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

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

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

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

|  |
| --- |
|  |
| МИНОБРНАУКИ РОССИИ |
| Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  высшего образования**«МИРЭА** – **Российский технологический университет»****РТУ МИРЭА****Филиал РТУ МИРЭА в г. Ставрополе** |

 |

 |

 |

 |
|  |
|  |

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ**

**к практическим занятиям и самостоятельной работе**

**по дисциплине «Конструкции из дерева и пластмасс»**

для студентов направления подготовки 08.03.01 «Строительство»

Квалификация:бакалавр

Ставрополь

Методические указания составлены в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования для студентов направления подготовки 08.03.01. Строительство.

Составитель: к.т.н., доцент Рожков П.В.

**Содержание**

[Практическое занятие № 1. Расчет центрально растянутых элементов из цельной древесины 4](#_Toc477374916)

[Практическое занятие № 2. Расчет центрально сжатых элементов из цельной древесины 5](#_Toc477374917)

[Практическое занятие №3. Расчет изгибаемых элементов из цельной древесины 7](#_Toc477374918)

[Практическое занятие №4. Расчет изгибаемых элементов из клееной древесины 8](#_Toc477374919)

[Практическое занятие №5. Расчет внецентренно сжатых элементов из цельной древесины 11](#_Toc477374920)

[Практическое занятие №6. Расчет внецентренно растянутых элементов из цельной древесины 12](#_Toc477374921)

[Практическое занятие №7. Расчет изгибаемых элементов из цельной древесины на скалывание 14](#_Toc477374922)

[Практическое занятие №8. Расчет прогибов изгибаемых элементов из цельной древесины 15](#_Toc477374923)

[Практическое занятие № 9. Конструирование плиты с фанерными обшивками 16](#_Toc477374924)

[Практическое занятие № 10. Расчет несущей способности плиты с фанерными обшивками 18](#_Toc477374925)

[Практическое занятие № 11. Расчет прогибов плиты с фанерными обшивками 20](#_Toc477374926)

[Практическое занятие № 12. Сбор нагрузок на покрытие одноэтажного производственного здания 21](#_Toc477374927)

[Практическое занятие № 13.Статический расчет металлодеревянной фермы 22](#_Toc477374928)

[Практическое занятие № 14. Определение расчетных усилий в стержнях фермы 25](#_Toc477374929)

[Практическое занятие № 15. Конструирование опорного узла 28](#_Toc477374930)

[Практическое занятие № 16. Конструирование конькового узла 29](#_Toc477374931)

[Список рекомендуемой литературы](#_Toc477374932) 30

# **Практическое занятие № 1. Расчет центрально растянутых элементов из цельной древесины**

**Теоретическая часть**

На растяжение работают нижние пояса и отдельные раскосы ферм, затяжки арок и других сквозных конструкций. Растягивающее усилие *N* действует вдоль оси элемента и во всех точках его поперечного сечения возникают растягивающие напряжения *σ*, которые с достаточной точностью считаются одинаковыми по величине.

Древесина на растяжение работает почти упруго и показывает высокую прочность. Разрушение происходит хрупко в виде почти мгновенного разрыва. Стандартные образцы при испытаниях на растяжение имеют вид «восьмерки».

Как видно из диаграммы растяжения древесины без пороков, зависимость деформаций от напряжений близка к линейной, а прочность достигает 100 МПа.

Однако прочность реальной древесины при растяжении, учитывая ее значительные колебания, большое влияние пороков и длительности нагружения значительно ниже: для неклееной древесины I сорта *Rр*=10 МПа, для клееной древесины влияние пороков уменьшается, поэтому *Rр*=12 МПа. Прочность растянутых элементов в тех местах, где есть ослабления снижается в результате концентрации напряжений у их краев, т.е. вводится коэффициент условия работы *m0*=0,8. Тогда получается расчетное сопротивление *Rр*=8 МПа. Проверочный расчет растянутых элементов производится по формуле:

*σ*, (1)

где  – площадь рассматриваемого поперечного сечения, причем ослабления, расположенные на участке длиной 20 см. считаются совмещенными в одном сечении.

Для подбора сечений пользуются этой же формулой, но относительно искомой (требуемой) площади .

Пример 1

Проверить прочность нижней фанерной обшивки плиты на растяжение.

Исходные данные:

– максимальный упругий момент в середине пролета М = 3,717 кН·м;

– момент сопротивления приведенного сечения по нижней граниWниж = 1423,269 см³;

– расчетное сопротивление фанеры растяжению R= 8,4 МПа.

Нижнюю обшивку проверяем на растяжение:

 ≤ R;

 кПа = 2,612 МПа <R= 8,4 МПа.

Прочность фанерной обшивки на растяжение обеспечена.

**Задания к практическому занятию№1**

Задание 1

Проверить прочность нижней фанерной обшивки плиты на растяжение. Исходные данные взять из таблицы 1.

Таблица 1– Исходные данные для проверки фанерной обшивки плиты на растяжение

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Изгибающий момент в середине пролета, кНм | 3,4 | 3,6 | 3,8 | 4 | 9,6 |
| расчетное сопротивление фанеры растяжению, МПа | 8,2 | 8,5 | 8,4 | 8,6 | 9,1 |
| Момент сопротивления приведенного сечения по нижней грани, см³ | 1500 | 1600 | 1650 | 1700 | 1120 |

Задание 2.

Подобрать рациональные размеры поперечного сечения обшивки плиты.

**Вопросы для самостоятельной работы практическому занятию №1**

1. Какие элементы конструкций работают на растяжение?
2. Каков характер разрушения растянутых элементов из древесины?
3. Какой вид имеют стандартные образцы при испытаниях на растяжение?
4. Проанализируйте в результате чего снижается прочность растянутых элементов в тех местах, где есть ослабления?

# **Практическое занятие № 2. Расчет центрально сжатых элементов из цельной древесины**

**Теоретическая часть**

На сжатие работают стойки, подкосы, верхние пояса и отдельные стержни ферм. В сечениях элемента от сжимающего усилия *N,* действующего вдоль его оси, возникают почти одинаковые по величине сжимающие напряжения *σ*(эпюра прямоугольная).

Стандартные образцы при испытании на сжатие имеют вид прямоугольной призмы.

Древесина работает на сжатие надежно, но не вполне упруго. Примерно до половины предела прочности рост деформаций происходит по закону близкому к линейному, и древесина работает почти упруго. При росте нагрузки увеличение деформаций все более опережает рост напряжений, указывая на упруго-пластический характер работы древесины.

Разрушение образцов без пороков происходит при напряжениях, достигающих 44 МПа, пластично, в результате потери устойчивости ряда волокон, о чем свидетельствует характерная складка. Пороки меньше снижают прочность древесины, чем при растяжении, поэтому расчетное сопротивление реальной древесины при сжатии выше и составляет для древесины 1 сорта *Rс=*14÷16 МПа, а для 2 и 3 сортов эта величина немного ниже.

Расчет на прочность сжатых элементов производится по формуле:

*σ*, (2)

 где *Rс* – расчетное сопротивление сжатию;

N– расчетное значение продольной силы;

Fнт – площадь поперечного сечения нетто.

