

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Оренбургский государственный университет»

Кафедра механики материалов, конструкций и машин

О.А. Фролова, Е.В. Пояркова

РАСЧЕТ НА ПРОЧНОСТЬ СТЕРЖНЕВЫХ СОЕДИНЕНИЙ ВРУБКОЙ

Методические указания

Рекомендовано к изданию редакционно-издательским советом федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Оренбургский государственный университет» для обучающихся по образовательной программе высшего образования по направлению подготовки 15.03.01 Машиностроение, 08.03.01 Строительство

Оренбург
2018

УДК 669.15
ББК 34.5
Ф 22

Рецензент – доцент, доктор технических наук Ю.А. Чирков

Фролова, О.А.

Ф 22 Расчет на прочность стержневых соединений врубкой: методические указания / О.А. Фролова, Е.В. Пояркова; Оренбургский гос. ун-т. – Оренбург: ОГУ, 2018. – 24 с.

В методических указаниях приведены основные сведения по расчету узловых соединений из дерева на срез и смятие. Приведены исходные данные, порядок выполнения работ. Представлены контрольные вопросы для самопроверки.

Методические указания предназначены для выполнения лабораторных работ и организации самостоятельной работы обучающихся по образовательным программам высшего образования направлений подготовки 15.03.01 Машиностроение по дисциплине «Машиноведение», 08.03.01 Строительство по дисциплине «Соппротивление материалов».

УДК 669.15
ББК 34.5

© Фролова О.А.,
© Пояркова Е.В., 2018
© ОГУ, 2018

Содержание

Введение	4
1 Краткие теоретические сведения	5
2 Лабораторная работа «Расчет на прочность соединения стержня и горизонтальных балок»	9
2.1 Цель работы, задачи, инструменты	9
2.2 Исходные данные	10
2.3 Порядок выполнения работы	11
2.4 Отчет по лабораторной работе «Расчет на прочность соединения стержня и горизонтальных балок»	13
2.5 Контрольные вопросы	14
3 Лабораторная работа «Проектировочный расчет соединения стержней прямым замком»	14
3.1 Цель работы, задачи, инструменты	14
3.2 Исходные данные	15
3.3 Порядок выполнения работы	15
3.4 Отчет по лабораторной работе «Проектировочный расчет соединения стержней прямым замком»	17
3.5 Контрольные вопросы	18
4 Лабораторная работа «Расчет на прочность соединения стропильной ноги с затяжкой лобовой врубкой»	18
4.1 Цель работы, задачи, инструменты	18
4.2 Исходные данные	19
4.3 Порядок выполнения работы	20
4.4 Отчет по лабораторной работе «Расчет на прочность соединения стропильной ноги с затяжкой лобовой врубкой»	23
4.5 Контрольные вопросы	23
Список использованных источников	24

Введение

Деревянные конструкции нашли широкое применение в строительстве павильонов, беседок, мостов, в покрытиях зданий. К достоинствам деревянных конструкций следует отнести их долговечность, малый объемный вес, легкость обработки, достаточно высокую механическую прочность, меньшую подверженность, по сравнению с металлом и железобетоном, воздействию газов и химических реактивов. Недостатками являются гигроскопичность, неоднородность строения и легкая возгораемость.

Врубкой называется примыкание сжатого элемента к растянутому, при этом усилие от одного элемента другому передается непосредственно без вкладышей. Недостатком врубок является то, что они передают только сжимающие усилия, ослабляют сечение растянутого элемента врезкой и разрушаются от скалывания.

Методические указания предназначены для выполнения лабораторных работ и организации самостоятельной работы обучающихся по образовательной программе высшего образования направлений подготовки 15.03.01 Машиностроение по дисциплине «Машиноведение», 08.03.01 Строительство по дисциплине «Сопrotивление материалов».

Результаты освоения дисциплин направлены на формирование компетенций:

– ОПК-1 умением использовать основные законы естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применять методы математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования (направление 15.03.01 Машиностроение);

– ОПК-2 способностью выявить естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлечь их для решения соответствующий физико-математический аппарат (направление 08.03.01 Строительство).

1 Краткие теоретические сведения

Разрушение деревянных конструкций, как правило, начинается с соединений. От правильности выбора вида соединения, его расчета и изготовления зависит прочность и надежность конструкции в целом.

При изготовлении узлов и стыков деревянных соединений изготавливают всевозможные гнезда, отверстия и врезки, что уменьшает сечения и ослабляет деревянные конструкции.

