



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ**

**«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИНЖЕНЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ»**

Специальность 230201 Информационные системы и технологии
Кафедра Информационные технологии моделирования и управления

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА

**Информационная система расчета пределов огнестойкости
деревянных конструкций**

Шифр ВКР – 02068108 – 230201 – 21 - 2015

Автор
Руководитель

Швец-Ковган А. В.
Медведкова И. Е.

Цель – Разработать информационную систему расчета пределов огнестойкости деревянных конструкций.

Задачи

1. Рассмотреть предметную область.
2. Построить математическую модель расчета пределов огнестойкости деревянных конструкций.
3. Разработать алгоритмы для определения фактических пределов огнестойкости деревянных конструкций и их элементов.
4. Привести структуру базы данных разработанного программного продукта.
5. Разработать программу для расчета пределов огнестойкости деревянных конструкций

Расчетные схемы предметной области

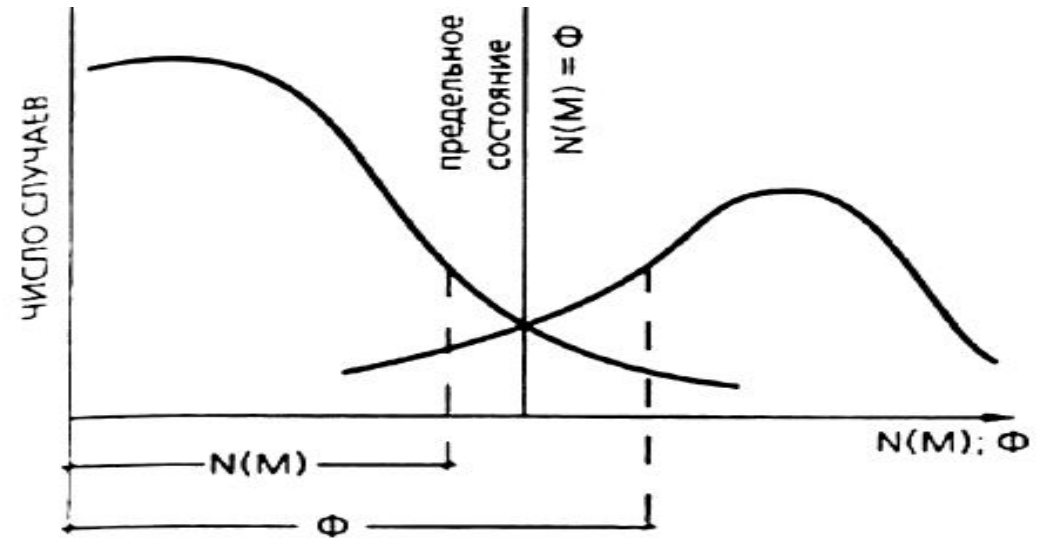
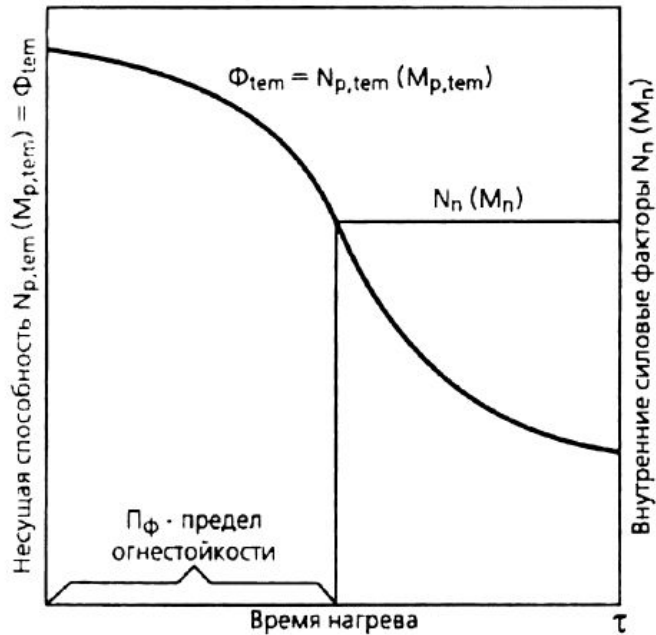
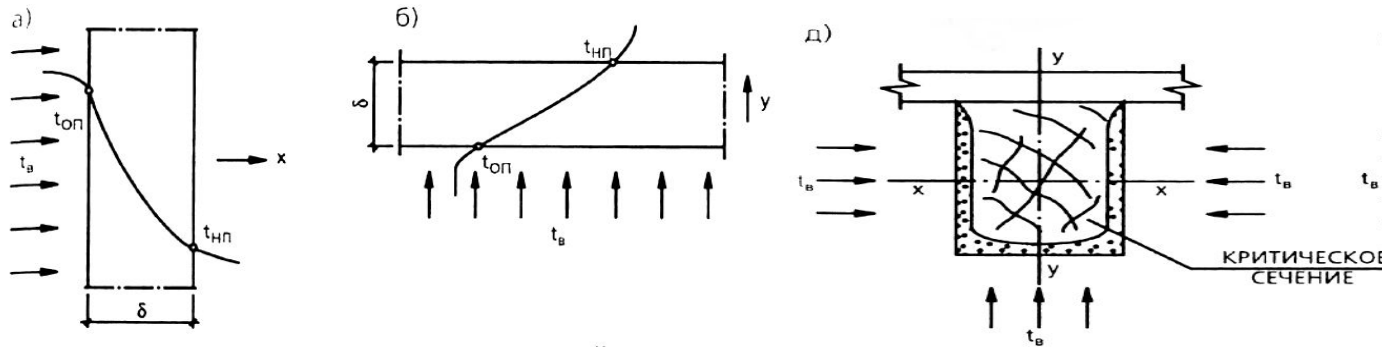