Пример 2

Проверить прочность центрально сжатого элемента при следующих исходных данных:

– расчетное значение продольной силы N = 720 кН;

–площадь поперечного сечения неттоFнт = 500 см2 = 0,05 м2;

– расчетное сопротивление древесины сжатию *Rс* = 13 МПа.

*σ*= $\frac{720}{0,05}$ = 14400 кН/м2 = 14,4 МПа.

σ = 14,4 МПа >*Rс* = 13 МПа.

 Прочность элемента на осевое сжатие не обеспечена. Необходимо увеличить размеры сечения.

**Задания к практическому занятию №2**

Задание 1

Проверить прочность стойки на осевое сжатие. Исходные данные взять из таблицы 2.

Таблица 2 – Исходные данные для проверки прочности стойки на осевое сжатие

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Расчетное значение продольной силы N, кН | 270 | 290 | 280 | 304 | 296 |
| Расчетное сопротивление древесины сжатию *Rс*,МПа | 13,0 | 14,0 | 15,4 | 15,8 | 12,1 |
| Площадь поперечного сечения неттоFнт, м2 | 0,038 | 0,040 | 0,05 | 0,055 | 0,06 |

Подобрать рациональные размеры поперечного сечения стойки из принятых условий прочности на сжатие.

**Вопросы для самостоятельной работы к практическому занятию №2**

1. Как работают сжатые элементы?
2. Какие деревянные элементы работают на сжатие?
3. Какой вид имеют стандартные образцы при испытании на сжатие?
4. Проанализируйте при каких напряжениях происходит разрушение сжатых образцов без пороков?

# **Практическое занятие №3. Расчет изгибаемых элементов из цельной древесины**

**Теоретическая часть**

В изгибаемых элементах от нагрузок, действующих поперек продольной оси, возникают изгибающие моменты *М* и поперечные силы *Q*, определяемые методами строительной механики. Например, в однопролетной балке пролетом *l* от равномерно-распределенной нагрузки *q* возникают изгибающие моменты  и поперечные силы .

От изгибающего момента в сечениях элемента возникают деформации и напряжения изгиба *σ*, которые состоят из сжатия в одной части сечения и растяжения в другой, в результате элемент изгибается.

Диаграмма как и для сжатия, примерно до половины, имеет линейное очертание, затем изгибается, показывая ускоренный рост прогибов.

=80 МПа – предел прочности чистой древесины на изгиб при кратковременных испытаниях. Разрушение образца начинается с появления складок в крайних сжатых волокнах и завершается разрывом крайних растянутых. Расчетное сопротивление изгибу по СНиП II-25-80 рекомендуется принимать таким же, как и при сжатии, т.е. для 1 сорта*Rи*=14 МПа – для элементов прямоугольного сечения высотой до 50 см. Брусья с размерами сечения 11 – 13 см при высоте сечения 11 – 50 см имеют меньше перерезанных волокон при распиловке, чем доски, поэтому их прочность повышается до *Rи*=15 МПа. Бревна диаметром свыше13 см при высоте сечения 13 – 50 см совсем не имеют перерезанных волокон, поэтому *Rи*=16 МПа.

Расчет изгибаемых элементов на прочность производится по формуле:

*σ=*, (3)

где *М* – максимальный изгибающий момент;

*Wрасч* – расчетный момент сопротивления поперечного сечения.

Для наиболее распространенного прямоугольного сечения

; . (4)

Подбор сечения изгибаемых элементов производится по этой же формуле, определяя , затем, задавая один из размеров сечения (*b* или *h*), находят другой размер.

Пример 3

Подобрать сечение изгибаемого элемента при следующих исходных данных:

– изгибающий момент М = 4,4 кН.м;

– предел прочности чистой древесины на изгиб= 13 МПа.

= =338 см3.

Задаемся шириной сечения b = 10 см. Требуемая высота сечения h = $\sqrt{6W/b}$ =$\sqrt{6\*338/10}$ = 14,3 см. Принимаем сечение10 х 15 см.

**Задания к практическому занятию №3**

Задание 1.

Проверить прочность сечения изгибаемого элемента. Исходные данные взять из таблицы 3.

Таблица 3 – Исходные данные для подбора сечения изгибаемого элемента

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Изгибающий момент, кН.м | 4,4 | 4,60 | 4,8 | 5,3 | 2,9 |
| Расчетное сопротивление древесины сжатию при изгибе, МПа | 13,9 | 14,6 | 15,4 | 15,8 | 12,8 |

Задание 2.

Подобрать сечение изгибаемого элемента.

**Вопросы для самостоятельной работы к практическому занятию №3**

1. Какие усилия возникают в изгибаемых элементах от нагрузок, действующих поперек продольной оси?
2. Какое очертание имеет диаграмма σ – ε при изгибе образца из древесины?
3. С чего начинается разрушение изгибаемого образца?
4. Проанализируйте в результате чего изгибается элемент при нагрузках, действующих поперек продольной оси?

# **Практическое занятие №4. Расчет изгибаемых элементов из клееной древесины**

**Теоретическая часть**

Клеевые, соединения являются наиболее прогрессивными видами соединений элементов деревянных конструкций заводского изготовления. Их основой являются конструкционные синтетические клеи. Эти соединения характеризуются рядом важных достоинств. Склеивание дает возможность из досок ограниченных сечений и длин изготовлять клееные элементы несущих конструкций любых размеров и форм. Они могут быть прямыми и изогнутыми, постоянного, переменного и профильного сечения, длиной, измеряемой десятками метров, и высотой, измеряемой метрами.

При склеивании имеется возможность использовать древесину маломерную и пониженного качества путем удаления значительных пороков с последующим стыкованием. Клеевые соединения являются безметалльными. Это оправдывает экономическую целесообразность применения склеива­ния и является причиной быстрого роста объемов производства клееных деревянных конструкций.

Клеевые соединения применяют для склеивания досок из хвойной древесины толщиной не более 50 мм и влажностью не выше 12%. При нарушении этих ограничений клеевые соединения могут разрушиться от усилий, возникающих в результате коробления досок при высыхании. По качеству древесины доски должны относиться к категориям, соответствующим условиям их работы в клееных элементах и значениям действующих в них напряжений. Доски до склеивания должны быть остроганы по плоскостям склеивания, на толщину до 3 мм для обеспечения их плотного контакта и получения прочного клеевого шва минимальной толщины с наименьшими непроклейками.

Клеевые швы должны иметь минимальную толщину, измеряемую долями миллиметров, и высокую прочность, превосходящую прочность древе­сины на сжатие и скалывание вдоль волокон. Прочность швов на растя­жение ввиду их хрупкости невелика и соответствует примерно прочности древесины на растяжение поперек волокон. Адгезионная и когезионная связи клеевых швов должны быть выше прочности дре­весины, и клеевые соединения должны разрушаться при нагружении выше предела прочности не по швам и граничным слоям, а по цельной древесине.

Клеевые стыки по их расположению и особенностям работы могут быть разделены на поперечные, продольные и угловые.