Соединение деревянных элементов по длине называется сращиванием, по ширине – сплачиванием, под углом – связыванием, прикрепление к опорам – анкерованием.

При соединении сжатых элементов усилия сжатия передаются непосредственно от одного элемента другому. Это наиболее простой вид соединений, в котором не требуются рабочие связи. В соединении изгибаемых элементов необходимы рабочие связи – это более сложный вид соединений. Наиболее сложные узлы и стыки у соединений растянутых элементов.

На рисунке 1.1 представлены различные виды соединений деревянных элементов.

Деревянные соединения по характеру работы разделяются на две группы:

- соединения без расчетных связей (в узлах присутствуют только конструктивные связи, обеспечивающие пространственную и геометрическую неподвижность соединения), например, упоры и врубки, работающие на сжатие;
- соединения с расчетными связями, работающими на сжатие (шпонками, колодками), работающими на изгиб (нагельями, болтами, штырями, гвоздями, винтами, деревянными пластинками), работающими на растяжение (болтами, гвоздями, винтами, хомутами, тяжами) и работающими на сдвиг (клеевыми швами).

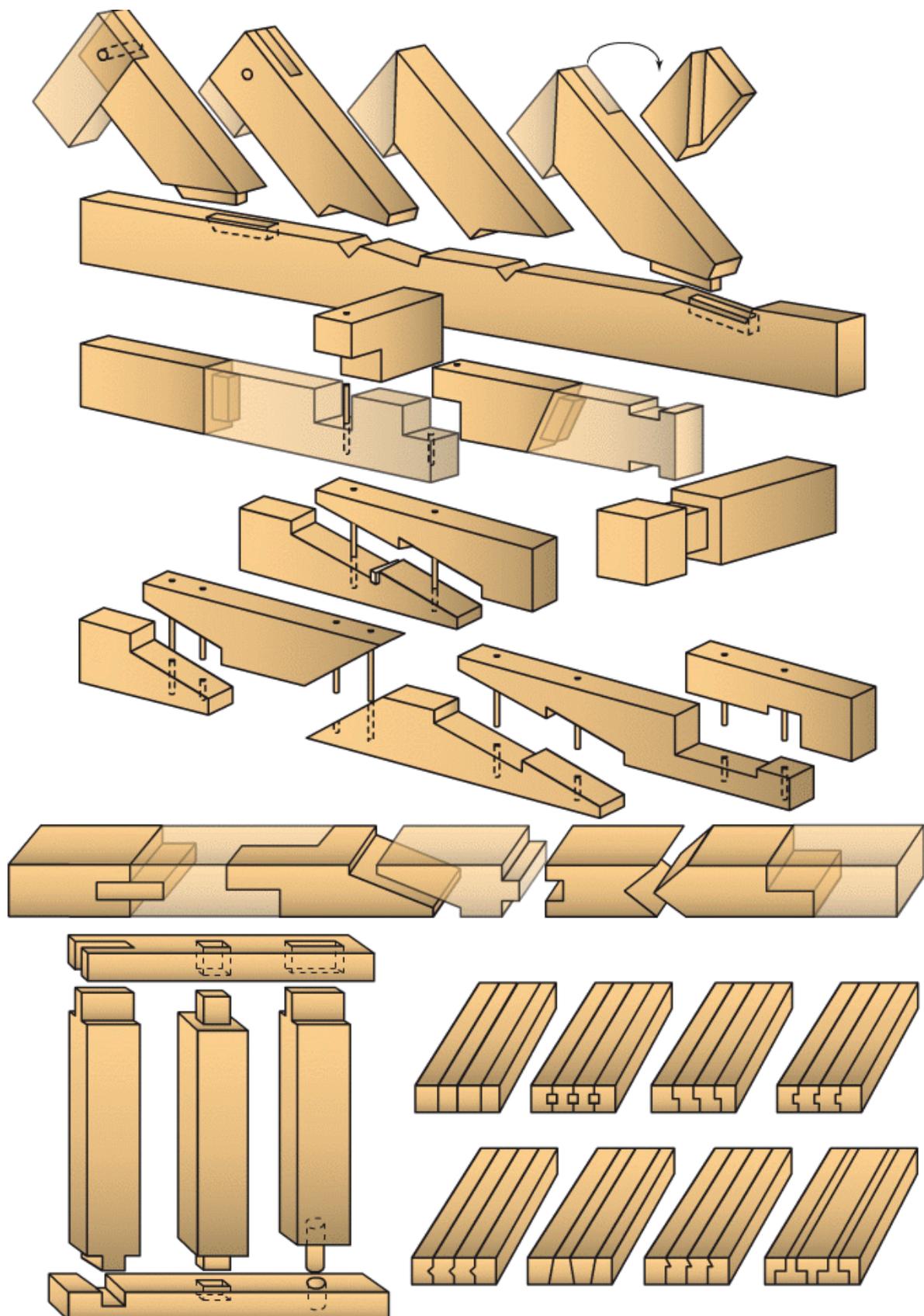


Рисунок 1.1 – Виды деревянных соединений

Главное требование, предъявляемое ко всем соединениям деревянных элементов, – обеспечение в узлах и стыках вязкости, прочности и плотности. При работе древесины на сжатие, растяжение, растягивание и сдвиг в ней, в отличие от металлических соединений, не происходит пластических перераспределений напряжения, а наоборот, присутствует хрупкое разрушение – скалывание вдоль и поперек волокон.

Нейтрализация скалывания обеспечивается, прежде всего, работой соединения на смятие древесины. Для наращивания вязкости соединение «дробят», т.е. увеличивают насколько возможно количество связей, за счет которых напряжения смятия передаются более равномерно.

Для устранения «рыхлых» деформаций, соединение делают плотным. Иными словами, например, врубка одного деревянного элемента в другой, должна иметь достаточную площадь для передачи нагрузки. Эта площадь для предотвращения скалывания должна быть раздроблена на несколько площадей, а все соединение должно быть без зазоров, т.е. плотным.

Врубки – разнообразные по форме соединения, в которых происходит непосредственная передача усилия от одного деревянного элемента другому (без участия иных видов связей) при внедрении друг в друга.