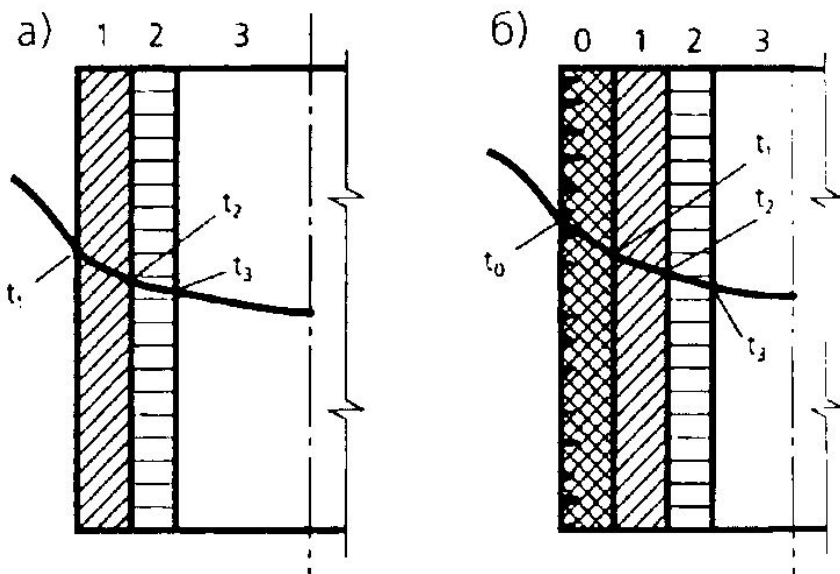
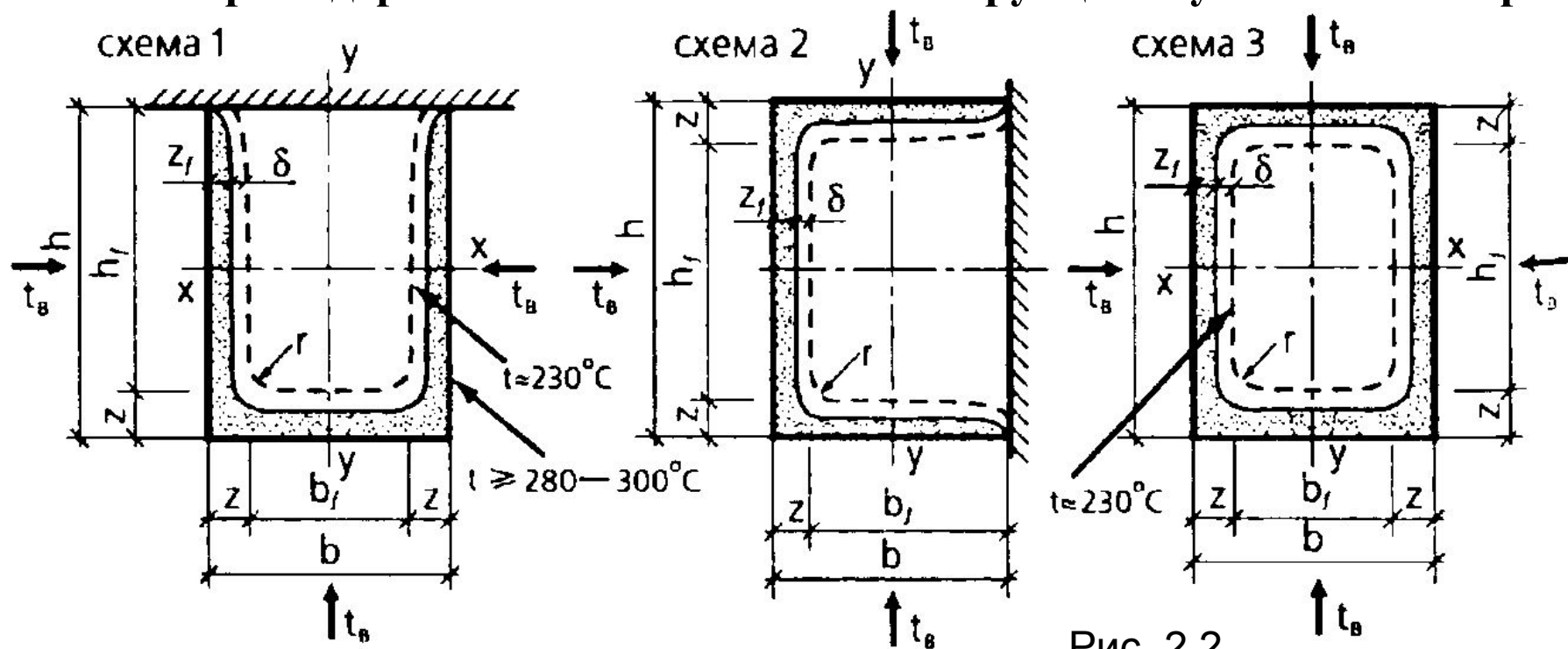
Схема расчета предела огнестойкости конструкции по потере ее несущей способности