Поперечные стыкидосок служат для создания клееных элементов с поперечными сечениями требуемых размеров и форм и придания им изогнутой формы по длине. В их число входят стык по пластям, стык по кромкам и стык по пласти и кромке.

Стык по пластям представляет собой клеевое соединение досок пластями. Этот стык применяется для создания клееных*,* элементов требуемой высоты сечения и для обеспечения их изогнутой формы по длине, поскольку он препятствует распрямлению, изогнутых досок в клееном элементе. В изгибаемых и сжато-изгибаемых элементах стыки по пластям работают и рассчитываются на скалывание при изгибе по формуле

. (5)

В этой формуле коэффициент условий работы *тск = 0,6* учитыва­ет возможное возникновение непроклеек, уменьшающих расчетную ширину шва *b.*

Пример 4

Проверить на скалывание изгибаемый элементов из клееной древесины при следующих исходных данных:

– поперечная силаQ = 18,5 кН;

– статический момент скалываемой части сечения S = 0,00058 м3;

– момент инерции сечения I = 0,000118 м4;

– ширина сечения b = 0,13 м;

– коэффициент условий работы *тск = 0,6*;

–сопротивление скалыванию вдоль волокон приизгибе клееных элементов Rск = 1,6 МПа.

 МПа<Rск = 1,6 МПа.

Прочность на скалывание изгибаемого элемента из клееной древесины обеспечена.

**Задания к практическому занятию №4**

Задание 1

Проверить на скалывание изгибаемый элемент из клееной древесины. Исходные данные взять из таблицы 4.

Таблица 4 – Исходные данные для проверки на скалывание

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Поперечная сила,кН | 18,5 | 20,0 | 24,8 | 25,3 | 12,9 |
| Сопротивление скалыванию вдоль волокон при изгибе клееных элементов, МПа | 1,49 | 1,40 | 1,55 | 1,608 | 1,2 |
| Статический момент скалываемой части сечения, м3 | 0,00060 | 0,00049 | 0,00068 | 0,0007 | 0,00055 |
| Момент инерции сечения, м4 | 0,00012 | 0,00011 | 0,00014 | 0,00015 | 0,00013 |
| Ширина сечения, м | 0,13 | 0,12 | 0,14 | 0,15 | 0,11 |

**Вопросы для самостоятельной работы к практическому занятию №4**

1. Что является основой элементов из клееной древесины?
2. На какую толщину до склеивания должны быть остроганы доски по плоскостям склеивания, для обеспечения их плотного контакта?
3. Какие бывают клеевые стыки по их расположению и особенностям работы?
4. Проанализируйте как в расчетах учитывается возможное возникновение непроклеек.

# **Практическое занятие №5. Расчет внецентренно сжатых элементов из цельной древесины**

**Теоретическая часть**

Внецентренно сжатые элементы работают одновременно на сжатие и изгиб. Так работают, например, верхние сжатые пояса ферм, нагруженные дополнительно межузловой поперечной нагрузкой, а также при эксцентричном приложении сжимающей силы (внецентренно-сжатые элементы).

В сечениях сжато-изгибаемого элемента возникают равномерные напряжения сжатия от продольных сил *N* и напряжения сжатия и растяжения от изгибающего момента *М*, которые суммируются.

Искривление сжато-изгибаемого элемента поперечной нагрузкой приводит к появлению дополнительного изгибающего момента с с максимальным значением:

*МN=N·f*, (6)

где*f* – прогиб элемента.

Расчет на прочность сжато-изгибаемых элементов выполняют по формуле:

, (7)

где*Мд* – изгибающий момент по деформированной схеме от действия поперечных и продольных нагрузок.

Для шарнирно-опертых элементов при симметричных эпюрах изгибающих моментов синусоидального, параболического и близких к ним очертаний:

, (8)

где*М* – изгибающий момент в расчетном сечении без учета дополнительного момента от продольной силы;

*ξ* – коэффициент, изменяющийся от 1 до 0, учитывающий дополнительный момент от продольной силы вследствие прогиба элемента, определяемый по формуле:

, (9)

где*ψ*= 3000/λ2коэффициент продольного изгиба (коэффициент устойчивости) для сжатых элементов.

Внецентренно сжатые элементы должны быть также проверены на прочность и устойчивость только при сжатии продольной силой из плоскости действия изгибающего момента.

 Пример 5

Проверить прочность сжато-изгибаемого стержня из древесины второго сортаRc= 13 МПа. Стержень длиной l = 3,5 м и сечением bxh = 12,5 х 20 см не имеет ослаблений, и концы его закреплены шарнирно. На стержень от расчетных нагрузок действуют продольная сжимающая сила N = 80 кН и изгибающий момент М = 5 кН.м в направлении большего размера сечения.

Решение.

Площадь и момент сопротивления сечения A = bxh = 12,5 x 20 = 250 см2; W = bxh2 / 6 = 12,5 х 202 / 6 = 833 см3.

Расчетная длина l, радиус инерции r,гибкость λ и коэффициент устойчивости *ψ*:

l0 = l =350 см; r = 0,29 h = 0,29 х 20 = 5,8 см; λ = l0/r = 350/5,8 = = = 60,3 < 70; *ψ* = 3000/(60,3)2 = 0,825.

*ξ*  **=** 1 – 0,08/(0,825 х 13 х 0,025) =0,69.

Момент с учетом деформаций Мd = 0,005/0,69 = 0,0071МН, м.

Напряжение сжатия σ = 0,08/0,025 + 0,0071/(833 , 10-6) = 12,6 МПа <<<Rc= 13 МПа.Прочность сжато-изгибаемого элемента обеспечена.

**Задания к практическому занятию №5**

Задание 1.

Проверить прочность сжато-изгибаемого стержня из древесины. Исходные данные взять из таблицы 5.

Таблица 5 – Исходные данные для проверки прочности сжато-изгибаемого стержня

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Длина стержня, м | 3,0 | 2,8 | 3,5 | 3,8 | 4,0 |
| Сечение, см | 12,5 х 25 | 10 х 15 | 12,5 х 20 | 15 х 20 | 12,5 х 15 |
| Продольная сжимающая сила, кН | 80 | 75 | 75 | 78 | 65 |
| Изгибающий момент, кН.м | 5 | 5,2 | 5,4 | 6,0 | 5,8 |

**Вопросы для самостоятельной работы к практическому занятию №5**

1. Какие конструктивные элементы работают одновременно на сжатие и изгиб?
2. С чего начинается разрушение сжато-изгибаемого элемента?
3. Из древесины какого сорта рекомендуется изготавливать сжато-изгибаемые элементы?
4. От чего возникает дополнительный момент и как он учитывается в расчете?