Основные требования, предъявляемые к врубкам:

- врубка должна быть выполнена таким образом, чтобы она могла воспринимать передаваемые на нее нагрузки (сжатие, растяжение, сдвиг);
- соприкасающиеся части древесины должны плотно прилегать друг к другу по всем плоскостям соединения;
- металлические крепления (скобы, болты, глухари), используемые при выполнении врубок, предназначены для противодействия случайным нагрузкам, на которые врубки не рассчитаны;
- при устройстве врубок, подверженных воздействию атмосферных осадков, необходимо принимать меры против застоя в них воды;
- врубка должна быть по возможности несложной в выполнении.

По взаимному расположению элементов различаются следующие виды соединений:

- наращивание – удлинение бревен или брусьев (свай, стоек) в вертикальном направлении (оси соединяемых элементов расположены на одной вертикальной прямой);
- сращивание – удлинение в горизонтальном направлении (оси соединяемых элементов расположены на одной горизонтальной прямой);
- сплачивание – увеличение по ширине (оси соединяемых элементов расположены параллельно);
- вязка – сопряжение под углом (оси соединяемых элементов расположены под углом друг к другу).

Врубki условно разделяют в зависимости от характера изменения силового потока:

- лобовые врубки (отклонение силового потока происходит в одном направлении);
- щечковые врубки (отклонение силового потока происходит в двух направлениях);
- шипы (врубki смешанного типа).

Пазы или гнезда для врубки представляют собой широкие неглубокие углубления, вырезаны поперек волокон деревянного элемента.

Выполняются соединения такого рода ручным инструментом или ручным электроинструментом.

Во всех врубках проверяют прочность рабочих поверхностей на растяжение, сжатие, изгиб, смятие и скалывание (срез). Разгружающее влияние сил трения при расчете врубок не учитывают.

Условие прочности на растяжение имеет вид:

$$\sigma_p = \frac{F}{A_p} \leq [\sigma_p], \quad (1.1)$$

где σ_p – нормальное напряжение растяжения;

A_p – площадь растяжения;

$[\sigma_p]$ – допускаемое напряжение на растяжение.

Условие прочности на скалывание имеет вид:

$$\tau_{ск} = \frac{F}{A_{ск}} \leq [\tau_{ск}], \quad (1.2)$$

где $[\tau_{ск}]$ – допускаемое напряжение на скалывание.

Условие прочности на смятие имеет вид:

$$\sigma_{см} = \frac{F}{A_{см}} \leq [\sigma_{см}]. \quad (1.3)$$

где $[\sigma_{см}]$ – допускаемое напряжение на смятие.

