита металлических соединений в деревянных конструкциях.

5.1.5 Если существует вероятность взрыва, предотвращение, исключение или снижение опасностей, которым может быть подвергнута несущая конструкция, достигается применением следующих мероприятий:

- исключение либо ограничение обращающейся в помещении массы пыли, газа или пара;

- снижение процентного содержания пыли, газа или пара в воздухе ниже концентрационных пределов воспламенения;

- исключение либо ограничение источника возгорания;

- проектирование размера, формы и прочности ограждений, устойчивой к воздействию взрыва;

- применение проемов и клапанов для сброса давления.

5.1.6 Соответствие основополагающим требованиям согласно СН РК EN 1990:2002+A1:2005/2011 обеспечивается посредством:

- применения качественных строительных материалов;

- целесообразного проектирования и расчета, а также соответствующего строительного исполнения;

– проведения контроля на этапах проектирования, изготовления, строительства и эксплуатации согласно особенностям проекта.

5.1.7 Требования, изложенные в настоящем пособии, предусматривают проведение проектирования и расчетов в соответствии с современным уровнем развития техники и опыта проектирования.

5.1.8 Для создания несущей конструкции, соответствующей требованиям и допущениям проектирования, следует проводить соответствующие мероприятия по обеспечению качества. В соответствии с СН РК EN 1990:2002+A1:2005/2011 данные мероприятия включают:

- определение требований к надежности;
- организационные мероприятия;
- контроль на этапе проектирования, производства работ, в процессе эксплуатации и технического обслуживания.

5.2 Методы расчета огнестойкости

5.2.1 Расчет огнестойкости в соответствии с СН РК EN 1991-1-2:2002/2011 включает следующие этапы:

- выбор возможных расчетных сценариев пожара;
- определение соответствующих расчетных пожаров;
- расчет повышения температуры в конструкциях (теплотехнический расчет);
- расчет механических характеристик конструкций при пожаре (статический расчет).

Примечание – При определении механических характеристик конструкции следует учитывать прямые результаты механических воздействий, тепловые воздействия и связанные с ними изменения характеристик материалов, а также не прямые механические воздействия.

5.2.2 Расчет огнестойкости включает использование воздействий для теплотехнического и статического расчета.

5.2.3 Установление аварийной расчетной ситуации, возможных сценариев пожара и связанных с ними расчетных пожаров производится на основе анализа пожарных рисков в соответствии с методами, изложенными в СН РК EN 1991-1-2:2002/2011 и СН РК EN 1991-1-7:2006/2011. Если для конструкции возникают особые пожарные риски вследствие других аварийных воздействий, то эти риски учитываются при создании общей концепции безопасности.

5.2.4 Расчетный пожар для каждого его сценария в пожарной секции (отсеке) должен быть оценен согласно Разделу 3 СН РК EN 1991-1-2:2002/2011 и одновременно должен охватывать только одну пожарную секцию (отсек), если сценарием расчетного пожара не установлено иное.

5.2.5 Если для конструкций национальные нормы (Технический регламент «Общие требования к пожарной безопасности») устанавливают требования по огнестойкости (предел огнестойкости во временных значениях), в качестве расчетного принимается стандартный пожар, если не установлено иное.

5.2.6 При выполнении теплотехнического расчета отдельной конструкции должно быть указано положение расчетного пожара по отношению к ней. Допускается при

отсутствии более точных сведений принимать воздействие пожара со всех сторон конструкции.

5.2.7 Для наружных конструкций необходимо учитывать воздействие пожара через проемы в фасадах и покрытиях (крышах). Для наружных ограждающих стен необходимо учитывать воздействие пожара изнутри (для соответствующей пожарной секции/отсека) и, в качестве альтернативы, снаружи (от другой пожарной секции).

5.2.8 В зависимости от выбранного расчетного пожара в соответствии с п.2.4 СН РК EN 1991-1-2:2002/2011 используются следующие методы:

- при использовании номинального (стандартного) температурного режима теплотехнический расчет отдельной конструкции производится для установленного периода времени без учета фазы охлаждения;
- при моделировании пожара теплотехнический расчет отдельной конструкции производится для полной продолжительности пожара, включая фазу охлаждения.

Примечание – Установленный промежуток времени (требуемый предел огнестойкости) устанавливается национальными нормами или обосновывается в соответствии с настоящим пособием.

5.2.9 Теплотехнический и статический расчеты должны производиться для одинаковых промежутков времени.

5.2.10 Огнестойкость в соответствии с Формулами (2.1)-(2.3) СН РК EN 1991-1-2:2002/2011 подтверждается выполнением следующих условий:

- во временных параметрах:

$$t_{fi,d} \geq t_{fi,requ}; \quad (5.1)$$

- в прочностных параметрах:

$$R_{fi,d,t} \geq E_{fi,d,t}; \quad (5.2)$$

- в температурных параметрах:

$$\Theta_d < \Theta_{cr,d}, \quad (5.3)$$

где $t_{fi,d}$ – расчетный предел огнестойкости;

$t_{fi,requ}$ – требуемый предел огнестойкости;

$R_{fi,d,t}$ – расчетное сопротивление элемента при пожаре в момент времени t ;

$E_{fi,d,t}$ – расчетный результат воздействия при пожаре в момент времени t ;

Θ_d – расчетная температура материала;

$\Theta_{cr,d}$ – расчетная критическая температура материала.

ПРИМЕР Для деревянных конструкций могут применяться и одновременно три перечисленных условия. Например, для деревянной балки требуемый предел огнестойкости составляет R_{45} . Фактический предел огнестойкости (по расчету) должен составлять не менее указанного значения, например, R_{60} . Очевидно, что это соответствует Формуле (5.1). В то же время, с целью упрощения расчета удобно воспользоваться также Формулой (5.2) и оценить прочность балки только на заданное время (45 минут) стандартного огневого воздействия. Для деревянных конструкций прочность при пожаре удобно оценивать

методом критической температуры (в большинстве случаев – 300 °C). Очевидно, что если температура на поверхности балки к заданному моменту времени (45 минут) не достигла критического значения, вычисляются последовательно Формулы (5.3), (5.2) и (5.1).

5.3 Основные принципы расчета по предельным состояниям

5.3.1 При проектировании несущих конструкций различают требования по предельным состоянием несущей способности и предельным состоянием эксплуатационной пригодности.

Примечание

1 Данные требования разработаны изначально для нормальных условий эксплуатации. С точки зрения огнестойкости несущая способность R оценивается преимущественно по требованиям к предельному состоянию несущей способности (1 группа предельных состояний), однако требования к воздействиям и характеристикам материалов принимаются преимущественно как для предельного состояния эксплуатационной пригодности (2 группа предельных состояний). В некоторых случаях (например, при сертификационных огневых испытаниях) оценка несущей способности при пожаре производится по аналогии с предельным состоянием эксплуатационной пригодности – путем измерения предельной деформации конструкции.

2 В существующих нормативных документах и их последователях (Пособиях) широко применяется понятие «предельное состояние по огнестойкости» (как общее название обозначений R , E , I). В рамках Еврокодов эти понятия определены как функции: R - функция несущей способности конструкции (способность воспринимать усилие либо момент по времени воздействия пожара); EI – функция огнепреграждающей способности (зависимость толщины конструкции от времени воздействия пожара, достаточного для воспламенения материалов с необогреваемой стороны конструкции). Поэтому в настоящем пособии понятие «предельное состояние» используется только для обозначения требований к оценке несущей способности (при пожаре).

5.3.2 Расчеты по одному из предельных состояний допускается не производить, если достаточные сведения доказывают, что они превышаются расчетами по другим предельным состояниям.

5.3.3 Предельные состояния необходимо рассчитывать с учетом расчетных ситуаций. При проектировании и расчете огнестойкости несущих конструкций различают постоянные, временные и аварийные расчетные ситуации в соответствии с п.5.3.5.

Примечание – Пожар относится к аварийным расчетным ситуациям (аварийным воздействиям).

5.3.4 Основные расчетные ситуации (расчетный пожар) следует определять с учетом условий, при которых несущая конструкция должна выполнять свои функции. Применяемые расчетные ситуации должны в достаточном объеме включать все условия, которые можно прогнозировать в течение эксплуатации несущей конструкции. Допускается при отсутствии более точных сведений применять воздействие стандартного пожара.

5.3.5 Расчетные ситуации в соответствии с п.3.2. СН РК EN 1990:2002+A1:2005/2011 подразделяют на:

- постоянные ситуации, соответствующие обычным условиям эксплуатации несущей конструкции;
- временные ситуации, относящиеся к состояниям несущей конструкции, ограниченным во времени, например, строительство или ремонт;

- аварийные ситуации, относящиеся к аварийным для несущей конструкции условиям, например, пожар, взрывы, удар или следствия локального отказа;
- ситуации при сейсмическом воздействии на несущую конструкцию.

5.3.6 Предельные состояния, которые обеспечивают безопасность людей за счет предотвращения аварий несущих конструкций при пожаре, классифицируют как предельные состояния несущей способности. Различают следующие виды предельных состояний по несущей способности (см. также Примечания к п. 5.3.1):

- потеря устойчивости несущей конструкцией, рассматриваемой как жесткая система, или ее часть;
- отказ из-за чрезмерной деформации или перехода строения или его частей, в кинематическое состояние, в состояние разрушения или нестабильное положение.

Примечание – Отказ из-за чрезмерной деформации рассматривается как отказ в связи с потерей механической устойчивости. Это, как правило, выражается в образовании пластического шарнира и переходе конструкции (статически определимой) в кинематическое состояние – разрушение.

5.3.7 Предельные состояния, которые обеспечивают функции несущей конструкции или одной из ее частей при нормальных условиях эксплуатации или хорошее самочувствие пользователей, или внешний вид строения, классифицируют как предельные состояния эксплуатационной пригодности. Различают следующие виды предельных состояний по эксплуатационной пригодности (см. также Примечания к 5.3.1):

- а) деформации и смещения, которые влияют на функции несущей конструкции или вызывают повреждения огнезащитных облицовок, покрытий или ненесущих огнезащитных элементов конструкции;
- б) повреждения, которые предположительно отрицательно влияют на функциональную способность несущей конструкции.

Примечание – Расчет деформации несущей конструкции производится, если этого требуют применяемые для ограждающих конструкций способы защиты или критерии проектирования. Учет деформации несущей конструкции не требуется в следующих случаях:

- эффективность способов защиты определена настоящему пособию;
- ограждающие конструкции спроектированы с учетом номинальных воздействий при пожаре.

5.3.8 Расчет следует производить с помощью моделей для несущей системы (конструкции) и нагрузки (воздействия), применяемых для соответствующих предельных состояний. При этом следует подтвердить расчетом, что при применении соответствующих расчетных значений для воздействий, показателей строительных материалов или показателей изделий и элементов конструкции, а также геометрических размеров в данных моделях, не происходит превышение предельного состояния.

5.3.9 Расчеты следует производить для всех основных расчетных ситуаций и расчетных случаев нагрузки.

5.3.10 Для применяемых расчетных ситуаций следует определить расчетные комбинации воздействий (расчетное воздействие пожара).

5.3.11 Расчетные комбинации нагрузок должны включать основные для соответствующего расчета схемы приложения нагрузок, дефекты и деформации,

применяемые одновременно с постоянными нагрузками и локальными переменными нагрузками.

5.3.12 При проектировании следует учитывать возможные отклонения направления или отклонения положения приложения нагрузок.

5.3.13 Моделями несущей конструкции и нагрузок могут быть действительные физические модели или виртуальные математические модели.

5.4 Характеристика воздействий

5.4.1 В соответствии с п.4.1.1 СН РК EN 1990:2002+A1:2005/2011 воздействия по времени действия подразделяются на:

- постоянные воздействия G , например, собственный вес несущих конструкций, встроенного оборудования или дорожных покрытий, или косвенные воздействия вследствие усадок и неравномерных осадок;
- переменные воздействия Q , например, временные нагрузки на перекрытия, балки или кровли, ветровые и снеговые нагрузки;
- аварийные воздействия A , например, взрывы или удар транспортного средства.

Примечание – Косвенные воздействия от остаточных деформаций могут быть учтены как постоянные или переменные воздействия.

5.4.2 Воздействия в соответствии с п.4.1.1 СН РК EN 1990:2002+A1:2005/2011 подразделяются также по:

- их происхождению – прямые или косвенные;
- изменению их пространственного распределения – стационарные или свободные;
- их природе или реакции строения – статические или динамические.

Примечание – Для расчетов огнестойкости следует использовать только статические прямые и косвенные воздействия.

5.4.3 К постоянным воздействиям следует относить (п.5.1 СН РК EN 1991-1-1:2002/2011):

а) вес частей сооружений (собственный вес здания), в том числе вес несущих и ненесущих изделий. К ненесущим изделиям относятся:

- покрытия кровли;
- покрытия поверхностей и защитные (огнезащитные) покрытия;
- промежуточные стены и футеровка;
- поручни перил, парапеты, ограждения и ограждающие элементы;
- фасады и облицовка стен;
- подвесные потолки;
- изоляция;
- подливка и подбетонка под оборудование, опорные части;

б) вес коммуникаций и стационарного оборудования:

- аппараты, моторы, емкости, ленточные транспортеры, конвейеры, постоянные подъемные машины с их канатами и направляющими;
- оборудование для лифтов или эскалаторов;

- системы обогрева, вентиляции и кондиционирования;
- электрооборудование;
- скрытые коммуникации, трубопроводы с арматурой;
- электропроводка;
- в) вес и давление грунтов (насыпей, засыпок), горное давление;
- г) нагрузки от материалов, действующих как балласт;
- д) сохраняющиеся в конструкции или основании усилия от предварительного напряжения (предварительное напряжение, вызываемое арматурой, или предварительное напряжение, вызываемое смещениями опор).

5.4.4 К переменным силовым воздействиям (временным нагрузкам) следует относить (п.5.1 СН РК EN 1991-1-1:2002/2011):

- а) вес временных перегородок;
- б) вес жидкостей и твердых тел, заполняющих оборудование;
- в) давление газов, жидкостей и сыпучих тел в емкостях и трубопроводах, избыточное давление и разрежение воздуха, возникающие при вентиляции шахт;
- г) нагрузки на перекрытия от складированных материалов и стеллажного оборудования в складских помещениях, холодильниках, зернохранилищах, книгохранилищах, архивах и подобных помещениях;
- д) вес слоя воды на водонаполненных плоских покрытиях;
- е) вес отложений производственной пыли, если ее накопление не исключено соответствующими мероприятиями;
- ж) нагрузки от людей, животных, оборудования (мебели) на перекрытия жилых, общественных и сельскохозяйственных зданий;
- з) снеговые нагрузки;
- и) ветровые нагрузки;
- к) гололедные нагрузки.

5.4.5 К аварийным воздействиям следует относить:

- а) сейсмические воздействия;
- б) взрывные воздействия;
- с) нагрузки, вызываемые резкими нарушениями технологического процесса, временной неисправностью или поломкой оборудования;
- д) воздействия, обусловленные деформациями основания, сопровождающимися коренным изменением структуры грунта (при замачивании просадочных грунтов) или оседанием его в районах горных выработок и в карстовых.
- е) воздействия, вызванные тепловым расширением конструкций при пожаре.

5.4.6 В соответствии с п.4.2.1 СН РК EN 1991-1-2:2002/2011 возможность учета таяния снега при оценке снеговой нагрузки должна устанавливаться для каждого случая индивидуально. При этом время таяния снега и время отвода воды не должны превышать расчетную продолжительность пожара.

5.4.7 Воздействие описывается посредством модели, при этом его величина в большинстве случаев выражается числовым значением, которое может принимать различные характерные величины.

Примечание – Пожар также относится к видам воздействий. Он описывается посредством модели пожара – это, как правило, математическая температурно-временная зависимость.

5.4.8 Характеристическое значение воздействия F_k как важнейшее характерное значение должно устанавливаться следующим образом:

- как среднее значение, как верхнее или нижнее значение или как номинальное значение (т. е. не на основании статистического распределения);
- в соответствии с проектной документацией.

5.4.9 Собственный вес G_k несущей конструкции может быть выражен одним единственным характеристическим значением и определен на основе нормативных размеров и среднего удельного веса.

5.4.10 Характеристическое значение переменных воздействий Q_k следует устанавливать таким образом, чтобы оно:

- или для определенного исходного периода времени как верхнее значение не превышало заданную вероятность или как нижнее значение достигало заданную вероятность;
- или при неизвестном статистическом распределении указывалось как номинальное значение.

5.4.11 В качестве других характерных значений переменного воздействия в соответствии с п.4.1.3 СН РК EN 1990:2002+A1:2005/2011 следует рассматривать:

а) общее значение, представляющее собой произведение $\psi_0 Q_k$ и применяемое для подтверждения несущей способности и эксплуатационной пригодности для предельных состояний с необратимыми воздействиями;

б) частное значение, представляющее собой произведение $\psi_1 Q_k$ и применяемое для подтверждения запаса несущей способности с аварийными нагрузками и подтверждения эксплуатационной пригодности для предельных состояний с обратимыми воздействиями.

в) практически постоянное значение, представляющее собой произведение $\psi_2 Q_k$ и применяемое для расчета несущей способности с учетом аварийных воздействий и расчета эксплуатационной пригодности с обратимыми предельными состояниями. Практически постоянные значения применяются также для расчета длительных воздействий.

5.4.12 Показатели строительных материалов (включая грунт и скальную породу), строительных изделий или элементов конструкции должны указываться как характеристические значения.

5.4.13 Если расчеты предельного состояния значительно зависят от параметров строительных материалов, изделий и элементов конструкции, следует применять верхние и нижние характеристические значения показателей. Если не установлено другое, действительны следующие значения:

- для нижнего характеристического значения – 5 %-ный квантиль;
- для верхнего характеристического значения – 95 %-ный квантиль.

При отсутствии достаточного количества статистических данных для определения характеристических или расчетных значений допускается использовать номинальные значения.

5.4.14 Для параметров жесткости (например, модуль упругости, коэффициенты ползучести) и коэффициентов теплового расширения следует применять средние

значения. Для учета влияния длительности воздействия нагрузок следует применять другие соответствующие значения.

5.4.15 Геометрические размеры следует принимать равными их характеристическим значениям или, при соответствующей восприимчивости (например, при дефектах), непосредственно как расчетные значения. Для размеров, применяемых при проектировании несущей конструкции (в чертежах), допускается указывать характеристические значения. Следует учитывать допуски размеров в местах сопряжения элементов конструкции из различных строительных материалов.

5.4.16 Результаты воздействий при пожаре в соответствии с Формулой (4.1) СН РК EN 1991-1-2:2002/2011 допускается определять с использованием результатов, полученных при нормальных температурах по следующей формуле:

$$E_{fi,d} = \eta_{fi} E_d, \quad (5.4)$$

где E_d – соответствующий расчетный результат воздействия из основного сочетания;
 $E_{fi,d}$ – соответствующее постоянное расчетное значение результата воздействия при пожаре;

η_{fi} – коэффициент расчетного уровня нагрузки при пожаре (коэффициент использования несущей способности).

5.4.17 Коэффициент использования несущей способности η_{fi} для комбинации воздействий определяется по Формуле (2.9) СН РК EN 1995-1-2:2004/2011:

$$\eta_{fi} = \frac{G_k + \psi_{fi} \cdot Q_{k,1}}{\gamma_G \cdot G_k + \gamma_{Q,1} \cdot Q_{k,1}}, \quad (5.5)$$

или для комбинации воздействий как наименьшее значение из (5.6a) и (5.6b) по Формулам (2.9a, 2.9b) СН РК EN 1995-1-2:2004/2011:

$$\eta_{fi} = \frac{G_k + \psi_{fi} \cdot Q_{k,1}}{\gamma_G \cdot G_k + \gamma_{Q,1} \cdot Q_{k,1}}, \quad (5.6a)$$

$$\eta_{fi} = \frac{G_k + \psi_{fi} \cdot Q_{k,1}}{\xi \gamma_G \cdot G_k + \gamma_{Q,1} \cdot Q_{k,1}}, \quad (5.6b)$$

где $Q_{k,1}$ – доминирующее переменное воздействие;
 G_k – характеристическое значение постоянного воздействия;
 γ_G – частный коэффициент безопасности для постоянного воздействия;
 $\gamma_{Q,1}$ – частный коэффициент безопасности для доминирующего переменного воздействия;
 ψ_{fi} – коэффициент сочетания для частных или квазипостоянных значений, заданный в виде $\psi_{1,1}$, или $\psi_{1,2}$.

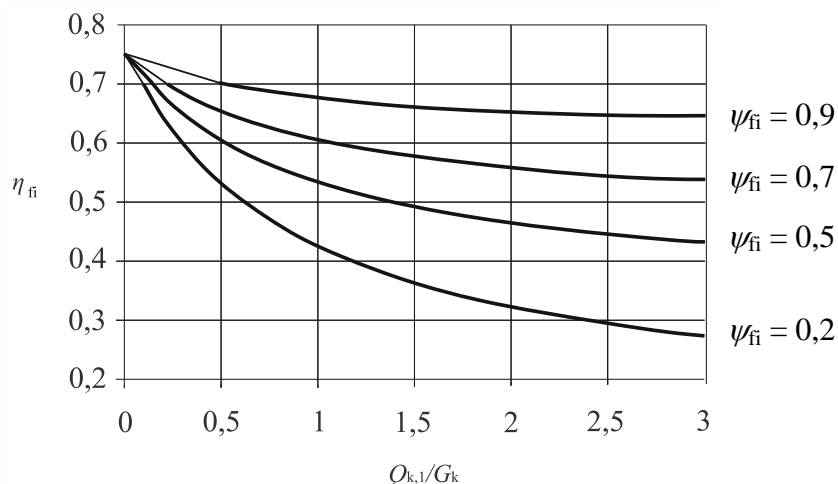


Рисунок 5.1 – Зависимость коэффициента η_{fi} от отношения нагрузок $Q_{k,1}/G_k$

Примечание

1 Определяемая по Формуле (5.5) зависимость коэффициента η_{fi} от отношения нагрузок $Q_{k,1}/G_k$ с различными значениями $\psi_{1,1}$ приведена на Рисунке 5.1, со следующими допущениями: $\gamma_{GA} = 1$, $\gamma_G = 1,35$ и $\gamma_Q = 1,5$. Расчет коэффициента η_{fi} по Формулам (5.6a) и (5.6b) дает более высокие значения.

2 Допускается использовать значение коэффициента η_{fi} равное $\eta_{fi} = 0,6$, за исключением временных нагрузок в соответствии с категорией нагрузки E по СН РК EN 1991-1-2:2002/2011 (площади, предназначенные для накопления продукции, включая зоны приемки), для которых рекомендуемое значение составляет $\eta_{fi} = 0,7$.

ПРИМЕР Определить значение коэффициента использования несущей способности η_{fi} деревянного каркасного перекрытия, эксплуатируемого в жилом здании. Несущая способность перекрытия обеспечена деревянными балками, установленными с шагом 3,0 м и пролетом 6,0 м.

Согласно п.5.1 СН РК EN 1991-1-1:2002/2011, постоянное воздействие G_k принимается равным собственному весу балки и настила перекрытия – 7 кН. В соответствии с Таблицей 6.2 СН РК EN 1991-1-1:2002/2011, переменное воздействие для перекрытия размерами 6,0 × 3,0 м составляет 18 кН. Согласно Таблице A1.1 СН РК EN 1990:2002+A1:2005/2011, коэффициент для частных значений переменных воздействий ψ_1 для жилых зданий равен 0,5. В соответствии с Таблицей A1.2(B) СН РК EN 1990:2002+A1:2005/2011 частные коэффициенты безопасности для нормальных условий, соответственно, равны $\gamma_G = 1,35$; $\gamma_Q = 1,50$. Таким образом, коэффициент η_{fi} для комбинации воздействий в соответствии с Формулой (5.5) составит:

$$\eta_{fi} = \frac{G_k + \psi_{fi} \cdot Q_{k,1}}{\gamma_G \cdot G_k + \gamma_{Q,1} \cdot Q_{k,1}} = \frac{7 + 0,5 \times 18}{1,35 \times 7 + 1,50 \times 18} = 0,44.$$

То же самое значение коэффициента $\eta_{fi} = 0,44$ для сочетания нагрузок можно определить по Рисунку 5.1 для соотношения $Q_{k,1}/G_k = 18/7 = 2,5$ и коэффициента для частных значений переменных воздействий ψ_1 , равного 0,5.

Вывод: значение коэффициента использования несущей способности η_{fi} деревянного каркасного перекрытия составляет $\eta_{fi} = 0,44$.

6 ХАРАКТЕРИСТИКИ МАТЕРИАЛОВ

6.1 Расчет несущей способности, для определения основных параметров поперечного сечения, т.е. определение прочности и жесткости осуществляется по двум

альтернативным методам: метод приведенного поперечного сечения и метод приведенных характеристик материалов.

6.2 При использовании метода приведенного поперечного сечения для расчета значений прочности и жесткости используются Формулы (6.1) и (6.2) настоящего пособия, при этом значение коэффициента модификации принимается равным $k_{\text{mod,fi}} = 1$. В соответствии с указанным методом снижение прочности и жесткости происходит за счет уменьшения поперечного сечения на величину обуглившегося слоя, а также на величину слоя толщиной 7 мм, расположенного за линией обугливания. В расчете параметров поперечного сечения может использоваться значение глубины обугливания при одностороннем воздействии пожара $d_{\text{char,0}}$ с обязательным учетом угловых закруглений, а также в качестве упрощения расчета допускается использование значения условной глубины обугливания $d_{\text{char,n}}$, при котором уменьшенное поперечное сечение имеет прямоугольную форму.

6.3 В качестве альтернативы для балок и колонн применяется метод приведенных характеристик. При использовании указанного метода определение остаточного поперечного сечения деревянных конструкций производится без учета толщины слоя в 7 мм за линией обугливания, но при этом, коэффициент модификации $k_{\text{mod,fi}}$ становится понижающим и его значения необходимо рассчитывать по Формулам (8.2) – (8.4) настоящего пособия.

6.4 При использовании метода эффективного поперечного сечения предполагается, что толщина обуглившегося слоя, у которого прочность равна нулю, увеличивается по линейному закону в течение 20 минут огневого воздействия, а в случае применения огнезащитной обшивки конструкции – обугливание начинается по истечении времени защитного действия обшивки t_f .

6.5 [2.3(1)P] Расчетные значения прочности и жесткости определяются в соответствии с Формулами (2.1) и (2.2) СН РК EN 1995-1-2:2004/2011:

– расчетное значение прочности древесины при пожаре $f_{\text{d,fi}}$:

$$f_{\text{d,fi}} = k_{\text{mod,fi}} \cdot \frac{f_{20}}{\gamma_{\text{M,fi}}}, \quad (6.1)$$

– расчетное значение жесткости (модуль упругости $E_{\text{fi,d}}$ или модуль сдвига $G_{\text{fi,d}}$) при пожаре

$$S_{\text{fi,d}} = k_{\text{mod,fi}} \cdot \frac{S_{20}}{\gamma_{\text{M,fi}}}, \quad (6.2)$$

где f_{20} – 20 % квантиль прочности при нормальной температуре;

S_{20} – 20 % квантиль жесткости (модуль упругости или модуль сдвига) при нормальной температуре;

$k_{\text{mod,fi}}$ – коэффициент модификации, учитывающий длительность действия нагрузки и содержание влаги при пожаре, принимаемый равным $k_{\text{mod,fi}} = 1$;

$\gamma_{M,fi}$ – частный коэффициент безопасности древесины при пожаре, принимаемый равным $\gamma_{M,fi}=1,0$.

Примечание

1 Значения коэффициента $k_{mod,fi}$, принимается в соответствии с Подразделом 8.2 настоящего пособия.

2 Расчетные значения прочности и жесткости могут устанавливаться национальными нормативными документами.

6.6 Расчетное значение сопротивления крепежных элементов на сдвиг $R_{fi,d,t}$ (допустимой несущей способности) определяется по Формуле (2.3) СН РК EN 1995-1-2:2004/2011:

$$R_{fi,d,t} = \eta_{fi} \cdot \frac{R_{20}}{\gamma_{M,fi}}, \quad (6.3)$$

где R_{20} – 20 % квантиль сопротивления при обычной температуре без учета продолжительности действия нагрузки и влажности ($k_{mod} = 1$);

η_{fi} – коэффициент расчетного уровня нагрузки при пожаре;

$\gamma_{M,fi}$ – частный коэффициент безопасности древесины при пожаре.

6.7 Значения 20 % квантиля прочности и жесткости рассчитываются по Формулам (2.4) – (2.5) СН РК EN 1995-1-2:2004/2011 соответственно:

– для прочности f_{20}

$$f_{20} = k_{fi} \cdot f_k \quad (6.6)$$

– для жесткости (модуль упругости или модуль сдвига) S_{20}

$$S_{20} = k_{fi} \cdot S_{05} \quad (6.7)$$

где S_{05} – 5 % квантиль жесткости (модуль упругости или модуль сдвига) при нормальной температуре;

k_{fi} – переводной коэффициент характеристического значения прочности из 5 % квантиля в 20 % квантиль. Для конструкций из цельной древесины коэффициент k_{fi} равен 1,25, для конструкций, выполненных из других материалов, значения данного коэффициента приведены в Таблице 6.1.

f_k – характеристическое значение прочности древесины.

Таблица 6.1 – Значения коэффициента k_{fi}

Материал конструкций	Коэффициент k_{fi}
Цельная древесина	1,25
Клееная древесина	1,15

Таблица 6.1 – Значения коэффициента k_{fi} (продолжение)

Древесные плиты	1,15
LVL	1,1
Срезные соединения боковых элементов из древесины или древесных плит	1,15
Срезные соединения боковых элементов из стали	1,05
Соединительные элементы с осевым нагружением	1,05

6.8 Значение 20 % квантиля сопротивления крепежных изделий R_{20} должен рассчитываться по Формуле (2.6) СН РК EN 1995-1-2:2004/2011:

$$R_{20} = k_{fi} \cdot R_k, \quad (6.8)$$

где k_{fi} – коэффициент, принимаемый по Таблице 6.1;

R_k – характеристическое значение сопротивления соединения при обычной температуре без учета продолжительности действия нагрузки и влажности ($k_{mod} = 1$).

ПРИМЕР Определить расчетное значение прочности деревянной колонны с размерами поперечного сечения 200×200 мм, выполненной из клееной древесины лиственных пород. Характеристическое значение прочности на сжатие вдоль волокон составляет $f_k = 16$ Н/мм².

Для расчета прочности древесины при пожаре, по Формуле (6.6) определяется значение 20 % квантиля прочности:

$$f_{20} = k_{fi} f_k = 1,15 \times 16 = 18,4 \text{ Н/мм}^2,$$

где $k_{fi} = 1,15$ – переводной коэффициент, определяемый по Таблице 6.1;

$f_k = 16$ Н/мм² – характеристическое значение прочности.

По Формуле (6.1) определяется расчетное значение прочности:

$$f_{d,fi} = k_{mod,fi} \cdot \frac{f_{20}}{\gamma_{M,fi}} = 1 \times \frac{18,4}{1} = 18,4 \text{ Н/мм}^2,$$

где $k_{mod,fi} = 1,0$ – коэффициент модификации, учитывающий длительность действия нагрузки и содержание влаги при пожаре;

$\gamma_{M,fi} = 1,0$ – частный коэффициент безопасности древесины при пожаре.

Вывод: расчетное значение прочности клееной деревянной колонны при пожаре составляет $f_{d,fi} = 18,4$ Н/мм².

7 ГЛУБИНА ОБУГЛИВАНИЯ

7.1 Глубина обугливания с учетом влияния угловых закруглений

7.1.1 Под глубиной обугливания понимается расстояние между внешней поверхностью конструкции и положением линии обугливания. Она рассчитывается в зависимости от продолжительности воздействия пожара и характерной скорости обугливания.

7.1.2 Для большинства деревянных конструкций, выполненных из лиственных и хвойных пород древесины расположение линии обугливания принимается при температуре 300 °С.

7.1.3 Глубина обугливания рассчитывается для всех поверхностей древесины и древесных панелей и где это необходимо, для защищенных поверхностей, непосредственно подверженных воздействию пожара. При расчете фактической глубины обугливания деревянных конструкций, подвергнутых воздействию пожара с двух и более сторон, необходимо учитывать угловые закругления посредством параметра r (Рисунок 7.1).

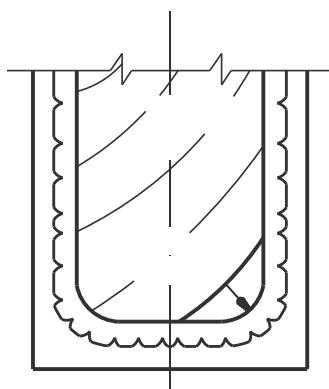


Рисунок 2 – Уменьшенное поперечное сечение деревянной балки, подверженной воздействию пожара

7.1.4 Площадь сечения, которая вычитается из оригинального поперечного сечения в результате воздействия пожара, определяется по следующей формуле:

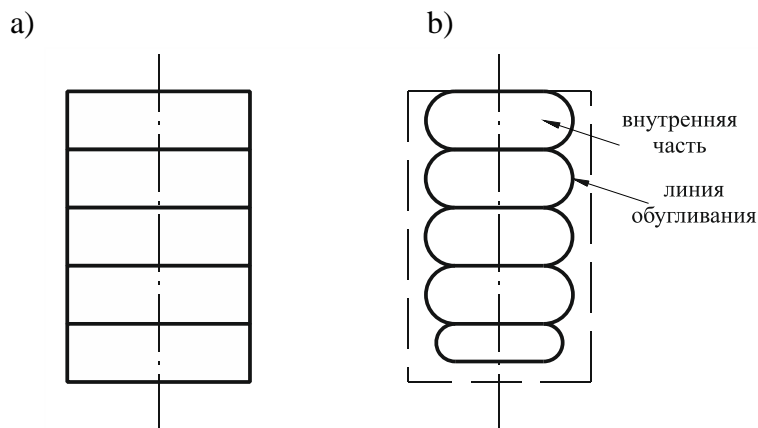
$$A = 0,215 \cdot r^2, \quad (7.1)$$

где r – радиус ребра закругления (принимается равным глубине обугливания).

7.1.5 Центр тяжести сечения A находится по обе стороны от граней конструкции на расстоянии y , определяемого по следующей формуле:

$$y = 0,223 \cdot r. \quad (7.2)$$

7.1.6 Для клееных деревянных конструкций по EN 14080 и слоистых фанерных пиломатериалов (LVL) по EN 14374 при расчете площади остаточного поперечного сечения угловые закругления должны учитываться на стыке каждого слоя (Рисунок 7.2).



а – первоначальное сечение до воздействия пожара;
б – сечение, подверженное воздействию пожара

Рисунок 7.2 – Поперечное сечение клееной деревянной конструкции

7.1.7 В качестве альтернативы при воздействии пожара с двух и более сторон уменьшенное поперечное сечение может рассчитываться без угловых закруглений на основании условной скорости обугливания β_n .

7.1.8 В расчете глубины обугливания при стандартном воздействии пожара условная скорость обугливания β_n и скорость одностороннего обугливания β_0 древесины принимаются величинами постоянными. Не допускается их рассматривать как постоянные величины в следующих случаях:

- для незащищенных обшивками поверхностей конструкций в течение всей продолжительности воздействия пожара, если учитывается пожар, отличный от стандартного;
- для защищенных обшивками поверхностей конструкций, у которых обугливание начинается перед утратой обшивкой защитных свойств;
- для защищенных обшивками поверхностей конструкций, подвергнутых воздействию пожара после утраты обшивкой защитных свойств.

7.2 Определение глубины обугливания для незащищенных обшивками поверхностей деревянных конструкций в течение стандартного воздействия пожара

7.2.1 Для таких деревянных конструкций, у которых наихудший вариант воздействия пожара принимается с одной стороны (например, если рассматриваются перекрытия, покрытия и их обшивки, Рисунок 7.3) скорость обугливания является величиной постоянной во времени, а расчетное значение глубины обугливания $d_{char,0}$ определяется по Формуле (3.1) СН РК EN 1995-1-2:2004/2011:

$$d_{char,0} = \beta_0 \cdot t, \quad (7.3)$$

где β_0 – расчетное значение скорости одностороннего обугливания при стандартном воздействии пожара;

t – продолжительность воздействия пожара.

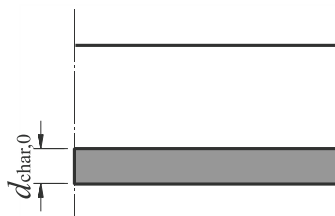


Рисунок 7.3 – Глубина обугливания деревянной конструкции при одностороннем воздействии пожара

7.2.2 Для таких деревянных конструкций, у которых наихудший вариант воздействия пожара принимается с двух и более сторон (например, если рассматриваются балки, колонны, а также многослойные конструкции с торцевой части, Рисунок 7.4) при расчете глубины обугливания принимается значение условной скорости обугливания β_n , которая учитывает влияние угловых закруглений и трещин.

7.2.3 В таком случае глубина обугливания называется условной глубиной обугливания $d_{char,n}$ и рассчитывается по Формуле (3.2) СН РК EN 1995-1-2:2004/2011:

$$d_{char,n} = \beta_n \cdot t, \quad (7.4)$$

где β_n – расчетное значение условной скорости обугливания, учитывающей влияние угловых закруглений и трещин;

t – продолжительность воздействия пожара.