# **Практическое занятие №6. Расчет внецентренно растянутых элементов из цельной древесины**

**Теоретическая часть**

 Растянуто-изгибаемые элементы работают одновременно на растяжение и изгиб. Так работают, например, растянутый нижний пояс фермы с межузловой нагрузкой; стержни, в которых растягивающие усилия действуют с эксцентриситетом относительно оси (такие элементы называют внецентренно-растянутыми). В сечениях растянуто-изгибаемого элемента от продольной растягивающей силы *N*возникают равномерные растягивающие напряжения, а от изгибающего момента *М* – напряжения изгиба. Эти напряжения суммируются, благодаря чему растягивающие напряжения увеличиваются, а сжимающие уменьшаются. Расчет растянуто-изгибаемых элементов производится по прочности с учетом всех ослаблений:

 *σ=*. (10)

Отношение *Rp/Ru* позволяет привести напряжения растяжения и изгиба к единому значению для сравнения их с расчетным сопротивлением растяжению. Прогиб определяется только от поперечной нагрузки. Изменение прогиба за счет влияния продольной силы не учитывается.

 Пример 6

Проверить прочность растянуто-изгибаемого стержня из древесины первого сортаRc= 14МПа. Стержень длиной l = 4,0 м и сечением bxh = 13х 15 см не имеет ослаблений, и концы его закреплены шарнирно. На стержень от расчетных нагрузок действуют продольная растягивающая сила N = 70 кН и изгибающий момент М = 4 кН.м в направлении большего размера сечения.

Решение

Расчетные сопротивления древесины первого сорта растяжению Rр = 10 МПа изгибу Rи =14 МПа. Площадь сечения А = 13 х15 =195 см2. Момент сопротивления W = 13 х 152/6 = 487 см3.

Напряжения растяжения

σ = 0,07/0,0195 + (0,004/487 х 10-6) х 10/14 =9,6 МПа < 14 МПа.

Прочность растянуто-изгибаемого стержня обеспечена.

**Задания к практическому занятию №6**

Задание 1

 Проверить прочность растянуто-изгибаемого стержня из древесины. Исходные данные взять из таблицы 6.

Таблица 6– Исходные данные для проверки прочности растянуто-изгибаемого стержня

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Длина стержня, м | 3,0 | 2,8 | 3,5 | 3,8 | 4,0 |
| Сечение, см | 12,5 х 25 | 10 х 15 | 12,5 х 20 | 15 х 20 | 12,5 х 15 |
| Продольная растягивающая сила, кН | 60 | 65 | 65 | 68 | 70 |
| Изгибающий момент, кН.м | 4 | 4,2 | 5,4 | 5,0 | 5,8 |

**Вопросы для самостоятельной работы к практическому занятию №6**

1. Какие конструктивные элементы работают одновременно на растяжение и изгиб?
2. Какие напряжения возникают в сечениях растянуто-изгибаемого элемента от продольной растягивающей силы *N*и от изгибающего момента *М*?
3. От каких внешних усилий определяется прогиб?
4. Каким методом производится подбор сечений растянуто-изгибаемых элементов?

# **Практическое занятие №7. Расчет изгибаемых элементов из цельной древесины на скалывание**

**Теоретическая часть**

Скалывание при изгибе возникает от парных сдвигающих силТ, действующих в противоположных направлениях.

Эти силы вызываются поперечными силами Qи по длине эле­мента изменяются аналогично. При действии равномерной нагрузки qв однопролетной шарнирно опертой балке поперечные силы достигают максимума у опор и имеют значение Q= ql/2. По высо­те сечения скалывающие напряжения τ распределяются неравно­мерно. Максимальное значение в прямоугольных сечениях они имеют на нейтральной оси в половине высоты сечения и снижа­ются до нуля у его кромок. По ширине сечения они не изменяются. Расчет изгибаемых элементов на скалывание при изгибе про­изводят на действие максимальных поперечных сил Q(МН) от расчетных нагрузок по формуле

τ= QS/(Ib)≤RCK, (11)

где S— статический момент скалываемой части сечения относи­тельно его нейтральной оси, м3; у прямоугольного сечения с раз­мерами bи hS = bh2/S; I = bh3/12 — момент инерции всего сече­ния, м4;RCK — расчетное сопротивление скалыванию; принима­ется максимальное RCK = 1,6 МПа.

 В большинстве цельных изгибаемых элементов напряжения скалывания к моменту их разрушения от изгиба далеко не достигают предела прочности при скалывании и расчетная проверка не требуется. Только при расчете очень коротких балок и больших сосредоточенных близ опор нагрузках такая проверка необходима.

Пример 7

Проверить прочность при скалывании древесины второго сорта изгибаемого элемента, в котором действует максимальная поперечная сила Q = 21кН. Элемент имеет размеры сечения 10 х 20 см.

Решение

Расчетное сопротивление скалыванию при изгибе Rск= 1,6 МПа. Статический момент S = 500 см3.. Момент инерции сечения I= 6667 см4.

Напряжение скалывания τ= QS/(Ib) = 0,021 . 500 . 10-6/ (6667 . 10-6 . 0,1) = 1,57 ≤RCK= 1,6 МПа.

Прочность при скалывании обеспечена.

**Задания к практическому занятию №7**

Задание 1

Проверить прочность при скалывании древесины второго сорта изгибаемого элемента. Исходные данные взять из таблицы 7.

Таблица 7 – Исходные данные для проверки прочности древесины при скалывании

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Поперечная сила, кН  | 23 | 28 | 35 | 38 | 40 |
| Сечение, см | 12,5 х 25 | 10 х 15 | 12,5 х 20 | 15 х 20 | 15 х 25 |

**Вопросы для самостоятельной работы к практическому занятию №7**

1. От каких сил возникает скалывание в изгибаемых элементах?
2. Как влияют пороки на прочность древесины при скалывании?
3. Как изменяются скалывающие напряжения по высоте?
4. Проанализируйте какой характер разрушения при скалывании имеет древесина?

# **Практическое занятие №8. Расчет прогибов изгибаемых элементов из цельной древесины**

**Теоретическая часть**

Прогиб изгибаемых элементов следует определять по моменту инерции брутто. Определяется относительный прогиб, значение которого не должно превышать предельного значения, регламентированного СП:

. (13)

Наибольший прогиб шарнирно-опертых изгибаемых элементов постоянного следует определять по формуле:

f**=**; (12)

где q– равномерно распределенная нагрузка;

l – пролет балки;

Е – модуль деформаций;

I– момент инерции сечения.

Пример 8

Проверить на прогиб однопролетную балку пролетом l = 3,3 м, загруженную равномерно распределенной нагрузкойq = 2,043 кН/м.

От равномерно распределенной нагрузки возникает прогиб, который не должен превышать предельного прогиба (12):

f**=**;

Модуль упругости древесины принимаем по СНиП

Е= 10000МПа.

I= 12404см4– момент инерции сечения.

f=м.

f – предельно допускаемый прогиб

f= = м.

f=0,0026 мf=0,01332 м.

 Прогиб меньше допускаемого; условие жесткости выполняется.

**Задания к практическому занятию №8**

Задание 1

Проверить на прогиб однопролетную балку. Исходные данные взять из таблицы 8.