2 Лабораторная работа «Расчет на прочность соединения стержня и горизонтальных балок»

2.1 Цель работы, задачи, инструменты

Цель работы – оценка прочности соединения при действии растягивающего осевого усилия.

Задачи:

- изучение работы соединения;
- определение деформаций элементов соединения;
- расчет на прочность элементов соединения.

Инструменты: детали соединения, штангенциркуль, линейка, карандаш, микрокалькулятор, журнал лабораторных работ.

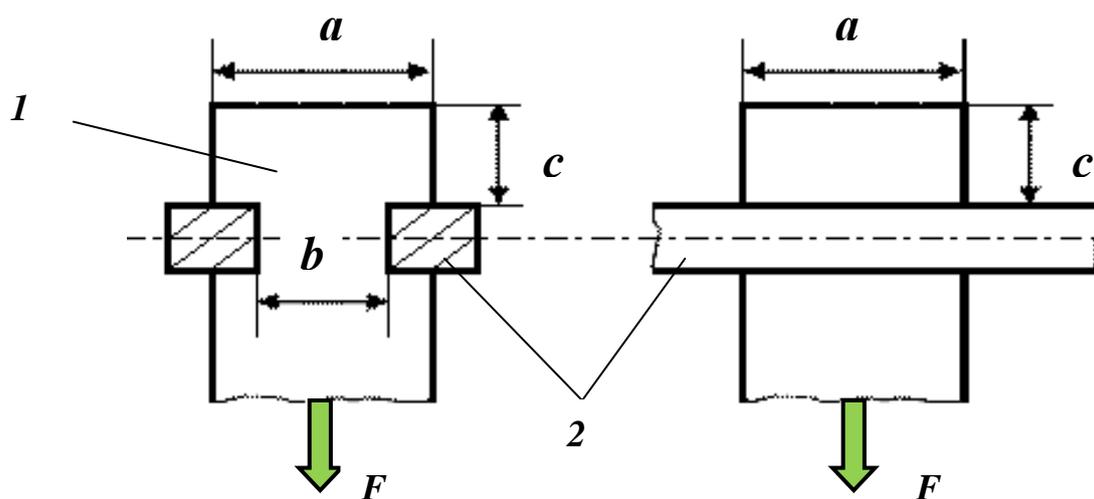
2.2 Исходные данные

Деревянный стержень 1 квадратного поперечного сечения крепится к двум горизонтальным балкам 2 и растягивается силой F . В месте крепления в брус сделаны врубки под балки (рисунок 2.1).

Растягивающая сила $F=50$ кН.

Допускаемые напряжения:

- на растяжение $[\sigma_p] = 10$ МПа;
- на скалывание $[\tau_{cp}] = 1$ МПа;
- на смятие $[\sigma_{cm}] = 8$ МПа.



1 – стержень; 2 – балки;

a – длина (ширина) стержня; b – глубина врубки;

c – расстояние от края стержня до врубки.

Рисунок 2.1 – Схема соединения

2.3 Порядок выполнения работы

Для выполнения работы необходимо выполнить последовательно следующие действия:

1 Ознакомиться с конструкцией соединения.

2 Выяснить назначение всех деталей.

3 Измерить при помощи штангенциркуля размеры деталей соединения: размер поперечного сечения стержня a , размеры врубки (b – глубина врубки; c – расстояние от края стержня до врубки) и представить их в отчете в таблице 2.1.

5 Выяснить, какие деформации испытывает каждая деталь конструкции, и какие плоскости контакта деталей этому соответствуют.

6 Выполнить расчет на прочность деталей соединения и результаты расчета представить в отчете в таблице 2.2.

Стержень под действием силы F испытывает **растяжение**.

Последовательность действий:

– определить площадь растяжения поперечного сечения стержня ослабленного врубками по формуле:

$$A_{np} = b \cdot a; \quad (2.1)$$

– определить нормальное напряжение растяжения стержня по формуле:

$$\sigma_p = \frac{F}{A_p}; \quad (2.2)$$

– выполнить проверку прочности на растяжение стержня по формуле:

$$\sigma_p \leq [\sigma_p]; \quad (2.3)$$

– сделать вывод о выполнении/невыполнении условия прочности стержня при растяжении.

Стержень от давления горизонтальных балок под действием растягивающей силы испытывает **скалывание (срез)**.