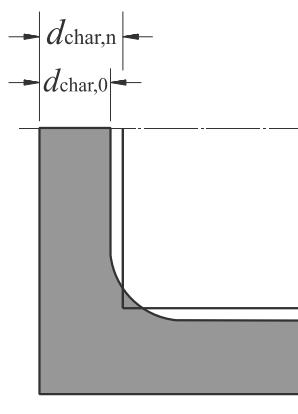


Рисунок 7.4 – Пример определения расчетной $d_{char,0}$ и условной $d_{char,n}$ глубины обугливания поперечного сечения деревянных конструкций

7.2.4 Для не защищенных обшивками деревянных конструкций в течение всего воздействия пожара при определении указанных выше глубин обугливания ($d_{char,0}$ и $d_{char,n}$) в большинстве случаев необходимо использовать расчетные значения скоростей обугливания β_0 и β_n , указанные в Таблице 7.1.

Таблица 7.1 – Расчетные значения скорости обугливания β_0 и β_n для различных видов древесины

Характеристика материала	Значение скорости обугливания	
	β_0 , мм/мин	β_n , мм/мин
а) Древесина хвойных пород и бук		
Клееная древесина с характеристической плотностью $\rho_k \geq 290 \text{ кг/м}^3$	0,65	0,7
Цельная древесина с характеристической плотностью $\rho_k \geq 290 \text{ кг/м}^3$	0,65	0,8
б) Древесина лиственных пород		
Цельная древесина или клееная древесина с характеристической плотностью $\rho_k \geq 290 \text{ кг/м}^3$	0,65	0,7
Цельная древесина или клееная древесина с характеристической плотностью $\rho_k \geq 450 \text{ кг/м}^3$	0,50	0,55
в) Слоистый фанерный пиломатериал (LVL)		
с характеристической плотностью $\rho_k \geq 480 \text{ кг/м}^3$	0,65	0,7
г) Плиты		
Деревянные панели	0,9	— ¹
Клееная фанера	1,0	— ¹
Древесные плиты, кроме клееной фанеры	0,9	— ¹
<p>Примечание</p> <p>1 Для указанных конструкций значение условной скорости обугливания не устанавливается, поскольку наихудших вариант воздействия на них пожара является с одной стороны.</p> <p>2 В случае расчета глубины обугливания с торцевой части плит, приведенных в Таблице 7.1, в многослойных конструкциях (при количестве слоев два и более) необходимо принимать значение односторонней скорости обугливания β_0 с учетом влияния угловых закруглений.</p> <p>3 Расчетные значения скоростей обугливания для древесины лиственных пород, кроме бука, с характеристической плотностью от 290 кг/м^3 до 450 кг/м^3 определяются линейной интерполяцией из значений, приведенных в Таблице 7.1.</p> <p>4 Скорость обугливания для конструкций, выполненных из бука, принимается как для конструкций, выполненных из древесины хвойной породы.</p> <p>Примечание – 5 Требования к качеству склеивания и классификация клееной фанеры приведены в EN 314-2 и EN 313-1 соответственно.</p>		

7.2.5 Применение скоростей β_0 или β_n при расчете глубины обугливания зависит от начальной минимальной ширины b_{\min} поперечного сечения конструкции. Если ширина поперечного сечения составляет менее b_{\min} , то необходимо использовать расчетное значение условной скорости обугливания β_n (Рисунок 7.5). Если ширина поперечного сечения составляет более b_{\min} , то при расчете глубины обугливания необходимо использовать значение односторонней скорости обугливания.

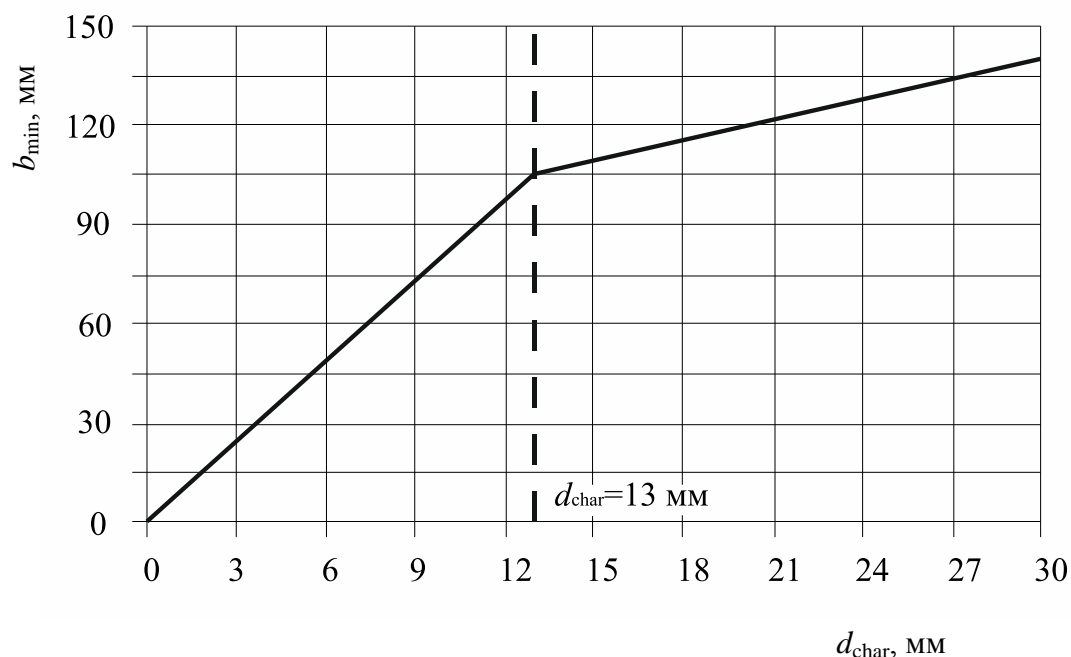


Рисунок 7.5 – График зависимости глубины обугливания $d_{\text{char},0}$ от начальной минимальной ширины поперечного сечения конструкции b_{\min}

7.2.6 В случае использования расчетного значения односторонней скорости обугливания β_0 , значение начальной минимальной ширины поперечного сечения b_{\min} для прямоугольного сечения балок и колонн (Рисунок 7.6) в соответствии с [8] определяется по следующей формуле:

$$b_{\min} = 2 \cdot (d_{\text{char},0} + d_{\Theta}), \quad (7.5)$$

где d_{Θ} – глубина слоя за линией обугливания, в котором происходит увеличение температуры при воздействии пожара (Рисунок 7.6).

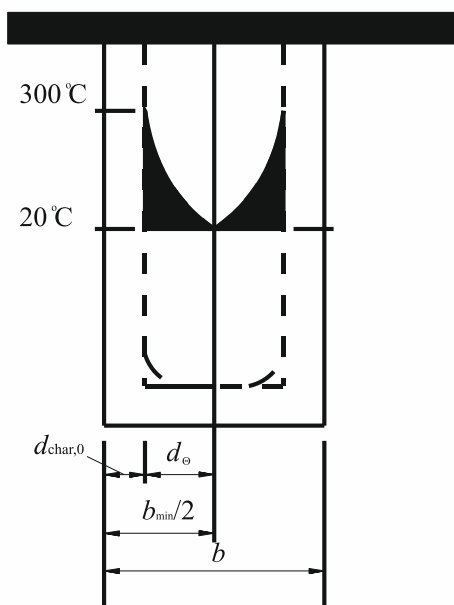


Рисунок 7.6 – Определение минимальной начальной ширины поперечного сечения при односторонней скорости обугливания

7.2.7 При значении односторонней скорости обугливания $\beta_0 = 0,65$ мм/мин, которая дает глубину обугливания 13 мм за 20 минут огневого воздействия, а также учитывая глубину слоя d_0 равную 40 мм, Формула (7.5) принимает следующий вид (Рисунок 7.7) по Формуле (3.3) СН РК EN 1995-1-2:2004/2011:

$$b_{\min} = 2 \cdot d_{\text{char},0} + 80 \text{ при } d_{\text{char},0} \geq 13 \text{ мм} \quad (7.6)$$

7.2.8 В качестве упрощения допускается принимать, что величина d_0 линейно возрастает в течение 20 минут (от 0 мм до 40 мм), хотя, как видно из Рисунка 7.7 вначале воздействия пожара обугливание происходит несколько интенсивнее. Таким образом, для первых двадцати минут огневого воздействия Формула (7.5) принимает следующий вид по Формуле (3.3) СН РК EN 1995-1-2:2004/2011:

$$b_{\min} = 8,15 \cdot d_{\text{char},0} \text{ при } d_{\text{char},0} < 13 \text{ мм} \quad (7.7)$$

7.2.9 В соответствии с СН РК EN 1995-1-2:2004/2011 радиус угловых закруглений $r = d_{\text{char},0}$, при $d_{\text{char},0} > 40$ мм Формула (7.5) по данным исследований [1] принимает следующий вид:

$$b_{\min} = 4,0 \cdot d_{\text{char},0} \text{ при } d_{\text{char},0} > 40 \text{ мм}. \quad (7.8)$$

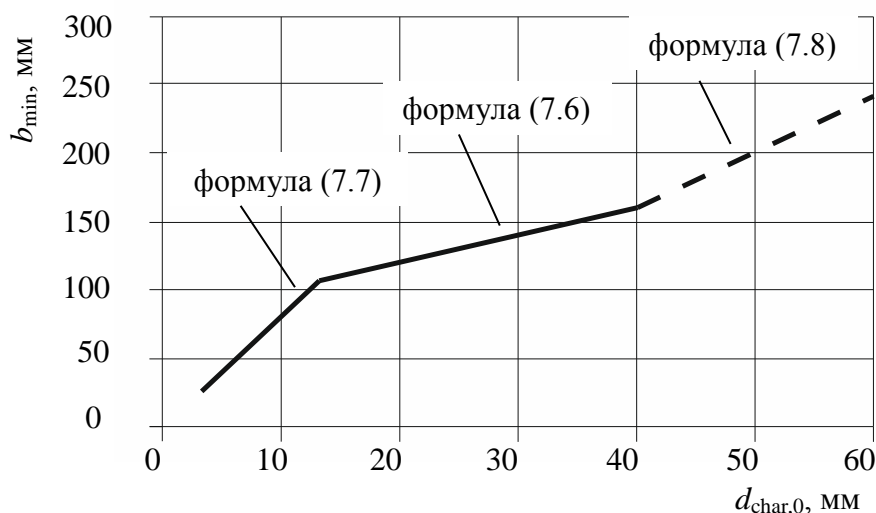


Рисунок 7.7 – Зависимость минимальной начальной ширины поперечного сечения от глубины обугливания при одностороннем воздействии пожара

7.2.10 Приведенные в Таблице 7.1 значения скорости обугливания β_n и β_0 применяются для деревянных конструкций, имеющих следующие параметры поперечного сечения:

- минимальная остаточная толщина должна составлять 40 мм, если обугливание происходит с обеих сторон в направлении толщины;
- минимальная толщина должна составлять 20 мм, если обугливание происходит с одной стороны в направлении толщины.

7.2.11 Приведенные в Таблице 7.1 расчетные значения скорости обугливания для древесных плит и деревянных обшивок применимы при характеристической плотности древесины 450 кг/м^3 и при толщине плиты (обшивки) не менее 20 мм.

7.2.12 При характеристической плотности ρ_k , отличной от значений, приведенных в Таблице 7.1, и толщине плиты h_p менее 20 мм односторонняя скорость обугливания определяется по Формуле (3.4) СН РК EN 1995-1-2:2004/2011:

$$\beta_{0,p,t} = \beta_0 \cdot k_p \cdot k_h, \quad (7.9)$$

где k_p — коэффициент, учитывающий эффективность защиты противопожарной обшивки, определяется по Формуле (3.5) СН РК EN 1995-1-2:2004/2011:

$$k_p = \sqrt{\frac{450}{\rho_k}}, \quad (7.10)$$

ρ_k — характеристическая плотность, кг/м^3 .

Значение коэффициента k_h , который учитывает толщину противопожарной обшивки, рассчитывается по Формуле (3.6) СН РК EN 1995-1-2:2004/2011:

$$k_h = \sqrt{\frac{20}{h_p}}, \quad (7.11)$$

h_p – толщина плиты, мм.

Примечание – Для деревянных конструкций без конструктивной противопожарной защиты, коэффициент k_p принимается равным $k_p=1$.

7.2.13 Значение скорости обугливания древесины также может быть определено по номограмме, приведенной на Рисунке 7.8, в зависимости от влагосодержания и плотности древесины.

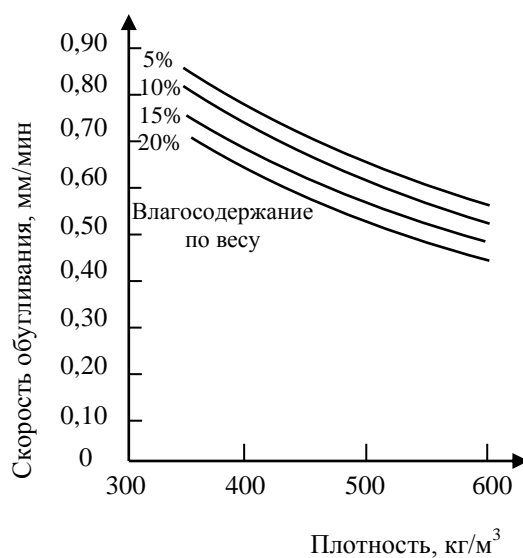


Рисунок 7.8 – Зависимость изменения скорости обугливания древесины от плотности и влагосодержания

7.2.14 При использовании деревянных конструкций из материалов, не приведенных в Таблице 7.1, скорость обугливания в зависимости от характеристической плотности может быть рассчитана по следующей формуле в соответствии с [1]:

$$\beta = 0,4 + (280/\rho_k)^2, \quad (7.12)$$

где ρ_k – характеристическая плотность древесины, кг/м^3 .

7.2.15 При расчете глубины обугливания допускается использовать значение скорости обугливания, полученные на основании натуральных огневых испытаний и представленные в Таблице 7.2 в соответствии с [1]. Указанные значения скорости обугливания приведены для древесины лиственных пород с характеристической плотностью от 200 кг/м^3 до 1000 кг/м^3 . Время воздействия пожара при испытании составляло 60 минут.

Таблица 7.2 – Расчетные значения скорости обугливания β для деревянных конструкций различной плотности

Скорость обугливания древесины (мм/мин) при плотности (кг/м ³)						
ρ_k	200	290	450	600	800	1000
β	1,032	0,876	0,682	0,600	0,512	0,461
<p>Примечание</p> <p>1 В Таблице 7.2 приведены расчетные значения односторонней скорости обугливания древесины (β_0).</p> <p>2 При воздействии пожара на конструкцию с двух и более сторон необходимо учитывать влияние угловых закруглений и трещин в соответствии с Пунктом 7.1.3 настоящего пособия.</p>						

7.3 Определение глубины обугливания балок и колонн, защищенных от воздействия пожара конструктивной противопожарной защитой (обшивками из различных материалов)

7.3.1 В общем случае при определении значения предела огнестойкости деревянных конструкций оригинальное поперечное сечение уменьшается на величину глубины обугливания. В случае применения для несущих конструкций (балок, колонн, стоек) конструктивной противопожарной защиты (обшивок) скорость обугливания изменяется во времени в зависимости от конкретного вида обшивки.

7.3.2 При использовании противопожарных обшивок для конструктивной противопожарной защиты поверхностей балок и колонн (Рисунок 7.9), а также других огнезащитных материалов или элементов, необходимо учитывать следующие условия:

- начало обугливания замедляется на время t_{ch} (время от начала воздействия пожара до начала обугливания противопожарной обшивки);
- обугливание противопожарной обшивки может начинаться до утраты ее защитных свойств, но скорость обугливания до времени отказа t_f меньше, чем приведенная в Таблице 7.1;
- обугливание противопожарной обшивки может начинаться до утраты ее защитных свойств, но значение скорости обугливания с момента времени t_f до времени t_a больше, чем указано в Таблице 7.2;
- обугливание противопожарной обшивки может начинаться до утраты ее защитных свойств, но с момента времени t_a скорость обугливания снова принимает значения, указанные в Таблице 7.1 (в данном случае значение глубины обугливания соответствует меньшему значению глубины обугливания аналогичной конструкции без противопожарной обшивки или принимается равной 25 мм).

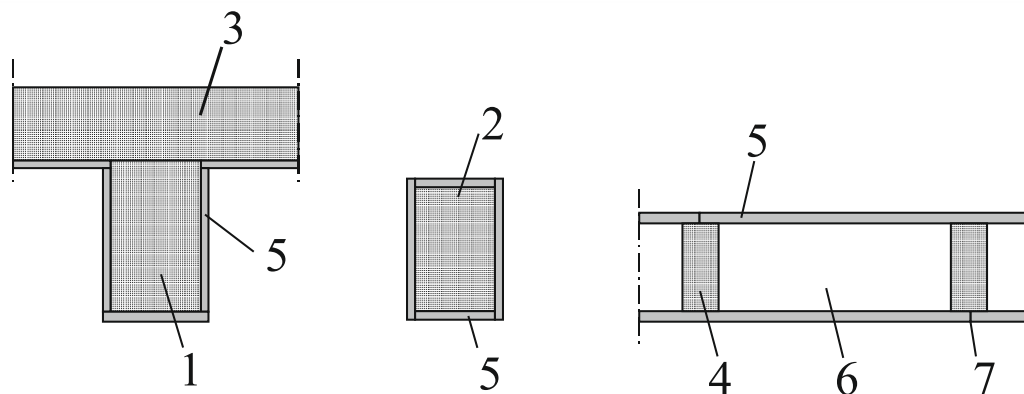
Различные способы огнезащиты и соответствующие им скорости обугливания показаны на Рисунках 7.10–7.13 (в качестве функций глубины обугливания от времени воздействия пожара).

Примечание

1 В настоящем пособии рассматривается только конструктивная противопожарная защита в виде обшивок различного типа. Также может быть использована активная противопожарная защита в виде вспучивающихся покрытий и пропиток в соответствии с СТ РК EN 13381-7. В данном случае конструкции с

нанесенным покрытием должны быть подвергнуты натурным огневым испытаниям и предел огнестойкости либо глубина обугливания должны приниматься на основании результатов проведенных испытаний.

2 При использовании в качестве конструктивной огнезащиты других элементов, не приведенных в настоящем пособии, может быть ограничено по причине повреждения или разрушения конструктивного защитного элемента, а также вследствие чрезмерных деформаций конструктивного защитного элемента.



1 – балка; 2 – колонна; 3 – плита покрытия; 4 – стойка; 5 – обшивка;
6 – неизолированная полость (пустота); 7 – соединение обшивок

Рисунок 7.9 – Примеры использования обшивок для защиты строительных конструкций

7.3.3 По результатам испытаний устанавливаются значения следующих приведенных величин:

- время от начала воздействия пожара до начала обугливания защищенной строительной конструкции – t_{ch} ;
- время утраты обшивкой или другими огнезащитными материалами своих защитных свойств – t_f ;
- скорость обугливания до утраты обшивкой своих защитных свойств, если $t_f > t_{ch}$.

Примечание – Испытание строительных конструкций с использованием обшивок должны проводиться в соответствии с ENV 13381-7.

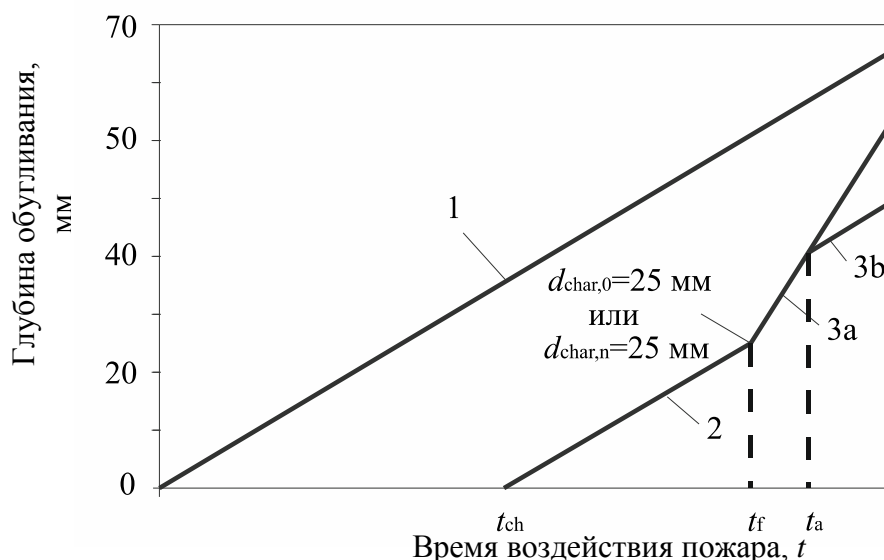
7.3.4 При оценке огнестойкости деревянных строительных конструкций, защищенных обшивками, ширина образующихся зазоров между деревянной конструкцией и обшивкой перед началом обугливания не должна превышать 2 мм.

7.3.5 Сравнительный анализ обугливания незащищенных и защищенных обшивками деревянных конструкций представлен на Рисунке 7.10. Для незащищенных поверхностей начало обугливания начинается непосредственно при воздействии на них пожара (линия 1 на Рисунке 7.10). Для защищенных поверхностей процесс обугливания протекает в несколько фаз:

- *фаза 1* характеризуется ростом температуры до значения не более 300 °C и отсутствием обугливания за счет наличия защитного слоя;
- *фаза 2* называется *защитной* и продолжается до достижения времени t_f (временем утраты обшивкой своих защитных свойств).

– фаза 3 характеризуется временем защиты деревянных конструкций после разрушения обшивки.

При протекании фазы 2 обугливание начинает расти за счет ослабления действия противопожарной обшивки (линия 3а на Рисунке 7.10). Фаза 3 начинается при достижении времени t_a . Указанный интервал времени наступает после того, как глубина обугливания превышает 25 мм, а скорость обугливания уменьшается до значений, приведенных в Таблице 7.1 (линия 3b на Рисунке 7.10).



- 1 – зависимость глубины обугливания от продолжительности воздействия пожара для незащищенных конструкций при скорости обугливания β_n (или β_0);
- 2 – зависимость глубины обугливания от продолжительности воздействия пожара для защищенных конструкций после утраты обшивкой защитных свойств;
- 3а – рост скорости обугливания после ослабления действия противопожарной обшивки;
- 3b – снижение скорости обугливания на фазе 2 до значений, приведенных в Таблице 7.1 после того, как глубина обугливания превышает 25 мм

Рисунок 7.10 – Зависимость глубины обугливания от продолжительности воздействия пожара незащищенных и защищенных строительных конструкций

7.3.6 Для конструкций с небольшими размерами поперечного сечения (стойки и балки в каркасных элементах) интервал времени t_a не наступает за счет интенсивного теплового воздействия по всей ширине и поэтому обугливание продолжается с более высокой скоростью по сравнению с остальными конструкциями (линия 3а на Рисунке 7.10).

7.3.7 Приведенная на Рисунке 7.10 зависимость справедлива при $t_{ch} = t_f$, т.е., когда время от начала воздействия пожара до начала обугливания защищенной строительной конструкции совпадает со временем утраты обшивкой своих защитных свойств и глубина обугливания в момент времени t_a составляет не более 25 мм.

7.3.8 Причина увеличения скорости обугливания защищенной конструкции после утраты обшивкой своих защитных свойств состоит в следующем:

– температура обугливания верхнего защитного слоя обшивки является более высокой по отношению к незащищенной деревянной конструкции, находящейся под обшивкой;

– после утраты обшивкой своих защитных свойств указанная температура оказывает непосредственное воздействие на конструкцию, находящуюся под ней.

7.3.9 Применяемая обшивка будет защищать конструкцию до тех пор, пока глубина обугливания не достигнет значения 25 мм. Затем скорость обугливания уменьшается до значений, приведенных в Таблице 7.1, как для незащищенных поверхностей. Для упрощения, критерий в 25 мм принят как для односторонней $d_{\text{char},0}$, так и для условной $d_{\text{char},n}$ глубины обугливания.

7.3.10 На Рисунке 7.11 приведены результаты испытаний противопожарных обшивок по данным с [2], которые указывают, что для упрощения можно использовать билинейную зависимость глубины обугливания от продолжительности воздействия пожара, приведенную на Рисунке 7.10.

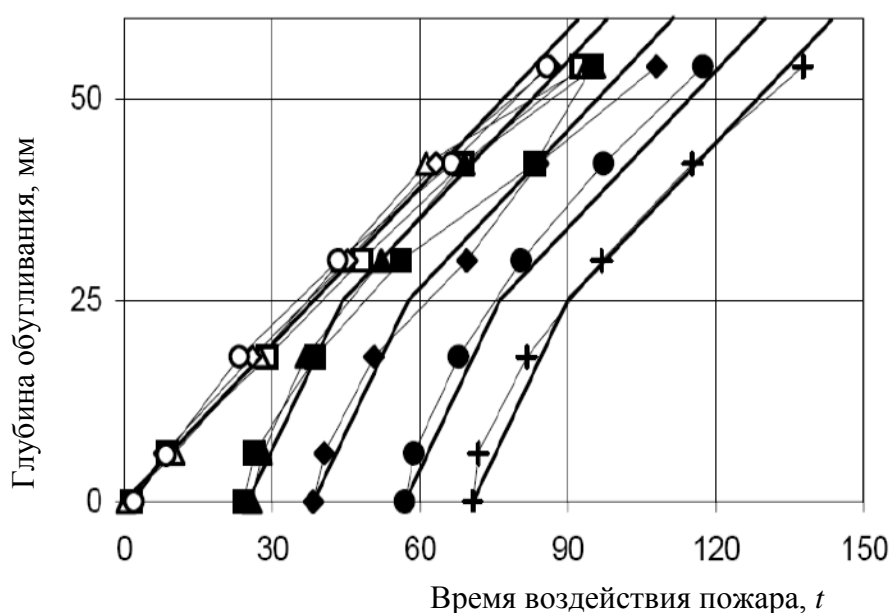
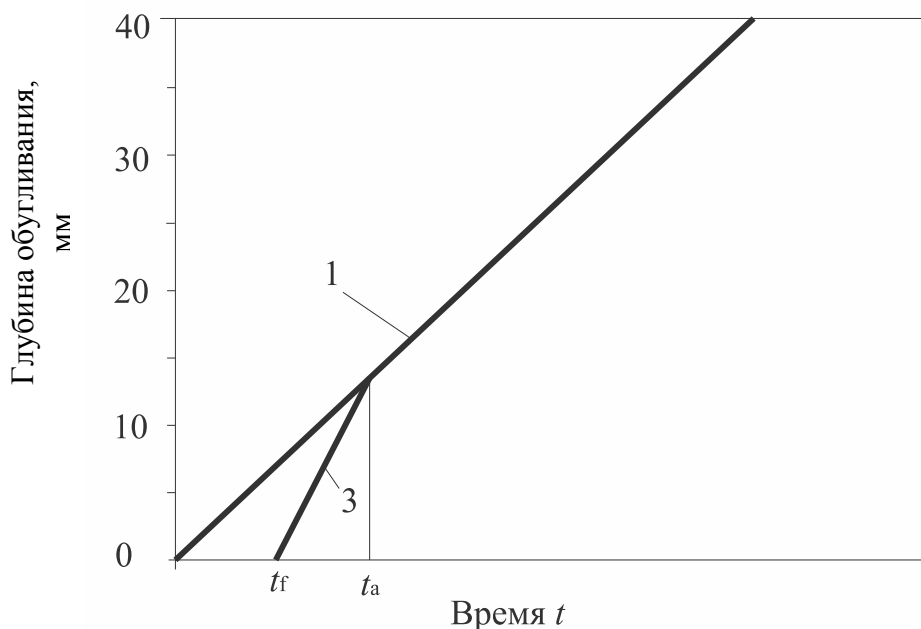


Рисунок 7.11 – Зависимость глубины обугливания от продолжительности воздействия пожара после утраты обшивкой своих защитных свойств

7.3.11 В случае, если время утраты обшивкой защитных свойств t_f и время достижения глубины обугливания t_a в 25 мм меньше времени, рассчитанного по Формуле (7.14b), то зависимость глубины обугливания от продолжительности воздействия пожара для защищенных конструкций будет иметь вид, приведенный на Рисунке 7.10.



- 1 – зависимость глубины обугливания от продолжительности воздействия пожара для незащищенных конструкций, скорость обугливания которых приведена в Таблице 7.1;
- 3 – зависимость глубины обугливания от продолжительности воздействия пожара для защищенных конструкций, у которых время утраты обшивкой защитных свойств t_f и время t_a меньше, чем время, рассчитанное по Формуле (7.11b)

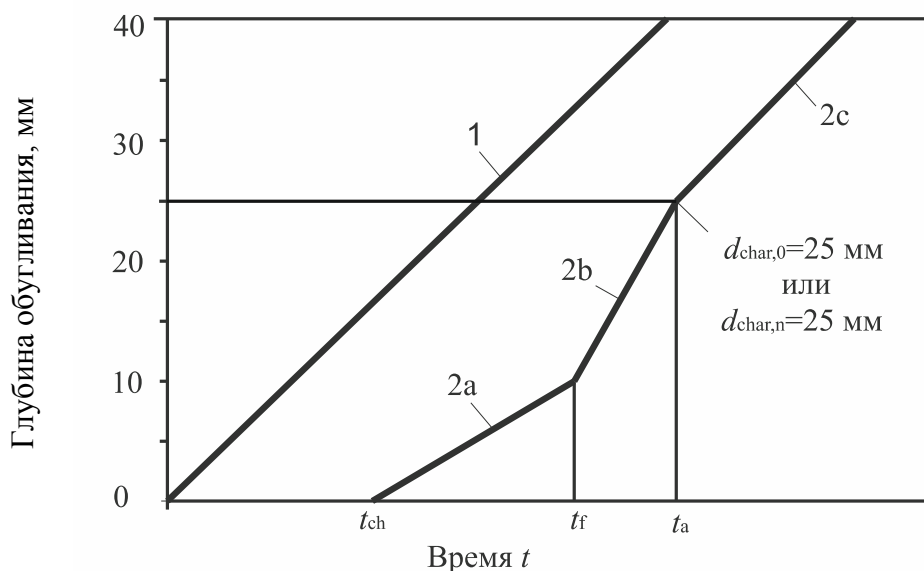
Рисунок 7.12 – Зависимость глубины обугливания от продолжительности воздействия пожара при $t_{ch} = t_f$ и при глубине обугливания менее 25 мм в момент времени t

7.3.12 Защитная обшивка древесины, задерживающая начало обугливания до времени t_{ch} должна оставаться закрепленной на конструкции в течение более длительного времени, когда происходит снижение скорости обугливания вследствие заполнения пустот теплоизоляционными материалами.

7.3.13 В случае утраты обшивкой своих защитных свойств в момент времени t_f , скорость обугливания начинает увеличиваться до момента времени t_a за счет наличия обуглившегося слоя в 25 мм, обеспечивающего достаточную защиту (Рисунок 7.13).

7.3.14 Снижение скорости обугливания на стадии 2а происходит за счет использования в качестве конструктивной огнезащиты листов огнестойкого гипсокартона типа *F*. Потеря механических свойств обшивок происходит вследствие их термического разложения, а также вследствие отказа крепежных элементов.

7.3.15 Гипсокартон другого типа (кроме типа *F*) обладает такими же термическими свойствами, что и огнестойкий гипсокартон. Таким образом, для расчета времени задержки начала обугливания и снижения скорости обугливания для защищенных деревянных конструкций, приведенные на Рисунке 7.13 параметры используются для гипсокартона в целом.



- 1 – зависимость глубины обугливания от продолжительности воздействия пожара для незащищенных конструкций, у которых скорость обугливания β_n (или β_0);
- 2 – зависимость глубины обугливания от продолжительности воздействия пожара для защищенных конструкций, у которых обугливание начинается перед утратой обшивкой защитных свойств;
- 2a – начало обугливания при $0 < t_{ch} < t_f$;
- 2b – повышение скорости обугливания после утраты обшивкой защитных свойств;
- 2c – снижение скорости обугливания до значений, приведенных в Таблице 7.1, после того как глубина обугливания превышает 25 мм

Рисунок 7.13 – Зависимость глубины обугливания от продолжительности воздействия пожара, при условии $t_{ch} < t_f$

7.4 Скорость обугливания

7.4.1 В случае, если выполняется неравенство $t_{ch} \leq t \leq t_f$, то указанные в Таблице 7.1 значения скорости обугливания деревянных конструкций должны умножаться на коэффициент k_2 (коэффициент использования изоляции).

7.4.2 Если деревянная конструкция защищена однослойной обшивкой из гипсокартонных листов типа F, то коэффициент k_2 должен рассчитываться в соответствии с СН РК EN 1995-1-2:2004/2011, Формула (3.7):

$$k_2 = 1 - 0,018 \cdot h_p, \quad (7.13)$$

где h_p – толщина огнезащитной обшивки, мм.

7.4.3 Если обшивка состоит из нескольких слоев гипсокартонных листов типа F, то в качестве толщины огнезащитной обшивки h_p необходимо принимать толщину внутреннего слоя.

7.4.4 [3.4.3.2 (3)] Если конструкция защищена минераловатной плитой толщиной не менее 20 мм, с плотностью не менее 26 кг/м^3 и с температурой плавления $T \geq 1000 \text{ }^\circ\text{C}$, то значение k_2 необходимо выбирать по Таблице 7.3. При толщине минераловатной плиты от 20 мм до 45 мм значение коэффициента k_2 определяется линейной интерполяцией.

Таблица 7.3 – Значения k_2 для деревянных конструкций, защищенных минераловатными плитами

Толщина h_{ins} , мм	k_2
20	1
≥ 45	0,6

7.4.5 В случае, если выполняется неравенство $t_f \leq t \leq t_a$, то после отказа противопожарной обшивки значения скорости обугливания, указанные в Таблице 7.1 должны умножаться на коэффициент $k_3 = 2$. Если выполняется неравенство $t \geq t_a$, то значения скорости обугливания, принимаемые по Таблице 7.1, должны применяться без умножения на коэффициент k_3 .

7.4.6 В случае, если выполняется $t_{ch} = t_f$, то время t_a (Рисунок 7.11, 7.12) должно рассчитываться по Формуле (3.8) СН РК EN 1995-1-2:2004/2011:

$$t_a = \min \begin{cases} 2 \cdot t_f; & (a) \\ \frac{25}{k_3 \cdot \beta_n} + t_f, & (b) \end{cases} \quad (7.14)$$

7.4.7 В случае, если выполняется неравенство $t_{ch} < t_f$ то время t_a (Рисунок 7.10, 7.13) должно рассчитываться по Формуле (3.9) СН РК EN 1995-1-2:2004/2011:

$$t_a = \frac{25 - (t_f - t_{ch}) \cdot k_2 \cdot \beta_n}{k_3 \cdot \beta_n} + t_f, \quad (7.15)$$

где β_n – расчетное значение условной скорости обугливания, мм/мин. Формулы (7.14) и (7.15) также необходимо использовать при одностороннем обугливании, где β_n заменяется на β_0 .

7.5 Время начала обугливания обшивок t_{ch}

7.5.1 [3.4.3.3(1)] Для противопожарных обшивок, состоящих из одного или нескольких слоев древесных плит или деревянных панелей, время начала обугливания t_{ch} защищенной конструкции определяется по Формуле (3.10) СН РК EN 1995-1-2:2004/2011:

$$t_{ch} = \frac{h_p}{\beta_0}, \quad (7.16)$$

где h_p – толщина огнезащитной панели, в случае нескольких слоев – их общая толщина;

t_{ch} – время начала обугливания.

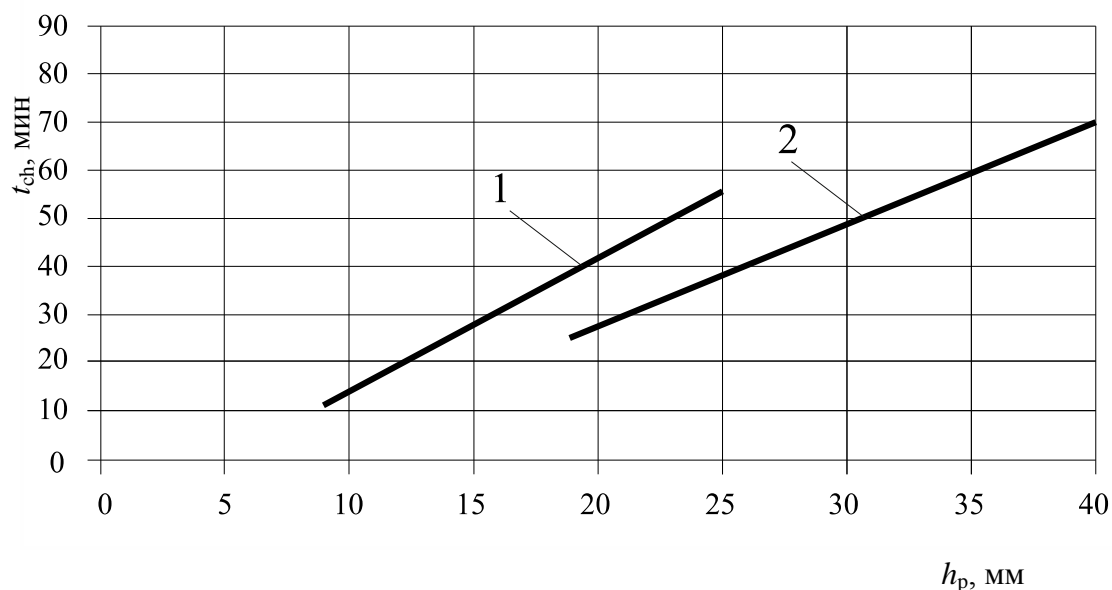
7.5.2 На основании проведенных натурных огневых испытаний в соответствии с [3-4], получены эмпирические уравнения по расчету времени начала обугливания t_{ch} для

различных видов обшивок. Приведенные в Таблице 7.4 уравнения получены на основании обобщенных данных более чем 340 натурных испытаний, проведенных различными институтами в различных странах мира (в основном европейских). Все данные были получены для условий стандартного пожара в соответствии с EN 1363-1.