Таблица 8– Исходные данные для проверки прочности древесины при скалывании

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  Равномерно распределенная нагрузка, кН/м | 2,3 | 2,8 | 3,5 | 3,8 | 4,0 |
| Сечение, см | 12,5 х 25 | 10 х 15 | 12,5 х 20 | 15 х 20 | 15 х 25 |
| Пролет балки, м | 3 | 3,5 | 3,6 | 3,8 | 4,0 |

Задание 2

Определить угол поворота на опорах однопролетной балки. Исходные данные взять из таблицы 8.

**Вопросы для самостоятельной работы к практическому занятию №8**

1. Как учитываются сдвиги и податливость соединений при определении прогибов?
2. Как принимается расчетная ширина обшивок плит при определении прогибов?
3. Как принимается жесткость сечения при определении прогибов клееных элементов из фанеры с древесиной?
4. Как изменяется изгибающий момент вследствие прогиба сжато-изгибаемых элементов?

# **Практическое занятие № 9. Конструирование плиты с фанерными обшивками**

**Теоретическая часть**

Плиты с фанерными обшивками собираются из крупноразмерных эле- ментов заводского изготовления. Они имеют длину 3–6 м. ширину 1–1,5м, соответствующую размерам фанерных листов, и укладываются непосредственно на основные несущие конструкции покрытий. Плиты состоят из дощатого настила и фанерных обшивок, соединенных клеем.

Плиты с фанерными обшивками выполняют функции настила и прогонов. Каркас плит состоит из продольных и поперечных досок-ребер толщиной не менее 2,5 см. Продольные – рабочие сплошные по длине ребра ставят на расстоянии не более 50см друг от друга из условия работы обшивок на изгиб от сосредоточенных нагрузок. Поперечные ребра жесткости устанавливают на расстоянии не более 1,5 м, как правило, в местах расположения стыков фанеры и прерывают в местах пересечений с продольными ребрами.

Высота ребра принимается в пределах 1/20 до 1/30 пролета, толщина ребра 40 – 60 мм.

Пример 9

Сконструировать плиту с фанерными обшивками при следующих исходных данных:

– пролет плиты l = 3,4 м;

– ширина плиты­b = 1 м.



Рисунок 1 – План и поперечный разрез плиты

Высота продольного ребра h = (1/20 ÷ 1/30) .3,4 = (0,17÷0,11) м. Принимаем h = 0,15 м; толщину ребра принимаем δ = 50 мм.

Конструктивная длина продольного ребра lк  = 3400 – 20 = 3380 мм.

Конструктивная ширина плиты 1000 -10 = 90 мм.

Длина поперечного ребра lп = (990 – 2.10 – 3 . 50)/2 = 410 мм.

План и поперечный разрез плиты показаны на рисунке 1.

**Задания к практическому занятию №9**

Задание 1

Сконструировать плиту с фанерными обшивками. Исходные данные взять из таблицы 9.

Таблица 9– Исходные данные для конструирования плиты с фанерными обшивками

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Пролет плиты, м | 3,3 | 3,8 | 3,5 | 5,8 | 4,0 |
| Ширина плиты, м | 1,0 | 1,0 | 1,5 | 1,5 | 1,5 |

**Вопросы для самостоятельной работы к практическому занятию №9**

1. В каких пределах принимается номинальная длина плиты?
2. В каких пределах принимается номинальная ширина плиты?
3. Как определяется высота продольного ребра плиты?
4. Как определяется расстояние между продольными ребрами?

# **Практическое занятие № 10. Расчет несущей способности плиты с фанерными обшивками**

**Теоретическая часть**

Геометрические характеристики расчетных сечений клеефанерных плит определяются с учетом того, что они имеют двутавровую форму. Момент инерции сечения равен сумме моментов инерции его частей, каждый из которых Ii = I0  + Аа2 , где I0 – собственный момент инерции; а – расстояние от его оси до нейтральной оси. При этом собственным моментом инерции фанерных обшивок ввиду его малости можно пренебречь.

Момент сопротивления сечения W = 2I/h. Статический момент обшивки относительно нейтральной оси S = bδ(h – δ/2).

Сечение клеефанерных плит можно подбирать методом пыток, причем задаваться сечениями, а затем производить необходимые проверки по прочности и по деформациям.

Верхнюю обшивку проверяют на сжатие и устойчивость при изгибе по формуле

σ = М/(φW) <Rфс, (14)

где Rфс = 12 МПа – расчетное сопротивление фанеры сжатию вдоль наружных волокон; φ – коэффициент устойчивости фанеры.

Проверку нижней обшивки на растяжение при изгибе производят по формуле

σ = М/(mфW) <Rфр, (15)

где mф = 0,6 – коэффициент, учитывающий ослабление сечения обшивки соединениями листов на ус; Rфр = 14 МПа – расчетное сопротивление фанеры растяжению вдоль наружных волокон.

Пример 10

Произвести расчет несущей способности плиты с фанерными обшивками при следующих исходных данных: максимальный упругий момент в середине пролетаМ = 3,717 кН·м; момент сопротивления приведенного сечения по нижней граниWниж = 1423,269 см³; момент сопротивления по верхней граниWверх = 1593,293 см³; равномерно распределенная нагрузка на плиту q= 2,043 кН/м; коэффициент устойчивости фанеры φ = 0,564.

Проверяем верхнюю обшивку на сжатие и устойчивость при изгибе

σ = М/(φW) =  кПа = 13,169 МПа <R= 16 МПа.

Нижнюю обшивку проверяем на растяжение

 =  кПа = 2,612 МПа <R= 8,4 МПа.

Прочность верхней и нижней обшивок обеспечивается.

**Задания к практическому занятию №10**

Задание 1

Произвести расчет несущей способности плиты с фанерными обшивками. Исходные данные взять из таблицы 10.

Задание 2

Произвести расчет жесткости сконструированной плиты в задании 1.

Таблица 10 – Исходные данные для конструирования плиты с фанерными обшивками

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Пролет плиты,м | 3,3 | 3,8 | 3,5 | 5,8 | 4,0 |
| Максимальный упругий момент в середине пролета, кН·м | 3,7 | 4,0 | 4,5 | 5,05 | 2,5 |
| Момент сопротивления приведенного сечения по нижней грани, см³ | 1400 | 1450 | 1300 | 1500 | 1470 |
| Момент сопротивления приведенного сечения по верхней грани, см³ | 1470 | 1550 | 1400 | 1560 | 1520 |
| Равномерно распределенная нагрузка на плиту, кН/м | 2,04 | 2,1 | 2,6 | 3,2 | 3,4 |
| Коэффициент устойчивости фанеры | 0,56 | 0,60 | 0,62 | 0,64 | 0,58 |

**Вопросы для самостоятельной работы к практическому занятию №10**

1. Как определяется момент инерции поперечного сечения плиты?
2. Как определяется момент сопротивления поперечного сечения плиты?
3. Как определяется статический момент обшивки относительно нейтральной оси?
4. Как производится проверка плиты на прогиб?

# **Практическое занятие № 11. Расчет прогибов плиты с фанерными обшивками**

**Теоретическая часть**

Проверку плит по прогибам производят по общей формуле для определения прогибов свободно опертых балок с учетом модуля упругости фанерыf**=.**  Пониженная жесткость сечения плит учитывается коэффициентом 0,7. Относительный прогиб от нормативных нагрузок не должен превышать 1/250 пролета.