Последовательность действий:

– определить площадь скола стержня по формуле:

$$A_{ск} = 2c \cdot a; \quad (2.4)$$

– определить касательное напряжение скола стержня по формуле:

$$\tau_{ск} = \frac{F}{A_{ск}}; \quad (2.5)$$

– выполнить проверку прочности стержня на скол по формуле:

$$\tau_{ск} \leq [\tau_{ск}]; \quad (2.6)$$

– сделать вывод о выполнении/невыполнении условия прочности стержня на скол.

Стержень в верхней части от давления горизонтальных балок под действием растягивающей силы испытывает **смятие**.

Последовательность действий:

– определить площадь смятия стержня по формуле:

$$A_{см} = a \cdot (a - b); \quad (2.7)$$

– определить нормальное напряжение смятия стержня по формуле:

$$\sigma_{см} = \frac{F}{A_{см}}; \quad (2.8)$$

– выполнить проверку прочности стержня на смятие по формуле:

$$\sigma_{см} \leq [\sigma_{см}]; \quad (2.9)$$

– сделать вывод о выполнении/невыполнении условия прочности стержня при смятии.

2.4 Отчет по лабораторной работе «Расчет на прочность соединения стержня и горизонтальных балок»

В отчет по лабораторной работе включить схему соединения, таблицы результатов расчета 2.1, 2.2 и вывод по работе.

Таблица 2.1 – Размеры деталей соединения и их чертежи

Деталь соединения	Размеры, мм		
	Стержень	Длина (ширина) a	Глубина врубки b

Таблица 2.2 – Результаты расчета

Деталь соединения	Вид деформации	Площадь сечения, мм ²	Напряжение, МПа	Проверка условия прочности
Стержень				

Вывод:

2.5 Контрольные вопросы

После выполнения лабораторной работы при подготовке к защите необходимо (устно) ответить на контрольные вопросы:

- 1 Какова цель работы?
- 2 Каковы поставленные задачи?
- 3 Из каких деталей состоит рассчитываемое соединение?
- 4 Какие виды деформаций испытывает стержень?
- 5 По каким поверхностям контакта деформируется стержень?
- 6 Как записывается условие прочности при растяжении?
- 7 Как записывается условие прочности при сколе (срезе)?
- 8 Как записывается условие прочности при смятии?
- 9 Обеспечивается ли прочность рассчитываемого соединения?

3 Лабораторная работа «Проектировочный расчет соединения стержней прямым замком»

3.1 Цель работы, задачи, инструменты

Цель работы – оценка прочности соединения при действии растягивающего осевого усилия.

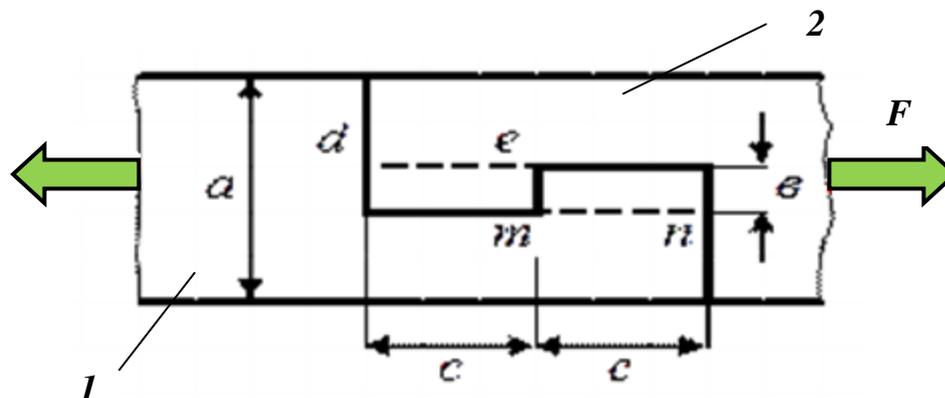
Задачи:

- изучение работы соединения;
- определение деформаций элементов соединения;
- определение размеров поперечного сечения стержней и врубки из условия прочности соединения при растяжении, смятии и скалывании.

Инструменты: детали соединения, линейка, карандаш, микрокалькулятор, журнал лабораторных работ.

3.2 Исходные данные

Деревянные стержни 1 и 2 квадратного поперечного сечения крепятся между собой врубкой прямым замком (прямым зубом) и растягиваются силой F (рисунок 3.1).



1, 2 – стержни; a – высота (ширина) стержня; b – высота зуба врубки;
 c – ширина врубки.

Рисунок 3.1 – Схема соединения

Растягивающая сила $F=45$ кН.

Допускаемые напряжения:

- на растяжение $[\sigma_p] = 10$ МПа;
- на скалывание $[\tau_{ср}] = 1$ МПа;
- на смятие $[\sigma_{см}] = 8$ МПа.