Таблица 7.4 – Расчетные формулы для определения времени начала обугливания t_{ch} обшивок стен и перекрытий

Тип обшивки и количество слоев	Расчетная формула	Условие
Тип <i>A</i> или <i>F</i> - один слой	$t_{ch} = 2,8 \cdot h_p - 14,$ (7.17)	$9 \text{ мм} \leq h_p \leq 18$
Тип <i>A</i> или <i>F</i> - два слоя ($t_{f,1} > t_{ch,2}$)	$t_{ch} = 2,1 \cdot h_{p,tot} - 7,$ (7.18)	$25 \text{ мм} \leq h_{p,tot} \leq 31$
Тип <i>F</i> - два слоя ($t_{f,1} < t_{ch,2}$)	$t_{ch} = t_{f,1},$ (7.19)	$25 \text{ мм} \leq h_{p,tot} \leq 31$
Тип <i>A</i> - два слоя ($t_{f,1} < t_{ch,2}$)	$t_{ch} = t_{f,1} + 11,$ (7.20)	$25 \text{ мм} \leq h_{p,tot} \leq 31$
<p>Примечание</p> <p>1 $h_{p,tot}$ – общая толщина обшивки, в случае применения нескольких слоев гипсокартона.</p> <p>2 Формулу (7.18) необходимо применять, когда время отказа защитных свойств первого слоя обшивки $t_{f,1}$ больше времени начала обугливания второго слоя $t_{ch,2}$. В случае невыполнения указанного неравенства необходимо использовать Формулу (7.19) для слоев гипсокартона типа <i>F</i> и Формулу (7.20) для слоев гипсокартона типа <i>A</i>.</p>		

7.5.3 На Рисунке 7.14 приведены значения времени начала обугливания листов гипсокартона, которые хорошо согласуются с расчетными данными, полученными с использованием Формулы (7.17).



1 – обшивка состоит из одного листа гипсокартона типа *A* или *F*;

2 – обшивка состоит из двух листов гипсокартона типа *A* или *F*, когда первый слой остается закрепленным до начала обугливания

Рисунок 7.14 – Время начала обугливания обшивки, состоящей из одного слоя гипсокартона

7.5.4 В местах стыков с открытыми зазорами шириной более 2 мм время начала обугливания t_{ch} определяется по Формуле (3.12) СН РК EN 1995-1-2:2004/2011:

$$t_{ch} = 2,8 \cdot h_p - 23, \quad (7.21)$$

где h_p – толщина огнезащитной панели, мм.

Примечание – Гипсокартонные листы типа *E*, *D*, *R* и *I* в соответствии с EN 520 имеют равнозначные или улучшенные теплотехнические и механические характеристики, чем листы, типа *A* и *H*.

7.5.5 Для балок и колонн, защищенных минераловатными плитами, время начала обугливания определяется по Формуле (3.13) СН РК EN 1995-1-2:2004/2011:

$$t_{ch} = 0,07 \cdot (h_{ins} - 20) \cdot \sqrt{\rho_{ins}}, \quad (7.22)$$

где t_{ch} – время начала обугливания, мин;

h_{ins} – толщина изоляции, мм;

ρ_{ins} – плотность теплоизолирующего материала, кг/м³.

7.6 Время защитного действия обшивок t_f

7.6.1 [3.4.3.4(1)] Разрушение противопожарных обшивок может происходить по следующим причинам:

- обугливания или механического разрушения материала обшивки;
- недостаточной глубины защемления крепежных изделий в необугленную древесину;
- недостаточного интервала и расстояний между крепежными изделиями.

7.6.2 Для деревянных обшивок и древесных плит, прикрепленных к балкам и колоннам, время защитного действия рассчитывается по Формуле (3.14) СН РК EN 1995-1-2:2004/2011:

$$t_f = t_{ch}, \quad (7.23)$$

где t_{ch} – определяется в соответствии с требованиями Раздела 7.5 настоящего пособия.

7.6.3 Для гипсокартонных листов типа *A* и *H* время защитного действия, рассчитывается по Формуле (3.15) СН РК EN 1995-1-2:2004/2011:

$$t_f = t_{ch}, \quad (7.24)$$

Примечание – В общем случае отказ противопожарной обшивки вследствие механического износа зависит от температуры, а также от ее расположения.

7.6.4 На основании проведенных натурных огневых испытаний плит перекрытий и каркасных стен в соответствии с [3–4] приведены эмпирические уравнения по расчету времени защитного действия t_f противопожарных обшивок различных видов, которые сведены в Таблицу 7.5.

Таблица 7.5 – Расчетные уравнения по определению интервала времени t_f для стен и перекрытий

Тип обшивки	Стены		Перекрытия	
	Расчетная формула	Условие	Расчетная формула	Условие
Тип <i>F</i> один слой	$t_f = 4,5 \cdot h_p - 24$ (7.2 5)	$9 \text{ мм} \leq h_p \leq 18 \text{ мм}$	$t_f = h_{p,1} + 10$ (7.3 6)	$12,5 \text{ мм} \leq h_p \leq 16$
	$t_f = 57$ (7.2 6)	$h_p > 18 \text{ мм}$	$t_f = 26$ (7.3 7)	$h_p > 16$
Тип <i>F</i> два слоя	$t_f = 4 \cdot h_{p,\text{tot}} - 40$ (7.2 7)	$25 \text{ мм} \leq h_{p,\text{tot}} \leq 31 \text{ мм}$	$t_f = 2 \cdot h_{p,\text{tot}} - 3$ (7.3 8)	$25 \text{ мм} \leq h_{p,\text{tot}} \leq 31 \text{ мм}$
	$t_f = 84$ (7.2 8)	$h_{p,\text{tot}} > 31 \text{ мм}$	$t_f = 59$ (7.3 9)	$h_{p,\text{tot}} > 31 \text{ мм}$
Тип <i>F+</i> Тип <i>A</i> ¹	$t_f = 81$ (7.2 9)	$h_p > 15 \text{ мм}^2$	$t_f = 50$ (7.4 0)	$h_p > 15 \text{ мм}^2$
Тип <i>A</i> один слой	$t_f = 1,9 \cdot h_p - 7$ (7.3 0)	$9 \text{ мм} \leq h_p \leq 15 \text{ мм}$	$t_f = 1,8 \cdot h_p - 7$ (7.4 1)	$12,5 \text{ мм} \leq h_p \leq 15 \text{ мм}$
	$t_f = 21,5$ (7.3 1)	$h_p > 15 \text{ мм}$	$t_f = 20$ (7.4 2)	$h_p > 15 \text{ мм}$
Тип <i>A</i> два слоя	$t_f = 2,1 \cdot h_{p,\text{tot}} - 14$ (7.3 2)	$25 \text{ мм} \leq h_{p,\text{tot}} \leq 30 \text{ мм}$	— ³	— ³
	$t_f = 49$ (7.3 3)	$h_{p,\text{tot}} > 30 \text{ мм}$	— ³	— ³
Тип <i>A</i> три слоя	$t_f = 55$ (7.3 4)	$h_{p,\text{tot}} > 37,5 \text{ мм}$	— ³	— ³
Гипсовая древесно- волокну- стая плита один слой	$t_f = 2,4 \cdot h_p - 14$ (7.3 5)	$10 \text{ мм} \leq h_p \leq 12,5 \text{ мм}$	— ³	— ³
Примечание 1 Внешний слой состоит из листов гипсокартона типа <i>F</i> , внутренний слой состоит из листов гипсокартона типа <i>A</i> . 2 Толщина первого слоя листа гипсокартона типа <i>F</i> . 3 Данные об испытаниях отсутствуют				

7.6.5 Значения интервала времени $t_{f,1}$ для листов гипсокартона типа *A* или *F*, применяемых в качестве первого слоя обшивки, необходимо определять в зависимости от условий, приведенных в Таблице 7.6 согласно [3].

Таблица 7.6 – Расчетные уравнения по определению интервала времени $t_{f,1}$

Тип обшивки	Расчетная формула		Условие
	Стены	Перекрытия	
Тип F	$t_{f,1} = 3,5 \cdot h_{p,1} + 7$ (7.43)	$t_{f,1} = 4 \cdot h_{p,1} - 14$ (7.45)	$9 \text{ мм} \leq h_p \leq 18 \text{ мм}$
Тип A	$t_{f,1} = 1,6 \cdot h_{p,1} + 2$ (7.44)	$t_{f,1} = 1,6 \cdot h_{p,1}$ (7.46)	$9 \text{ мм} \leq h_p \leq 18 \text{ мм}$

7.6.6 В случае, если стены или перекрытия защищены обшивками из листов гипсокартона типа A, F в различных комбинациях и их толщина превышает значения, приведенные в Таблице 7, то интервал времени $t_{f,1}$ для указанных обшивок необходимо определять в зависимости от условий, приведенных в Таблице 7.5.

7.6.7 На Рисунке 7.15 приведены результаты испытаний каркасной стены обшитой одним листом гипсокартона. Как видно из приведенного рисунка разрушение обшивки из гипсовых древесноволокнистых плит по EN 316 происходит раньше, чем разрушение листа гипсокартона типа F.

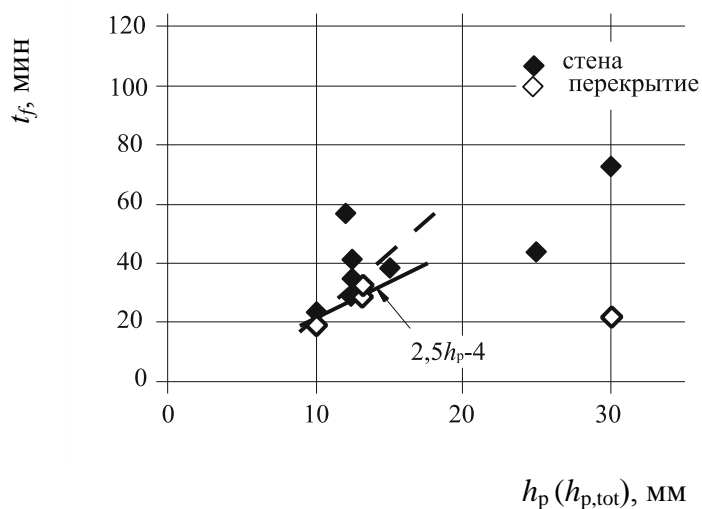


Рисунок 7.15 – Время отказа противопожарной обшивки из гипсовой древесноволокнистой плиты в каркасных стенах

7.6.8 На Рисунке 7.16 приведен пример зависимости между временем отказа обшивки и характеристической плотностью листа гипсокартона типа F, применяемого в качестве обшивки каркасных стен.

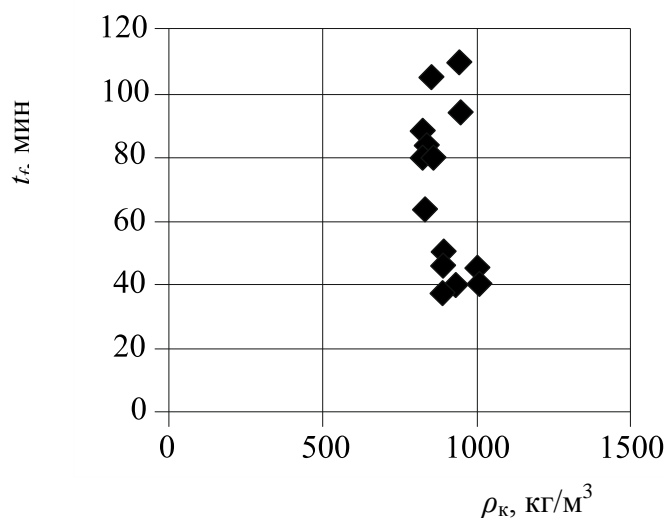


Рисунок 7.16 – Зависимость между характеристической плотностью и временем разрушения однослойной обшивки из листов гипсокартона типа *F* в каркасных стенах

7.6.9 На Рисунке 7.17 представлена зависимость между температурой воздействия пожара и временем разрушения обшивки из листов гипсокартона типа *F*, измеряемой на ее не обогреваемой стороне.

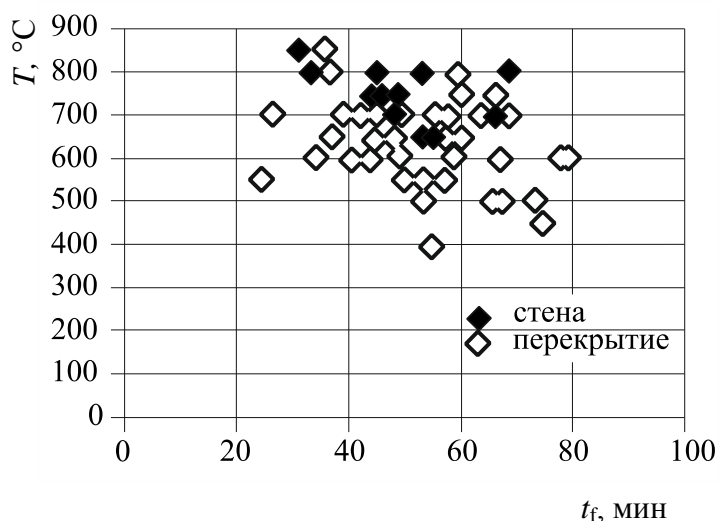


Рисунок 7.17 – Зависимость между температурой воздействия пожара и временем разрушения обшивки из листов гипсокартона типа *F*

7.6.10 При защите обшивками деревянных конструкций глубина защемления l_a крепежных изделий в необугленную древесину должна составлять не менее 10 мм. Требуемая глубина $l_{f,req}$ крепежных изделий должна рассчитываться по Формуле (3.16) СН РК EN 1995-1-2:2004/2011:

$$l_{f,req} = h_p + d_{char,0} + l_a, \quad (7.47)$$

где h_p – толщина огнезащитной панели;
 $d_{\text{char},0}$ – глубина обугливания деревянной конструкции;
 l_a – минимальная глубина защемления крепежных изделий в необугленную древесину.

7.6.11 Время защитного действия обшивок t_f с учетом отказа крепежных изделий следует рассчитывать по следующей Формуле (С.9) СН РК EN 1995-1-2:2004/2011:

$$t_f = t_{\text{ch}} + \frac{l_f - l_{a,\text{min}} - h_p}{k_s \cdot k_2 \cdot k_n \cdot k_j \cdot \beta_0}; \quad (7.48)$$

где $k_j = 1,0$ – коэффициент соединения для обшивок, не прикрепленных к деревянной конструкции;

$k_j = 1,15$ коэффициент соединения, при расположении стыков во внешнем слое обшивки, подверженной воздействию пожара;

l_f – длина крепежных изделий;

$l_{a,\text{min}}$ – минимальная глубина защемления крепежных изделий в несгоревшую древесину;

h_p – общая толщина обшивки;

k_s – коэффициент поперечного сечения;

k_2 – коэффициент изоляции;

k_n – переводной коэффициент несимметричного уменьшенного поперечного сечения в условное, прямоугольное поперечное сечение;

β_0 – расчетное значение односторонней скорости обугливания при стандартном воздействии пожара.

Минимальная глубина защемления крепежных изделий $l_{a,\text{min}}$ в несгоревшую древесину должна составлять 10 мм.

При использовании стальных швеллеров для крепления обшивки к конструкциям, время защитного действия данных швеллеров рассчитывается по Формуле (7.48), причем общая толщина обшивки h_p заменяется на толщину стального швеллера t_s и коэффициент соединения принимается равным $k_j = 1,0$.

В случае если стальные швеллеры после утраты обшивкой защитных свойств используются для обеспечения теплоизоляции пустот, то время защитного действия швеллеров относительно отказа крепежных изделий рассчитывается по Формуле (С.12) СН РК EN 1995-1-2:2004/2011:

$$t_{\text{sf}} = t_f + \frac{l_f - l_{a,\text{min}} - k_s \cdot k_2 \cdot k_n \cdot \beta_0 \cdot (t_f - t_{\text{ch}}) - t_s}{k_s \cdot k_3 \cdot k_n \cdot \beta_0}, \quad (7.49)$$

где t_{sf} – время защитного действия стальных швеллеров;

t_s – толщина стальных швеллеров;

k_3 – коэффициент остаточной защиты.

7.7 Характеристики листов гипсокартонных, используемых в качестве защитных обшивок

7.7.1 В настоящем разделе приведены основные требования к геометрическим характеристикам гипсокартонных листов различного типа (*A*, *D*, *E*, *F*, *H*, *I*, *P*, и *R*), используемых в качестве защитной обшивки деревянных строительных конструкций. Указанное обозначение каждого типа листов гипсокартона включаются в их общую маркировку в соответствии с EN 520.

7.7.2 Номинальная ширина гипсокартонных листов типа *P* должна составлять: 400, 600, 900 и 1200 мм, а номинальная длина: 1200, 1500, 1800 и 2000 мм. Предельное отклонение от номинальной ширины не должно превышать от 0 до 8 мм, а от номинальной длины от 0 до 6 мм. Толщина гипсокартонных листов типа *P* как правило составляет: 9,5 и 12,5 мм, а предельное отклонение от номинальной толщины не должно превышать $\pm 0,6$ мм.

Примечание – Гипсокартонные листы типа *P* допускается изготавливать с геометрическими размерами, отличными от приведенных в настоящем разделе. Необходимость применения таких листов должна обосновываться в каждом конкретном случае.

7.7.3 Для гипсокартонных листов типа *A*, *H*, *D*, *E*, *F*, *I* и *R* устанавливаются следующие требования к их геометрическим характеристикам и предельным отклонениям от них:

- номинальная ширина: 600, 625, 900, 1200 и 1250 мм (0; – 4 мм);
- номинальная длина: 1200, 1500, 1800 и 2000 мм (0; – 5 мм);
- номинальная толщина: 9,5, 12,5 и 15 мм.

Примечание

1 Номинальная толщина листов указанного типа должна быть не менее 6,0 мм.

2 Предельное отклонение от номинальной толщины листов до 18 мм не должно превышать $\pm 0,5$ мм. Предельное отклонение от номинальной толщины листов больше или равно 18 мм, определенное с точностью до 0,1 мм, должно быть $\pm 0,04$, умноженное на толщину листа в миллиметрах и округленное до 0,1 мм.

3 Гипсокартонные листы типа *A*, *H*, *D*, *E*, *F*, *I* и *R* допускается изготавливать с геометрическими размерами, отличными от приведенных в настоящем разделе. Необходимость применения таких листов должна обосновываться в каждом конкретном случае.

7.7.4 Гипсокартонные листы типа *A*, *P*, *D*, *R*, *F*, *I* применяются в зданиях и помещениях с сухим и нормальным влажностными режимами в соответствии с действующими правилами по тепловой защите зданий.

7.7.5 Гипсокартонные листы типа *H* применяются в зданиях и помещениях с сухим, нормальным и влажным влажностными режимами в соответствии с действующими правилами по тепловой защите зданий. При применении листов типа *H* в зданиях и помещениях с влажным режимом они защищаются с лицевой поверхности гидроизоляцией, водостойкими грунтовками, керамической плиткой.

7.7.6 Гипсокартонные листы типа *F* применяются для облицовки конструкций с целью повышения их предела огнестойкости в помещениях с повышенной пожарной

опасностью. Также гипсокартонные листы данного типа применяются для обшивки элементов наружных стен.

7.7.7 Испытание листов гипсокартона указанных типов проводится в соответствии с EN 13823. Установление пожарно-технических показателей по результатам испытаний осуществляется в соответствии с EN 13501-2.

ПРИМЕР 1

Дано: Клеенная деревянная колонна, подверженная воздействию пожара в течение 45 минут. Колонна имеет прямоугольного сечения размером 400×400 мм, выполнена из лиственных пород древесины с характеристической плотностью 550 кг/м^3 .

Требуется: Определить площадь остаточного поперечного сечения указанной колонны.

Расчет:

Расчет с учетом угловых закруглений

По Таблице 7.1 пособия определяется односторонняя скорость обугливания древесины $\beta_0 = 0,65 \text{ мм/мин}$. Глубина обугливания, определяемая по Формуле (7.3) составит:

$$d_{\text{char},0} = \beta_0 \cdot t = 0,65 \times 45 = 29,25 \text{ мм},$$

где $t = 45$ мин – время воздействия пожара.

Определяются параметры поперечного сечения конструкции с учетом глубины обугливания и времени воздействия пожара:

– ширина и высота поперечного сечения

$$b = B - 2 \cdot d_{\text{char},0} = 400 - 2 \times (29,25 + 0,07) = 341,36 \text{ мм};$$

Площадь поперечного сечения с учетом угловых закруглений, определяемых по Формуле (7.1) составит:

$$A_r = b^2 - 4 \times 0,215 \cdot r^2 = 341,36^2 - 4 \times 0,215 \times 29,25^2 = 115790,8 \text{ мм}^2 = 0,116 \text{ м}^2,$$

где $r = d_{\text{char},0} = 29,25 \text{ мм}$ – радиус угловых закруглений (принимается в соответствии с п. 7.1.4 настоящего пособия).

Расчет без учета угловых закруглений

По Таблице 7.1 определяется условная скорость обугливания древесины $\beta_n = 0,70 \text{ мм/мин}$. Условная глубина обугливания, определяемая по Формуле (7.4) составит:

$$d_{\text{char},n} = \beta_n \cdot t = 0,70 \times 45 = 31,5 \text{ мм},$$

где $t = 45$ мин – время воздействия пожара.

Определяются параметры поперечного сечения конструкции с учетом глубины обугливания и времени воздействия пожара:

– ширина и высота поперечного сечения

$$b = B - 2 \cdot d_{\text{char},0} = 400 - 2 \times (31,5 + 0,07) = 336,86 \text{ мм};$$

Площадь поперечного сечения указанной конструкции составит:

$$A_r' = b^2 = 336,86^2 = 113474,8 \text{ мм}^2 = 0,113 \text{ м}^2,$$

Примечание – В указанном примере принимается наихудший вариант обогрева колонны – с четырех сторон.

Вывод: Площадь остаточного поперечного сечения деревянной клееной колонны с учетом угловых закруглений составит $A_r = 0,116 \text{ м}^2$, без учета угловых закруглений – $A_r' = 0,113 \text{ м}^2$.

ПРИМЕР 2

Дано: деревянная балка перекрытия, выполненная из цельной древесины лиственных пород с характеристической плотностью 300 кг/м^3 . Требуемый предел огнестойкости составляет 15 минут.

Требуется: Определить минимальную ширину поперечного сечения b_{\min} .

Расчет: В соответствии с Таблицей 7.1 настоящего пособия значение односторонней скорости обугливания $\beta_0 = 0,65 \text{ мм/мин}$.

Глубина одностороннего обугливания по Формуле (7.3) составит:

$$d_{\text{char},0} = \beta_0 \cdot t = 0,65 \times 15 = 9,75 \text{ мм},$$

где $t=15 \text{ мин}$ – время воздействия пожара.

Поскольку значение глубины обугливания при одностороннем воздействии пожара составляет менее 13 мм ($d_{\text{char},0} < 13 \text{ мм}$), то минимальная ширина балки b_{\min} рассчитывается по Формуле (7.7) настоящего пособия:

$$b_{\min} = 8,15 \cdot d_{\text{char},0} = 8,15 \times 9,75 = 79,46 \text{ мм}.$$

Вывод: минимальная ширина балки должна составлять $b_{\min} = 79,46 \text{ мм}$.

ПРИМЕР 3

Дано: Две OSB панели, используемые в качестве защитных обшивок деревянных конструкций в соответствии с EN 300. Толщина первой панели составляет $h_p = 12 \text{ мм}$, а второй – $h_p = 20 \text{ мм}$. Характеристическая плотность 700 кг/м^3 .

Требуется: Определить скорость обугливания указанных OSB панелей.

Расчет: Поскольку характеристическая плотность OSB панелей превышает значения, указанные в Таблице 7.1, то скорость обугливания определяется по Формуле (7.9). Значение коэффициента k_p для указанных панелей в зависимости от характеристической плотности определяется по Формуле (7.10):

$$k_p = \sqrt{\frac{450}{\rho_k}} = \sqrt{\frac{450}{700}} = 0,8.$$

Производится расчет коэффициента k_h по Формуле (7.11) и в зависимости от толщины плиты составит:

$$\text{при } h_p=12 \text{ мм} \quad k_h = \sqrt{\frac{20}{h_p}} = \sqrt{\frac{20}{12}} = 1,29;$$

при $h_p=20$ мм
$$k_h = \sqrt{\frac{20}{h_p}} = \sqrt{\frac{20}{20}} = 1,00;$$

Тогда скорость обугливания, рассчитанная по Формуле (7.9) для каждой плиты составит:

при $h_p=12$ мм
$$\beta_{0,p,t} = \beta_0 \cdot k_p \cdot k_h = 0,9 \times 0,8 \times 1,29 = 0,93 \text{ мм/мин};$$

при $h_p=20$ мм
$$\beta_{0,p,t} = \beta_0 \cdot k_p \cdot k_h = 0,9 \times 0,8 \times 1,00 = 0,72 \text{ мм/мин},$$

где $\beta_0 = 0,9$ мм/мин – значение скорости обугливания, принимаемое по Таблице 7.1.

Вывод: Расчетное значение односторонней скорости обугливания OSB панели, при толщине $h_p = 12$ мм составляет $\beta_{0,p,t} = 0,93$ мм/мин, при толщине $h_p = 20$ мм – $\beta_{0,p,t} = 0,72$ мм/мин.

ПРИМЕР 4

Дано: деревянная балка, выполненная из цельной древесины лиственных пород класса С22, характеристическая плотность составляет 340 кг/м^3 , размеры поперечного сечения 75×250 мм, величина пролета составляет 4,5 м, в месте опирания балки на вертикальные конструкции она имеет подрезку высотой 83 мм. Переменная нагрузка, действующая на каждый пролет балки, составляет 2,5 кПа, постоянная нагрузка равна 0,2 кН/мм. Расстояние между осями балок составляет 600 мм и они с трех сторон подвержены воздействию пожара.

Требуется: определить сможет ли деревянная балка выдержать указанную нагрузку спустя 30 минут воздействия стандартного пожара.

Расчет: Определяются свойства древесины в соответствии с Приложением А настоящего пособия:

- модуль упругости $E_0 = 10,0$ ГПа;
- класс прочности (изгиб) $f_{m,k} \sigma_k = 7,7$ МПа;
- предел прочности при сдвиге $f_{v,k} = 0,71$ МПа.

Расчет предела огнестойкости указанной конструкции выполняется в два этапа. На первом этапе влиянием угловых закруглений пренебрегается, а на втором этапе они учитываются.

По Таблице 7.1 настоящего пособия определяется условная скорость обугливания древесины $\beta_n=0,70$ мм/мин. Тогда условная глубина обугливания, рассчитываемая по Формуле (7.4), составит:

$$d_{\text{char}} = \beta_n \cdot t = 0,70 \times 30 = 21,0 \text{ мм},$$

где $t = 30$ мин – время воздействия стандартного пожара (по условию).

Расчет без учета угловых закруглений

Рассчитываются уменьшенные параметры поперечного сечения:

- ширина поперечного сечения $b = B - 2 \cdot d_{\text{char}} = 75 - 2 \times 21,0 = 33,0$ мм;
- высота поперечного сечения $d = D - d_{\text{char}} = 250 - 21,0 = 229,0$ мм.

Изгибающий момент

Определяется модуль упругости:

$$E_d = \frac{b \cdot d^2}{6} = \frac{33 \times 229^2}{6} = 288 \times 10^3 \text{ мм}^3.$$

Определяется изгибающий момент:

$$M = \frac{q \cdot l^2}{8} = \frac{(2,5 \times 0,6 + 0,2) \times 4,5^2}{8} = 4,3 \text{ кН},$$

где q – нагрузка на конструкцию, которая определяется как сумма постоянной и переменной нагрузок.

Напряжение на изгиб рассчитывается по следующей формуле (напряжение в наиболее растянутом волокне при изгибе):

$$\sigma_m = \frac{M}{E_d} = \frac{4300}{288} = 14,9 \text{ МПа}.$$

Для конструкций, ширина первоначального поперечного сечения которых составляет более 70 мм, допустимое напряжение на изгиб в 2,25 раза больше чем класс прочности (для конструкций ширина первоначально поперечного сечения которых менее 70 мм, напряжение на изгиб в 2,0 раза превышает класс прочности, который допускает небольшие потери вследствие повышения температуры в центре поперечного сечения).

Таким образом, допустимое напряжение на изгиб составит:

$$f_m = 2,25 \cdot f_{m,k} = 2,25 \times 7,7 = 17,33 \text{ МПа}.$$

Поскольку фактическое напряжение на изгиб не превышает предельно допустимого значения, следовательно, поперечное сечение балки удовлетворяет указанному предельному состоянию.

Сдвиг

Площадь сопротивления сдвигу A_t определяется как произведение оригинальной высоты над выемкой в месте опирания, равной 167 мм на уменьшенную ширину, равную 36 мм.

Сдвигающий момент на опорах конструкции рассчитывается по следующей формуле:

$$M_d = \frac{q \cdot l}{2} = \frac{(2,5 \times 0,6 + 0,2) \times 4,5}{2} = 3,83 \text{ кН}.$$

Таким образом, учитывая подрезку балки и уменьшенную на величину обугливания высоту, напряжение сдвига у опоры рассчитывают следующим образом:

$$\tau_d = \frac{1,5 \cdot M_d}{A_t} = \frac{1,5 \times 3,83 \times 10^3}{(167 \times 33)} = 1,0 \text{ МПа}.$$

Предельно допустимое напряжение сдвига составит:

$$\tau_{d,c} = 2,25 \cdot f_{v,k} \cdot \frac{d'}{d} = 2,25 \times 0,71 \times \frac{167}{229} = 1,16 \text{ МПа}.$$

Из приведенных данных видно, что фактическое значение напряжения сдвига не превышает предельно допустимого, следовательно, поперечное сечение балки удовлетворяет указанному предельному состоянию.

Прогиб

Момент инерции определяется следующим образом:

$$I = \frac{b \cdot d^3}{12} = \frac{35 \times 230^3}{12} = 35,5 \times 10^6 \text{ мм}^4.$$

Величина прогиба составит:

$$w_b = \frac{5 \cdot q \cdot L^4}{384 \cdot E \cdot I} = \frac{5 \times (2,5 \times 0,6) \times 4,5^4}{384 \times 10,0 \times 10^{-6} \times 35,5 \times 10^6} = 0,025 \text{ м.}$$

При определении прогиба при сдвиге, модуль сдвига принимается как $E/16$:

$$w_s = \frac{k \cdot M}{A \cdot G} = \frac{1,2 \times 4,3}{229 \times 33 \times \left(\frac{10 \times 10^6}{16} \right)} = 0,001 \text{ м.}$$

Величина конечного прогиба определяется следующим образом:

$$w_{\text{fin}} = w_b + w_s = 0,025 + 0,001 = 0,026 \text{ м.}$$

Предельно допустимая величина прогиба составляет:

$$w_c = \frac{1}{20} = \frac{4,5}{20} = 0,225 \text{ м.}$$

Таким образом, указанная балка удовлетворяет условию предельно допустимого прогиба, поскольку фактическое значение указанного параметра не превышает требуемого.

Расчет балки с учетом влияния угловых закруглений при пожаре

По Таблице 7.1 настоящего пособия определяется односторонняя скорость обугливания древесины $\beta_0 = 0,65$ мм/мин. Тогда глубина обугливания, рассчитываемая по Формуле (7.3), составит:

$$d_{\text{char}} = \beta_0 \cdot t = 0,65 \times 30 = 19,5 \text{ мм,}$$

где $t = 30$ мин – время воздействия стандартного пожара (по условию).

Уменьшенные параметры поперечного сечения составят:

– ширина поперечного сечения $b = B - 2 \cdot d_{\text{char}} = 75 - 2 \times 19,5 = 36,0$ мм;

– высота поперечного сечения $d = D - d_{\text{char}} = 250 - 19,5 = 230,5$ мм.

Площадь поперечного сечения с учетом угловых закруглений, определяемых по Формуле (7.1) настоящего пособия, составит:

$$A = b \cdot d - 2 \cdot 0,215r^2 = 36 \times 230,5 - 2 \times 0,215 \times 21^2 = 8108 \text{ мм}^2,$$

где $r = d_{\text{char}}$ – радиус угловых закруглений (принимается в соответствии с п.7.1.4 настоящего пособия).

Расположение центра тяжести сечения с учетом площади обугливания определяется по следующей формуле, принимая во внимание требования п.7.1.5 настоящего пособия:

$$x_n = \frac{\left(\frac{b \cdot d^2}{2} - 2 \times 0,215 \cdot r^2 \cdot 0,223 \cdot r \right)}{A} = \frac{\left(\frac{36 \times 230,5^2}{2} - 2 \times 0,215 \times 19,5^2 \times 0,223 \times 19,5 \right)}{8108} = 117,8 \text{ мм.}$$

Момент инерции рассчитывается по Формуле:

$$\begin{aligned} I &= \frac{b \cdot d^3}{12} + b \cdot d \left(\frac{d}{2} - x_n \right)^2 - 2 \times 0,08 \cdot r^4 - 2 \times 0,215 \cdot r^2 (x_n - 0,223 \cdot r)^2 = \\ &= \frac{36 \times 230,5^3}{12} + 36 \times 230,5 \left(\frac{230,5}{2} - 117,8 \right)^2 - 2 \times 0,008 \times 19,5^4 - 2 \times 0,215 \times 19,5^2 \times \\ &\times (117,8 - 0,223 \times 19,5)^2 = 34 \times 10^6 \text{ мм}^4. \end{aligned}$$

Модуль упругости составит:

$$E_d = \frac{I}{x_n} = \frac{34 \times 10^6}{117,8} = 289 \times 10^3 \text{ мм}^3.$$

Изгибающий момент

Значение изгибающего момента, как и на предыдущем этапе составит:

$$M = \frac{q \cdot l^2}{8} = \frac{(2,5 \times 0,6 + 0,2) \times 4,5^2}{8} = 4,3 \text{ кН.}$$

Напряжение на изгиб рассчитывается по следующей формуле:

$$f_m = \frac{M}{E_d} = \frac{4300}{289} = 14,9 \text{ МПа.}$$

Предельно допустимое значение напряжение на изгиб составляет 17,33 МПа. Поскольку фактическое напряжение на изгиб не превышает предельно допустимого значения, следовательно, поперечное сечение балки удовлетворяет указанному предельному состоянию.

Сдвиг

Сдвигающий момент на опорах конструкции равен $V = 3,83 \text{ кН}$. Площадь сопротивления сдвигу A_v определяется как произведение оригинальной высоты над выемкой в месте опирания, равной 167 мм на уменьшенную ширину, равную 36 мм:

$$A_v = d' \cdot b = 167 \times 36 = 6012 \text{ мм}^2.$$

Таким образом, учитывая подрезку балки и уменьшенную на величину обугливания высоту, напряжение сдвига у опоры составит:

$$\tau_d = \frac{1,5 \cdot M_d}{A_v} = \frac{1,5 \times 3,83 \times 10^3}{6012} = 0,96 \text{ МПа.}$$

Предельно допустимое напряжение сдвига составляет 1,16 МПа, следовательно, поперечное сечение балки удовлетворяет указанному предельному состоянию.

Прогиб

Величина прогиба составит:

$$w_b = \frac{5 \cdot q \cdot L^4}{384 \cdot E \cdot I} = \frac{5 \times (2,5 \times 0,6) \times 4,5^4}{384 \times 10,0 \times 10^{-6} \times 34,0 \times 10^6} = 0,024 \text{ м.}$$

При определении прогиба при сдвиге, модуль сдвига принимается как $E/16$:

$$w_s = \frac{k \cdot M}{A \cdot G} = \frac{1,2 \times 4,3}{8108 \times \left(\frac{10 \times 10^6}{16} \right)} = 0,001 \text{ м.}$$

Величина конечного прогиба определяется следующим образом:

$$w_{\text{fin}} = w_b + w_s = 0,024 + 0,001 = 0,025 \text{ м.}$$

Предельно допустимая величина прогиба составляет:

$$w_c = \frac{1}{20} = \frac{4,5}{20} = 0,225 \text{ м.}$$

Таким образом, указанная балка удовлетворяет условию предельно допустимого прогиба, поскольку фактическое значение указанного параметра не превышает требуемого.