Пример 10

Проверка на прогиб. От равномерно распределенной нагрузки возникает прогиб, который не должен превышать предельного прогиба (12):

f**=**.

Исходные данные: равномерно распределенная нагрузка –q=2,043кН/м; расчетный пролет плиты – l = 3,3 м; модуль упругости фанеры – Е= 10000МПа; момент инерции приведенного сечения – Ired= 12404см4.

f=м;

f – предельно допускаемый прогиб:

f=;

f=м;

0,0026 м 0,01332 м – условие выполняется.

**Задания к практическому занятию № 11**

Задание 1

Проверить прогиб плиты с фанерными обшивками. Исходные данные взять из таблицы 11.

Таблица 11 – Исходные данные для расчета на прогиб плиты с фанерными обшивками

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Пролет плиты,м | 3,3 | 3,8 | 3,5 | 5,8 | 4,0 |
| Равномерно распределенная нагрузка на плиту, кН/м | 2,04 | 2,1 | 2,6 | 3,2 | 3,4 |
| Момент инерции приведенного сечения Ired =12404см4 | 12404 | 11005 | 13006 | 12888 | 12000 |

**Вопросы для самостоятельной работы к практическому занятию № 11**

1. Как учитывается пониженная жесткость сечения плит?
2. Как производится проверка плиты на прогиб?
3. По каким формулам производят проверку плит по прогибам?
4. Чему равен предельный относительный прогиб плиты?

# **Практическое занятие № 12. Сбор нагрузок на покрытие одноэтажного производственного здания**

**Теоретическая часть**

На покрытие действуют постоянные и временные нагрузки. Постоянные нагрузки:

– собственный вес плиты;

– вес кровельного покрытия;

– вес утеплителя.

Временные нагрузки:

– снеговая.

Нормативные значения нагрузок от собственного веса плиты, кровельного покрытия и утеплителя определяются по проектным данным; от снеговой нагрузки – по нормативным документам.

Расчетные нагрузки получают умножением нормативных на коэффициенты надежности по нагрузке.

Пример 12

Собрать нагрузки на один м2 покрытия при следующих исходных данных: план и поперечное сечение плиты покрытия со всеми необходимыми размерами представлены на рисунке 1 (Практическое занятие № 9); район строительства – г. Оренбург.

Сбор нагрузок на покрытие представлен в таблице 12.1

Таблица 12.1 – Сбор нагрузок на покрытие

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| НаименованиеНагрузок | Нормативная,кН/м2 | Коэффициентнадежности по нагрузке γf | РасчетнаякН/м2 |
| Постоянная |
| 1.Гидроизоляционный ковер – рубероид | 0,1 | 1,3 | 0,13 |
| 2. Обшивки фанерные δ = 15 мм, ρ = 500кг/м³ | 0,075 | 1,1 | 0,0825 |
| 3. Ребра деревянные | 0,151 | 1,1 | 0,166 |
| 4. Утеплитель | 0,037 | 1,2 | 0,044 |
| Итого | 0,363 |  | 0,423 |
| Временная |
| Снеговая | 1,68 | 1/0,7 | 2,4 |
| Всего | 2,043 |  | 2,823 |

**Задания к практическому занятию № 12**

Задание 1

Собрать нагрузки на один м2 покрытия. Исходные данные взять из таблицы 12.2.

Таблица 12.2 – Исходные данные для сбора нагрузок на покрытие обшивками

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Пролет плиты,м | 3,3 | 3,8 | 3,5 | 5,8 | 4,0 |
| Равномерно распределенная нагрузка на от веса утеплителя, кН/м2 | 0,04 | 0,03 | 0,0356 | 0,032 | 0,034 |
| Район строительства, г. | Ставрополь | Калуга | Челябинск | Ярославль | Тюмень |

**Вопросы для самостоятельной работы к практическому занятию № 12**

1. Как определяются нормативные нагрузки от собственного веса конструкций?
2. Как определяются нормативные нагрузки от веса снегового покрова?
3. Как производится переход от нормативных нагрузок к расчетным?
4. Что учитывает коэффициент надежности по нагрузке?

# **Практическое занятие № 13. Статический расчет**

# **металлодеревянной фермы**

**Теоретическая часть**

Статический расчет заключается в определении усилий, действующих в стержнях фермы от всех расчетных нагрузок и их сочетаний. Продольные силы N определяют во всех стержнях фермы. Для этого распределенные нагрузки, действующие в верхнем поясе, условно считаются сосредоточенными в его узлах. Затем определяют продольные усилия построением диаграммы Максвелла-Кремоны.

Продольные силы в стержнях симметричных ферм можно определять только в одной половине фермы. Усилия от нагрузки в другой половине фермы будут равны усилиям в стержнях незагруженной половины фермы. Продольные силы от равномерно распределенной снеговой нагрузки на всем пролете фермы определяют как сумму сил от нагрузок на полупролетах.

В верхних поясах всех ферм действуют только сжимающие силы, в нижних поясах – растягивающие. В решетке сегментных и многоугольных ферм могут возникать как сжимающие, так и растягивающие усилия при односторонних снеговых нагрузках.

Пример 13

Произвести статический расчет металлодеревянной фермы при следующих исходных данных:

расчетная схема фермы представлена на рисунке 13.1;

узловые нагрузки:

постояннаяPg = g·n= 1,94·5 = 9,74 кН;

снеговая Pсн = p·n = 3,456·5 = 17,28 кН;

где n = 5 м – длина панели фермы.

Продольные усилия в стержнях фермы определяем построением диаграммы Максвелла-Кремоны от единичных нагрузок с последующим умножением полученных усилий на фактические постоянную и снеговую нагрузки: Pg и Pсн. Результаты расчёта сводим в таблицу 13.1.

Таблица 13.1 – Усилия в стержнях фермы

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | Обо-значе-ние | Усилия от Р = 1 | Усилия от нагрузок, кН. |
| слева | справа | полной | Pg=12,19 | снеговой Pcн=39,07 |
| слева | справа | полной |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 |
| верхний пояс | В1-3 | -1,87 | -0,95 | -2,82 | -34,38 | -73,06 | -37,12 | -110,18 |
| В2-4 | -1,87 | -0,95 | -2,82 | -34,38 | -73,06 | -37,12 | -110,18 |
| нижний пояс | Н-2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Н-5 | 1,56 | 1,56 | 3,12 | 38,04 | 60,95 | 60,95 | 121,89 |
| раскосы | 2-3 | 2,07 | 1,03 | 3,1 | 37,80 | 80,87 | 40,24 | 121,12 |
| 4-5 | 0,34 | -0,78 | -0,44 | -5,36 | 13,28 | -30,47 | -17,19 |
| Стойки | 1-2 | -1,5 | -0,5 | -2 | -24,39 | -58,61 | -19,54 | -78,14 |
| 3-4 | -1 | 0 | -1 | -12,19 | -39,07 | 0 | -39,07 |

**Задания к практическому занятию №13**

Задание 1

Произвести статический расчет металлодеревянной фермы. Исходные данные взять из таблицы 13.2.