2.3 Порядок выполнения работы

Для выполнения работы необходимо выполнить последовательно следующие действия:

- 1 Ознакомиться с конструкцией соединения.

2 Выяснить назначение всех деталей.

3 Выяснить, какие деформации испытывает каждая деталь конструкции, и какие плоскости контакта деталей этому соответствуют.

4 Выполнить расчет на прочность деталей соединения и результаты расчета представить в отчете в таблицах 3.1, 3.2.

Расчет стержней.

При достаточной величине растягивающей силы F , действующей на врубку прямым замком, может произойти: **скалывание** по сечениям de и mn ; в вертикальной стенке зуба на площадке te – **смятие**; **разрыв** стержней (рисунок 3.1).

Последовательность действий:

– определить требуемую площадь скалывания из условия прочности:

$$A_{ск} \geq \frac{F}{[\tau_{ск}]}; \quad (3.1)$$

– определить требуемую площадь смятия из условия прочности:

$$A_{см} \geq \frac{F}{[\sigma_{см}]}; \quad (3.2)$$

– определить требуемую площадь растяжения из условия прочности:

$$A_p \geq \frac{F}{[\sigma_p]}; \quad (3.3)$$

– формула площади скола имеет вид:

$$A_{ск} = a \cdot c; \quad (3.4)$$

– формула площади смятия имеет вид:

$$A_{cm} = b \cdot a; \quad (3.5)$$

– формула площади разрыва (растяжения) имеет вид:

$$A_p = \frac{a \cdot (a - b)}{2}; \quad (3.6)$$

– решая систему уравнений (3.4, 3.5, 3.6), определить размеры врубки.

3.4 Отчет по лабораторной работе «Проектировочный расчет соединения стержней прямым замком»

В отчет по лабораторной работе включить схему соединения, таблицы результатов расчета 3.1, 3.2 и вывод по работе.

Таблица 3.1 – Результаты расчета

Деталь соединения	Вид деформации	Требуемая площадь сечения, мм ²
Стержень		

Таблица 3.2 – Размеры деталей соединения и их чертежи

Деталь соединения	Размеры, мм		
	Высота (ширина) <i>a</i>	Высота врубки <i>b</i>	Ширина врубки <i>c</i>
Стержень			

Вывод:

3.5 Контрольные вопросы

После выполнения лабораторной работы при подготовке к защите необходимо (устно) ответить на контрольные вопросы:

- 1 Какова цель работы?
- 2 Каковы поставленные задачи?
- 3 Из каких деталей состоит рассчитываемое соединение?
- 4 Какие виды деформаций испытывают стержни?
- 5 По каким поверхностям контакта деформируются стержни?
- 6 Как записывается условие прочности при растяжении, скалывании и смятии?

4 Лабораторная работа «Расчет на прочность соединения стропильной ноги с затяжкой лобовой врубкой»

4.1 Цель работы, задачи, инструменты

Цель работы – оценка прочности соединения при действии растягивающего осевого усилия.

Задачи:

- изучение работы соединения;
- определение деформаций элементов соединения;
- определение размеров врубки из условия прочности затяжки при смятии и скалывании (расстояния от края затяжки до врубки a ; ширины врубки – c ; глубины врубки – d);
- проверка прочности стропильной ноги на сжатие;
- проверка прочности затяжки на растяжение.

Инструменты: детали соединения, штангенциркуль, линейка, карандаш, микрокалькулятор, журнал лабораторных работ.

4.2 Исходные данные

Стропильная нога 1 соединена с затяжкой 2, установленной на опоре 3, с помощью лобовой врубки (врубка зубом) (рисунок 4.1).

Сжимающее усилие в подкосе $F=70$ кН.

Размеры сечения затяжки: $b=10$ см; $h=20$ см.

Угол наклона стропильной ноги $\alpha=30^\circ$.