Вывод: В результате проведенного расчета установлено, что балка перекрытия с указанными характеристиками по истечении 30 минут воздействия пожара обеспечит требуемый предел огнестойкости.

ПРИМЕР 5

Дано: колонна изготовлена из древесины хвойных пород класса С22. Высота колонны 3,0 м, сечение квадратное ($D \times B$) 150 × 150 мм. Осевая рабочая нагрузка составляет 30 кН, а осевая допустимая нагрузка 45 кН. Расчетное значение прочности древесины при пожаре составляет $f_{d,fi} = 14,81$ МПа, расчетный модуль упругости $E_{d,fi} = 8250$ МПа.

Требуется: определить выдержит ли несущая способность деревянной колонны в течение 30 минут воздействия пожара.

Расчет: В соответствии с Таблицей 7.1 настоящего пособия скорость условная скорость обугливания указанной конструкции составляет $\beta_n = 0,80$ мм/мин.

Глубина обугливания рассчитывается по Формуле (7.4):

$$d_{\text{char}} = \beta_n \cdot t = 0,80 \times 30 = 24 \text{ мм}$$

Глубина слоя за линией обугливания в соответствии с Разделом 10 настоящего пособия принимается равной $d_0 = 7$ мм.

Определяются размеры уменьшенного поперечного сечения:

$$d = D - 2 \cdot d_{\text{char}} = 150 - 2 \times (24 + 7) = 88 \text{ мм.}$$

Значение радиуса инерции составит:

$$i = \frac{d}{2\sqrt{3}} = \frac{88}{2\sqrt{3}} = 25,4 \text{ мм.}$$

Рассчитывается гибкость элемента:

$$\lambda = \frac{L_e}{i} = \frac{3000}{25,4} = 118.$$

Определяется значение критического напряжения:

$$\sigma_e = \frac{\pi^2 \cdot E_{d,fi}}{\lambda^2} = \frac{3,14^2 \times 8250}{118^2} = 5,85 \text{ МПа.}$$

Определяется отношение $\frac{f_{kd,fi}}{f_{d,fi}} = 0,286$, тогда $f_{kd,fi} = 0,286 \times 14,81 = 4,23 \text{ МПа.}$

Площадь остаточного поперечного сечения с учетом глубины обугливания составит:

$$A_r = d^2 = 88^2 = 7744 \text{ мм}^2.$$

Предельно допустимая нагрузка на конструкцию составит:

$$N_{fi,r} = A_r \cdot f_{kd,fi} = (7744 \times 4,23)/1000 = 32,8 \text{ кН.}$$

Определяется нагрузка на конструкцию при пожаре:

$$N_{fi,d} = \eta_{fi} \cdot N_{sd} = 0,6 \times 45 = 27 \text{ кН.}$$

Вывод: Поскольку величина нагрузки на конструкцию при пожаре не превышает предельно допустимых значений, то указанная колонна в течение 30 минут воздействия пожара обеспечит требуемый предел огнестойкости.

8 МЕТОДЫ РАСЧЕТА СОПРОТИВЛЕНИЯ

8.1 Метод приведенного поперечного сечения

8.1.1 При использовании указанного метода эффективное поперечное сечение рассчитывается с учетом начального поперечного сечения, уменьшенного на эффективную глубину обугливания d_{ef} (Рисунок 8.1), определяемую по Формуле (4.1) СН РК EN 1995-1-2:2004/2011:

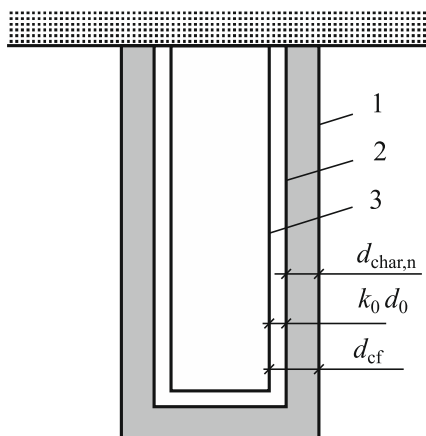
$$d_{ef} = d_{char,n} + k_0 \cdot d_0, \quad (8.1)$$

где d_0 – глубина слоя за линией обугливания, при которой прочность и жесткость принимаются равными нулю (допускается принимать $d_0=7$ мм);

$d_{char,n}$ – условная глубина обугливания, определяемая по Формуле (7.4);

k_0 – коэффициент, определяемый по Таблице 8.1.

Примечание – При использовании метода приведенного поперечного сечения в расчете сопротивления конструкции при воздействии пожара принимается следующее допущение: предполагается, что прочность и жесткость материала за линией обугливания с толщиной слоя k_0 и d_0 равны нулю в то время, как характеристики прочности и жесткости остаточного поперечного сечения остаются неизменными.



1 – внешняя поверхность конструкции; 2 – граница остаточного поперечного сечения;
3 – граница эффективного поперечного сечения

Рисунок 8.1 – Определение остаточного и эффективного поперечного сечения

8.1.2 [4.2.2(2)] Для незащищенных поверхностей деревянных строительных конструкций значение коэффициента k_0 приведено в Таблице 8.1.

Таблица 8.1 – Значения коэффициента k_0 для незащищенных поверхностей деревянных строительных конструкций в момент времени t , мин (Рисунок 7.10)

Время воздействия пожара	Значение коэффициента k_0
$t < 20$ мин	$t/20$
$t \geq 20$ мин	1,0

8.1.3 В случае если конструкция защищена обшивками и время до начала обугливания данной конструкции превышает 20 мин ($t_{ch} > 20$ мин), то предполагается, что коэффициент k_0 линейно повышается от 0 до 1 в течение времени от $t = 0$ до $t = t_{ch}$ (Рисунок 8.2).

В случае если конструкция защищена обшивками и время до начала обугливания данной конструкции составляет не более 20 мин ($t_{ch} \leq 20$ мин), тогда для определения коэффициента k_0 необходимо использовать Таблицу 8.1.

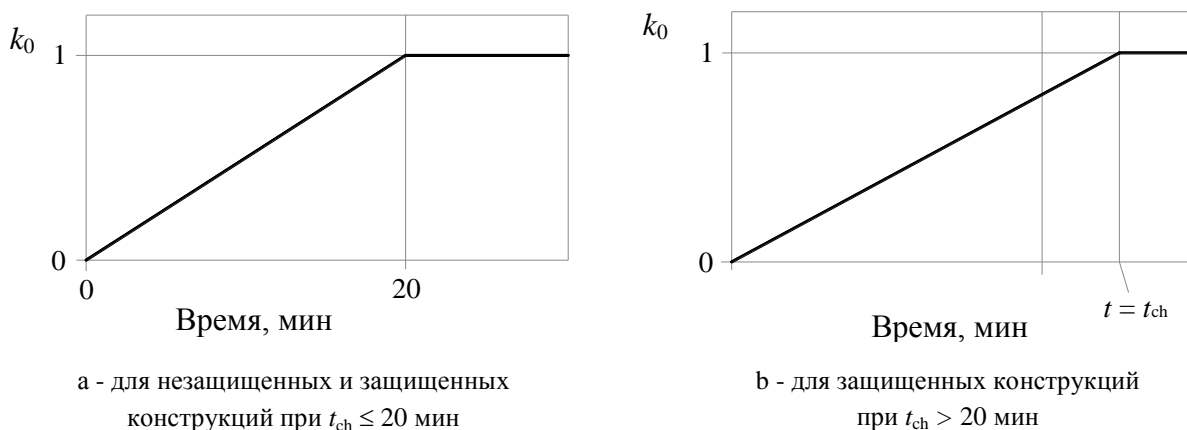


Рисунок 8.2 – Изменение коэффициента k_0 в зависимости от времени воздействия пожара

8.1.4 Для деревянных конструкций с незаполненными пустотами (например, пространство между стойками или балками в каркасных стенах и перекрытиях), необходимо учитывать следующие требования:

– если противопожарная обшивка состоит из одного или нескольких слоев гипсокартонных листов типа А, деревянных панелей или древесных плит, то коэффициент k_0 должен приниматься равным 0,3 в момент времени разрушения конструкции t_f . Затем принимается, что коэффициент k_0 в последующие 15 мин линейно возрастает до значения 1,0;

– если противопожарная обшивка состоит из одного или нескольких слоев гипсокартонных листов типа F, то коэффициент k_0 в момент времени начала обугливания t_{ch} должен приниматься равным 1,0. При $t < t_{ch}$ для определения коэффициента k_0 необходимо использовать линейную интерполяцию (Рисунок 8.2б).

8.1.5 Расчетные значения параметров прочности и жесткости эффективного поперечного сечения, должны рассчитываться с учетом коэффициента модификации, равного $k_{mod,fi} = 1,0$.

8.2 Метод приведенных характеристик

8.2.1 Метод приведенных характеристик применяется при проектировании конструкций из древесины хвойных пород прямоугольного поперечного сечения, подверженных воздействию пожара с трех или четырех сторон, а также для круглых деревянных конструкций, подверженных воздействию пожара по всему периметру.

8.2.2 Характеристики и размеры остаточного поперечного сечения определяются в соответствии с Разделом 7 настоящего пособия.

При продолжительности воздействия пожара $t \geq 20$ мин коэффициент модификации $k_{mod,fi}$, рассчитываться по Формулам (4.2) – (4.4) СН РК EN 1995-1-2:2004/2011 (Рисунок 8.3):

– для прочности на изгиб

$$k_{\text{mod,fi}} = 1,0 - \frac{1}{200} \cdot \frac{p}{A_r}; \quad (8.2)$$

– для прочности на сжатие

$$k_{\text{mod,fi}} = 1,0 - \frac{1}{125} \cdot \frac{p}{A_r}; \quad (8.3)$$

– для прочности на растяжение и модуля упругости

$$k_{\text{mod,fi}} = 1,0 - \frac{1}{330} \cdot \frac{p}{A_r}, \quad (8.4)$$

где p – периметр остаточного поперечного сечения, подверженного воздействию пожара, м;

A_r – площадь остаточного поперечного сечения, м^2 .

8.2.3 [4.2.3(3)] Для незащищенных и защищенных конструкций в момент времени $t = 0$ коэффициент модификации должен приниматься равным $k_{\text{mod,fi}} = 1$. Для незащищенных конструкций в момент времени $0 \leq t \leq 20$ мин коэффициент модификации определяется с помощью линейной интерполяции.

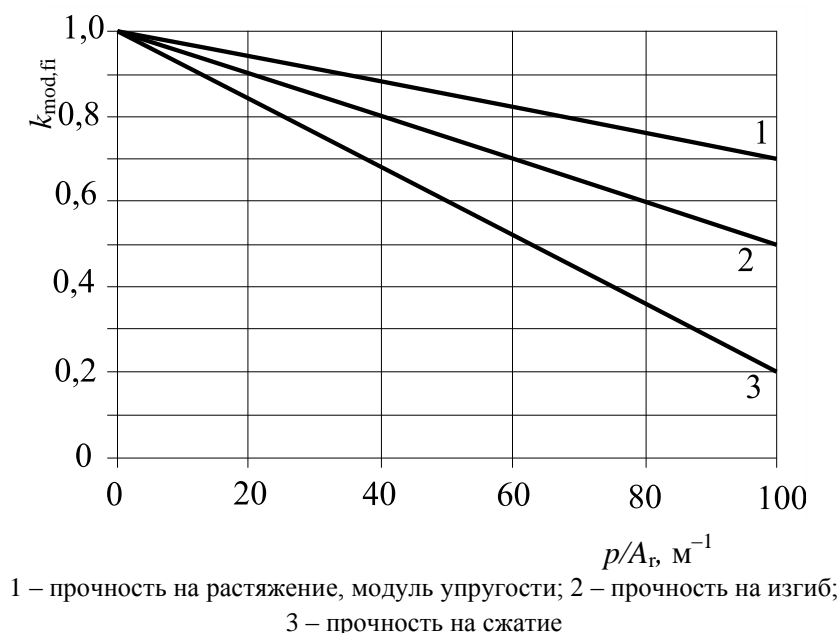


Рисунок 8.3 – Графический вид зависимостей (8.2) – (8.4)

8.3 Упрощенные правила расчета конструкций и конструктивных элементов

8.3.1 При применении настоящих правил вводятся следующие допущения:

– давлением перпендикулярно волокнам древесины пренебрегается;

– сдвигающей нагрузкой в прямоугольных и круглых поперечных сечениях пренебрегается.

8.3.2 Для балок, имеющих пазы, в соответствии с [4.3.1(2)] проводится проверка выполнения следующего условия по формуле:

$$A_r \geq 0,6 \cdot A, \quad (8.5)$$

где A_r – площадь остаточного поперечного сечения;

A – минимальная площадь поперечного сечения деревянной конструкции, определенная при нормальной температуре.

8.4 Механически соединенные конструкции

8.4.1 Для механически соединенных конструкций должно учитываться уменьшение модуля скольжения при пожаре.

8.4.2 Модуль скольжения K_{fi} при пожаре рассчитывается по Формуле (4.5) СН РК EN 1995-1-2:2004/2011:

$$K_{fi} = K_u \cdot \eta_i, \quad (8.6)$$

где K_{fi} – модуль скольжения при пожаре, Н/мм;

K_u – модуль скольжения для предельного состояния по потере несущей способности при нормальной температуре (определяется в соответствии с СН РК EN 1995-1-1:2008/2011), Н/мм;

η_i – переводной коэффициент, определяемый по Таблице 8.2.

Таблица 8.2 – Переводной коэффициент η_i

Крепежные изделия	η_i
Гвозди и шурупы	0,2
Болты, нагели, соединения с использованием разжимных колец, пластинчатые шпонки, зубчатые соединительные элементы	0,67

8.5 Общие методы расчета

8.5.1 Общие методы расчета должны обеспечивать реалистичный анализ конструктивных систем при пожаре. Они должны основываться на фундаментальных физических представлениях, приводящих к получению наиболее достоверных данных об ожидаемой работе соответствующего конструктивного элемента при пожаре.

8.5.2 Общие методы расчета используются как для отдельных конструктивных элементов, так и частей конструкции или для целых конструкций.

8.5.3 Общие методы расчета необходимо применять в следующих случаях:

– для определения глубины обугливания;

- для определения роста и распределения температуры в конструкциях (теплотехнический расчет);
- для определения механической работы конструктивной системы или любой его части (статический расчет).

8.5.4 При проведении расчетов температура наружного воздуха принимается равной 20 °С.

8.5.5 Методы расчета тепловых характеристик конструкций должны основываться на теории теплопередачи.

8.5.6 Теплотехнический расчет учитывает изменения тепловых характеристик материалов в зависимости от температуры.

Примечание – Если теплотехническая расчетная модель не учитывает факт повышенной теплопередачи вследствие массопереноса, например, при испарении жидкости либо вследствие образования трещин (теплопередача конвекцией и/или излучением), теплотехнические характеристики, как правило, необходимо изменять для получения результатов, сопоставимых с экспериментальными данными.

8.5.7 В древесине и защитных обшивках из гипсокартонных листов должно учитываться влияние влажности.

8.5.8 Общие методы расчета должны учитывать изменение механических характеристик в зависимости от температуры и влажности.

8.5.9 При анализе конструкций необходимо учитывать влияние температурной ползучести. Для изделий из древесины и древесных плит особенно важно учитывать переменную влажность.

Примечание – Указанные в настоящем пособии механические характеристики материалов из древесины учитывают влияние температурной ползучести и переменной влажности.

8.5.10 Для материалов, за исключением материалов из древесины и древесных плит, должны учитываться воздействия термических растяжений и напряжений вследствие разности температуры.

8.5.11 Статический расчет должен учитывать влияние нелинейности характеристик материалов.

8.6 Теплотехнические характеристики

8.6.1 Значения теплопроводности, теплоемкости и относительной плотности древесины хвойных пород при стандартном воздействии пожара представлены на Рисунках 8.4 – 8.6 и в Таблицах 8.3 – 8.4.

Примечание

1 Значения теплопроводности обуглившегося слоя являются более предпочтительными, чем значения для древесного угля, полученные путем измерения. Данные значения используются для учета влияния повышенной теплопроводности из-за усадочных трещин при температуре свыше 500 °С и разложения обуглившегося слоя при температуре свыше 1000 °С. Трещины в древесном угле повышают теплообмен вследствие излучения и конвекции. Применяемые компьютерные модели обычно не учитывают эти явления.

2 В зависимости от используемой расчетной модели может потребоваться изменение указанных теплотехнических характеристик материалов.

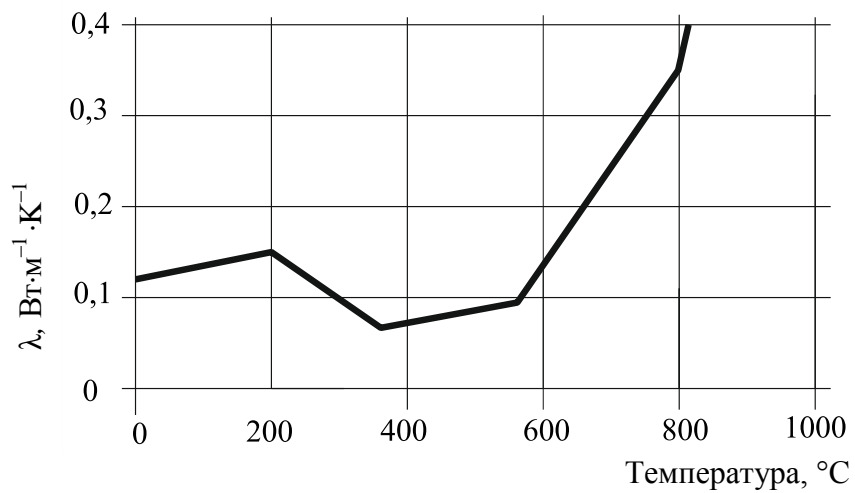


Рисунок 8.4 – Зависимость коэффициента теплопроводности от температуры линии обугливания для древесины

Таблица 8.3 – Зависимость коэффициента теплопроводности от температуры для линии обугливания древесины

Температура, °С	Коэффициент теплопроводности (λ), $\text{Вт} \cdot \text{м}^{-1} \cdot \text{К}^{-1}$
20	0,12
200	0,15
350	0,07
500	0,09
800	0,35
1200	1,50

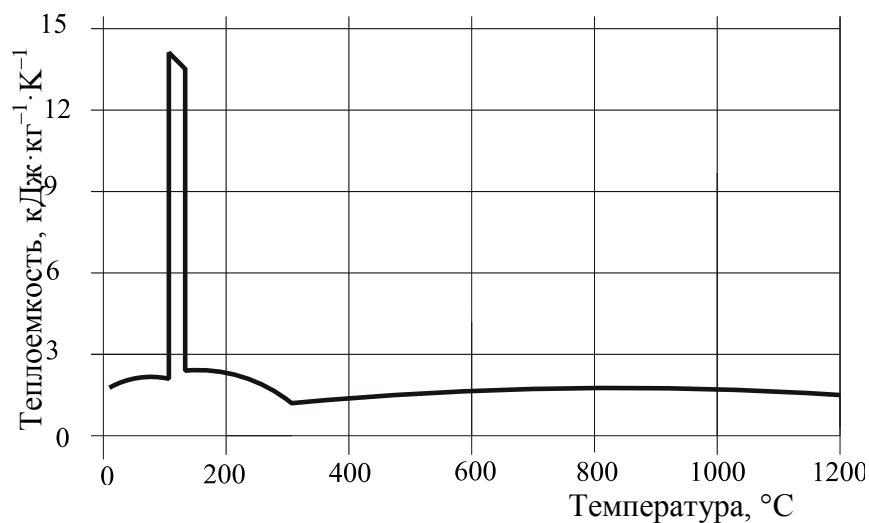


Рисунок 8.5 – Зависимость теплоемкости от температуры для древесины и древесного угля

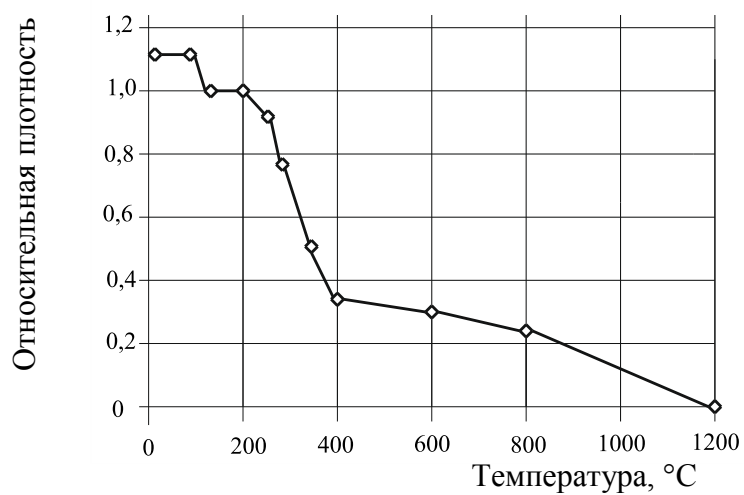


Рисунок 8.6 – Зависимость относительной плотности от температуры для хвойной древесины с содержанием влаги 12 %

Таблица 8.4 – Удельная теплоемкость и относительная плотность хвойной древесины в сухом состоянии для 1 класса использования

Температура, °С	Удельная теплоемкость, $\text{кДж} \cdot \text{кг}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$	Соотношение плотностей ¹
20	1,53	$1 + \omega$
99	1,77	$1 + \omega$
99	13,60	$1 + \omega$
120	13,50	1,00
120	2,12	1,00
200	2,00	1,00
250	1,62	0,93
300	0,71	0,76
350	0,85	0,52
400	1,00	0,38
600	1,40	0,28
800	1,65	0,26
1200	1,65	0
¹ ω – содержание влаги		

8.7 Механические характеристики

8.7.1 Локальные значения прочности и модуля упругости хвойной древесины должны умножаться на понижающий коэффициент, зависящий от температуры, приведенный на Рисунках 8.7 и 8.8.

Примечание – Отображенные зависимости учитывают влияние неустойчивости ползучести древесины.

8.7.2 При сжатии поперек волокон необходимо использовать такой же понижающий коэффициент прочности, что и для сжатия параллельно волокон.

8.7.3 При сдвиге двумя слагающими усилиями поперек волокон (сдвиг кручения) необходимо использовать такой же коэффициент уменьшения, что и для сжатия параллельно волокон.

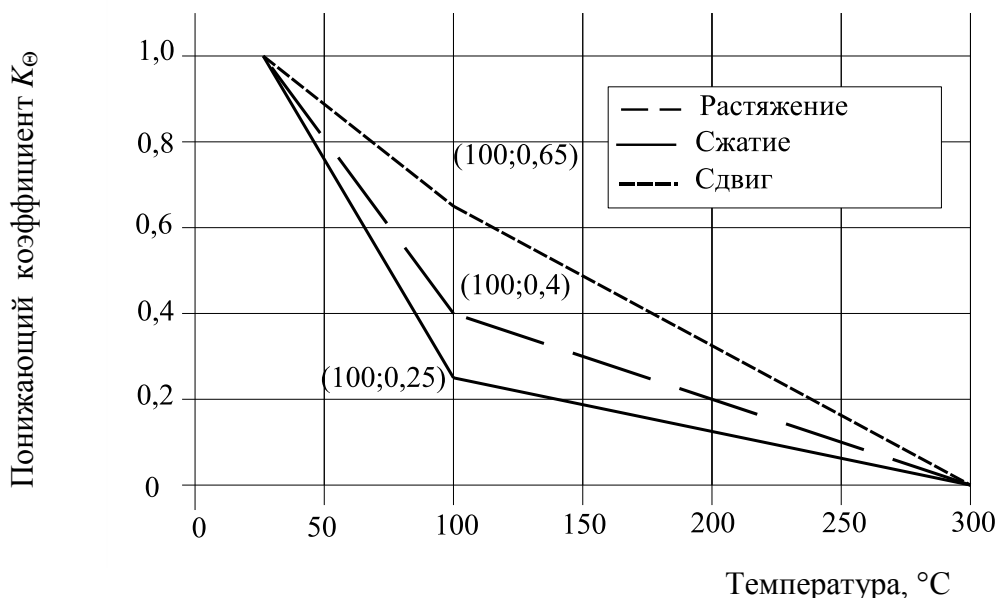


Рисунок 8.7 – Понижающий коэффициент прочности хвойной древесины при воздействии параллельно волокон

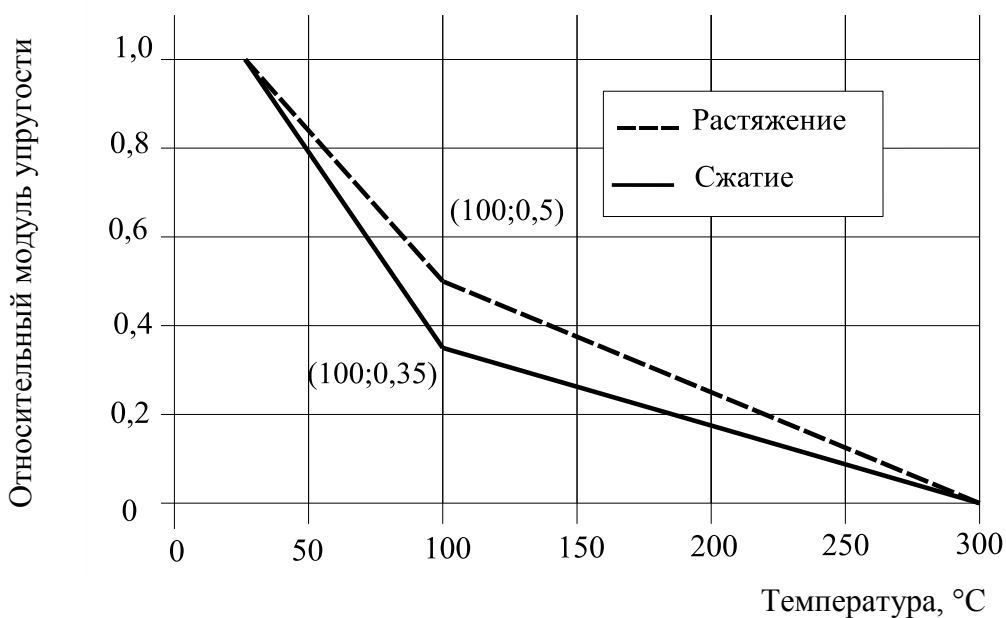


Рисунок 8.8 – Влияния температуры на модуль упругости хвойной древесины при воздействии параллельно волокон

ПРИМЕР 1

Дано: Деревянная балка с размерами поперечного сечения 250×75 мм и длиной 4,5 м. Балка выполнена из древесины хвойных пород с характеристической плотностью 400 кг/м^3 . Требуемый предел огнестойкости указанной балки составляет R30.

Требуется: Определить значение коэффициента модификации, учитывающего длительность действия нагрузки и содержание влаги при пожаре $k_{\text{mod,fi}}$ для указанной деревянной балки.

Расчет: Значение коэффициента $k_{\text{mod,fi}}$ допускается определять двумя способами: 1) с использованием расчетных зависимостей (8.2)–(8.4); 2) графически, с использованием номограммы, приведенной на Рисунке 8.3.

Расчетное определение коэффициента $k_{\text{mod,fi}}$

По Таблице 7.1 настоящего пособия определяется условная скорость обугливания древесины $\beta_n = 0,80$ мм/мин. Тогда условная глубина обугливания, рассчитываемая по Формуле (7.3) составит:

$$d_{\text{char}} = \beta_n \cdot t = 0,80 \times 30 = 24,0 \text{ мм},$$

где $t = 30$ мин – время воздействия стандартного пожара (по условию).

Рассчитываются уменьшенные параметры поперечного сечения:

- ширина поперечного сечения $b = B - 2 \cdot d_{\text{char}} = 75 - 2 \times 24,0 = 27,0$ мм;
- высота поперечного сечения $d = D - d_{\text{char}} = 250 - 24,0 = 226,0$ мм.

Площадь уменьшенного поперечного сечения составит:

$$A_r = b \cdot d = 27,0 \times 226,0 = 6102 \text{ мм}^2.$$

Периметр поперечного сечения сторон, подверженных воздействию пожара составляет:

$$p = 2 \cdot d + b = 2 \times 226,0 + 27,0 = 479 \text{ мм}.$$

Значение коэффициента $k_{\text{mod,fi}}$ определяется по Формуле (8.2) настоящего пособия:

$$k_{\text{mod,fi}} = 1,0 - \frac{1}{200} \cdot \frac{p}{A_r} = 1,0 - \frac{1}{200} \times 78 = 0,61;$$

где
$$\frac{p}{A_r} = \frac{479}{6102} = 0,079 \text{ мм}^{-1} = 78 \text{ м}^{-1}.$$

Графическое определение коэффициента $k_{\text{mod,fi}}$

Отношение периметра поперечного сечения, подверженного воздействию пожара к площади остаточного поперечного сечения составляет 78 м^{-1} . Используя зависимость 2 на Рисунке 8.3 (для прочности на изгиб) значение коэффициента модификации также составит $k_{\text{mod,fi}} = 0,61$.

Вывод: Для деревянной балки с размерами поперечного сечения 250×75 мм коэффициент модификации равен $k_{\text{mod,fi}} = 0,61$.

ПРИМЕР 2

Дано: деревянная колонна, которая изготовлена из древесины хвойных пород класса прочности С30 (сопротивление сжатию вдоль волокон $f_{20} = 23 \text{ Н/мм}^2$, $\rho_k = 530 \text{ кг/м}^3$). Высота колонны 4,0 м, сечение прямоугольное ($D \times B$) 150×100 мм. Осевая рабочая нагрузка составляет 60 кН. Колонна защищена от огневого воздействия 2 слоями гипсокартона типа F, толщиной каждый $h_p = 12,5$ мм, стыки с зазорами менее 2 мм.

Требуется: определить предел огнестойкости по несущей способности деревянной колонны.

Расчет: Для определения предела огнестойкости необходимо найти скорость снижения расчетного сопротивления сечения, для этого необходимо определить глубину обугливания.

В соответствии с Таблицей 7.1 настоящего пособия условная скорость обугливания указанной конструкции составляет $\beta_n = 0,80$ мм/мин.

По п.7.6.4, Таблице 7.5 для двухслойной облицовки листами типа F и общей толщиной $h_{p,tot} = 2 \times 12,5 = 25$ мм с использованием Формулы (7.27) определяется интервал времени защитного действия для облицовки:

$$t_f = 4 \cdot h_{p,tot} - 40 = 4 \times 25 - 40 = 60 \text{ мин.}$$

Для первого слоя интервал времени защитного действия составит (Формула (7.43), Таблица 7.6):

$$t_{f,1} = 3,5 \cdot h_p + 7 = 3,5 \times 12,5 + 7 = 50,75 \text{ мин.}$$

Определяется время начала обугливания второго слоя (п.7.5.2, Таблица 7.4):

Для одного (первого) слоя гипсокартона время начала обугливания второго слоя составит:

$$t_{ch,2} = 2,8 \cdot h_p - 14 = 2,8 \times 12,5 - 14 = 21 \text{ мин.}$$

Так как $t_{f,1} > t_{ch,2}$, для определения времени начала обугливания материала колонны, используется Формула (7.18) Таблицы 7.4:

$$t_{ch} = 2,1 \cdot h_{p,tot} - 7 = 2,1 \times 25 - 7 = 45,5 \text{ мин.}$$

Коэффициенты изменения скорости обугливания, приведенной в Таблице 7.1, по стадиям составят:

$$k_2 = 1 - 0,018 \cdot h_p = 1 - 0,018 \times 12,5 = 0,775$$

$$k_3 = 2$$

а соответствующие скорости обугливания по стадиям:

$$t_{ch} \leq t \leq t_f, \beta = \beta_n \cdot k_2 = 0,8 \times 0,775 = 0,62 \text{ мм/мин;}$$

$$t_f \leq t \leq t_a, \beta = \beta_n \cdot k_3 = 0,8 \times 2 = 1,6 \text{ мм/мин;}$$

$$t > t_a, \beta = \beta_n = 0,8 \text{ мм/мин.}$$

Так как $t_{ch} = 45,5 \text{ мин} < t_f = 60 \text{ мин}$, в соответствии с п. 7.4.7 пособия время t_a определяется по Формуле (7.15):

$$t_a = \frac{25 - (t_f - t_{ch}) \cdot k_2 \cdot \beta_n}{k_3 \cdot \beta_n} + t_f = \frac{25 - (60 - 45,5) \times 0,775 \times 0,8}{2 \times 0,8} + 60 = 70,01 \text{ мин.}$$

Глубина обугливания рассчитывается по Формуле (7.4):

$$d_{char} = \beta_n \cdot t.$$

Таким образом, зависимость глубины обугливания от продолжительности пожара для рассматриваемого в примере первого варианта огнезащиты может быть графически представлена на Рисунке 8.9.

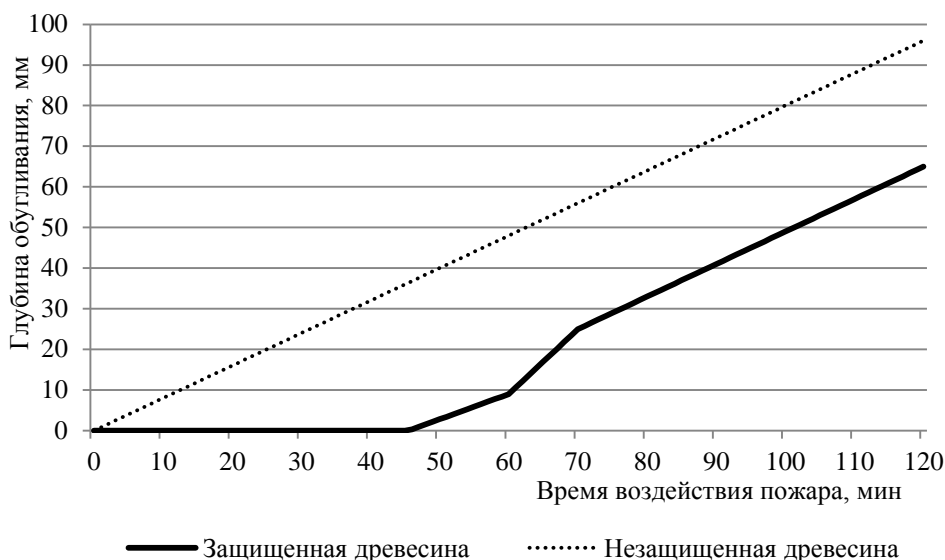


Рисунок 8.9 – Зависимость глубины обугливания от продолжительности воздействия пожара

Метод приведенного поперечного сечения

Определяется эффективная глубина обугливания по Формуле (8.1):

$$d_{\text{ef}} = d_{\text{char}} + k_0 \cdot d_0,$$

где $d_0 = 7$ мм – глубина слоя за линией обугливания, принимается в соответствии с п.6.2 настоящего пособия;

k_0 – коэффициент, зависящий от t_{ch} и принимаемый по Таблице 8.1 пособия.

Так как у рассматриваемой огнезащитной конструкции $t_{\text{ch}} = 45,5$ мин > 20 мин, то, в соответствии с п.8.1.3 настоящего пособия предполагается, что коэффициент k_0 линейно повышается от 0 до 1 в течение времени от $t = 0$ до $t = t_{\text{ch}}$ (Рисунок 8.10).

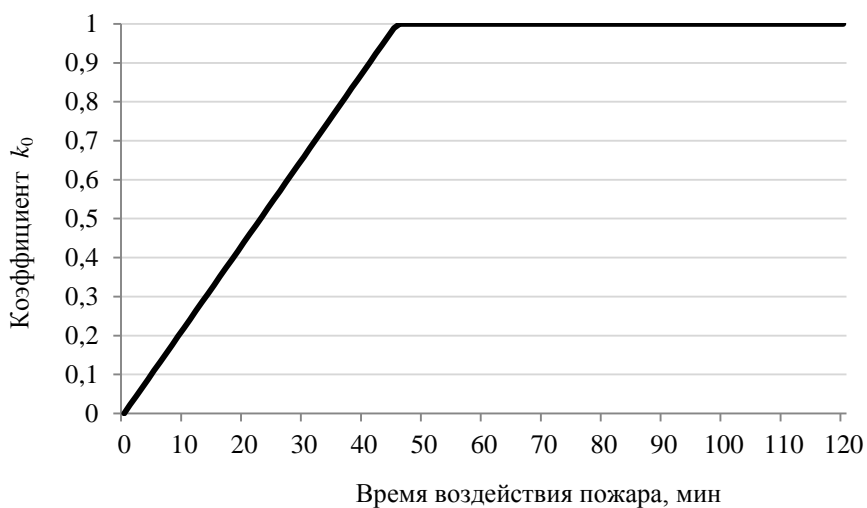


Рисунок 8.10 – Зависимость коэффициента k_0 от времени воздействия пожара

Расчетные значения параметров прочности и жесткости эффективного поперечного сечения, рассчитываются с $k_{\text{mod, fi}} = 1,0$. Расчетное значение прочности определяется по Формуле (6.1):

При уменьшении размеров вследствие обугливания происходит снижение расчетного сопротивления сечения (Рисунок 8.11).