Таблица 13.2 – Исходные данные для статического расчета металлодеревянной фермы

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Пролет фермы,м | 20 | 22 | 24 | 18 | 19 |
| Узловая постоянная нагрузка, кН | 12 | 13 | 15 | 16 | 18 |
| Узловая снеговая нагрузка, кН | 32 | 35 | 36 | 38 | 40 |

Задание 2

Произвести кинематический анализ металлодеревянной фермы.



Рисунок 13.1 – Диаграмма усилий

**Вопросы для самостоятельной работы к практическому занятию №13**

1. В чем заключается статический расчет фермы?
2. Как определяется узловая нагрузка на ферму?
3. Проанализируйте почему усилия в стержнях фермы определяют при загружении только половины пролета?
4. Проанализируйте почему усилия в стержнях фермы определяются предварительно от единичных нагрузок?

# **Практическое занятие № 14. Определение расчетных усилий**

# **в стержнях фермы**

**Теоретическая часть**

По результатам статического расчета определяют расчетные усилия в стержнях ферм. Расчетные усилия получают в результате анализа вычисленных усилий от различных нагрузок. Комбинации нагрузок дают максимальные и минимальные усилия, которые и принимают за расчетные.

В верхних поясах всех ферм действуют только сжимающие силы, в нижних поясах – растягивающие. В решетке сегментных и многоугольных ферм могут возникать как сжимающие, так и растягивающие усилия при односторонних снеговых нагрузках. Поэтому в элементах решетки расчетные усилия могут быть положительными и отрицательными.

Пример 14

Усилия, вычисленные от различных нагрузок, представлены в таблице 14.1.

Таблица 14.1 – Вычисленные усилия в стержнях фермы

|  |  |
| --- | --- |
|  | Усилия от нагрузок, кН. |
| Pg=12,19 | снеговой Pcн=39,07 |
| слева | справа | полной |
| верхний пояс | -34,38 | -73,06 | -37,12 | -110,18 |
| -34,38 | -73,06 | -37,12 | -110,18 |
| нижний пояс | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 38,04 | 60,95 | 60,95 | 121,89 |
| раскосы | 37,80 | 80,87 | 40,24 | 121,12 |
| -5,36 | 13,28 | -30,47 | -17,19 |
| стойки | -24,39 | -58,61 | -19,54 | -78,14 |
| -12,19 | -39,07 | 0 | -39,07 |

Определяем максимальные и минимальные значения усилий для каждого элемента, перебирая различные комбинации усилий. При этом постоянная нагрузка включается во все комбинации усилий. Расчетные значения усилий приведены в таблице 14.2.

Таблица 14.2 – Расчетные усилия

|  |
| --- |
| Расчетные усилия |
| Растяжение+ | Сжатие- |
|
| 1 | 2 |
| - | -144,56 |
| - | -144,56 |
| 0 | 0 |
| 159,93 | - |
| 158,92 | - |
| 7,92 | -35,83 |
| - | -102,53 |
| - | -51,26 |

**Задания к практическому занятию №14**

Задание 1.

Определить расчетные усилия в стержнях фермы. Исходные данные взять из таблицы 14.3.

Таблица 14.3 – Исходные данные для определения расчетных усилий

|  |
| --- |
| Вариант 1 |
| Элемент | Обозначение | Усилия от Р=1 | Усилия от нагрузок, кН. | Расчетные усилия |
| слева | справа | полной | Pg=12,25 | снеговой Pcн=35,91 | растяжение+ | сжатие |
| слева | справа | полной |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
| верхний пояс | В1-3 | -1,87 | -0,94 | -2,81 | -27,704 | -33,576 | -16,878 | -50,454 |  |  |
| В2-4 | -1,87 | -0,94 | -2,81 | -27,704 | -33,576 | -16,878 | -50,454 |  |  |
| нижний пояс | Н-2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |  |  |
| Н-5 | 1,56 | 1,56 | 3,12 | 30,76 | 28,01 | 2,801 | 56,0196 |  |  |
| раскосы | 2-3 | 2,04 | 1 | 3,04 | 29,9713 | 36,628 | 17,955 | 54,583 |  |  |
| 4-5 | 0,38 | -0,74 | -0,36 | -3,5492 | 6,823 | -13,287 | -6,464 |  |  |
| стойки | 1-2 | -1,5 | -0,5 | -2 | -19,718 | -26,933 | -8,978 | -35,91 |  |  |
| 3-4 | -1 | 0 | -1 | -9,859 | -17,955 | 0 | -17,955 |  |  |
| Вариант 2 |
| Элемент | Обозначение | Усилия от Р=1 | Усилия от нагрузок, кН. | Расчетные усилия |
| слева | справа | Полной | Pg=13,23 | снеговой Pcн=28,9 | растяжение «+»+ | сжатие«-» |
| слева | справа | полной |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
| верхний пояс | В1-3 | -1,8 | -0,9 | -2,7 | -35,7 | -52,02 | -26,01 | -78,03 |  |  |
| В2-4 | -1,8 | -0,9 | -2,7 | -35,7 | -52,02 | -26,01 | -78,03 |  |  |
| нижний пояс | Н-2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |  |  |
| Н-5 | 1,525 | 1,525 | 3,05 | 40 | 44,1 | 44,1 | 88,15 |  |  |
| раскосы | 2-3 | 1,98 | 1 | 2,98 | 39 | 57,22 | 28,9 | 86,12 |  |  |
| 4-5 | 0,31 | -0,76 | -0,45 | -5,95 | 8,96 | -21,96 | -13 |  |  |
| стойки | 1-2 | -1,5 | -0,5 | -2 | -26,46 | -43,35 | -14,45 | -57,8 |  |  |
| 3-4 | -1 | 0 | -1 | -13,23 | -28,9 | 0 | -28,9 |  |  |
| Вариант 3 |
| Элемент | Обозначение | Усилия от Р=1 | Усилия от нагрузок, кН. | Расчетные усилия |
| слева | справа | полной | Pg=9,73 | снеговой Pcн=17,82 | растяжение «+»+ | сжатие«-» |
| слева | справа | Полной |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
| верхний пояс | В1-3 | -1,8 | -0,9 | -2,7 | -26,27 | -32,08 | -16,04 | -48,12 |  |  |
| В2-4 | -1,8 | -0,9 | -2,7 | -26,27 | -32,08 | -16,04 | -48,12 |  |  |
| нижний пояс | Н-2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |  |  |
| Н-5 | 1,5 | 1,5 | 3,00 | 29,19 | 26,73 | 26,73 | 53,46 |  |  |
| раскосы | 2-3 | 1,95 | 1 | 2,95 | 28,7 | 34,75 | 17,82 | 52,57 |  |  |
| 4-5 | 0,325 | -0,75 | -0,425 | -4,14 | 5,79 | -13,37 | -7,58 |  |  |
| стойки | 1-2 | -1,5 | -0,5 | -2 | -19,46 | -26,73 | -8,91 | -35,64 |  |  |
| 3-4 | -1 | 0 | -1 | -9,73 | -17,82 | 0 | -17,82 |  |  |
| Вариант 4 |
| Элемент | Обо-значе- ние | Усилия от Р = 1 | Усилия от нагрузок, кН. | Расчетные усилия |
| слева | справа | полной | Pg=10,8  | снеговой Pcн = 29,925  | Растя-же-ние+ | сжа- тие- |
| слева | справа | полной |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 |
| верхний пояс | В1-3 | -1,82 | -0,89 | -2,71 | -29,27 | -54,46 | -26,63 | -81,09 |  |  |
| В2-4 | -1,82 | -0,89 | -2,71 | -29,27 | -54,46 | -26,63 | -81,09 |  |  |
| нижний пояс | Н-2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |  |  |
| Н-5 | 1,52 | 1,52 | 3,04 | 32,83 | 45,49 | 45,49 | 90,98 |  |  |
| раскосы | 2-3 | 1,98 | 0,97 | 2,95 | 31,86 | 59,25 | 29,03 | 88,28 |  |  |
| 4-5 | 0,35 | -0,75 | -0,4 | -4,32 | 10,47 | -22,44 | -11,97 |  |  |
| стойки | 1-2 | -1,5 | -0,5 | -2 | -21,6 | -44,89 | -14,96 | -59,85 |  |  |
| 3-4 | -1 | 0 | -1 | -10,8 | -29,925 | 0 | -29,925 |  |  |