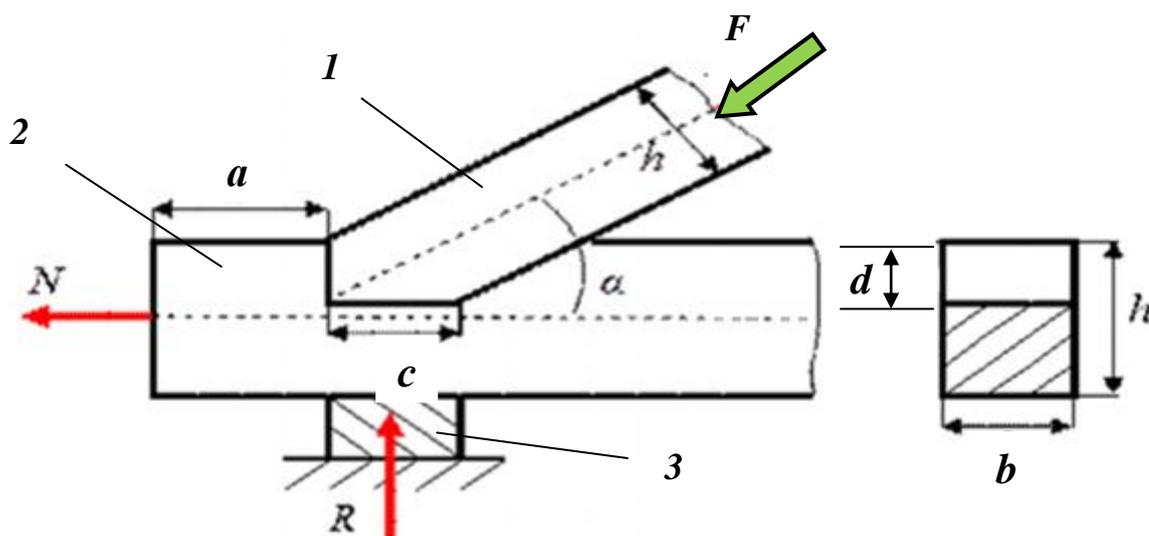
Допускаемые напряжения:

– на растяжение и сжатие вдоль волокон $[\sigma_p] = [\sigma_{сж}] = 10$ МПа;

– на скалывание вдоль волокон $[\tau_{ск}] = 0,8$ МПа;

– на смятие поперек волокон $[\sigma_{см}] = 8$ МПа; на смятие вдоль волокон

$[\sigma_{см\ 90}] = 2,4$ МПа.



1 – стропильная нога; 2 – затяжка; 3 – опора;

a – расстояние от края затяжки до врубки; b – ширина затяжки;

c – ширина врубки; d – глубина врубки (высота зуба); h – высота затяжки;

R – реакция опоры; N – растягивающее усилие в затяжке.

Рисунок 4.1 – Схема соединения

4.3 Порядок выполнения работы

Для выполнения работы необходимо выполнить последовательно следующие действия:

1 Ознакомиться с конструкцией соединения.

2 Выяснить назначение всех деталей.

3 Выяснить, какие деформации испытывает каждая деталь конструкции, и какие плоскости контакта деталей этому соответствуют.

4 Выполнить расчет на прочность деталей соединения и результаты расчета представить в отчете в таблицах 4.1, 4.2.

4.1 Определить усилия, действующие по плоскостям врубки.

Последовательность действий:

– определить вертикальную составляющую усилия (уравнивается реакцией опоры R) по формуле:

$$F_1 = F \cdot \sin \alpha; \quad (4.1)$$

– определить горизонтальную составляющую усилия (уравнивается растягивающим усилием в затяжке N) по формуле:

$$F_2 = F \cdot \cos \alpha; \quad (4.2)$$

4.2 Проектировочный расчет затяжки.

Вертикальная сила F_1 вызывает **смятие** затяжки по площади опирания на опорную подушку (перпендикулярно к волокнам).

Последовательность действий:

– определить требуемую площадь смятия (вдоль волокон) из условия прочности:

$$A_{см} \geq \frac{F_1}{[\sigma_{см 90}]}; \quad (4.3)$$

– формула площади смятия имеет вид $A_{см} = b \cdot c$, откуда найти ширину врубки:

$$c = \frac{A_{см}}{b}. \quad (4.5)$$

Горизонтальная сила ила F_2 вызывает **смятие** затяжки в месте контакта торца стропильной ноги с затяжкой.

Последовательность действий:

– определить требуемую площадь смятия (поперек волокон) из условия прочности:

$$A_{см} \geq \frac{F_2}{[\sigma_{см}]}; \quad (4.6)$$

– формула площади смятия имеет вид $A_{см} = d \cdot b$, откуда найти глубину врубки:

$$d = \frac{A_{см}}{b}. \quad (4.7)$$

Конец затяжки испытывает **скалывание** вдоль волокон под действием горизонтальной силы F_2 .