Наступление предельного состояния при изменении силовых факторов (N, M) и несущей способности конструкций и их элементов (Φ)



Расчетные схемы по определению фактического предела огнестойкости строительных конструкций:
 а, б - вертикальных и горизонтальных ограждающих конструкций (Расчетная схема 1):
 д - деревянной балки (Расчетная схема 2)

Схемы обогрева деревянных элементов и конструкций в условиях пожара



Модель процесса обугливания древесины и распределение температуры по сечению деревянных элементов при "стандартном" режиме пожара: а - первый этап, б - второй этап

Математические формулы для расчета пределов огнестойкости деревянных конструкций

Фактический предел огнестойкости из условия потери их несущей способности

$$P_{\phi} = \tau_0 + \tau_{cr}, \quad (2.3)$$

τ_0 - время от начала воздействия на древесину температуры при пожаре до начала обугливания принимается по табл. 2.1;

τ_{cr} - время от начала обугливания древесины до наступления предельного состояния при пожаре.

Табл.1.1. Скорость обугливания древесины

Наименьший размер сечения, мм	Скорость, обугливания древесины V, мм/мин	
	Клееной	Цельной
120 мм и более	0,6	0,8
Менее 120 мм	0,7	1,0

Табл.1.2. Расчетные сопротивления R_f для определения фактических пределов огнестойкости деревянных конструкций

Напряженное состояние	Обозначение	Расчетные сопротивления для сортов древесины, МПа		
		1	2	3
Изгиб	R_{fw}	29	26	18
Сжатие и смятие вдоль волокон древесины	R_{fc}	26	23	16
Растяжение вдоль волокон древесины	R_{ft}	20	15	-
Растяжение поперек волокон древесины	R_{fa}	1,1	1,1	-
Скалывание вдоль волокон древесины	R_{fq_s}			
цельной		3,7	3,2	2,9
клееной		1,3	1,2	1,1

Табл.2.1. Значение времени до начала обугливания

Способ огнезащиты	Время τ_0 , мин
Без огнезащиты и при обработке антипиренами	4
Гипсокартонный лист ГКЛ ($\delta=10$ мм), Гост 6266-89 ГКЛ ($\delta=12,5$ мм), 6266-89	11 14
Песчано-цементная штукатурка толщиной 20-25 мм по металлической сетке	30
Полужесткая негорючая минераловатная плита толщиной 50 мм (ГОСТ 9573-89)	30
Асбестоцементноперлитовый плоский лист толщиной 10-12 мм	15
Вспучивающиеся покрытия: ВПД (4 слоя), ГОСТ 25130-82 ОФП-9 (2 слоя), ГОСТ 23790	8 8

Математические формулы для расчета напряжений

Косой изгиб

Нормальные напряжения

$$\sigma_{f,w1..i} = \frac{M_{n,x}}{W_x \eta_{w1..i}} + \frac{M_{n,y}}{W_y \eta_{w1..i}}, \quad (2.20)$$

$M_{n,x}$ и $M_{n,y}$ - составляющие изгибающего момента M_n для осей X и Y

W_x и W_y - моменты сопротивления сечения до пожара нетто относительно осей X и Y,

$\eta_{w1..i}$ - значения коэффициентов, учитывающих изменение моментов сопротивления W_x и W_y при пожаре и определяемых в зависимости от схемы обогрева по табл. 2.2, рис. 2.2 и графикам на рис. 2.3, 2.4, 2.7.