Задание 2

Выполнить проверку расчетные усилия в стержнях фермы по методу Риттера.

**Вопросы для самостоятельной работы к практическому занятию №14**

1. Какие нагрузки входят в первое основное сочетание нагрузок?
2. Какие нагрузки входят во второе основное сочетание нагрузок?
3. Какие нагрузки входят в особое сочетание нагрузок?
4. Какая нагрузка всегда учитывается в сочетаниях нагрузок?

# **Практическое занятие № 15. Конструирование опорного узла**

**Теоретическая часть**

Опорный узел пятиугольной фермы решается с помощью стального башмака более простой конструкции, так как в нем соединяется деревянная стойка и опорный стержень нижнего пояса, в котором не действует продольная сила.

Опорный узел треугольной фермы с нисходящими раскосами решается с учетом того, что в стержнях решетки треугольных ферм действуют значительно большие усилия, чем в решетке сегментных. В треугольных фермах сжатые раскосы крепятся лобовыми упорами в полке стальных уголковых коротышей, приваренных к полкам уголков нижнего пояса, и закрепляются стальными накладками и ботами.

Опорный узел брусчатой треугольной фермы выполняют в виде лобовой врубки.В концевой части бруса нижнего пояса вырезают треугольное гнездо, в которое вводят нижнюю частьторца бруса верхнего пояса – «зуб», упирающийся в рабочую площадь гнезда. Глубина врубки должна быть не более 1/3 высоты сечения нижнего бруса, а расстояние от ее вершины до конца нижнего бруса – не менее 1,5 высоты его сечения для получения достаточных площадей растяжения и скалывания. Врубка должна быть центрирована по осям опоры, верхнего пояса и ослабленного врубкой сечения нижнего пояса, чтобы в этом сечении не возникло кроме растягивающих усилий еще изгибающих моментов.

Пример 15

Сконструировать опорный узел треугольной дощатой фермы с двойными поясами.

Решение.

Опорный узел устраивается с помощью дощатых накладок, прокладок и болтов. Доски решетки вводят в зазоры между досками поясов и крепят болтами.

**Задания к практическому занятию №15**

Сконструировать опорный узел:

– треугольной дощатой фермы из одиночных досок;

– многоугольной брусчатой фермы;

– цельнодеревянной фермы;

– клеедеревянной фермы.

**Вопросы для самостоятельной работы к практическому занятию №15**

1. Почему для изготовления узлов ферм требуется меньше материалов, чем для изготовления узлов арок и рам?
2. Какой основной недостаток узлов деревянных ферм?
3. Какое соединение деревянных конструкций в узлах являются наиболее надежными?
4. Как решается опорный узел треугольной фермы с нисходящими раскосами?

# **Практическое занятие № 16. Конструирование конькового узла**

**Теоретическая часть**

Коньковый узел сегментных клеедеревянных ферм решается с помощью двусторонних клеедеревянных накладок, стальных диафрагм и болтов. В узле ферм небольших пролетов раскосы решетки крепятся стальными накладками к болту, пропущенному через центр узла. В узле ферм больших пролетов эти накладки крепятся к стальной диафрагме швелерообразного профиля со стержнями с нарезкой и гайками, приваренными к ее оси.

Узлы треугольных и пятиугольных брусчатых ферм со стальными или деревянными поясами решаются с применением стальных креплений, лобовых упоров, лобовых врубок, болтовых и сварных соединений.

Пример 16

Сконструировать коньковый узел треугольной дощатой фермы из одиночных досок.

Решение

Коньковый узел треугольной дощатой фермы из одиночных досок решается с применением стальных зубчатых пластин. Стержни фермы имеют однодощатые сечения одинаковой толщины и находятся в одной плоскости. Узел соединяется двумя зубчатыми пластинами, зубья которых впрессовываются с обеих сторон.

**Задания к практическому занятию №16**

Сконструировать коньковый узел:

– треугольной дощатой фермы из одиночных досок;

– многоугольной брусчатой фермы;

– цельнодеревянной фермы;

– клеедеревянной фермы.

**Вопросы для самостоятельной работы к практическому занятию №16**

1. С помощью какого крепления решается коньковый узел треугольной клеедеревянной фермы?
2. Как решается коньковый узел клеедеревянной фермы с восходяшими раскосами?
3. Как выполняют коньковый узел брусчатой деревянной фермы?
4. Как решается коньковый узел сегментных ферм?

**Список рекомендуемой литературы**

**Список основной литературы**

1.Дукарский Ю. М. Инженерные конструкции. Металлические конструкции и конструкции из древесины и пластмасс: учебник / Ю.М. Дукарский, Ф.В. Расс, О.В. Мареева. – 4-е изд., перераб. и доп. – М: ИНФРА-М, 2019. – 262 с. Текст: электронный. - URL: https://znanium.com/catalog/product/1019762

2. Запруднов В. И. Конструкции деревянных зданий: учебник / В. И. Запруднов, В. В. Стриженко. - М: ИНФРА-М, 2019. - 304 с. - Текст: электронный. - URL: https://znanium.com/catalog/product/953490

**Дополнительная литература**

1. Архитектурные конструкции и теория конструирования: малоэтажные жилые здания/ Коновалов В.П., Трушин С..И., Кузнецова Е.Н., Сысоева Е.В. – М.: НИЦ ИНФРА-М, 2016. Режим доступа: http://znanium.com/catalog/product/522650

2. Мунчак Л. А. Конструкции малоэтажных зданий: учебное пособие / Л. А. Мунчак. - М: КУРС: ИНФРА-М, 2019. - 464 с. - ISBN 978-5-906818-84-3. - Текст: электронный. - URL: https://znanium.com/catalog/product/ https://znanium.com/catalog/document?id=329812