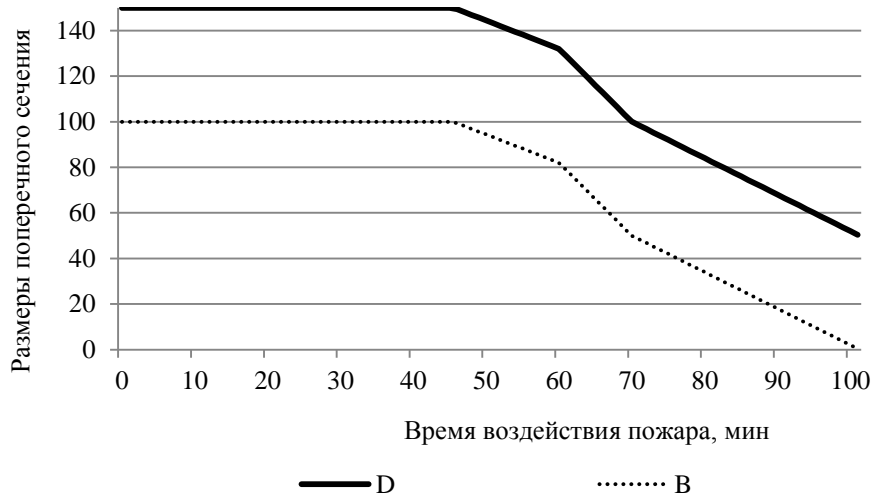


Рисунок 8.11 – Изменение размеров сечения во времени

При сжатии параллельно волокнам должно выполняться следующее условие по формуле:

$$\sigma \leq f_{d,fi},$$

где

$$\sigma = \frac{N}{A_r},$$

A_r – площадь остаточного поперечного сечения.

Изменение сопротивления поперечного сечения во времени приведено на Рисунке 8.12.

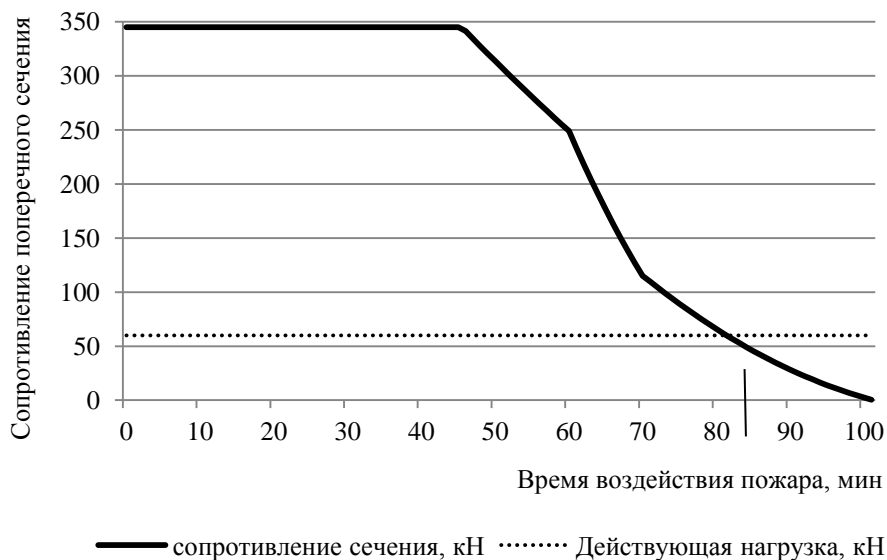


Рисунок 8.12 – Изменение сопротивления поперечного сечения во времени

Таким образом, критическое состояние по потере прочности наступает на 81 минуте пожара. Округлив полученное значение до ближайшего из стандартного ряда, получим значение предела огнестойкости R75.

Метод приведенных характеристик

Используются данные об остаточном поперечном сечении, полученные выше методом приведенного поперечного сечения при условии, что при продолжительности воздействия пожара $t \geq 20$ мин коэффициент модификации $k_{mod,fi}$ рассчитывается по Формуле (8.3). В момент времени $t = 0$ коэффициент модификации принимается равным $k_{mod,fi} = 1$. График изменения коэффициента $k_{mod,fi}$ в зависимости от времени огневого воздействия приведен на Рисунке 8.13.

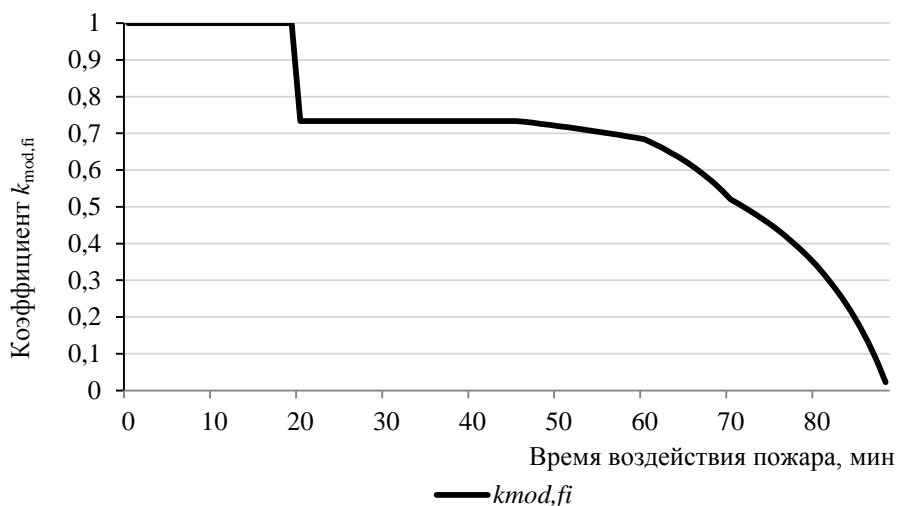


Рисунок 8.13 – Изменение коэффициента $k_{mod,fi}$ в зависимости от времени воздействия пожара

Изменение сопротивления поперечного сечения в зависимости от времени воздействия пожара приведено на Рисунке 8.14.

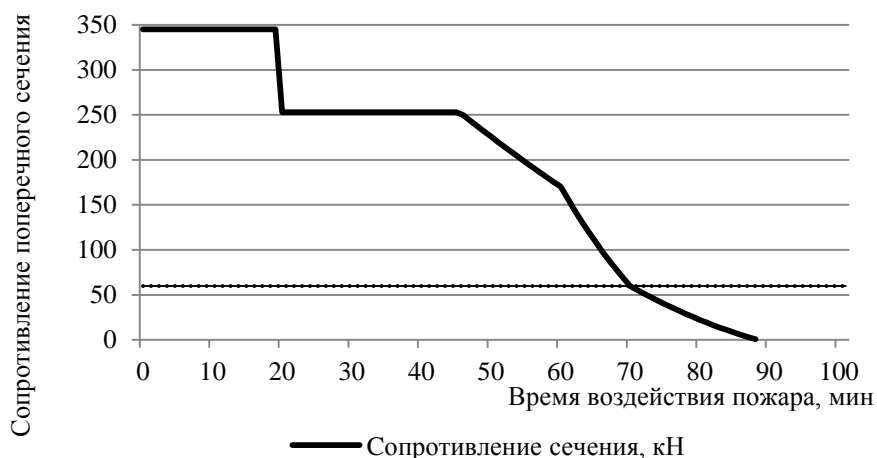


Рисунок 8.14 – Изменение сопротивления поперечного сечения во времени

Таким образом, критическое состояние по потере прочности наступает на 71 минуте пожара. Округлив полученное значение до ближайшего из стандартного ряда, получим значение предела огнестойкости R60.

Сравнив данные, полученные для двух методов расчета, окончательно принимаем предел огнестойкости R60.

При защите обшивками деревянных конструкций глубина защемления l_a крепежных изделий в необугленную древесину должна составлять не менее 10 мм. Требуемая глубина $l_{f,req}$ крепежных изделий равна:

$$l_{f,req} = h_p + d_{char,0} + l_a = 25 + 8,99 + 10 \approx 44 \text{ мм},$$

где h_p – толщина огнезащитной панели;

$d_{char,0}$ – глубина обугливания деревянной конструкции на 60-й минуте;

$l_{a,min}$ – минимальная глубина защемления крепежных изделий в необугленную древесину.

Применяем для крепления гипсокартона шурупы-саморезы диаметром 5 мм с длиной 45 мм.

Вывод: предел огнестойкости деревянной колонны составляет R60, а длина крепежных элементов обшивки не менее 45 мм.

ПРИМЕР 3

Дано: деревянные стропильные фермы Ф-1 с размерами 8465×4780 мм и плотностью 600 кг/м^3 . Указанные фермы применяются в качестве несущих элементов кровли. Фермы изготовлены из древесины хвойных пород I и II сортов влажностью не более 16 %. Каждая ферма представляет собой конструкцию, склеенную из четырех слоев, имеет два шиповых соединения и дополнительно скреплены оцинкованными гвоздями с винтовой нарезкой. Стальные связи и крепежные элементы обработаны с применением огнезащитного состава в 4 слоя.

Требуется: определить выдержат ли указанную нагрузку стропильные фермы при воздействии стандартного пожара в течение 15 минут.

Расчет:

Статический расчет ферм покрытия

На Рисунке 8.15 представлена исходная расчетная схема фермы Ф-1 (распределенная нагрузка с учетом собственного веса фермы составляет 462 кг).

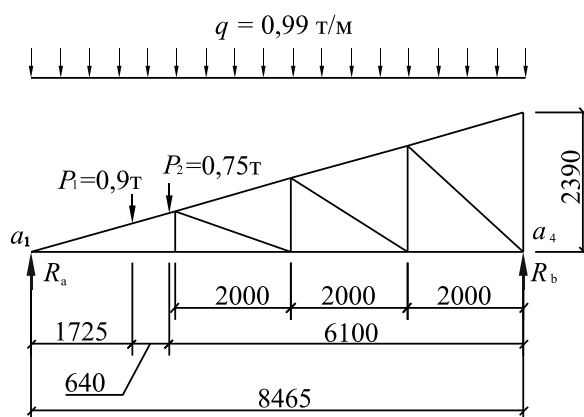


Рисунок 8.15 – Исходная расчетная схема фермы Ф-1

Для определения реакций опор исходной расчетной схемы составлено уравнение равновесия:

$$\begin{cases} \sum M(a_1) = 0; \\ \sum F_y = 0. \end{cases} \quad (8.7)$$

$$\begin{cases} \sum M(a_1) = P_1 \cdot g \cdot l_1 + P_2 \cdot g \cdot (l_1 + l_2) \cdot q \cdot g \cdot L \cdot \frac{L}{2} - R_b \cdot L = 0; \\ \sum F_y = R_a + R_b - P_1 \cdot g - P_2 \cdot g - q \cdot g \cdot L = 0. \end{cases} \quad (8.8)$$

где $\sum M(a_1)$ – сумма моментов относительно точки a_1 , Н·м;

$\sum F_y$ – сумма сил относительно оси ординат, Н; g – ускорение свободного падения, м/с²;

q – погонная нагрузка, кг/м;

l_1 – расстояние по оси абсцисс от точки a_1 до точки приложения усилия P_1 , м;

l_2 – расстояние по оси абсцисс от точки приложения усилия P_1 до точки приложения усилия P_2 , м;

l_3 – расстояние по оси абсцисс от точки приложения усилия P_2 до точки b_4 , м

L – расчетная длина фермы, м.

Исходя из Формул (8.7–8.8) получены значения реакций опор:

$$R_b = \frac{P_1 \cdot g \cdot l_1 + P_2 \cdot g \cdot (l_1 + l_2) + q \cdot g \cdot L \cdot \frac{L}{2}}{L} =$$

$$= \frac{900 \times 9,81 \times 1,725 + 750 \times 9,81 \times (1,725 + 0,64) + 992 \times 9,81 \times 8,465 \times \frac{8,465}{2}}{8,465} = 45046 \text{ Н}, \quad (8.9)$$

$$R_a = P_1 \cdot g + P_2 \cdot g + q \cdot g \cdot L - R_b = 900 \times 9,81 + 750 \times 9,81 + 992 \times 9,81 \times 8,465 - 45046 = 53523 \text{ Н}. \quad (8.10)$$

Для определения усилий в поясах фермы, исходная схема преобразована в расчетную поэлементную (Рисунок 8.16).

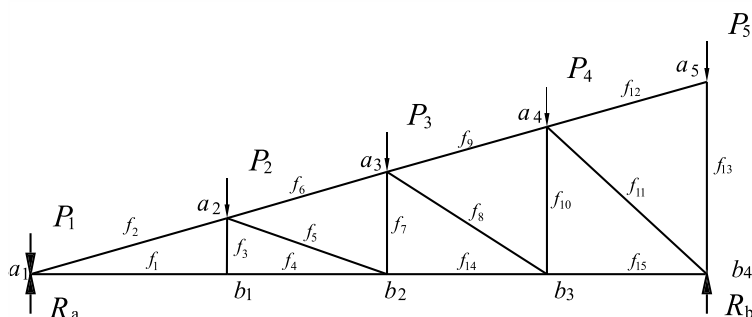


Рисунок 8.16 – Поэлементная расчетная схема фермы Ф-1

В соответствии со схемой, представленной на Рисунке 8.16, определены значения эквивалентных внешних сил $P_3 \dots P_5$, действующих на ферму.

$$P_3 = 0,5 \cdot g \cdot q \cdot l_2 + 0,5 \cdot g \cdot q \cdot l_3 = 0,5 \times 9,81 \times 992 \times 2,0 + 0,5 \times 9,81 \times 992 \times 2,0 = 19464 \text{ Н}, \quad (8.11)$$

$$P_4 = 0,5 \cdot g \cdot q \cdot l_3 + 0,5 \cdot g \cdot q \cdot l_4 = 0,5 \times 9,81 \times 992 \times 2,0 + 0,5 \times 9,81 \times 992 \times 2,0 = 19464 \text{ Н}, \quad (8.12)$$

$$P_5 = 0,5 \cdot g \cdot q \cdot l_4 = 0,5 \times 9,81 \times 992 \times 2,0 = 9732 \text{ Н}, \quad (8.13)$$

где l_i – расстояние между точками приложения сил по горизонтали, м.

Значения эквивалентных внешних сил P_1 – P_2 определены исходя из равновесия Формулы (8.7), преобразованного для расчетной схемы согласно Рисунку 8.16.

$$\begin{cases} \sum M(a_1) = P_2 \cdot l_1 + P_3 \cdot (l_1 + l_2) + P_4 \cdot (l_1 + l_2 + l_3) + P_5 \cdot L - R_b \cdot L = 0; \\ \sum F_y = R_a + R_b - P_1 - P_2 - P_3 - P_4 - P_5 = 0. \end{cases} \quad (8.14)$$

$$P_2 = \frac{R_b \cdot L - P_3 \cdot (l_1 + l_2) - P_4 \cdot (l_1 + l_2 + l_3) - P_5 \cdot L}{l_1} =$$

$$= \frac{45046 \times 8,465 - 19464 \times (2,465 + 2) - 19464 \times (2,465 + 2 + 2) - 9732 \times 8,465}{2,465} = 34965 \text{ Н}, \quad (8.15)$$

$$P_1 = R_a + R_b - P_2 - P_3 - P_4 - P_5 = 53523 + 45046 - 34965 - 19464 - 19464 - 9732 = 14944 \text{ Н}. \quad (8.16)$$

Усилия в элементах ферм определены методом вырезания узлов. Ниже представлены результаты аналитического анализа узлов фермы Ф-1. В ходе анализа принято предположение, что все элементы ферм работают на сжатие.

Узел a_1 .

Исходное условие равновесия для всех узлов имеет вид:

$$\begin{cases} \sum F_x = 0; \\ \sum F_y = 0. \end{cases} \quad (8.17)$$

где F_i – осевые проекции сил.

Исходя из Формулы (8.17) получены значения составляющих усилий в элементах ферм:

$$\begin{cases} \sum F_x = f_1 + f_2 \cdot \cos \alpha = 0; \\ \sum F_y = R_a - P_1 + f_2 \cdot \sin \alpha = 0, \end{cases} \quad (8.18)$$

$$f_2 = \frac{P_1 - R_a}{\sin \alpha} = \frac{14944 - 53523}{0,696/2,561} = -141979 \text{ Н}, \quad (8.19)$$

$$f_1 = -f_2 \cdot \cos \alpha = 141979 \times 2,465/2,561 = 136636 \text{ Н}, \quad (8.20)$$

где f_i – усилия в элементах фермы; α – угол $a_2a_1b_1$ (см. Рисунок 8.16).

Узел b_1 .

В соответствии с исходной Формулой (8.17):

$$\begin{cases} \sum F_x = -f_1 + f_4 = 0; \\ \sum F_y = f_3 = 0. \end{cases} \quad (8.21)$$

$$f_4 = f_1 = 136636 \text{ Н}. \quad (8.22)$$

Узел a_2 .

В соответствии с исходной Формулой (8.17):

$$\begin{cases} \sum F_x = f_6 \cdot \cos \alpha + f_5 \cdot \cos \beta - f_2 \cdot \cos \alpha = 0; \\ \sum F_y = -P_2 + f_6 \cdot \sin \alpha - f_5 \cdot \sin \beta - f_3 - f_2 \cdot \sin \alpha = 0, \end{cases} \quad (8.23)$$

$$f_6 = \frac{f_2 \cdot \cos \alpha - f_5 \cdot \cos \beta}{\cos \alpha} = f_2 - f_5 \cdot \frac{\cos \beta}{\cos \alpha}, \quad (8.24)$$

$$\begin{aligned} \sum F_y &= -P_2 + f_2 \cdot \sin \alpha - f_5 \cdot \frac{\cos \beta}{\cos \alpha} \cdot \sin \alpha - f_5 \cdot \sin \beta - f_3 - f_2 \cdot \sin \alpha = \\ &= -P_2 - f_3 - f_5 \cdot (\cos \beta \cdot \operatorname{tg} \alpha - \sin \beta) = 0, \end{aligned} \quad (8.25)$$

$$f_5 = -\frac{P_2 + f_3}{\cos \beta \cdot \operatorname{tg} \alpha + \sin \beta} = -\frac{34965 + 0}{2/2,118 \times 0,696/2,465 + 0,696/2,118} = -58730 \text{ Н}, \quad (8.26)$$

$$f_6 = f_2 - f_5 \cdot \frac{\cos \beta}{\cos \alpha} = -141979 + 58730 \times \frac{2/2,118}{2,465/2,561} = -84341 \text{ Н}, \quad (8.27)$$

где β – угол, соответствующий углу $b_1 b_2 a_2$ (см. Рисунок 8.16).

Узел b_2 .

В соответствии с исходной Формулой (8.17):

$$\begin{cases} \sum F_x = f_{14} - f_4 - f_5 \cdot \cos \beta = 0; \\ \sum F_y = f_7 + f_5 \cdot \sin \beta = 0, \end{cases} \quad (8.28)$$

$$f_{14} = f_4 + f_5 \cdot \cos \beta = 136636 - 58730 \times 2/2,118 = 81167 \text{ Н}, \quad (8.29)$$

$$f_7 = -f_5 \cdot \sin \beta = 58730 \times 0,696/2,118 = 19303 \text{ Н}. \quad (8.30)$$

Узел a_3 .

Рассматриваемый узел подобен узлу a_2 , поэтому решение имеет аналогичный вид:

$$f_8 = -\frac{P_3 + f_7}{\cos \gamma \cdot \operatorname{tg} \alpha + \sin \gamma} = -\frac{19464 + 19303}{2/2,364 \times 0,696/2,645 + 1,261/2,364} = -50213 \text{ Н}, \quad (8.31)$$

$$f_9 = f_6 - f_8 \cdot \frac{\cos \gamma}{\cos \alpha} = -84341 + 50213 \times \frac{2/2,364}{2,465/2,561} = -40202 \text{ Н}, \quad (8.32)$$

где γ – угол, соответствующий углу $b_2 b_3 a_3$ (см. Рисунок 8.16).

Узел b_3 .

Рассматриваемый узел подобен узлу b_2 , поэтому решение имеет аналогичный вид:

$$f_{15} = f_{14} + f_8 \cdot \cos \gamma = 81167 - 50213 \times 2/2,364 = 38689 \text{ Н}, \quad (8.33)$$

$$f_{10} = -f_8 \cdot \sin \gamma = 50213 \times 1,261/2,364 = 26774 \text{ Н}. \quad (8.34)$$

Узел a_4 .

Рассматриваемый узел подобен узлу a_2 , поэтому решение имеет аналогичный вид:

$$f_{11} = -\frac{P_4 + f_{10}}{\cos \varphi \cdot \operatorname{tg} \alpha + \sin \varphi} = -\frac{19464 + 26774}{2/2,708 \times 0,696/2,645 + 1,825/2,708} = -52385 \text{ Н}, \quad (8.35)$$

$$f_{12} = f_9 - f_{11} \cdot \frac{\cos \varphi}{\cos \alpha} = -40202 + 52385 \times \frac{2/2,708}{2,465/2,561} = 0 \text{ Н}, \quad (8.36)$$

где φ – угол, соответствующий углу $b_3b_4a_4$ (см. Рисунок 8.16).

Узел a_5 .

В соответствии с исходной Формулой (8.17):

$$\begin{cases} \sum F_x = -f_{12} \cdot \cos \alpha = 0; \\ \sum F_y = -P_5 - f_{13} = 0, \end{cases} \quad (8.37)$$

$$f_{12} = 0 \text{ Н}, \quad (8.38)$$

$$f_{13} = -P_5 = -9732 \text{ Н}. \quad (8.39)$$

Значения усилий во всех поясах фермы Ф-1 представлены в Таблице 8.5.

Таблица 8.5 – Значения усилий в поясах фермы Ф-1

№ пояса	Усилие, Н	№ пояса	Усилие, Н	№ пояса	Усилие, Н
f_1	136 636	f_6	- 84 341	f_{11}	- 52 385
f_2	- 141 979	f_7	19 303	f_{12}	0
f_3	0	f_8	- 50 213	f_{13}	- 9 732
f_4	136 636	f_9	- 40 202	f_{14}	81 167
f_5	- 58 730	f_{10}	26 774	f_{15}	38 689

Исходя из принятого предположения, пояса фермы, имеющие положительное усилие работают на сжатие, а имеющие отрицательные усилия – на растяжение.

Ввиду наличия сосредоточенной нагрузки на верхний пояс фермы Ф-1 f_2 , этот элемент находится в сложнапряженном состоянии и также работает на продольный изгиб. Преобразование исходной расчетной схемы, представленной на Рисунке 8.16, только для данного элемента имеет вид, показанный на Рисунке 8.17 (к распределенной нагрузке прибавлен собственный вес элемента 43 кг).

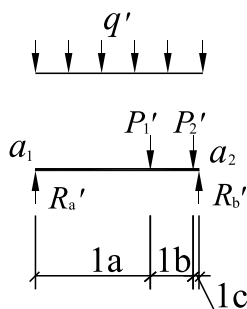


Рисунок 8.17 – Расчетная схема продольного изгиба элемента f_2 фермы Ф-1

Для определения реакций опор расчетной схемы составлено уравнение равновесия (без учета горизонтальных составляющих):

$$\begin{cases} \sum M(a_1) = 0; \\ \sum F_y = 0. \end{cases} \quad (8.40)$$

$$\begin{cases} \sum M(a_1) = P'_1 \cdot l_a + P'_2 \cdot (l_a + l_b) + q' \cdot \frac{L^2}{2} - R'_b \cdot L = 0; \\ \sum F_y = R'_a + R'_b - P'_1 - P'_2 - q' \cdot L = 0, \end{cases} \quad (8.41)$$

где P'_i – вертикальная составляющая сосредоточенной нагрузки;
 q' – вертикальная составляющая погонной нагрузки; L – расчетный пролет.

Исходя из Формул (8.40–8.41) получены значения реакций опор:

$$R'_b = \frac{P'_1 \cdot l_a + P'_2 \cdot (l_a + l_b) + \frac{q' \cdot L^2}{2}}{L} = \frac{P_1 \cdot \cos \alpha \cdot l_a + P_2 \cdot \cos \alpha \cdot (l_a + l_b) + \frac{q \cdot \cos \alpha \cdot L^2}{2}}{L} =$$

$$= \frac{900 \times 9,81 \times \frac{2,465}{2,561} \times 1,725 + 750 \times 9,81 \times \frac{2,465}{2,561} \times (1,725 + 0,64) + 573 \times 9,81 \times \frac{2,465}{2,561} \times \frac{2,465^2}{2}}{2,465} = \quad (8.42)$$

$$= 19407 \text{ Н},$$

$$R'_a = P'_1 + P'_2 + q' \cdot L - R'_b = P_1 \cdot \cos \alpha + P_2 \cdot \cos \alpha + q \cdot L \cdot \cos \alpha - R'_b =$$

$$= 900 \times 9,81 \times \frac{2,465}{2,561} + 750 \times 9,81 \times \frac{2,465}{2,561} + 573 \times 9,81 \times \frac{2,465}{2,561} \times 2,465 - 19407 = 9506 \text{ Н}. \quad (8.43)$$

где α – угол $a_2a_1b_1$ (см. Рисунок 8.16).

Для оценки максимального значения изгибающего момента в сечении данного элемента рассмотрены поочередно три участка между сосредоточенными усилиями.

Участок la .

Изменение изгибающего момента на данном участке соответствует зависимости:

$$M_1 = R'_a \cdot z_i - q' \cdot \frac{z_i^2}{2} = R'_a \cdot z_i - q \cdot \cos \alpha \cdot \frac{z_i^2}{2}, \quad (8.44)$$

где z_i – произвольная точка на участке (переменная).

В точке действия сосредоточенной силы P_1 изгибающий момент составит:

$$M_{P_1} = R'_a \cdot l_a - q' \cdot \frac{l_a^2}{2} = 9005 \times 1,725 - 573 \times 9,81 \times \frac{2,465}{2,561} \times \frac{1,725^2}{2} = 8348 \text{ Н} \cdot \text{м}. \quad (8.45)$$

Участок lb .

Изменение изгибающего момента на данном участке соответствует зависимости:

$$M_2 = R_a' \cdot (l_a + z_i) - P_1' \cdot z_i - q' \cdot \frac{(l_a + z_i)^2}{2} = R_a' \cdot (l_a + z_i) - P_1 \cdot \cos \alpha \cdot z_i - q \cdot \cos \alpha \cdot \frac{(l_a + z_i)^2}{2}. \quad (8.46)$$

В точке действия сосредоточенной силы P_2 изгибающий момент составит:

$$\begin{aligned} M_{P_2} &= R_a' \cdot (l_a + l_b) - P_1' \cdot l_b - q' \cdot \frac{(l_a + l_b)^2}{2} = \\ &= 9005 \times (1,725 + 0,64) - 900 \times 9,81 \times \frac{2,465}{2,561} \times 0,64 - 573 \times \frac{2,465}{2,561} \times \frac{(1,725 + 0,64)^2}{2} = 1914 \text{ Н} \cdot \text{м}. \end{aligned} \quad (8.47)$$

Участок l_c .

Изменение изгибающего момента на данном участке соответствует зависимости:

$$M_3 = R_b' \cdot z_i - q' \cdot \frac{z_i^2}{2} = R_b' \cdot z_i - q \cdot \cos \alpha \cdot \frac{z_i^2}{2}. \quad (8.48)$$

Эпюра изгибающих моментов элементов фермы Ф-1 показана на Рисунке 8.18.

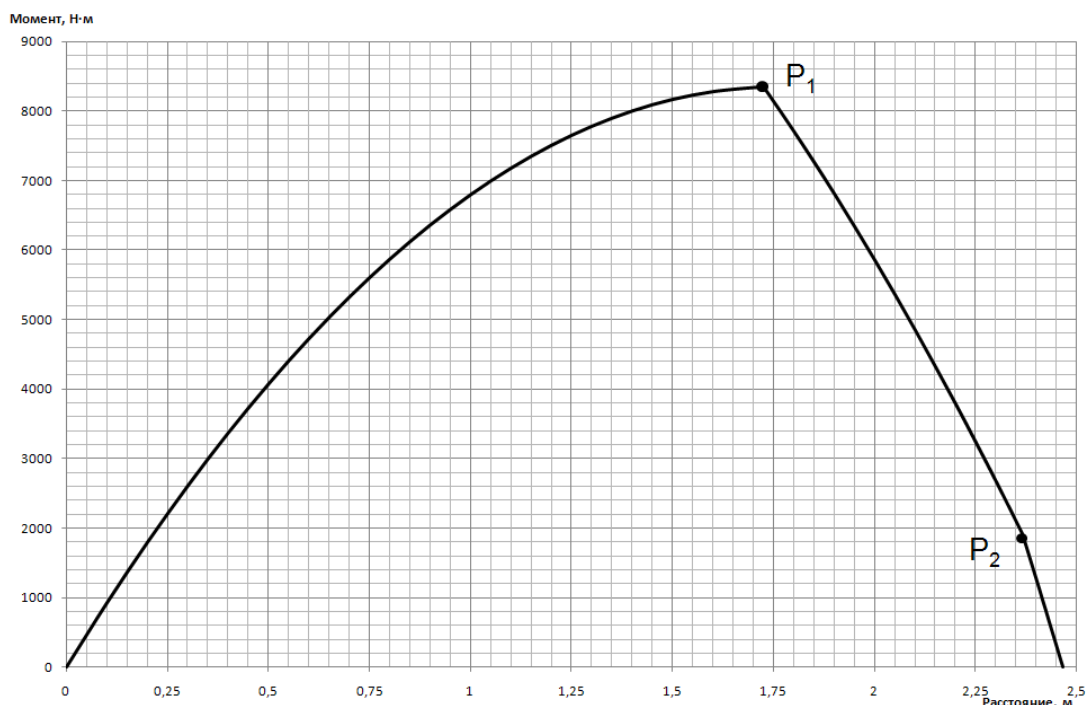


Рисунок 8.18 – Эпюра изгибающих моментов элементов фермы Ф-1

Из Рисунка 8.18 видно, что максимальное значение изгибающего момента соответствует точке приложения силы P_1 и равно 8348 Н·м.

Согласно исходным данным, верхний пояс фермы Ф-1 имеет сечение с размерами 160×175 мм, нижний пояс, диагонали и стойки – 160×150 мм. Фермы предназначены для эксплуатации на открытом воздухе, что соответствует 4 классу условий эксплуатации. Для данного класса условий эксплуатации, с учетом особого вида воздействия (пожар) коэффициент условий работы k_{mod} принят равным 1,0 в соответствии с п.6.5 настоящего пособия). Расчетные сопротивления древесины составляют:

- расчетное сопротивление на изгиб $f_{m,d}$ и на сжатие $f_{c,0,d}$ – 13 МПа;
- расчетное сопротивление растяжению $f_{t,0,d}$ – 9 МПа.

Центрально растянутые элементы следует рассчитывать по следующей зависимости:

$$\sigma_{t,0,d} = \frac{N_d}{A_{inf}} \leq f_{t,0,d}, \quad (8.49)$$

где $\sigma_{t,0,d}$ – расчетное сопротивление растяжению;

N_d – расчетная продольная сила;

A_{inf} – площадь поперечного сечения элемента нетто.

Что, в частности, для верхнего элемента f_2 фермы Ф-1 (160х175 мм) составит:

$$\begin{aligned} \sigma_{t,0,d} &= \frac{N_d}{A_{inf}} = \frac{141979}{0,16 \times 0,175} \leq f_{t,0,d} \cdot k_{mod} = 9 \times 10^6 \times 1,0, \\ \sigma_{t,0,d} &= 5,07 \times 10^6 \leq f_{t,0,d} \cdot k_{mod} = 9,0 \times 10^6 \text{ Па.} \end{aligned} \quad (8.50)$$

Видно, что Формула (8.49) выполняется, следовательно, элемент f_2 может воспринимать силовое воздействие для заданной расчетной схемы без огневого воздействия, соответственно, обладает огнестойкостью.

Центрально сжатые элементы следует рассчитывать по следующей зависимости:

$$\sigma_{c,0,d} = \frac{N_d}{A_{inf}} \leq f_{c,0,d}, \quad (8.51)$$

где $\sigma_{c,0,d}$ – расчетное напряжение в сечении.

Что, в частности, для нижнего элемента f_1 фермы Ф-1 (160х150 мм) составит:

$$\begin{aligned} \sigma_{c,0,d} &= \frac{N_d}{A_{inf}} = \frac{136636}{0,16 \times 0,15} \leq f_{c,0,d} \cdot k_{mod} \cdot k_{\delta} = 13 \times 10^6 \times 1,0 \times 1,3, \\ \sigma_{c,0,d} &= 5,69 \times 10^6 \leq f_{c,0,d} \cdot k_{mod} \cdot k_{\delta} = 16,9 \times 10^6 \text{ Па.} \end{aligned} \quad (8.52)$$

Видно, что условие (8.51) выполняется, элемент f_1 может воспринимать силовое воздействие для заданной расчетной схемы без огневого воздействия, соответственно, обладает огнестойкостью.

Изгибаемые элементы следует рассчитывать по следующей зависимости:

$$\sigma_{m,d} = \frac{M_d}{W_d} \leq f_{m,d}, \quad (8.53)$$

где $\sigma_{m,d}$ – расчетный момент в сечении;

M_d – расчетный изгибающий момент;

W_d – расчетный момент сопротивления поперечного сечения элемента.

Что, в частности, для верхнего элемента f_2 фермы Ф-1 (160х175 мм) составит:

$$\sigma_{m,d} = \frac{M_d}{W_d} = \frac{M_d}{b \cdot h^2 / 6} = \frac{8348}{(0,16 \times 0,175)^2 / 6} \leq f_{m,d} \cdot k_{mod} \cdot k_{\delta} = 13 \times 10^6 \times 1,0 \times 1,3, \quad (8.54)$$

$$\sigma_{m,d} = 13,91 \times 10^6 \leq f_{m,d} \cdot k_{mod} \cdot k_{\delta} = 16,9 \times 10^6 \text{ Па},$$

где b – расчетная ширина элемента;

h – расчетная высота элемента.

Видно, что условие по Формуле (8.53) выполняется, следовательно, элемент f_2 может воспринимать воздействие изгибающего момента для заданной расчетной схемы без огневого воздействия.

Теплотехнический расчет

В соответствии с Таблицей 7.1 настоящего пособия условная скорость обугливания принимается равной 0,55 мм/мин.

Глубина обугливания рассчитывается по Формуле (7.4):

$$d_{char} = \beta_n \cdot t = 0,55 \times 15 = 8,25 \text{ мм}.$$

Определяется эффективное поперечное сечение для дальнейшего анализа прочности конструкции. В соответствии с требованиями п.6.2 настоящего пособия толщина слоя, у которого прочность принимается равной нулю составляет $d_0 = 7$ мм.

Размеры уменьшенного поперечного сечения составляют:

для сечения 160×175 мм (верхний пояс – трехстороннее огневое воздействие):

$$b_{fi} = b - 2 \cdot d_{char} = 160 - 2 \times (8,25 + 7) = 129,5 \text{ мм};$$

$$h_{fi} = h - d_{char} = 175 - (8,25 + 7) = 159,75 \text{ мм}.$$

– для сечения 160×150 мм (четырёхстороннее огневое воздействие):

$$b_{fi} = b - 2 \cdot d_{char} = 150 - 2 \times (8,25 + 7) = 119,5 \text{ мм};$$

$$h_{fi} = h - d_{char} = 160 - (8,25 + 7) = 144,75 \text{ мм}.$$

Таким образом, через 15 минут стандартного огневого воздействия сечение верхнего пояса 160×175 мм уменьшается до размеров $129,5 \times 159,75$ мм, а сечение элементов 160×150 мм – до размеров $119,5 \times 144,5$ мм.

Результаты расчетов огнестойкости для всех элементов фермы Ф-1 с учетом обугленного сечения для времени стандартного огневого воздействия 15 минут с учетом Формул (8.49)-(8.54) представлены в Таблице 8.6.

Таблица 8.6 – Результаты расчета элементов фермы Ф-1 на огнестойкость

№ пояса	Усилие, Н Момент, Н·м	Прочность при нормальных условиях, Н (Н·м)	Прочность при продолжительности огневого воздействия 15 минут, Н (Н·м)
f_1	136 636	507 000	382 197
f_2	$\frac{-141\,979}{8\,348}$	$\frac{315\,000}{17\,252}$	$\frac{254\,892}{12\,947}$
f_3	0	–	–
f_4	136 636	507 000	382 197
f_5	- 58 730	270 000	203 537
f_6	- 84 341	315 000	254 892
f_7	19 303	507 000	382 197
f_8	- 50 213	270 000	203 537

Таблица 8.6 – Результаты расчета элементов фермы Ф-1 на огнестойкость
(продолжение)

№ пояса	Усилие, Н Момент, Н·м	Прочность при нормальных условиях, Н (Н·м)	Прочность при продолжительности огневого воздействия 15 минут, Н (Н·м)
f_9	- 40 202	315 000	254 892
f_{10}	26 774	507 000	382 197
f_{11}	- 52 385	270 000	203 537
f_{12}	0	—	—
f_{13}	- 9732	270 000	203 537
f_{14}	81 167	507 000	382 197
f_{15}	38 689	507 000	382 197

Примечание

1 Элементы со знаком «минус» работают на растяжение, остальные – на сжатие;

2 Прочность сечения принята как произведение сопротивления древесины сжатию/растяжению на площадь сечения (произведение сопротивления древесины изгибу на момент сопротивления сечения).