Последовательность действий:

– определить требуемую площадь скалывания из условия прочности:

$$A_{ск} \geq \frac{F_2}{[\tau_{ск}]}; \quad (4.8)$$

– формула площади скалывания имеет вид $A_{см} = a \cdot b$, откуда найти расстояние от края затяжки до врубки:

$$a = \frac{A_{ск}}{b}. \quad (4.9)$$

4.3 Расчет на прочность затяжки при **растяжении**.

Последовательность действий:

– определить площадь растяжения ослабленного поперечного сечения затяжки по формуле:

$$A_p = b \cdot (h - d); \quad (4.10)$$

– определить нормальное напряжение растяжения затяжки по формуле:

$$\sigma_p = \frac{F}{A_p}; \quad (4.11)$$

– выполнить проверку прочности затяжки на растяжение по формуле:

$$\sigma_p \leq [\sigma_p]; \quad (4.12)$$

– сделать вывод о выполнении/невыполнении условия прочности затяжки на растяжение.

4.4 Расчет на прочность стропильной ноги на **сжатие**.

Последовательность действий:

– определить площадь сжатия стропильной ноги по формуле:

$$A_{сж} = b \cdot h; \quad (4.13)$$

– определить нормальное напряжение сжатия стропильной ноги по формуле:

$$\sigma_{сж} = \frac{F}{A_{сж}}; \quad (4.14)$$

– выполнить проверку прочности стропильной ноги на смятие по формуле:

$$\sigma_{сж} \leq [\sigma_{сж}]; \quad (4.14)$$

– сделать вывод о выполнении/невыполнении условия прочности стропильной ноги на сжатие.

4.4 Отчет по лабораторной работе «Расчет на прочность соединения стропильной ноги с затяжкой лобовой врубкой»

В отчет по лабораторной работе включить схему соединения, таблицы результатов расчета 4.1, 4.2 и вывод по работе.

Таблица 4.1 – Размеры деталей соединения

Деталь соединения	Размеры, мм				
	Расстояние от края затяжки до врубки a	Ширина затяжки b	Ширина врубки c	Глубина врубки d	Высота затяжки h
Затяжка					

Таблица 4.2 – Результаты расчета

Деталь соединения	Вид деформации	Площадь сечения, мм ²	Напряжение, МПа	Проверка условия прочности
Затяжка	растяжение			
Стропильная нога	сжатие			

Вывод:

4.5 Контрольные вопросы

После выполнения лабораторной работы при подготовке к защите необходимо (устно) ответить на контрольные вопросы:

- 1 Каковы цель работы и поставленные задачи?
- 2 Из каких деталей состоит рассчитываемое соединение?
- 3 Какие виды деформаций испытывают затяжка и стропильная нога?
- 4 По каким поверхностям контакта деформируются элементы соединения?
- 5 Обеспечивается ли прочность затяжки и стропильной ноги?

Список использованных источников

1 Феодосьев, В. И. Сопротивление материалов: учебник / В. И. Феодосьев. – 14-е изд., испр. – М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2007. – 592 с. – Предм. указ.: с. 577–584. – ISBN 978-5-7038-3024-6.

2 Сопротивление материалов [Электронный ресурс]: пособие по решению задач / Миролубов И.Н. [и др.]. – Электрон. текстовые дан. – СПб.: «Лань», 2009. – Режим доступа: <http://e.lanbook.com/view/book/668/>.

3 Ромашов, Р. В. Сопротивление материалов: учеб. пособие для вузов / Р. В. Ромашов; М-во образования Рос. Федерации, Гос. образоват. учреждение высш. проф. образования "Оренбург. гос. ун-т". - Оренбург: ГОУ ОГУ, 2009. – 286 с.: ил. - Библиогр.: с. 284. - ISBN 978-5-7410-0948-2.

4 Пояркова, Е. В. Механика материалов (методы механических испытаний материалов) / В.И. Грызунов, Е. В. Пояркова, И. Р. Кузеев. – Орск : Изд-во ОГТИ (филиала) ОГУ, 2012. – 227 с.

5 Фролова, О. А. Центральное растяжение и сжатие стержня: методические указания к выполнению расчетно-проектировочной работы /О. А. Фролова, В. С. Гарипов. – Оренбург: ГОУ ОГУ, 2009. – 26 с.

6 Сайт, содержащий важные сведения по сопротивлению материалов, имеющий удобную навигацию, содержащий много справочной информации, полезной студентам технических направлений подготовки. – Режим доступа: <http://sopromat.ru/>