Вывод: Из Таблицы 8.6 видно, что все элементы фермы при воздействии пожара 15 минут способны обеспечить требуемый предел огнестойкости (R15).

9 МЕТОДЫ РАСЧЕТА СТЕН И ПЕРЕКРЫТИЙ

9.1 Каркасные элементы с заполнением пустот теплоизоляцией из минеральной ваты или стекловолокна

9.1.1 Правила, изложенные в настоящем разделе, позволяют производить расчет предела огнестойкости несущих конструкций (функция R) (например колонн, балок, стоек), ограждающих конструкций (функции EI) (например перегородок), а также конструкций, являющихся одновременно несущими и ограждающими (функции REI) (например плит перекрытий). Предел огнестойкости деревянных конструкций по функциям EI ограничивается значением не более 60 мин.

9.1.2 Несущие конструкции (за исключением несущих ограждающих конструкций) рассчитываются с учетом одновременного воздействия пожара с двух и более сторон.

9.1.3 Каркасные стены и перекрытия состоят обычно из стоек (несущих балок) и теплоизоляции, которая расположена между листами обшивки, как показано на Рисунке 9.1.

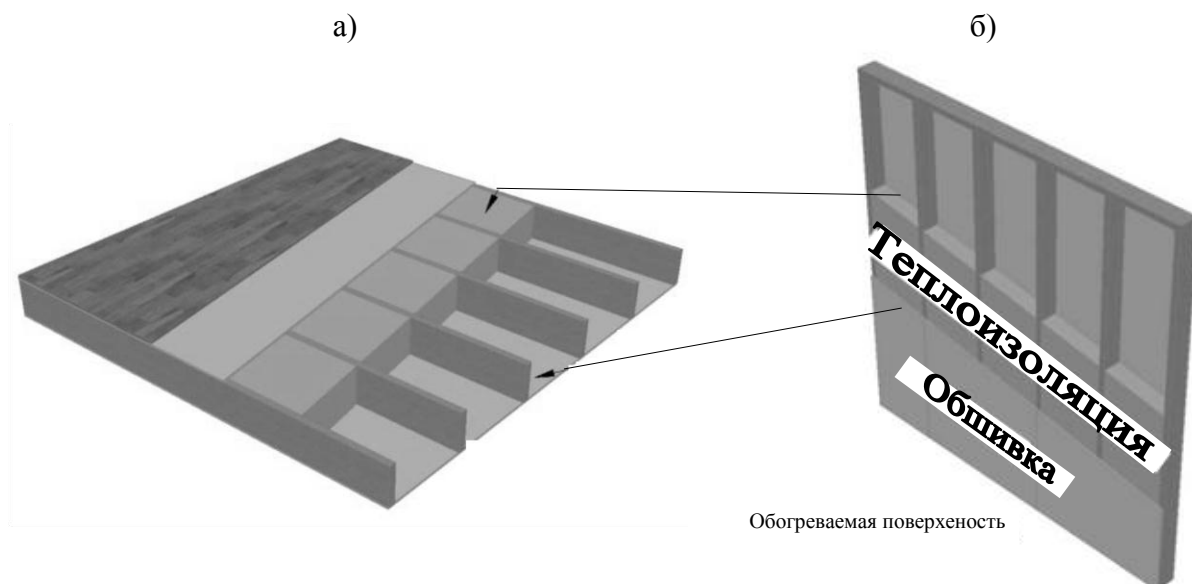


Рисунок 9.1 – Каркасные элементы: а - перекрытие; б - стена

9.1.4 Для оценки предела огнестойкости (функция R) каркасных элементов в виде деревянных стен и перекрытий, обшитых плитами со стороны воздействия пожара, необходимо проверять выполнение следующих требований:

- расчетное время воздействия пожара на деревянный каркас принимается не более чем 60 мин;
- внутренние пустоты полностью заполнены теплоизолирующим материалом из минеральной ваты или стекловолокна;
- для исключения потери устойчивости при изгибе стоек стен и балок перекрытия в плоскости, деревянные каркасы должны быть закреплены с необогреваемой стороны панелями или поперечными связями;
- обшивки крепятся к перекрытиям стальными швеллерами максимальной толщиной 25 мм, которые проходят перпендикулярно деревянным балкам.

9.1.5 Защитная обшивка является первым и наиболее важным элементом всего каркаса со стороны воздействия пожара. Скорость обугливания принимает различные значения в зависимости от различных этапов действия защитных обшивок. В случае, когда защитная обшивка выполняет свои функции скорость обугливания значительно ниже, чем для незащищенных конструкций. После термического разрушения защитной обшивки скорость обугливания значительно увеличивается. Наглядно это представлено на Рисунке 9.2.

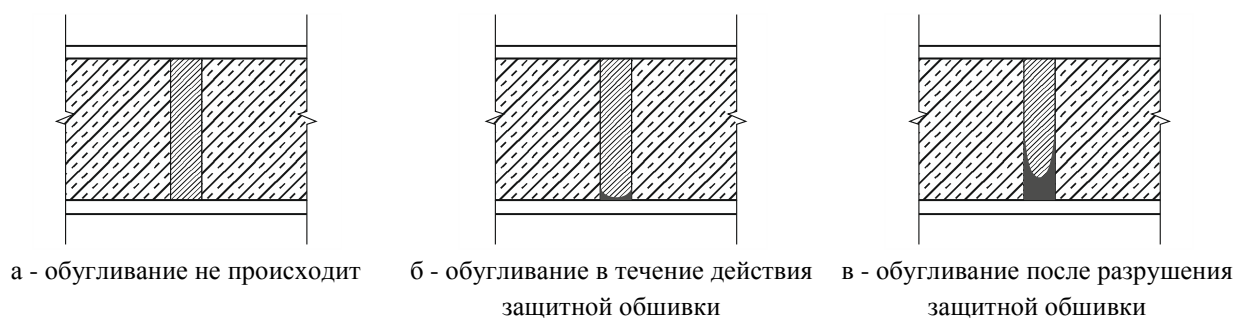


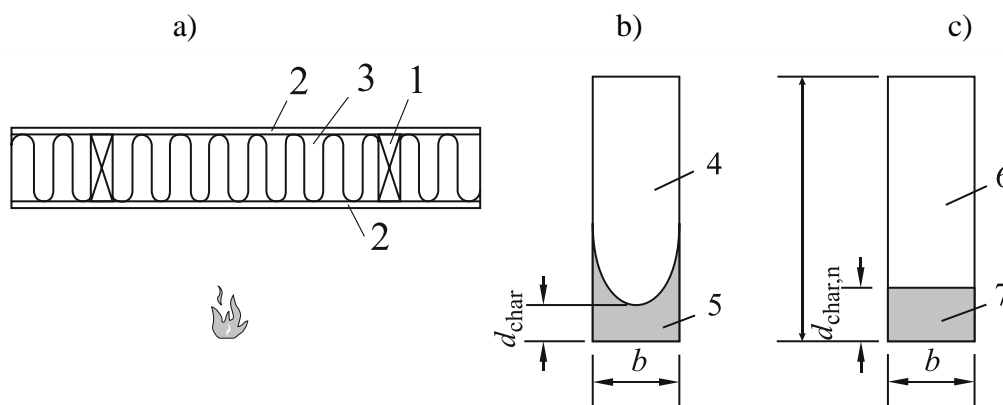
Рисунок 9.2 – Стадии защиты каркасных элементов при пожаре

9.1.6 Приведенные в СН РК EN 1995-1-2:2004/2011 требования не устанавливают методы определения продолжительности действия защитных обшивок в каркасных элементах, пустоты которых заполнены минеральной ватой либо стекловолокном. Время отказа обшивок, состоящих из различного типа гипсокартона, устанавливается по данным завода изготовителя, или определяется в результате стандартных огневых испытаний.

9.1.7 EN 520 устанавливает требования к различным типам гипсокартонных плит. Однако для определения времени начала обугливания, приведенных в EN 520 плит, необходима информация об их поведении при пожаре в составе цельного каркаса. Использовать сведения об отдельных элементах для всего каркаса не допускается (указанное положение относится и к огнестойким гипсокартонным листам типа *F*).

9.1.8 EN 13162 устанавливает требования к технологии изготовления минеральной ваты и не позволяет оценить поведение данного материала при пожаре. В [4] приведены основные пожароопасные свойства минеральной ваты и стекловаты. С точки зрения пожарной безопасности минеральная вата обладает лучшими защитными свойствами, чем стекловата. При расчете предела огнестойкости каркасных элементов считается, что теплоизоляционные материалы выполняют свои защитные то тех пор, пока остаются закрепленными внутри конструкции.

9.1.9 Когда деревянные конструкции защищены обертывающей теплоизоляцией по их широкой стороне, обугливание происходит с узкой стороны, если она подвержена воздействию пожара. Однако в связи с теплопередачей через теплоизоляцию обугливание деревянных конструкций также происходит и с широкой стороны, увеличивая радиус ребра закругления в оригинальном поперечном сечении ($b \times h$) (Рисунок 9.3).



- 1 – конструкции из цельной древесины (стойка, балка); 2 – обшивка; 3 – теплоизоляция;
 4 – уменьшенное поперечное сечение (реальные очертания); 5 – глубина обугливания (реальные очертания);
 6 – условное остаточное поперечное сечение; 7 – условная глубина обугливания
 а - разрез деревянного каркаса; b - реальное поперечное сечение и глубина обугливания;
 в - условное поперечное сечение и условная глубина обугливания

Рисунок 9.3 – Обугливание каркасных деревянных элементов (стойки или балки)

9.1.10 Условная глубина обугливания деревянных каркасных элементов определяется по Формуле (3.2) СН РК EN 1995-1-2:2004/2011:

$$d_{\text{char},n} = \beta_n \cdot t. \quad (9.1)$$

Условная скорость обугливания β_n деревянных каркасных элементов со стороны наименьшего сечения, определяется в соответствии с Формулами (С.1)-(С.2) СН РК EN 1995-1-2:2004/2011:

$$\beta_n = k_s \cdot k_p \cdot k_n \cdot \beta_0; \quad (9.2)$$

Коэффициент k_p , определяется следующим образом:

1) Коэффициент k_p учитывает эффект защиты конструкции обшивкой в течение фазы 2 при выполнении условия $t_{\text{ch}} \leq t \leq t_f$. В течение указанной фазы коэффициент принимается равным $k_p = k_2$, а его значение рассчитывается по следующей формуле:

– в местах разъединения обшивок или в местах их стыковки при одном слое по Формуле (С.3) СН РК EN 1995-1-2:2004/2011:

$$k_2 = 1,05 - 0,0073 \cdot h_p; \quad (9.3)$$

– в местах стыковки в различных слоях (внутреннем и внешнем) (Формула (С.4) СН РК EN 1995-1-2:2004/2011):

$$k_2 = 0,86 - 0,0037 \cdot h_p, \quad (9.4)$$

где h_p – общая толщина всех слоев обшивки, мм.

Примечание – Коэффициент k_2 рассчитываемый по Формулам (9.3) и (9.4) применяется для обшивок, состоящих из гипсокартонных листов типа *F* или комбинации типа *F* и типа *A* с типом *F*, используемых в качестве наружного слоя, который подверженный воздействию пожара.

2) В течение фазы 3 при выполнении условия $t_{\text{ch}} \geq t_f$ коэффициент k_p учитывает остаточную защиту обшивки и принимается равным $k_p = k_3$. В случае если пустоты заполнены минеральной ватой и указанная теплоизоляция сохраняется в конструкции после утраты обшивкой своих защитных свойств, коэффициент остаточной защиты k_3 должен рассчитываться по следующим формулам в соответствии с [3]:

$$k_3 = 1 + \frac{8}{75} \cdot t_f; \quad \text{при условии } 0 \leq t_f \leq 15 \text{ мин} \quad (9.5)$$

$$k_3 = 1,9 + \frac{7}{150} \cdot t_f; \quad \text{при условии } 15 \leq t_f \leq 60 \text{ мин} \quad (9.6)$$

где t_f – время защитного действия обшивки.

3) В случае, если применяются незащищенные деревянные конструкции (без обшивки), то значение коэффициента k_3 принимается равным $k_3=1$.

9.1.11 Коэффициент k_s , приведенный в Формуле (9.2) учитывает ширину поперечного сечения конструкции. При малой ширине поперечного сечения за счет двумерного теплового потока внутри конструкции происходит увеличение ее обугливания. Значение указанного коэффициента рассчитывается по Формуле (9.6), которая согласно [3] предполагает линейную зависимость между глубиной обугливания d_{char} и временем воздействия пожара t :

$$k_s = \begin{cases} 0,000167 \cdot b^2 - 0,029 \cdot b + 2,27 & \text{при условии } 38 \text{ мм} \leq b \leq 90 \text{ мм;} \\ 1 & \text{при условии } b > 90 \text{ мм.} \end{cases} \quad (9.7)$$

9.1.12 Значения коэффициента поперечного сечения k_s для деревянных элементов определенной ширины приведены в Таблице 9.1 в соответствии с СН РК EN 1995-1-2:2004/2011.

Таблица 9.1 – Значения коэффициента поперечного сечения k_s деревянных элементов с шириной b

Ширина деревянного элемента b , мм	Значение коэффициента k_s
38	1,4
45	1,3
60	1,1

9.1.13 Коэффициент k_n является переводным от несимметричной глубины обугливания в условную глубину обугливания (Рисунок 9.3б и 9.3с). Указанный коэффициент зависит от времени воздействия пожара и свойств поперечного сечения (площади, момента сопротивления сечения, осевой момент инерции). Значение коэффициента принимается равным $k_n = 1,5$. Указанное значение применимо, если условная глубина обугливания определяется при относительном сопротивлении между 40 % и 20 % от начального момента сопротивления сечения (время воздействия пожара принимается равным $t = 0$).

9.1.14 При оценке поведения деревянных каркасных элементов в условиях воздействия пожара принципиальной разницы между теплоизоляцией из минеральной ваты и стекловаты нет до тех пор, пока обшивки не теряют своих защитных свойств, т.е. до интервала времени t_f . После разрушения обшивки традиционная стекловата подвергается разложению и постепенно теряет свой защитный эффект.

Если минеральная вата остается закрепленной на деревянном каркасе, то она продолжает защищать деревянных конструкций со стороны теплоизоляции.

9.2 Влияние обшивок из гипсокартона на обугливание древесины

9.2.1 На основании базы данных по испытанным деревянным конструкциям в соответствии с [3] были получены эмпирические уравнения по расчету времени начала обугливания обшивок различного типа (Таблица 9.2).

Таблица 9.2 – Время начала обугливания t_{ch} листов гипсокартона различного типа, применяемого в качестве обшивки деревянных конструкций

Тип обшивки	Стены		Перекрытия	
	Расчетная формула	Условие	Расчетная формула	Условие
Тип A, F	$t_{ch} = 1,8 \cdot h_p - 7$ (9.8)	$9 \text{ мм} \leq h_p \leq 18 \text{ мм}$	$t_{ch} = 1,8 \cdot h_p - 7$ (9.8)	$9 \text{ мм} \leq h_p \leq 18 \text{ мм}$
один слой	$t_{ch} = 25,5$ (9.9)	$h_p > 18 \text{ мм}$	$t_{ch} = 25,5$ (9.9)	$h_p > 18 \text{ мм}$

Таблица 9.2 – Время начала обугливания t_{ch} листов гипсокартона различного типа, применяемого в качестве обшивки деревянных конструкций (продолжение)

Тип обшивки	Стены		Перекрытия	
	Расчетная формула	Условие	Расчетная формула	Условие
Тип F два слоя	$\min = \begin{cases} 2,1 \cdot h_{p,tot} - 7 \\ 3,5 \cdot h_p + 7 \end{cases}$ (9.10)	$25 \text{ мм} \leq h_{p,tot} \leq 31 \text{ мм}$	$\min = \begin{cases} 2,1 \cdot h_{p,tot} - 7 \\ 4 \cdot h_p - 14 \end{cases}$ (9.12)	$25 \text{ мм} \leq h_{p,tot} \leq 31 \text{ мм}$
Тип $F+$ Тип A два слоя		$9 \text{ мм} \leq h_p \leq 18 \text{ мм}$		$9 \text{ мм} \leq h_p \leq 18 \text{ мм}$
Тип A два слоя	$\min = \begin{cases} 2,1 \cdot h_{p,tot} - 7 \\ 1,6 \cdot h_p + 13 \end{cases}$ (9.11)	$18 \text{ мм} \leq h_{p,tot} \leq 31 \text{ мм}$	$\min = \begin{cases} 2,1 \cdot h_{p,tot} - 7 \\ 1,6 \cdot h_p + 11 \end{cases}$ (9.13)	$18 \text{ мм} \leq h_{p,tot} \leq 31 \text{ мм}$
		$9 \text{ мм} \leq h_p \leq 18 \text{ мм}$		$9 \text{ мм} \leq h_p \leq 18 \text{ мм}$

9.3 Проектирование деревянных каркасных стен с теплоизоляцией из стекловолокна

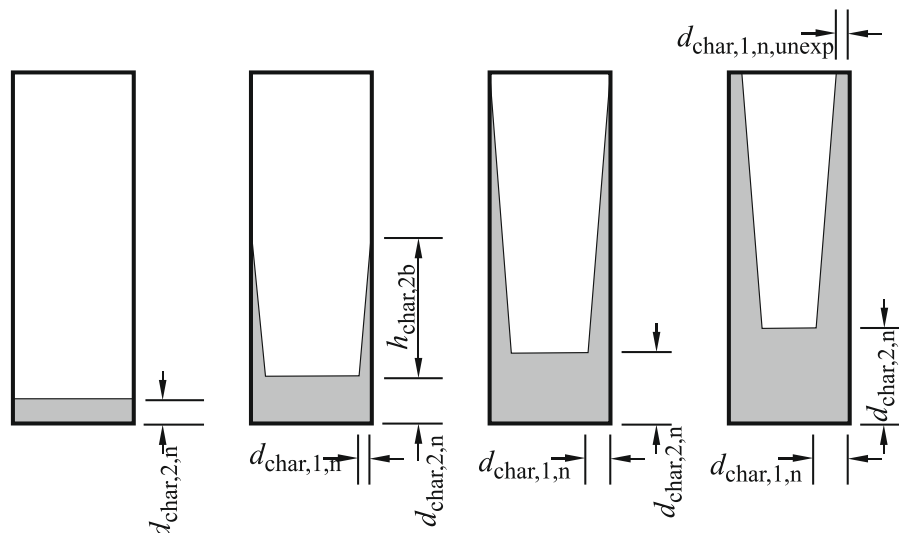
9.3.1 Рассматривая поведение теплоизоляции до утраты обшивкой своих защитных свойств (фаза защиты при $t \leq t_f$ на Рисунке 7.10) как минеральная вата, так и стекловата свои теплоизолирующие свойства проявляют примерно одинаково. Однако, как только обшивка разрушается, и теплоизоляция становится подверженной непосредственному воздействию пожара (фаза 3 при $t > t_f$), изоляция из стекловаты подвергается разложению, постепенно теряя свои защитные свойства для деревянных поверхностей, не подверженных воздействию пожара. Минеральная вата, при условии, что она остается закрепленной в пустотах каркасных стен, будет продолжать защиту деревянных элементов, не подверженных воздействию пожара.

9.3.2 В результате натурных огневых испытаний, результаты которых изложены в [3–4], установлено, что от прямого воздействия пожара на теплоизоляцию из стекловаты до ее отказа происходит определенный интервал времени.

Кроме того при расчете деревянных каркасов допускается учитывать фазу 3 в соответствии с [3]. При учете указанной фазы принимается следующее допущение: теплоизоляция из минеральной ваты всегда остается закрепленной при помощи продольных деревянных реек или металлических профилей.

9.3.3 В результате проведенных в [3] испытаний каркасных стен и перекрытий установлено, что уменьшение толщины теплоизоляции из стекловаты происходит со скоростью от 15 мм/мин до 28 мм/мин. На стадии проектирования каркасных конструкций скорость уменьшения ширины теплоизоляции необходимо принимать с учетом запаса прочности равной $v_{\text{rec,gw}} = 30$ мм/мин.

9.3.4 Вследствие разных значений времени начала обугливания в различных по высоте сечениях форма условного поперечного сечения рассматривается как трапецевидная. Указанная модель расчета деревянных строительных конструкций представлена на Рисунке 9.4.



- а - односторонне обугливание деревянной конструкции до утраты обшивкой своих защитных свойств при условии $t_{\text{ch}} \leq t \leq t_{\text{f}}$;
- б - обугливание деревянной конструкции с трех сторон в течение разрушения теплоизоляции из стекловаты при условии $t_{\text{f}} \leq t \leq t_{\text{f,ins}}$;
- с - обугливание конструкции с трех сторон в момент полного разрушения теплоизоляции из минеральной ваты при условии $t = t_{\text{f,ins}}$;
- д - обугливание деревянной конструкции с трех сторон после разрушения теплоизоляции из минеральной ваты при условии $t \geq t_{\text{f,ins}}$

Рисунок 9.4 – Иллюстрации стадий обугливания деревянной конструкции

9.3.5 Эмпирические уравнения по расчету глубины обугливания, полученные в [3] на основании натурных огневых испытаний, приведены в Таблице 9.3.

Таблица 9.3 – Формулы по расчету глубины обугливания деревянных конструкций на различных фазах обугливания

Фаза Обугливания	Период времени	Глубина обугливания			
		$d_{char,2,n}$	$d_{char,1,n}$	$d_{char,1,unexp}$	$d_{hchar,3}$
2	$t_{ch} \leq t \leq t_f$	$k_2 \cdot k_s \cdot k_n \cdot \beta_0 \cdot (t_f - t_{ch})$ (9.1 4)	—	—	—
3	$t_f \leq t \leq t_{f,ins}$	$k_2 \cdot k_s \cdot k_n \cdot \beta_0 \cdot (t_f - t_{ch}) +$ (9.1 5)	$k_3 \cdot \beta_0 \cdot (t - t_f)$ (9.1 6)	—	—
3	$t \geq t_{f,ins}$	$+ k_3 \cdot \beta_n \cdot (t - t_f)$ (9.1 5)		$k_3 \cdot \beta_0 \cdot (t - t_f)$ (9.17)	$v_{rec,ins} \cdot (t - t_f)$ (9.1 8)

9.3.6 Время утраты теплоизоляцией своих защитных свойств определяется по следующей формуле по данным [4]:

$$t_{f,ins} = t_f + \frac{h}{v_{rec,ins}}, \quad (9.19)$$

где $v_{rec,ins}$ – скорость уменьшения ширины теплоизоляции (для теплоизоляции из стекловаты $v_{rec,ins} = 30$ мм/мин);

h – высота поперечного сечения;

k_2 – коэффициент, учитывающий эффект защиты конструкции обшивкой, определяется по Формуле (9.3) и (9.4) настоящего пособия;

k_3 – коэффициент, учитывающий остаточную защиту обшивки, определяется по Формуле (9.5) и (9.6) настоящего пособия;

k_s – коэффициент поперечного сечения, определяемый по Формуле (9.7) настоящего пособия;

k_n – переводной коэффициент от несимметричной глубины обугливания в условную глубину обугливания.

9.3.7 Если существует риск отслаивания теплоизоляции до ее полного разрушения, то время $t_{f,ins}$, согласно исследованиям [4], определяется следующим образом:

$$t_{f,ins} = t_f. \quad (9.20)$$

ПРИМЕР 1

Дано: Деревянное перекрытие длиной 3000 мм, состоящее из деревянных балок размером: 45 × 195 мм, балки расположены с шагом 600 мм. Класс прочности древесины в соответствии с Приложением А пособия составляет С24. Пустоты полностью заполнены теплоизоляцией из стекловаты. Обшивка со стороны воздействия пожара состоит из одного слоя гипсокартона типа F толщиной 15 мм. Обшивка с необогреваемой стороны выполнена из одного слоя древесных плит. Крепление листов гипсокартона к балкам со стороны воздействия пожара осуществляется при помощи шурупов, длина которых составляет $l_f = 35$ мм.

Требуется: Определить максимальную нагрузку балок перекрытия, пустоты которого заполнены теплоизоляцией из стекловаты при времени воздействия пожара 30 минут (для предела огнестойкости не ниже R30).

Расчет: Схема воздействия пожара на перекрытие приведена на Рисунке 9.5.

Расчет обугливания обшивок

Время начала обугливания определяется по Формуле (9.8):

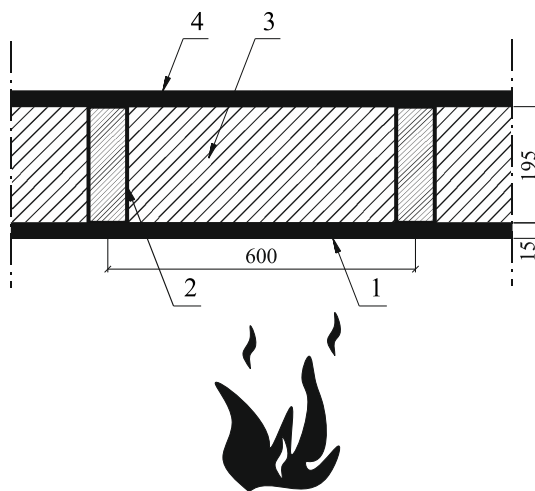
$$t_{ch} = 1,8 \cdot h_p - 7 = 1,8 \times 15 - 7 = 20 \text{ мин.}$$

Время разрушения обшивки по причине теплового воздействия определяется по Формуле (7.36):

$$t_f = h_p + 10 = 15 + 10 = 25 \text{ мин.}$$

Время разрушения обшивки вследствие отказа крепежных элементов определяется по Формуле (7.48):

$$t_f = t_{ch} + \frac{l_f - l_{a,min} - h_p}{k_s \cdot k_2 \cdot k_n \cdot k_j \cdot \beta_0} = 20 + \frac{35 - 10 - 15}{1,3 \times 0,94 \times 1,5 \times 1 \times 0,65} = 28,4 \text{ мин} > 25 \text{ мин.}$$



1 – обшивка из гипсокартона типа F толщиной 15 мм; 2 – деревянные балки 45 × 195 мм;
3 – теплоизоляция из стекловаты; 4 – обшивка из деревянных панелей

Рисунок 9.5 – Поперечное сечение каркасного перекрытия

Расчет обугливания деревянных балок

Время отказа теплоизоляции определяется по Формуле (9.19):

$$t_{f,ins} = t_f + \frac{h}{v_{rec,ins}} = 25 + \frac{195}{30} = 31 \text{ мин.}$$

Коэффициент, учитывающий наличие теплоизоляции, определяется по Формуле (9.3):

$$k_2 = 1,05 - 0,0073 \cdot h_p = k_2 = 1,05 - 0,0073 \times 15 = 0,94.$$

Коэффициент, учитывающий остаточную защиту обшивки, определяется по Формуле (9.6):

$$k_3 = 1,9 + \frac{7}{150} \cdot t_f = 1,9 + \frac{7}{150} \times 25 = 3,1.$$

Коэффициент поперечного сечения в соответствии с Таблицей 8.5 пособия принимается равным $k_s=1,3$. Переводной коэффициент несимметричного остаточного поперечного сечения в условное прямоугольное поперечное сечение принимается равным $k_n = 1,5$.

Скорость одностороннего обугливания принимается равной $\beta_0 = 0,65$ мм/мин, а условная скорость обугливания – $\beta_n = 0,80$ мм/мин в соответствии с Таблицей 7.1 настоящего пособия.

Условная глубина обугливания на 30 минуте воздействия пожара рассчитывается по Формуле (9.15):

$$d_{\text{char},2,n} = k_2 \cdot k_s \cdot k_n \cdot \beta_0 (t_f - t_{\text{ch}}) + k_3 \cdot \beta_n \cdot (t - t_f) = \\ = 0,94 \times 1,3 \times 1,5 \times 0,65 \times (25 - 20) + 3,1 \times 0,8 \times (30 - 25) = 18,4 \text{ мм}.$$

Глубина обугливания широкой стороны на момент времени $t = t_{\text{ins}}$ рассчитывается по Формуле (9.16):

$$d_{\text{char},1,n} = k_3 \cdot \beta_0 \cdot \left(t - t_f - 0,3 \cdot \frac{h}{v_{\text{rec},\text{ins}}} \right) = 3,1 \times 0,65 \times \left(31 - 25 - 0,3 \times \frac{190}{30} \right) = 8,26 \text{ мм}.$$

Методом линейной интерполяции определяется обугливания на момент времени 30 минут:

$$\frac{t - t_f}{t_{f,\text{ins}} - t_f} \cdot d_{\text{char},1,n,t,f,\text{ins}} = \frac{30 - 25}{31 - 25} \times 8,26 = 6,9 \text{ мм}.$$

Определяется эффективное поперечное сечение для дальнейшего анализа прочности конструкции. В соответствии с требованиями п.8.2.1 настоящего пособия толщина слоя, у которого прочность принимается равной нулю составляет $d_0 = 7$ мм.

Размеры уменьшенного поперечного сечения балок составляют (Рисунок 9.6):

$$b_{\text{fi}} = 45 - 2 \times (6,9 + 7) = 17,2 \text{ мм}; \\ h_{\text{fi}} = 195 - (18,4 + 7) = 169,6 \text{ мм}.$$

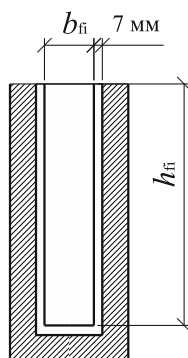


Рисунок 9.6 – Условное поперечное сечение

Расчетное значение прочности при изгибе определяется по Формуле (6.1):

$$f_{d,\text{fi}} = k_{\text{mod},\text{fi}} \cdot \frac{f_{20}}{\gamma_{M,\text{fi}}} = 1 \times \frac{30}{1} = 30 \text{ Н/мм}^2,$$

$$\text{где } f_{20} = k_{\text{fi}} \cdot f_{m,k} = 1,25 \times 24 = 30 \text{ Н/мм}^2; \\ k_{\text{fi}} = 1,25;$$

$$k_{\text{mod,fi}} = 1,0;$$

$$\gamma_{\text{M,fi}} = 1,0.$$

Момент сопротивления остаточного поперечного сечения равен:

$$W_{\text{fi}} = \frac{17,2 \times 169,6^2}{6} = 82457 \text{ мм}^3.$$

Максимальный изгибающий момент равен:

$$M_{\text{max}} = W_{\text{fi}} \cdot f_{\text{m,d,fi}} = 82457 \times 30 = 2,47 \times 10^6 \text{ Н}\cdot\text{мм} = 2,47 \text{ кН}\cdot\text{м}.$$

Максимальная нагрузка на единицу длины (включая собственный вес конструкции) составит:

$$q = \frac{8 \cdot M}{L^2} = \frac{8 \times 2,47}{3,0^2} = 2,2 \text{ кН/м}.$$

Вывод: несущая функция R деревянных балок перекрытий при воздействии пожара в течение 30 минут составит 2,2 кН/м, включая собственный вес с учетом времени защитного действия обшивки в течение 25 мин.

ПРИМЕР 2

Дано: Деревянная каркасная стена высотой 2800 мм. Деревянные стойки имеют следующие размеры поперечного сечения: 95 × 225 мм. Класс прочности древесины в соответствии с Приложением А пособия составляет C21. Пустоты полностью заполнены теплоизоляцией из стекловаты. Обшивка со стороны воздействия пожара состоит из одного слоя листа гипсокартона типа А толщиной 12,5 мм по EN 520 и древесностружечной плиты толщиной 12 мм и плотностью 550 кг/м³ по EN 309. Обшивка с необогреваемой стороны выполнена из одного слоя деревянных плит. Крепление листов гипсокартона к балкам со стороны воздействия пожара осуществляется при помощи шурупов, длина которых составляет $l_f = 51$ мм. Осевой момент инерции равен

$$I_{\text{fi}} = 31,39 \times 10^6 \text{ мм}^4.$$

Требуется: Определить несущую способность деревянных стоек каркасной стены, пустоты которой заполнены стекловатой при времени воздействия пожара 60 минут (для предела огнестойкости не ниже R60).

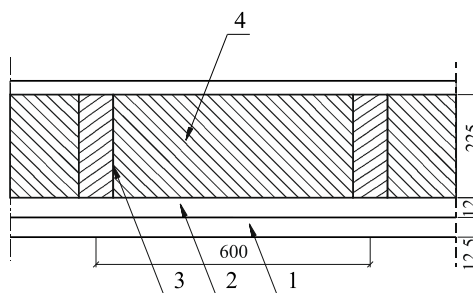
Расчет: Схема воздействия пожара на стену приведена на Рисунке 9.7.

Время начала обугливания определяется по Формуле (9.8):

$$t_{\text{ch}} = 1,8 \cdot h_p - 7 = 1,8 \times 12,5 - 7 = 15,5 \text{ мин}.$$

Время разрушения обшивки по причине теплового воздействия определяется по Формуле (7.30):

$$t_f = 1,9 \cdot h_p - 7 = 1,9 \times 12,5 - 7 = 16,7 \text{ мин}.$$



1 – обшивка из гипсокартона типа А толщиной 12,5 мм; 2 – древесностружечная плита толщиной 12 мм; 3 – деревянные стойки 92 × 225 мм; 4 – теплоизоляция из стекловаты

Рисунок 9.7 – Поперечное сечение каркасной стены

Обугливание древесностружечной плиты

Скорость обугливания для древесностружечной плиты с учетом ее плотности и толщины рассчитывается по Формуле (7.9):

$$\beta_{0,p,t} = \beta_0 \cdot k_0 \cdot k = \beta \cdot \sqrt{\frac{450}{\rho_k}} \cdot \sqrt{\frac{20}{h_p}} = 0,9 \times \sqrt{\frac{450}{550}} \times \sqrt{\frac{20}{12}} = 1,05 \text{ мм/мин},$$

где, $\beta_0 = 0,9$ мм/мин – расчетное значение односторонней скорости обугливания древесностружечных плит, принимаемая в соответствии с Таблицей 7.1 настоящего пособия;

$\rho_k = 550 \text{ кг/м}^3$ – характеристическая плотность плиты;

$h_p = 12 \text{ мм}$ – толщина плиты.

Скорость обугливания древесностружечной плиты в интервале времени $15,5 \text{ мин} \leq t \leq 16,7 \text{ мин}$ составит:

$$\beta_{pb} = k_2 \cdot \beta_{0,p,t} = 0,78 \times 1,05 = 0,82 \text{ мм/мин},$$

где коэффициент k_2 , определяемый по Формуле (7.13) будет равен:

$$k_2 = 1 - 0,018 \cdot h_p = 1 - 0,018 \times 12,5 = 0,78.$$

Скорость обугливания древесностружечной плиты при времени воздействия пожара $t > 16,7 \text{ мин}$ составит:

$$\beta_{pb} = k_3 \cdot \beta_{0,p,t} = 2 \times 1,05 = 2,1 \text{ мм/мин},$$

где $k_3 = 2$ – коэффициент остаточной защиты, принимается в соответствии с п.7.4.5 настоящего пособия.

Время разрушения обшивки (листа гипсокартона типа А и древесностружечной плиты) и начала обугливания деревянных стоек рассчитывается по Формуле (7.16):

$$t_f = \frac{h_p}{\beta_0} - 4 = 15,5 + 1,2 + \frac{12,5-1}{2,1} - 4 = 18,2 \text{ мин},$$

где, $d_{\text{char}} = 1,2 \times 0,82 = 1,0$ мм – глубина обугливания в течение фазы защиты.

Время отказа теплоизоляции определяется по Формуле (9.19):

$$t_{f,\text{ins}} = t_f + \frac{h}{v_{\text{rec,ins}}} = 18,2 + \frac{225}{30} = 25,7 \text{ мин.}$$

Коэффициент, учитывающий остаточную защиту обшивки, определяется по Формуле (9.6):

$$k_3 = 1,9 + \frac{7}{150} \cdot t_f = 1,9 + \frac{7}{150} \times 18,2 = 2,7.$$

Коэффициент поперечного сечения в соответствии с Таблицей 8.5 принимается равным $k_s = 1,3$.

Скорость одностороннего обугливания принимается равной $\beta_0 = 0,65$ мм/мин, а условная скорость обугливания – $\beta_n = 0,80$ мм/мин в соответствии с Таблицей 7.1 настоящего пособия.

Условная глубина обугливания на 30 минуте воздействия пожара рассчитывается по Формуле (9.16):

$$d_{\text{char},2,n} = k_3 \cdot \beta_n \cdot (t - t_f) = 2,7 \times 0,8 \times (30 - 18,2) = 25,5 \text{ мм.}$$

Глубина обугливания широкой стороны рассчитывается по Формуле (9.18):

$$d_{\text{char},1,n} = k_3 \cdot \beta_0 \cdot \left(t - t_f - 0,5 \cdot \frac{h}{v_{\text{rec,ins}}} \right) = 2,7 \times 0,65 \times \left(30 - 18,2 - 0,5 \times \frac{225}{30} \right) = 14,1 \text{ мм.}$$

Определяется эффективное поперечное сечение для дальнейшего анализа прочности конструкции. В соответствии с требованиями п.8.2.1 настоящего пособия толщина слоя, у которого прочность принимается равной нулю составляет $d_0 = 7$ мм.

Размеры уменьшенного поперечного сечения стоек составляют:

$$b_{\text{fi}} = 95 - 2 \times (14,1 + 7) = 52,8 \text{ мм};$$

$$h_{\text{fi}} = 225 - (25,5 + 7) = 192,5 \text{ мм.}$$

Площадь уменьшенного поперечного сечения составит:

$$A_{\text{fi}} = b_{\text{fi}} \cdot h_{\text{fi}} = 52,8 \times 192,5 = 10164 \text{ мм}^2.$$

Расчетное значение прочности при изгибе определяется по Формуле (6.1):

$$f_{d,\text{fi}} = k_{\text{mod,fi}} \cdot \frac{f_{20}}{\gamma_{M,\text{fi}}} = 1,0 \times \frac{26,3}{1,0} = 26,3 \text{ Н/мм}^2,$$

где $f_{20} = k_{\text{fi}} \cdot f_{m,k} = 1,25 \times 21 = 26,3 \text{ Н/мм}^2$;
 $k_{\text{fi}} = 1,25$;

$$k_{\text{mod,fi}} = 1,0;$$

$$\gamma_{\text{M,fi}} = 1,0.$$

Рассматривается только изгиб внешней плоскости стены. Чтобы избежать потери устойчивости по причине внутреннего изгиба используются древесностружечные плиты с необогреваемой стороны конструкции.

Расчетная длина стоек определяется следующим образом:

$$l_y = 0,7 \cdot l = 0,7 \times 2,8 = 1,96 \text{ м},$$

где l – длина стоек.

В соответствии с СН РК EN 1995-1-1:2008/2011 определяется коэффициент гибкости стоек по следующей Формуле:

$$\lambda = \frac{l_y}{i} = \frac{1960}{55,6} = 35,3$$

где i – радиус инерции, определяемый следующей формуле:

$$i = \sqrt{\frac{I_{\text{fi}}}{A_{\text{fi}}}} = \sqrt{\frac{31,39 \times 10^6}{10164}} = 55,6 \text{ мм}.$$

Относительный коэффициент гибкости в соответствии с СН РК EN 1995-1-1:2008/2011 принимается равным:

$$\lambda_{\text{rel,y}} = \frac{\lambda_y}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{\text{c,0,k}}}{E_{0,05}}} = \frac{35,3}{3,14} \times \sqrt{\frac{26,3}{7400}} = 0,67,$$

где, $E_{0,05}$ – 5 %-ное значение модуля упругости вдоль волокон.

Коэффициент продольного изгиба рассчитывается следующим образом в соответствии с СН РК EN 1995-1-1:2008/2011:

$$k_{\text{c,y}} = \frac{1}{k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{\text{rel,y}}^2}} = \frac{1}{0,76 + \sqrt{0,76^2 - 0,67^2}} = 0,89,$$

где, $k_y = 0,5 \cdot (1 + \beta_c \cdot (\lambda_{\text{rel,y}} - 0,3) + \lambda_{\text{rel,y}}^2) = 0,5 \cdot (1 + 0,2 \cdot (0,67 - 0,3) + 0,67^2) = 0,76$,

$\beta_c = 0,2$ – коэффициент прямолинейности (для цельной древесины).

Расчетное значение сопротивления осевой нагрузке одной стойки определяется следующим образом:

$$N_{\text{d,fi}} = A_{\text{fi}} \cdot k_{\text{c,y}} \cdot f_{\text{c,d,fi}} = 10164 \times 0,89 \times 26,3 = 237908 \text{ Н} = 238 \text{ кН}.$$

Вывод: несущая способность деревянной стойки для предела огнестойкости не ниже R60 должна составлять 238 кН.

10 СОЕДИНЕНИЯ

10.1 Такие металлические крепежные элементы деревянных строительных конструкций как гвозди, болты, нагели, шурупы, гладкие кольцевые и пластинчатые шпонки, зубчатые крепежные изделия должны иметь защиту от температурного воздействия при пожаре, обеспечивающую требуемый предел огнестойкости. Предел огнестойкости конструкций, соединенных металлическими крепежными элементами не должен превышать 60 минут.

10.2 В Таблице 10.1 приведены пределы огнестойкости незащищенных соединений деревянных строительных конструкций. Требования к размерам указанных в Таблице 17 соединительных элементов (интервал между изделиями, расстояние между торцами и гранями конструкций) приведены в СН РК EN 1995-1-1:2008/2011.

Таблица 10.1 – Предел огнестойкости незащищенных соединений деревянных боковых элементов

Крепежные изделия	Предел огнестойкости $t_{fi,d}$, мин	Условие ¹
Гвозди	15	$d \geq 2,8$ мм
Шурупы	15	$d \geq 3,5$ мм
Болты	15	$t_1 \geq 45$ мм
Нагели	20	$t_1 \geq 45$ мм
Группы соединительных элементов в соответствии с EN 912: – группа А кольцевые соединения; – группа В соединения пластиной; – группа С соединения зубчато-кольцевой шпонкой; – группа D прочие соединительные элементы	15	$t_1 \geq 45$ мм
¹ d – диаметр крепежного изделия, t_1 – толщина боковой стороны		

10.3 Предел огнестойкости соединений с такими крепежными изделиями, как нагели, гвозди или шурупы, головки которых не выступают за плоскость конструкций, может быть увеличен не более чем до 30 мин, по сравнению со значениями, приведенными в Таблице 10.1, при увеличении следующих размеров на a_{fi} : толщины бокового элемента; ширины бокового элемента; расстояния от крепежных изделий до граней конструкций.

Значение параметра a_{fi} (Рисунок 10.1) определяются по Формуле (6.1) СН РК EN 1995-1-2:2004/2011:

$$a_{fi} = \beta_n \cdot k_{flux} \cdot (t_{fi,req} - t_{fi,d}), \quad (10.1)$$

где β – скорость обугливания деревянных строительных конструкций в соответствии с Таблицей 7.1;

$k_{\text{flux}} = 1,5$ – коэффициент, учитывающий тепловой поток соединений;

$t_{\text{fi,req}}$ – требуемый предел огнестойкости (время воздействия пожара);

$t_{\text{fi,d}}$ – предел огнестойкости незащищенного соединения в соответствии с Таблицей 10.1.

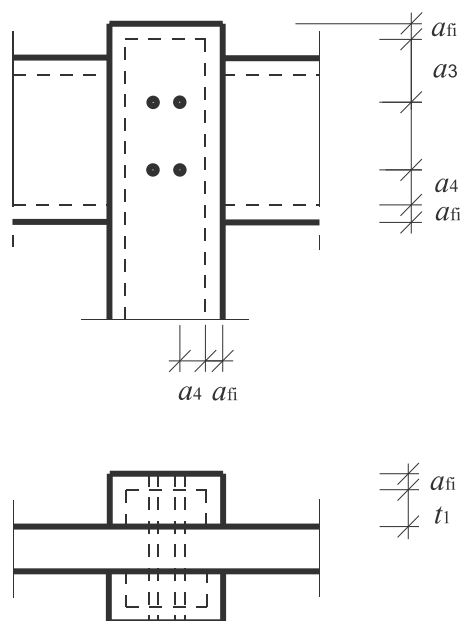


Рисунок 10.1 – Схема определения расстояния a_{fi} для увеличения предела огнестойкости крепежных изделий

10.4 Соединительные элементы должны обеспечивать надежное крепление обшивок к строительным конструкциям и предотвращать ее преждевременное разрушение. Дополнительные обшивки из древесных плит и гипсокартонных листов не должны разрушаться до начала обугливания конструкции. Дополнительные наружные обшивки из гипсокартонных листов типа *F* не должны разрушаться в течение требуемого предела огнестойкости конструкции.

10.5 [6.2.1.2(5)] В болтовых соединениях головка болта должна быть дополнительно защищена, толщина защиты должна составлять a_{fi} , Рисунок 10.2.

10.6 При креплении дополнительной обшивки гвоздями или шурупами необходимо соблюдать следующие требования:

- расстояние между крепежными изделиями должно быть не более 100 мм вдоль кромки плиты и не более 300 мм между внутренними крепежными изделиями;
- расстояние от торца конструкции до граней крепежных изделий должно быть равным или более a_{fi} , рассчитанной по Формуле (10.1), Рисунок 10.3.

10.7 Глубина защемления крепежных изделий при креплении дополнительной обшивки из древесины, древесных плит или гипсокартонных листов типа *A* или *H* должна составлять не менее $6d$, где d – диаметр крепежного изделия. Для гипсокартонных листов

типа F длина защемления крепежных изделий в необуглившуюся древесину (за пределами линии обугливания) должна быть не менее 10 мм (Рисунок 10.4).

10.8 При определении предела огнестойкости соединений с внутренними стальными пластинами толщиной, равной или более 2 мм, которые не выступают за поверхность древесины, ширина пластины b_{st} должна соответствовать значениям, приведенным в Таблице 10.2.

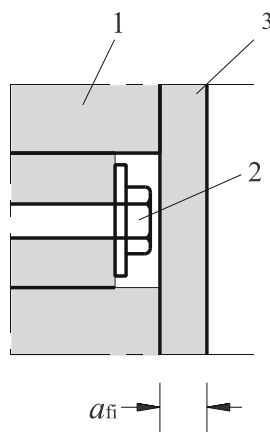
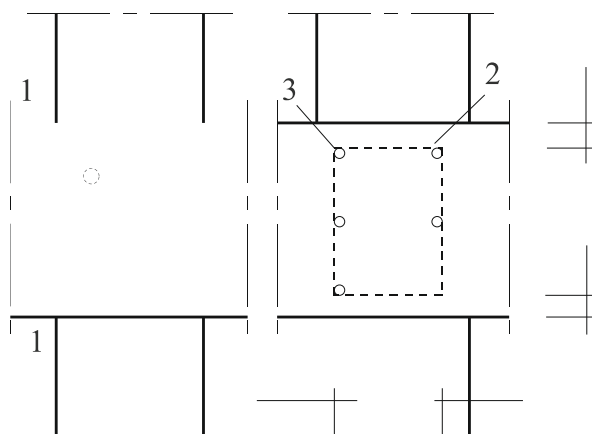


Рисунок 10.2 – Пример защиты головки болта



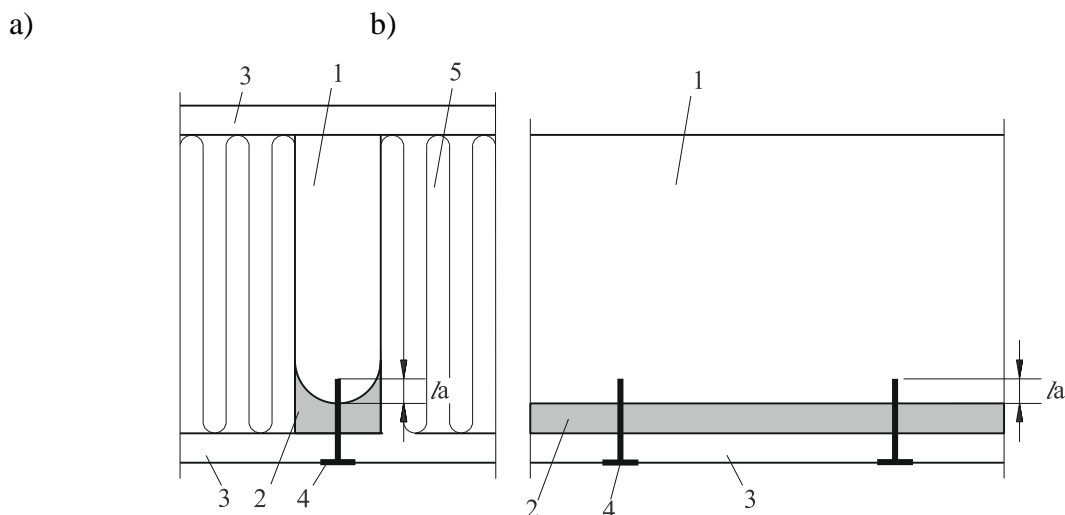
1 – вклеенная деревянная заглушка; 2 – дополнительная защита обшивками;
3 – крепежные изделия, обеспечивающие закрепление дополнительной защитной обшивки

Рисунок 10.3 – Дополнительная защита крепежных изделий вклеенными деревянными заглушками, древесными плитами или гипсокартонными листами

10.9 Стальные пластины, у которых ширина меньше чем ширина соединяемых деревянных конструкций, могут рассматриваться как защищенные в следующих случаях (Рисунок 10.5):

– если предел огнестойкости пластин толщиной не более 3 мм с глубиной зазора между конструкциями d_g более 20 мм составляет 30 мин, при глубине зазора более 60 мм предел огнестойкости равен 60 мин;

– если предел огнестойкости соединений с вклеенными полосами или защитными древесными плитами толщиной h_p более 10 мм составляет 30 мин, при глубине полосы или толщине плиты более 30 мм предел огнестойкости составляет 60 мин.



1 – негоревшая древесина; 2 – обуглившийся слой; 3 – обшивка; 4 – крепежное изделие; 5 – теплоизоляция а – Деревянный каркас с изолированными пустотами; б – Целые деревянные конструкции

Рисунок 10.4 – Примеры определения глубины l_a защемления крепежных изделий в необуглившуюся древесину

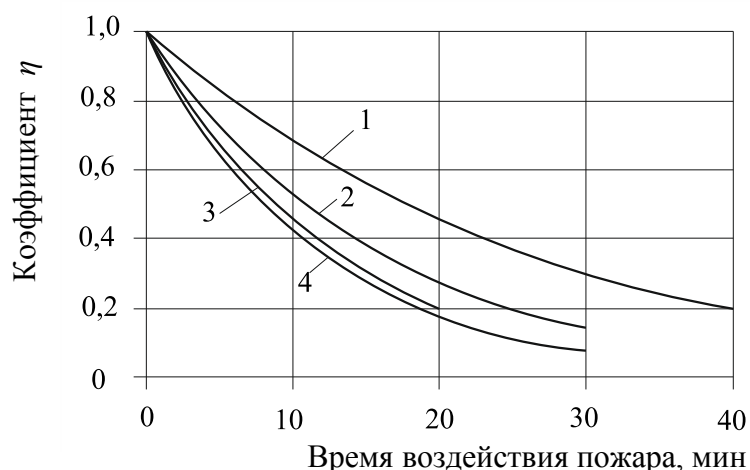
Таблица 10.2 – Предел огнестойкости стальных пластин с незащищенными торцами в зависимости от их ширины

Условие	Предел огнестойкости	b_{st}
Незащищенные торцы	R30	≥ 200 мм
	R60	≥ 280 мм
Незащищенные торцы по одной или двум сторонам	R30	≥ 120 мм
	R60	≥ 280 мм

10.10 При расчете металлических соединений (например, для болтов и нагелей) допускается использование метода приведенной нагрузки действуют, если толщина боковых обшивок равна или более t_1 , мм (Формула (6.4) СН РК EN 1995-1-2:2004/2011):

$$t_1 = \max \begin{cases} 50 \\ 50 + 1,25 \cdot (d - 12) \end{cases}, \quad (10.2)$$

где d – диаметр болта или нагеля, мм.



- 1 - соединение древесины с древесиной при помощи нагелей;
 2 - болтовое соединение древесины с древесиной;
 3 - соединение древесины с древесиной при помощи шурупов и гвоздей;
 4 - соединение металла с древесиной при помощи нагелей.

Рисунок 10.6 – Зависимость между коэффициентом использования несущей способности и временем разрушения незащищенных соединений

Таблица 10.3 – Значение коэффициента k

Соединение	Коэффициент k	Максимальный предел огнестойкости незащищенных соединений, мин
Гвозди и шурупы	0,08	20
Болты, древесина-древесина, $d \geq 12$ мм	0,065	30
Болты, сталь-древесина, $d \geq 12$ мм	0,085	30
Нагели, древесина-древесина ¹ , $d \geq 12$ мм	0,04	40
Нагели, сталь-древесина ¹ , $d \geq 12$ мм	0,085	30
Группы соединительных элементов в соответствии с EN 912: – группа А кольцевые соединения; – группа В соединения пластиной; – группа С соединения зубчато-кольцевой шпонкой; – группа D прочие соединительные элементы	0,065	30
Примечание – Значения для нагелей зависят от наличия болта на каждые четыре нагеля.		

10.14 Для нагелей, головки которых выступают более чем на 5 мм, значения коэффициента k следует принимать как для болтов.

10.15 Несущая способность соединений с использованием болтов и нагелей должна рассчитываться как сумма несущих способностей соответствующих крепежных изделий.

10.16 Для соединений с использованием гвоздей или шурупов без выступающих головок для повышения их пределов огнестойкости более, чем полученные по Формуле (10.5), но не более 30 мин, необходимо увеличивать толщину боковых обшивок и расстояние от границ конструкций до крепежных изделий на a_{fi} (см. Рисунок 8.15). Значение a_{fi} определяется по Формуле (6.8) СН РК EN 1995-1-2:2004/2011:

$$a_{fi} = \beta_n \cdot (t_{fi,req} - t_{fi,d}), \quad (10.6)$$

где β_n – условная скорость обугливания, определяемая по Таблице 7.1;

$t_{fi,req}$ – требуемый предел огнестойкости при стандартном воздействии пожара;

$t_{fi,d}$ – предел огнестойкости незащищенного соединения при пожаре, принимаемый по Таблице 10.1.

10.17 Предел огнестойкости защищенных соединений необходимо рассчитывать по Формуле (10.5). Как альтернатива методу защиты торцов и поверхностей боковых элементов, допускается увеличение расстояний от граней и краев конструкций на расстояние a_{fi} , определяемое по Формуле (10.1). Для получения предела огнестойкости более 30 мин необходимо увеличить расстояние от граней конструкций до центра ближайшего отверстия под болт на расстояние не менее $2a_{fi}$. Данное требование также действует для центрально состыкованных конструкций.

10.18 При использовании в качестве соединительных элементов внешних стальных пластин их несущая способность должна определяться в соответствии с требованиями СН РК EN 1993-1-2:2005/2011.

10.19 При расчете коэффициента поперечного сечения в соответствии с СН РК EN 1993-1-2:2005/2011 допускается принимать, что стальные поверхности со стороны, прилегающей к древесине, при плотном контакте с ней не подвержены воздействию пожара.

10.20 Стальные пластины, включая торцевые части, используемые как боковые элементы, необходимо рассматривать защищенными, если они полностью покрыты обшивкой из древесины или древесных плит с минимальной толщиной a_{fi} , определяемой по Формуле (10.1). Предел огнестойкости незащищенных стальных соединений принимается равным $t_{fi,d} = 5$ мин.

10.21 Требования, изложенные в СН РК EN 1995-1-2:2004/2011 позволяют производить расчет предела огнестойкости таких соединительных элементов как шурупы с осевым нагружением, которые защищены от прямого воздействия пожара.

10.22 [6.4(3)] Расчетное значение сопротивления шурупов должно рассчитываться по Формуле (6.3). Для соединений, у которых расстояния для крепежных изделий a_2 и a_3 удовлетворяют условиям Формул (10.7) и (10.8) в соответствии с Формулами (6.9)-(6.10) СН РК EN 1995-1-2:2004/2011 (Рисунок 10.7), должен рассчитываться коэффициент η уменьшения сопротивления шурупов в осевом направлении при пожаре в соответствии с Формулой (10.9) по Формуле (6.11) СН РК EN 1995-1-2:2004/2011:

$$a_2 \geq a_1 + 40, \quad (10.7)$$

$$a_3 \geq a_1 + 20, \quad (10.8)$$

где a_1 – толщина боковой обшивки (Рисунок 10.7);

a_2 и a_3 – это расстояние, принимаемое в соответствии с Рисунком 10.7.

$$\eta = \begin{cases} 0 & \text{при условии } a_1 \leq 0,6 \cdot t_{fi,d}; & (a) \\ \frac{0,44 \cdot a_1 - 0,264 \cdot t_{fi,d}}{0,2 t_{fi,d} + 5} & \text{при условии } 0,6 \cdot t_{fi,d} \leq a_1 \leq 0,8 \cdot t_{fi,d} + 5; & (b) \\ \frac{0,56 \cdot a_1 - 0,36 \cdot t_{fi,d} + 7,32}{0,2 \cdot t_{fi,d} + 23}; & \text{при условии } 0,8 \cdot t_{fi,d} + 5 \leq a_1 \leq t_{fi,d} + 28; & (c) \\ 1,0, & \text{при условии } a_1 \leq 0,6 \cdot t_{fi,d} + 28, & (d) \end{cases} \quad (10.9)$$

где a_1 – толщина боковой обшивки, мм, Рисунок 10.7;

$t_{fi,d}$ – предел огнестойкости незащищенного соединения при пожаре, мин.

10.23 Коэффициент η для крепежных изделий с расстояниями от торцов $a_2 = a_1$ и $a_3 \geq a_1 + 20$ мм должен рассчитываться по Формуле (10.9), в которой значение предела огнестойкости $t_{fi,d}$ заменяется на $1,25t_{fi,d}$.

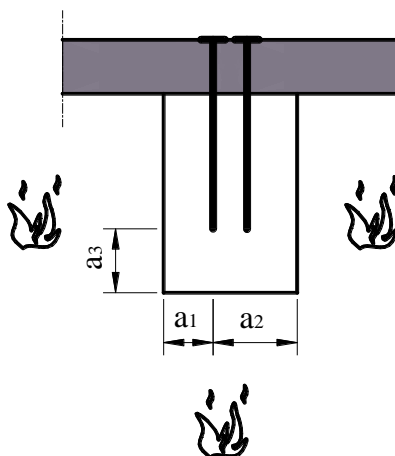


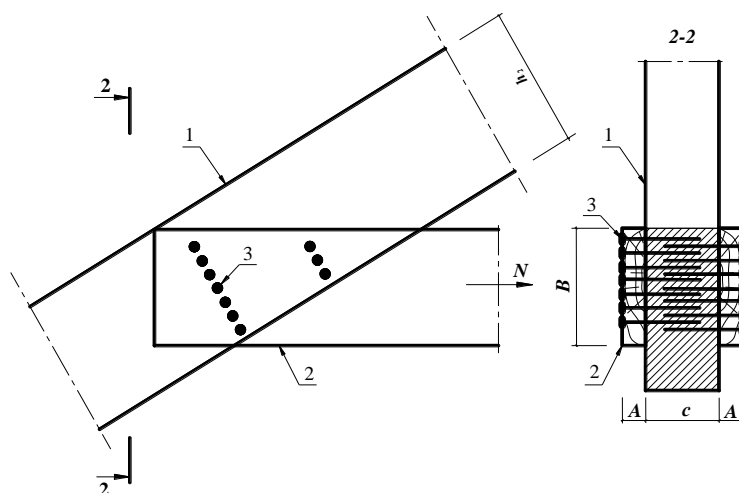
Рисунок 10.7 – Поперечное сечение конструкции и соответствующие расстояния

ПРИМЕР 1

Дано: В ригеле наклонных стропил (Рисунок 10.8) возникает растягивающее усилие $N = 11$ кН. Ригель устроен из двух досок сечением $A \times B = 40 \times 150$ мм. Доски охватывают с двух сторон стропильную ногу из бруса сечением $c \times h_2 = 100 \times 180$ мм и крепятся к ней гвоздями длиной $l = 100$ мм и диаметром $d = 4$ мм. Элементы конструкции выполнены из цельной древесины хвойных пород с характеристической плотностью $\rho_k \geq 290$ кг/м³.

Требуется: Рассчитать конструкцию соединения элементов для обеспечения предела огнестойкости не менее R30.

Расчет:



1 – наклонные стропила; 2 – горизонтальные стропила; 3 – крепежные изделия (гвозди)

Рисунок 10.8 – Схема соединения элементов стропильной системы

Незащищенные соединения

Предел огнестойкости незащищенных соединений $t_{fi,d}$ древесина-древесина определяется по Таблице 10.1 пособия. Так как $l > 2,8$ мм $t_{fi,d} = 15$ мин.

Предел огнестойкости соединений с гвоздями, головки которых не выступают за плоскость конструкций, может быть увеличен не более чем до 30 мин, по сравнению со значениями, приведенными в Таблице 9.2 пособия, при увеличении следующих размеров на a_{fi} :

- толщины бокового элемента;
- ширины бокового элемента;
- расстояния от крепежных изделий до граней конструкций.

Величина a_{fi} определяются по формуле:

$$a_{fi} = \beta \cdot k_{flux} \cdot (t_{fi,req} - t_{fi,d}) = 0,8 \times 1,5 \times (30 - 15) = 18 \text{ мм},$$

где β – скорость обугливания в соответствии с Таблицей 7.1;

$k_{flux} = 1,5$ – коэффициент, учитывающий тепловой поток соединений;

$t_{fi,req}$ – требуемый предел огнестойкости;

$t_{fi,d}$ – предел огнестойкости незащищенного соединения, определяемый по Таблице 10.1.

Вывод: Таким образом, для обеспечения требуемого предела огнестойкости соединения без огнезащиты не менее $R30$, необходимо увеличить толщины бокового элемента, ширины бокового элемента и расстояния от крепежных изделий до граней конструкций не менее чем на 18 мм.

Защищенные соединения

Для защиты соединения дополнительными гипсокартонными листами типа F , время до начала обугливания должно удовлетворять следующему условию:

$$t_{ch} \geq t_{fi,req} - 1,2 \cdot t_{fi,d} = 30 - 1,2 \times 15 = 12 \text{ мин},$$

где t_{ch} – время до начала обугливания;

$t_{fi,req}$ – требуемый предел огнестойкости;

$t_{fi,d}$ – предел огнестойкости незащищенного соединения в соответствии с Таблицей 9.2.

По Таблице 7.4 для одного слоя обшивки гипсокартоном типа *F* из Формулы (7.17):

$$h_p = (t_{ch} + 14) / 2,8 = (12 + 14) / 2,8 = 9,3 \text{ мм.}$$

Принимается лист гипсокартонный со стандартной толщиной по EN 520 равной $h_p = 9,5 \text{ мм}$.
Минимальное время до начала обугливания составит:

$$t_{ch} = h_p \cdot 2,8 - 14 = 9,5 \times 2,8 - 14 = 12,6 \text{ мин.}$$

Предел огнестойкости соединения с облицовкой составит:

$$t_{fi, req} = t_{ch} + 1,2 \cdot t_{fi, d} = 12,6 + 1,2 \times 15 = 30,6 \text{ мин.}$$

Для интервала воздействия пожара $t_{ch} \leq t \leq t_f$, скорость обугливания конструкции умножается на коэффициент k_2 (п.п. 7.4.1, 7.4.2 пособия):

$$k_2 = 1 - 0,018 \cdot h_p = 1 - 0,018 \times 9,5 = 0,829,$$

и составит

$$\beta_{char}^1 = \beta_n \cdot k_2 = 0,8 \times 0,829 = 0,663 \text{ мм/мин}$$

Время защитного действия противопожарной обшивки составит (п. 7.6.4, Таблица 7.5 пособия):

$$t_f = 4,5 \cdot h_p - 24 = 4,5 \times 9,5 - 24 = 18,75 \text{ мин.}$$

Проводится сравнение между собой величин времени начала обугливания деревянной конструкции t_{ch} и времени отказа противопожарной обшивки t_f :

$$t_{ch} = 12,6 \text{ мин} < t_f = 18,75 \text{ мин.}$$

Для интервала огневого воздействия $t_f \leq t \leq t_a$, после отказа противопожарной обшивки значение скорости обугливания, указанное в Таблице 7.1 пособия умножается на коэффициент $k_3 = 2$ и составляет:

$$\beta_{char}^2 = \beta_n \cdot k_3 = 0,8 \times 2 = 1,6 \text{ мм/мин.}$$

Так как выполняется неравенство $t_{ch} < t_f$ то время t_a определяется по формуле (п.7.4.7 пособия):

$$t_a = \frac{25 - (t_f - t_{ch}) \cdot k_2 \cdot \beta_n}{k_3 \cdot \beta_n} + t_f = \frac{25 - (18,75 - 12,6) \times 0,829 \times 0,8}{2 \times 0,8} + 18,75 = 31,8 \text{ мин.}$$

Дополнительные наружные обшивки из гипсокартонных листов типа *F* не должны разрушаться в течение требуемого предела огнестойкости конструкции ($t = t_{fi, req}$).

При креплении дополнительной обшивки гвоздями или шурупами используются следующие требования:

- расстояние между крепежными изделиями должно быть не более 100 мм вдоль кромки плиты и не более 300 мм между внутренними крепежными изделиями;
- расстояние от торца конструкции до граней крепежных изделий должно быть не менее a_{fi} .

Глубина защемления крепежных изделий при креплении дополнительной обшивки гипсокартонных листов типа *F* в необуглившуюся древесину (за пределами линии обугливания) должна быть не менее 10 мм.

Таким образом, для рассчитанной динамики обугливания для 30 минуты огневого воздействия, глубина обугливания составит:

$$d_{char, 0} = \beta_{char}^1 \cdot (t_f - t_{ch}) + \beta_{char}^2 \cdot (30 - t_f) = 0,663 \times (18,75 - 12,6) + 1,6 \times (30 - 18,75) = 22,08 \text{ мм}$$

Требуемая глубина $l_{f, \text{req}}$ крепежных изделий составляет:

$$l_{f, \text{req}} = h_p + d_{\text{char}, 0} + l_a \approx 9,5 + 22,01 + 10 \approx 41,5 \text{ мм} \approx 42 \text{ мм}.$$

Для крепления гипсокартона принимаются шурупы-саморезы диаметром 5 мм стандартной длиной 45 мм.

В случае защиты крепежных изделий соединения вклеенными деревянными заглушками, толщина заглушки определяется по Формуле (10.1) пособия:

$$a_{fi} = \beta_n \cdot k_{\text{flux}} \cdot (t_{fi, \text{req}} - t_{fi, d}) = 0,8 \times 1,5 \times (30 - 15) = 18 \text{ мм}.$$

Вывод: предел огнестойкости защищенного соединения не менее 30 минут может быть обеспечен установкой одного слоя гипсокартонных листов типа *F*, толщиной 9,5 мм, при условии крепления его шурупами-саморезами диаметром 5 мм и длиной 45 мм, или защитой крепежных изделий соединения вклеенными деревянными заглушками, толщиной не менее 18,0 мм.

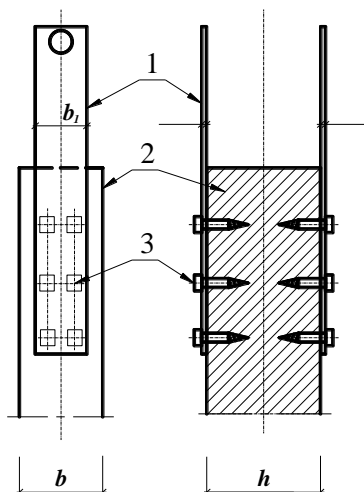
ПРИМЕР 2

Расчет предела огнестойкости соединения металл-дерево с помощью глухарей (нагелей).

Дано: соединение деревянного растянутого элемента сечением $b \times h = 130 \times 180$ мм со стальными накладками сечением $b_1 \times \delta = 80 \times 6$ мм, выполненное с помощью глухарей $d_{\text{гл}} = 12$ мм, $l_{\text{гл}} = 80$ мм (Рисунок 10.9). Глубина проникновения глухаря 7,4 см. Расчетное растягивающее усилие $N = 35$ кН.

Требуется: Определить предел огнестойкости незащищенного соединения по крепежным элементам (глухарям).

Расчет:



1 – стальные накладки; 2 – деревянная конструкция; 3 – соединительный элемент (нагель)

Рисунок 10.9 – Схема соединения металл-дерево с использованием глухарей (нагелей)

В данном случае глухари в соединении работают как односрезные нагели:

$$t_1 = \max \begin{cases} 50 \\ 50 + 1,25 \cdot (d - 12) \end{cases} = \max \begin{cases} 50 \\ 50 + 1,25 \times (12 - 12) \end{cases} = 50.$$

Ширина накладки $b_1 = 80 \text{ мм} > t_1 = 50 \text{ мм}$, следовательно, допускается использовать приведенный метод (п.10.8 пособия).

При стандартном воздействии пожара нормативная несущая способность глухаря при сдвиге определяется по формуле:

$$F_{v,Rk,fi} = \eta \cdot F_{v,Rk} = e^{-0,085 \times 9,2} \times 854 = 390,$$

где $F_{v,Rk}$ – характеристическая постоянная несущая способность элементов крепления сдвигу при нормальной температуре;

$\eta = e^{-k \cdot t_{fi,d}}$ – переводной коэффициент;

k – коэффициент, определяемый в соответствии с Таблицей 12.1 пособия;

$t_{fi,d}$ – предел огнестойкости незащищенного соединения, мин.

Для соединения древесины со стальными пластинами нормативная несущая способность соединений древесины со стальными пластинами зависит от толщины пластин. Так как толщина стальной пластины $\delta = 6 \text{ мм}$, а диаметр глухаря $d_{гл} = 12 \text{ мм}$, пластина считается тонкой (толщина не более $0,5d$).

Несущая способность глухарей по каждой из плоскостей среза на один элемент принимается равной минимальному значению для односрезного соединения древесины с тонкой стальной пластиной:

$$F_{v,Rk} = \min \begin{cases} 0,4 \cdot f_{h,k} \cdot t_1 \cdot d & \text{a)} \\ 1,15 \cdot \sqrt{2 \cdot M_{y,Rk} \cdot f_{h,k} \cdot d} + \frac{F_{ax,Rk}}{4} & \text{b)} \end{cases}$$

$$F_{v,Rk} = \min \begin{cases} 0,4 \cdot f_{h,k} \cdot t_1 \cdot d \\ 1,15 \cdot \sqrt{2 \cdot M_{y,Rk} \cdot f_{h,k} \cdot d} + \frac{F_{ax,Rk}}{4} \end{cases} = \min \begin{cases} 0,4 \times 2,7 \times 74 \times 12 = 959 \\ 1,15 \times \sqrt{2 \times 288 \times 2,7 \times 12} + \frac{2789}{4} = 854 \end{cases},$$

где $f_{h,k}$ – характеристическое сопротивление смятию древесины (для хвойной породы С30 и сжатия поперек волокон $f_{h,k} = 2,7 \text{ Н/мм}^2$);

t_1 – толщина более тонкого элемента из древесины в односрезных соединениях или глубина проникновения нагеля;

d – диаметр нагеля;

$M_{y,Rk}$ – характеристический момент пластической деформации нагеля;

$F_{ax,Rk}$ – характеристическое сопротивление нагеля выдергиванию $(F_{ax,Rk} = 1 \text{ Н/мм}^2 \times 3,14 \times 12 \text{ мм} \times 74 \text{ мм} = 2789 \text{ Н})$.

Предел огнестойкости незащищенного соединения при пожаре рассчитывается по формуле:

$$t_{fi,d} = -\frac{1}{0,085} \times \ln \frac{0,6 \times 1,0}{1,25 \times 1,05} = 9,2 \text{ мин},$$

где $k = 0,085$ – коэффициент, определяемый в соответствии с Таблицей 12.1 пособия;

$\eta_{fi} = 0,6$ – коэффициент расчетного уровня нагрузки при пожаре (допущение);

$\gamma_{M,fi} = 1,25$ – частный коэффициент безопасности соединения в виде стальной перфорированной пластины;

$k_{fi} = 1,05$ – коэффициент, определяемый в соответствии с Таблицей 6.1 пособия;

$\gamma_{M,fi} = 1,0$ – частный коэффициент безопасности древесины при пожаре.

Вывод: Предел огнестойкости рассматриваемого соединения составляет менее 15 минут (9,2 минуты).

ПРИМЕР 3

Дано: соединение древесина-древесина, выполненное двумя шурупами из нержавеющей стали диаметром 6 мм, длиной 100 мм, характеристическая плотность деревянной конструкции составляет 380 кг/м^3 . На соединение действует осевое растягивающее усилие $N = 25 \text{ кН}$. Расстояния от мест крепления до граней прикрепляемого элемента равны $a_1 = 25 \text{ мм}$, $a_2 = 25 \text{ мм}$, $a_3 = 45 \text{ мм}$ (в соответствии с Рисунком 10.7).

Требуется: проверить выдержит ли прочность указанного соединения 30 минут воздействия стандартного пожара.

Расчет: Так как расстояния от торцов $a_2 = a_1$ и $a_3 \geq a_1 + 20 \text{ мм}$ коэффициент расчетного уровня нагрузки при пожаре η для крепежных изделий рассчитывается по Формуле (10.9):

$$\eta = \begin{cases} 0 & \text{при условии } a_1 \leq 0,6 \cdot t_{fi,d}; & (a) \\ \frac{0,44 \cdot a_1 - 0,264 \cdot t_{fi,d}}{0,2 t_{fi,d} + 5} & \text{при условии } 0,6 \cdot t_{fi,d} \leq a_1 \leq 0,8 \cdot t_{fi,d} + 5; & (b) \\ \frac{0,56 \cdot a_1 - 0,36 \cdot t_{fi,d} + 7,32}{0,2 \cdot t_{fi,d} + 23}; & \text{при условии } 0,8 \cdot t_{fi,d} + 5 \leq a_1 \leq t_{fi,d} + 28; & (c) \\ 1,0, & \text{при условии } a_1 \leq 0,6 \cdot t_{fi,d} + 28, & (d) \end{cases}$$

в которой значение предела огнестойкости $t_{fi,d}$ заменяется на $1,25 \cdot t_{fi,d} = 1,25 \times 30 = 37,5 \text{ мин.}$

По условию 2 Формулы (10.9) пособия: $0,6 \times 37,5 = 22,5 \leq 25 \leq 0,8 \times 37,5 + 5 = 35$, следовательно, используется для нахождения η Формула (10.9b):

$$\eta = \frac{0,44 \cdot a_1 - 0,264 \cdot t_{fi,d}}{0,2 \cdot t_{fi,d} + 5} = \frac{0,44 \times 25 - 0,264 \times 37,5}{0,2 \times 37,5 + 5} = 0,088$$

Расчетное значение сопротивления шурупов находится по Формуле (6.3) настоящего пособия:

$$R_{d,t,fi} = \eta \cdot \frac{R_{20}}{\gamma_{M,fi}},$$

где R_{20} – 20 % квантиль сопротивления при обычной температуре без учета продолжительности действия нагрузки и влажности ($k_{mod} = 1$);

$\gamma_{M,fi} = 1,0$ – частный коэффициент безопасности древесины при пожаре.

Для шурупов под действием осевой нагрузки необходимо проверить следующие режимы разрушения при оценке несущей способности соединения под действием осевой нагрузки на винты с учетом следующих критериев:

- способность извлекаться ввинченной части шурупа;
- разрушения при растяжении винта.

Фактическая длина резьбовой части $l_{ef} = 93,05 \text{ мм}$.

Для соединения на шурупах:

$$6 \text{ мм} \leq d \leq 12 \text{ мм};$$

$$0,6 \leq d_1/d = 0,67 \leq 0,75,$$

где $d = 6,05$ мм наружный диаметр резьбы;
 $d_1 = 4,05$ мм внутренний диаметр резьбы.

Нормативная несущая способность на выдергивание составит:

$$F_{ax,k,Rk} = \frac{n_{ef} \cdot f_{ax,k} \cdot d \cdot l_{ef} \cdot k_d}{1,2 \cdot \cos^2 \alpha + \sin^2 \alpha} = \frac{24,5 \times 15,56 \times 6,05 \times 93,05 \times 0,756}{1,2 \times \cos^2 90 + \sin^2 90} = 162 \text{ кН},$$

где $f_{ax,k} = 0,52 \cdot d^{-0,5} \cdot l_{ef}^{-0,1} \cdot \rho_k^{0,8} = 0,52 \times 6,05^{-0,5} \times 93,05^{-0,1} \times 380^{0,8} = 15,56 \text{ Н/мм}^2$;

$$k_d = \min \left\{ \frac{d}{8} = \min \left\{ \frac{6,05}{8} = 0,756, \right. \right.$$

$F_{ax,\alpha,Rk}$ – нормативная несущая способность на выдергивание, действующая под углом α к волокнам, Н;

$f_{ax,k}$ – нормативная прочность на выдергивание перпендикулярно волокнам, Н/мм²;

n_{ef} – расчетное число винтов, определяемое по формуле:

$$n_{ef} = n^{0,9} = 35^{0,9} = 24,5,$$

n – число винтов, действующих вместе в соединении.

l_{ef} – длина резьбовой части, мм;

ρ_k – нормативная плотность, кг/м³;

$\alpha = 90^\circ$ – угол между осью винта и направлением волокон.

Нормативное сопротивление на растяжение соединения (срез головки или несущая способность на растяжение тела винта) $F_{t,Rk}$ определяется как:

$$F_{t,Rk} = n_{ef} \cdot f_{tens,k} = 24,5 \times 39,4 = 965,3 \text{ кН},$$

где $f_{tens,k}$ – нормативная прочность на растяжение шурупа (39,4 кН).

Анализ величин нормативного сопротивления показал, что нормативная несущая способность на выдергивание $F_{ax,k,Rk} = 162$ кН меньше нормативной несущей способности на растяжение соединения $F_{t,Rk} = 965,3$ кН и будет являться определяющей величиной.

С учетом наличия двух шурупов в соединении характеристическое значение сопротивления соединения составляет:

$$R_k = 2 \cdot F_{ax,k,Rk} = 2 \times 162 = 324 \text{ кН};$$

$$R_{20} = k_{fi} \cdot R_k = 1,05 \times 324 = 340,2 \text{ кН}$$

k_{fi} – коэффициент, принимаемый по Таблице 6.1 настоящего пособия;

R_k – характеристическое значение сопротивления соединения при обычной температуре без учета продолжительности действия нагрузки и влажности ($k_{mod} = 1$).

Расчетное значение сопротивления шурупов на 30-й минуте пожара равно:

$$R_{d,t,fi} = \eta \cdot \frac{R_{20}}{\gamma_{M,fi}} = 0,088 \times \frac{340,2}{1} = 29,9 \text{ кН};$$

$$N = 25 \text{ кН} < R_{d,t,fi} = 29,9 \text{ кН}.$$

Вывод: условие прочности выполняется, соединение обеспечивает предел огнестойкости 30 минут.

11 КОНСТРУИРОВАНИЕ

11.1 Расстояние между стойками стены и соединениями перекрытий не должно превышать 625 мм. Деревянные обшивки стен должны иметь минимальную толщину, определяемую по Формуле (7.1) СН РК EN 1995-1-2:2004/2011:

$$t_{p,min} = \max \begin{cases} \frac{l_p}{70}; \\ 8, \end{cases} \quad (11.1)$$

где $t_{p,min}$ – минимальная толщина панели, мм;

l_p – расстояние между панелями (расстояние в свету между элементами деревянного каркаса или обрешеткой), мм.

Характеристическая плотность древесных плит в сборе с однослойной деревянной обшивкой должна быть не менее 350 кг/м³ на каждой стороне.

11.2 Обшивки, защищающие деревянные конструкции, должны крепиться на деревянном каркасе или обрешетке. Для древесных плит и деревянных обшивок максимальное расстояние от кромок плит до крепежных изделий должно составлять: для гвоздей – 150 мм, для шурупов – 250 мм. Минимальная глубина защемления крепежных изделий должна составлять $8d$ – для несущих и $6d$ – для ненесущих деревянных панелей.

11.3 Расстояние по периметру между шурупами должно быть не более 200 мм, а в пределах плиты – не более 300 мм.

11.4 [7.1.2(5)] Торцевые части панелей должны быть плотно состыкованы с максимальной шириной зазора не более 1 мм. Они должны быть закреплены на деревянном каркасе или обрешетке не менее чем с двух противоположных краев.

11.5 [7.1.2(6)] Для многослойных панелей места стыков должны быть смещены не менее чем на 60 мм. Каждая плита должна быть закреплена отдельно.

11.6 [7.2(1)] Противопожарные деревянные обшивки или древесные плиты, защищающие балки и колонны, должны крепиться гвоздями или шурупами в соответствии с Рисунком 11.1. Обшивки должны крепиться непосредственно на строительной конструкции, а не на других обшивках. Для обшивок, состоящих из нескольких слоев, каждый слой должен крепиться по отдельности, а в местах стыков слои должны смещаться не менее чем на 60 мм. Расстояние между крепежными изделиями должно составлять не более чем 200 мм или $17h_p$ (толщины плиты), при этом

определяющим является наименьшее значение. Расстояние между крепежными изделиями должно быть не более $3h_p$ (толщины плиты) и не менее $1,5h_p$ или 15 мм, при этом определяющим является наименьшее значение.

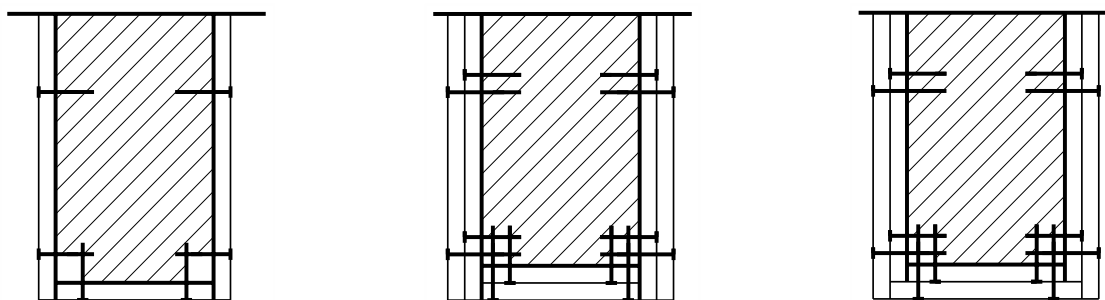


Рисунок 11.1 – Примеры крепления противопожарных обшивок к балкам или колоннам

11.7 На Рисунках 11.2–11.5 приведены примеры конструирования соединений деревянных строительных конструкций различными способами.

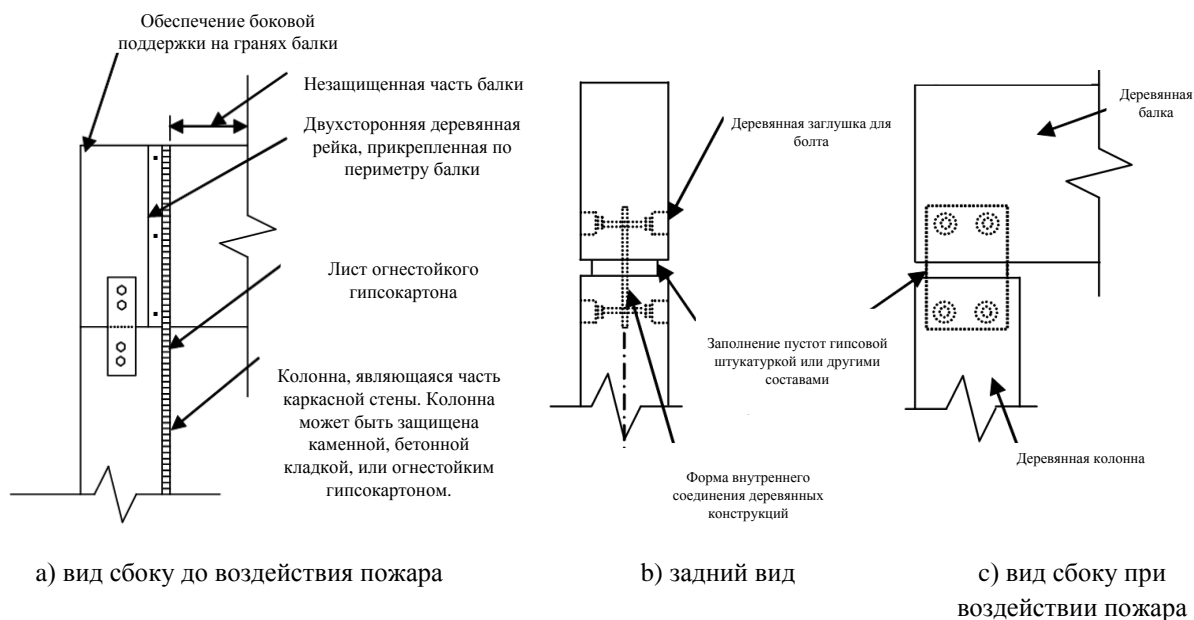


Рисунок 11.2 – Пример соединения деревянной балки с деревянной колонной

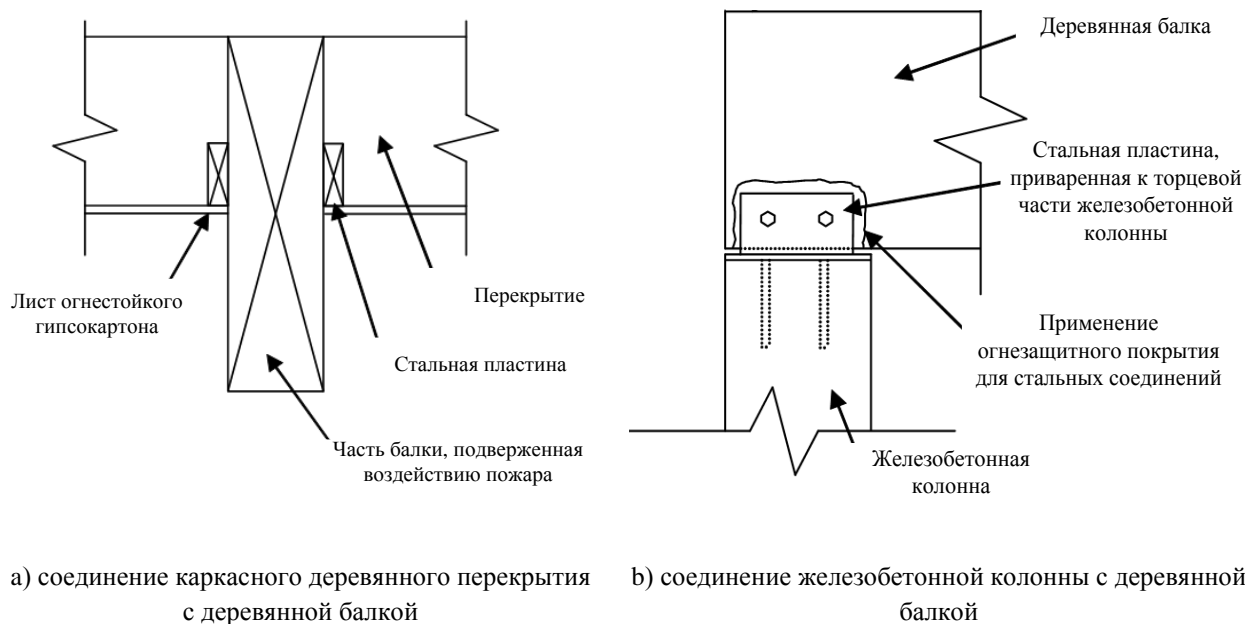


Рисунок 11.3 – Пример соединения деревянной балки с каркасным перекрытием и железобетонной колонной

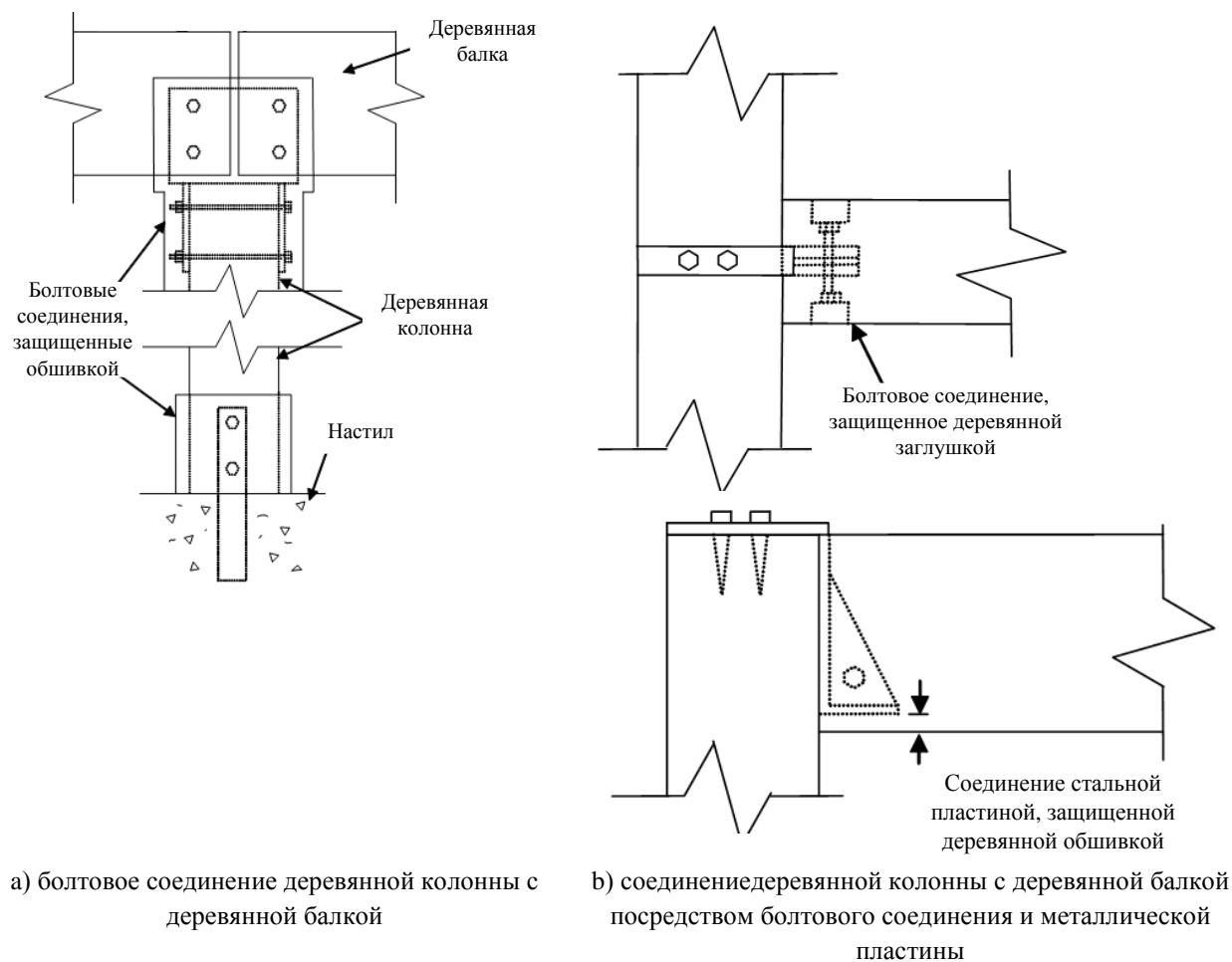


Рисунок 11.4 – Пример соединения деревянной балки с деревянной колонной

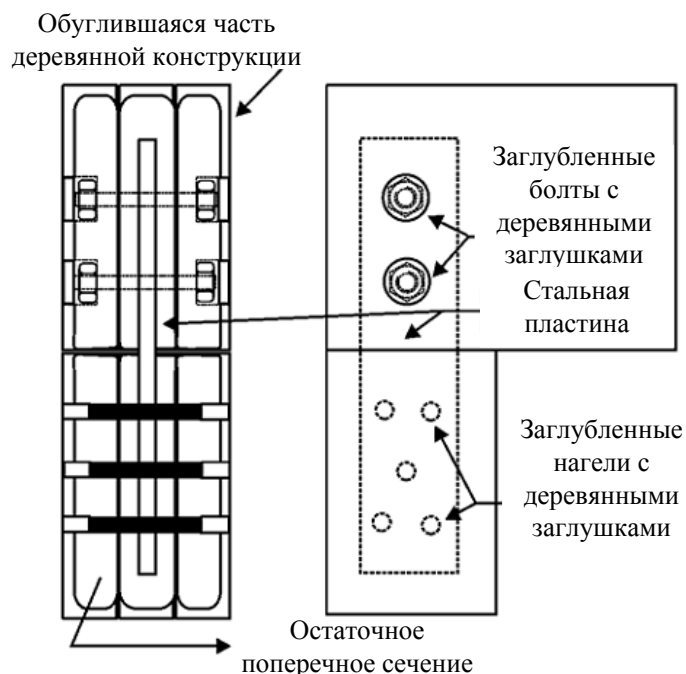


Рисунок 11.5 – Примеры защиты стальных соединений деревянными заглушками

12 ОГНЕВЫЕ ИСПЫТАНИЯ

12.1 Испытание деревянных конструкций

12.1.1 В настоящем разделе приведены результаты испытаний двух видов CLT-балок (балки из многослойной древесины с перекрестным расположением слоев), отличающихся друг от друга размером и составом слоев в соответствии с [5].

Первый вид балок имеет квадратное сечение размером 150×150 мм, состоит из 5 слоев. Слои между собой скреплены при помощи фенолформальдегидного клея в соответствии с EN 301. Внешний вид и размеры первого вида балок представлены на Рисунке 12.1.

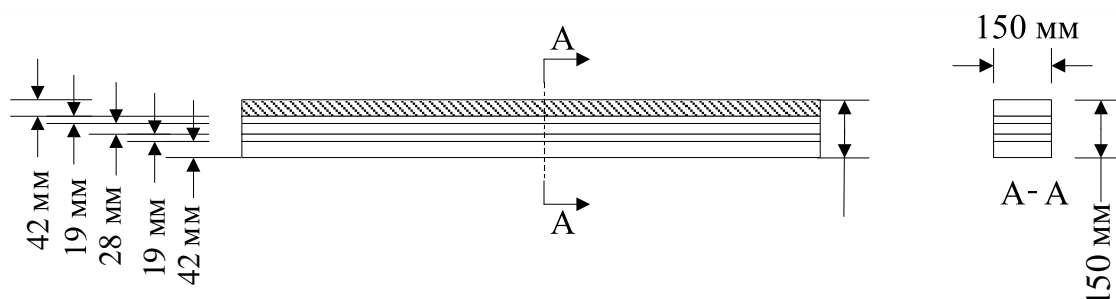


Рисунок 12.1 – Размеры слоев и поперечного сечения CLT-балок (вид 1)

Второй вид балок имеет прямоугольное сечение размером 95×150 мм, состоит также из 5 слоев, соединенных между собой при помощи фенолформальдегидного клея. Размер слоев и поперечного сечения приведен на Рисунке 12.2.

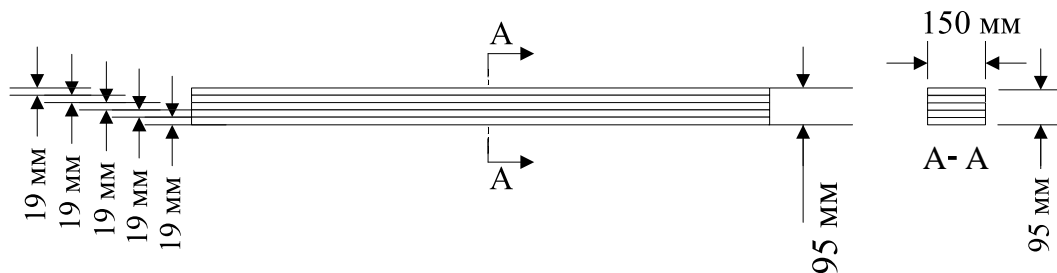


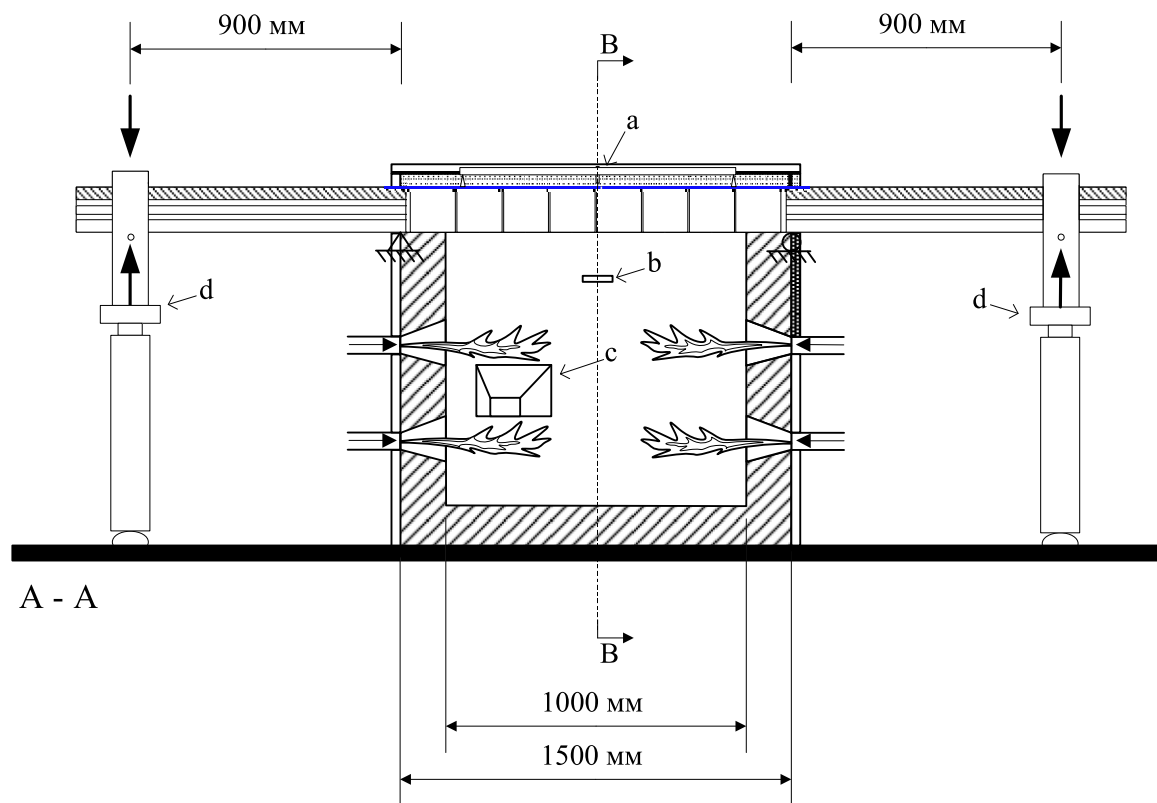
Рисунок 12.2 – Размеры слоев и поперечного сечения CLT-балок (вид 2)

12.1.2 Диапазон нагрузки на указанные балки составлял от 20 % до 40 % от фактической несущей способности. Выбор диапазона значений нагрузки характеризует наиболее актуальные нагрузки в реальной практике в соответствии с [6]. Длина участка балки, подверженной воздействию пожара в огневой печи, составляла 1,0 м. Схема испытательной установки приведена на Рисунке 12.3.

12.1.3 Результаты испытаний представлены в Таблице 12.1.

Таблица 12.1 – Результаты огневых испытаний CLT – балок различного вида

№ теста	Нагрузка	Предел огнестойкости, мин	Вид отказа
CLT – балки (вид 1)			
1	39 %	51,5	сдвиг
2	32 %	65,0	сдвиг
3	28 %	60,0	сдвиг
4	20 %	100,0	сдвиг
5	39 %	48,8	разрушение
6	34 %	68,3	разрушение
7	26 %	82,1	разрушение
8	20 %	90,2	разрушение
CLT – балки (вид 2)			
1	48 %	14,0	разрушение, сдвиг
2	37 %	49,0	разрушение тонких слоев
3	37 %	54,0	размягчение
4	35 %	50,0	разрушение в виду локального обугливания



а – устройство измерения деформаций; б – термометр; с – смотровое окно; д – устройство нагружения и измерения нагрузки

Рисунок 12.3 – Экспериментальная установка по испытанию CLT-балок

12.2 Испытание соединений

12.2.1 Ниже приведены испытания деревянных конструкций соединенных, посредством нагелей. Геометрические характеристики соединений представлены в Таблице 12.2.

Таблица 12.2 – Геометрические характеристики соединений древесины-древесина

№ теста	Тип соединения	Диаметр соединения, мм	Высота, мм	Толщина обшивки, мм	Толщина центральной конструкции, мм
А	древесина-древесина	16	254	84	160
В				64	112

12.2.2 Образцы для испытаний представляют LVL брус, к которым прикреплена обшивка четырьмя крепежными элементами в два ряда (три нагеля и один болт на каждый ряд). Несущая способность каждой конструкции составляет 269,4 кН и 267,9 кН соответственно. Методика проведения огневых испытаний предусматривала поэтапное нагружение соединений от 10 % до 40 % от их несущей способности.

12.2.3 Результаты испытаний приведены в Таблице 12.3.

Таблица 12.3 – Результаты испытаний соединительных элементов

№ теста	t_1 , мм	t_2 , мм	Нагрузка, кН	Коэффициент η	Время разрушения при огневом воздействии, мин
А	84	160	26,6	9,9 %	79
А			80,6	29,9 %	54
В	64	112	26,0	9,7 %	59
В			53,7	20,0 %	46
В			53,1	19,8 %	45
В			80,5	30,0 %	38
В			80,6	30,1 %	41

12.2.4 Приведенные в Таблице 12.3 экспериментальные данные свидетельствуют о том, что при уменьшении коэффициента расчетного уровня нагрузки при пожаре η предел огнестойкости рассматриваемых соединений может достигать более 60 минут.

Приложение А
(обязательное)

Характеристические значения прочности, жесткости и плотности древесины

**Таблица А.1 -Характеристические значения прочности, жесткости и плотности цельной древесины.
Классы прочности пиломатериалов**

		Тополь и древесина хвойных пород											Древесина лиственных пород						
		C14	C16	C18	C20	C22	C24	C27	C30	C35	C40	C45	C50	D30	D35	D40	D50	D60	D70
Показатели прочности, Н/мм²																			
Изгиб	$f_{m,k}$	14	16	18	20	22	24	27	30	35	40	45	50	30	35	40	50	60	70
Растяжение вдоль волокон	$f_{t,0,k}$	8	10	11	12	13	14	16	18	21	24	27	30	18	21	24	30	36	42
Растяжение поперек волокон	$f_{t,90,k}$	0,4	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,7	0,9
Сжатие вдоль волокон	$f_{c,0,k}$	16	17	18	19	20	21	22	23	25	26	27	29	23	25	26	29	32	34
Сжатие поперек волокон	$f_{c,90,k}$	2,0	2,2	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7	2,8	2,9	3,1	3,2	8,0	8,4	8,8	9,7	10,5	13,5
Сдвиг	$f_{v,k}$	1,7	1,8	2,0	2,2	2,4	2,5	2,8	3,0	3,4	3,8	3,8	3,8	3,0	3,4	3,8	4,6	5,3	6,0
Показатели жесткости, кН/мм²																			
Среднее значение модуля упругости вдоль волокон	$E_{0,mean}$	7	8	9	9,5	10	11	11,	12	13	14	15	16	10	10	11	14	17	20
5 %-ный квантиль модуля упругости вдоль волокон	$E_{0,0,5}$	4,7	5,4	6,0	6,4	6,7	7,4	8,0	8,0	8,7	9,4	10,0	10,7	8,0	8,7	9,4	11,8	14,3	16,8
Среднее значение модуля упругости поперек волокон	$E_{90,mean}$	0,23	0,27	0,30	0,32	0,33	0,37	0,38	0,40	0,43	0,47	0,50	0,53	0,64	0,69	0,75	0,93	1,13	1,33
Среднее значение модуля сдвига	G_{mean}	0,44	0,50	0,56	0,59	0,63	0,69	0,72	0,75	0,81	0,88	0,94	1,00	0,60	0,65	0,70	0,88	1,06	1,25
Плотность, кг/м³																			
Плотность	ρ_k	290	310	320	330	340	350	370	380	400	420	440	460	530	560	590	650	700	900
Среднее значение плотности	ρ_{mean}	350	370	380	390	410	420	450	460	480	500	520	550	640	670	700	780	840	1080
Примечание																			
1 Указанные выше значения прочности при растяжении, сжатии и сдвиге, 5%-ный квантиль модуля упругости, среднее значение модуля упругости поперек волокон и среднее значение модуля сдвига рассчитаны с применением формул, указанных в EN 338 (приложение А);																			
2 Табличные показатели распространяются на древесину с влажностью при температуре 20 °С и относительной влажности воздуха 65%.																			

**Таблица А.2 – Характеристические значения прочности, жесткости, Н/мм², и плотности, кг/м³
(для однородной многослойной клееной древесины)**

Класс прочности клееной древесины	GL 24h	GL 28h	GL 32 h	GL 36 h
Прочность при изгибе $f_{m,g,k}$	24	28	32	36
Прочность при растяжении $f_{t,0,g,k}$	16,5	19,5	22,5	26
$f_{t,90,g,k}$	0,4	0,45	0,5	0,6
Прочность при сжатии $f_{c,0,g,k}$	24	26,5	29	31
$f_{c,90,g,k}$	2,7	3,0	3,3	3,6
Прочность при скалывании $f_{v,g,k}$	2,7	3,2	3,8	4,3
Модуль упругости $E_{0,g,mean}$	11 600	12 600	13 700	14 700
$E_{0,g,05}$	9 400	10 200	11 100	11 900
$E_{90,g,mean}$	390	420	460	490
Модуль сдвига $G_{g,mean}$	720	780	850	910
Плотность $\rho_{g,k}$	380	410	430	450

Таблица А.3 – Характеристические значения прочности, жесткости, Н/мм², и плотности, кг/м³
(для комбинированной многослойной клееной древесины)

Класс прочности клееной древесины	GL24c	GL28c	GL 32c	GL 36c
Прочность при изгибе $f_{m,g,k}$	24	28	32	36
Прочность при растяжении $f_{t,0,g,k}$	14	16,5	19,5	22,5
$f_{t,90,g,k}$	0,35	0,4	0,45	0,5
Прочность при сжатии $f_{c,0,g,k}$	21	24	26,5	29
$f_{c,90,g,k}$	2,4	2,7	3,0	3,3
Прочность при скалывании $f_{v,g,k}$	2,2	2,7	3,2	3,8
Модуль упругости $E_{0,g,mean}$	11 600	12 600	13 700	14 700
$E_{0,g,05}$	9 400	10 200	11 100	11 900
$E_{90,g,mean}$	320	390	420	460
Модуль сдвига $G_{g,mean}$	590	720	780	850
Плотность $\rho_{g,k}$	350	380	410	430

БИБЛИОГРАФИЯ

[1] Качим, П., Франсен, Дж-М. Метод оценки скорости обугливания древесины в соответствии с Евркодом 5. / П. Качим, Дж-М. Франсен / Технологии противопожарной защиты №46 (2010). Издательство «Springer Science & Business Media». С.169–181.

[2] Пуркисс, Дж. А. Противопожарная инженерия. Проектирование конструкций / Дж.А. Пуркисс / Астонский университет гражданского строительства. Оxford, 1996. – 342 с.

[3] Ойгер, К. Проектирование деревянных каркасов с теплоизоляцией из стекловаты покрытых обшивкой из гипсокартона с учетом воздействия пожара / К. Ойгер / Диссертация на соискание ученой степени доктора инженерии. Таллин, 2010. – 160 с.

[4] Арикуин, К.Л. Скорость обугливания конструкций из цельной древесины при их проектировании с учетом воздействия пожара. Диссертация на соискание ученой степени доктора философии. NTNU. Трондхейм, 2010. – 138 с.

[5] Огнестойкость балок из многослойной древесины с перекрестным расположением слоев. / Научный отчет технологического института. 2009. – 79 с.

[6] Кониг, Дж. Шмид, Дж., Огнестойкость балок перекрытия. Технологии обработки древесины, Швеция, Австрия, 2007. – 93 с.

[7] Ла Планш, К., Дхима, Д., Рэйчер, П. Поведение нагельных соединений при пожаре: результаты огневых испытаний и моделирование теплопереноса. Доклады 8-й Международной конференции «Технологии строительства деревянных сооружений», WSTE 2004, Лахти, Финляндия. С. 335–340.

[8] Кониг, Дж. Односторонняя и условная скорости обугливания древесины. Материалы международной конференции рабочей комиссии по проектированию деревянных конструкций CIB W18, 2002, Киото, Япония. С. 35–16–1.

УДК 624.0

МКС 91.080.01

Ключевые слова: конструкции, пожар, огнестойкость, предельные состояния по огнестойкости, воздействия, теплотехнический расчет, температурный режим, пожарная нагрузка, глубина обугливания, скорость обугливания

ҚР НТҚ 05-01-2.1-2012

НТП РК 05-01-2.1-2012

Ресми басылым

**ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ ҰЛТТЫҚ ЭКОНОМИКА МИНИСТРЛІГІНІҢ
ҚҰРЫЛЫС, ТҰРҒЫН ҮЙ-КОММУНАЛДЫҚ ШАРУАШЫЛЫҚ ІСТЕРІ ЖӘНЕ
ЖЕР РЕСУРСТАРЫН БАСҚАРУ КОМИТЕТІ**

**Қазақстан Республикасының
НОРМАТИВТІК–ТЕХНИКАЛЫҚ ҚҰРАЛЫ**

ҚР НТҚ 05-01-2.1-2012

**АҒАШ КОНСТРУКЦИЯЛАРДЫ ЖОБАЛАУ. КОНСТРУКЦИЯЛАРДЫ ӨРТТІҢ
ӘСЕР ЕТУІНІҢ ЕСЕБІМЕН ЖОБАЛАУ**

Басылымға жауаптылар: «ҚазҚСҒЗИ» АҚ

050046, Алматы қаласы, Солодовников көшесі, 21

Тел./факс: +7 (727) 392-76-16 – қабылдау бөлмесі

Издание официальное

**КОМИТЕТ ПО ДЕЛАМ СТРОИТЕЛЬСТВА, ЖИЛИЩНО-КОММУНАЛЬНОГО
ХОЗЯЙСТВА И УПРАВЛЕНИЯ ЗЕМЕЛЬНЫМИ РЕСУРСАМИ МИНИСТЕРСТВА
НАЦИОНАЛЬНОЙ ЭКОНОМИКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН**

**НОРМАТИВНО–ТЕХНИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ
Республики Казахстан**

НТП РК 05-01-2.1-2012

**ПРОЕКТИРОВАНИЕ ДЕРЕВЯННЫХ КОНСТРУКЦИЙ. ЧАСТЬ. ОБЩИЕ
ПРАВИЛА ПРОЕКТИРОВАНИЯ КОНСТРУКЦИЙ С УЧЕТОМ ВОЗДЕЙСТВИЯ
ПОЖАРА**

Ответственные за выпуск: АО «КазНИИСА»

050046, г. Алматы, ул. Солодовникова, 21

Тел./факс: +7 (727) 392-76-16 – приемная