Сжатие с изгибом.

Нормальные напряжения

$$\sigma_{fc1..i} = \frac{N_n}{A_n \eta_{A1..i}} + \frac{M_n R_{fc}}{W_n \eta_{w1..i} R_{fw} \xi_{f1..i}}, \quad (2.22)$$

Растяжение с изгибом

Нормальные напряжения

$$\sigma_{f,w1..i} = \frac{N_n}{A_n \eta_{A1..i}} + \frac{M_n R_{ft}}{W_n \eta_{w1..i} R_{fw}}, \quad (2.21)$$

N_n и M_n - усилие растяжения и изгибающий момент в расчетном сечении от действия нормативной нагрузки;

A_n и W_n - площадь и момент сопротивления расчетного сечения до пожара нетто;

$\eta_{A1..i}$ и $\eta_{w1..i}$ - значения коэффициентов, учитывающих изменение геометрических характеристик A_n и W_n при пожаре,

R_{ft} и R_{fw} - сопротивления для определения предела огнестойкости.

N_n и M_n - усилие сжатия и изгибающий момент в расчетном сечении от действия нормативной нагрузки;

A_n и W_n - площадь и момент сопротивления расчетного сечения до пожара нетто,

$\xi_{f1..i}$ - значения коэффициента, учитывающего дополнительный момент в расчетном сечении от действия усилия сжатия N_n ;

$\eta_{A1..i}$ и $\eta_{w1..i}$ - значения коэффициентов,

R_{fc} и R_{fw} - сопротивления для определения предела огнестойкости деревянного элемента.

Математические формулы для расчета пределов огнестойкости деревянных конструкций

В условиях пожара, из-за обугливания древесины происходит изменение геометрических характеристик расчетного сечения деревянного элемента или конструкции. Коэффициент изменения геометрической характеристики

$$\eta = \frac{\text{геометрич.хар} - \text{ка при пожаре}}{\text{геометрич.хар} - \text{ка до пожара}} \leq 1.$$

Зависимость значений этого коэффициента от расчетной глубины обугливания Z и размеров сечения h и b для различных схем обогрева а сечения деревянного элемента показана в виде графиков

Зависимости коэффициентов изменения геометрических характеристик сечения от отношения расчетной глубины обугливания к высоте и ширине сечения

Рис. 2.3

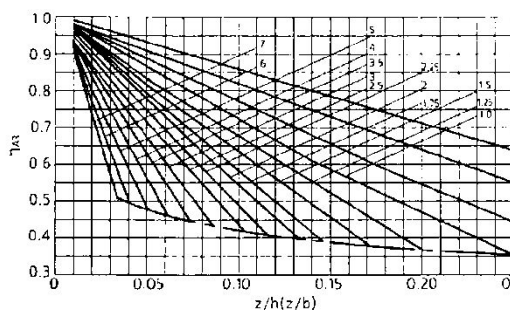


Рис. 2.4

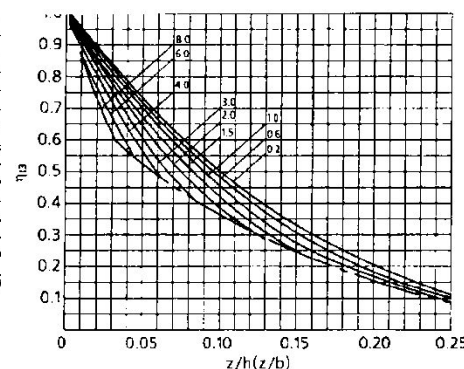


Рис. 2.7

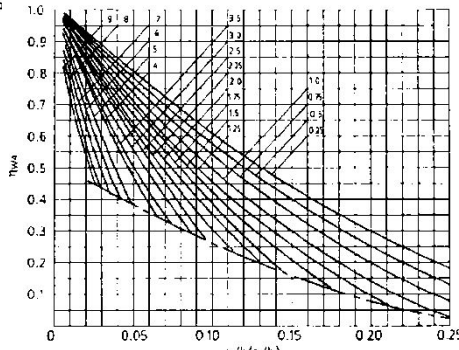
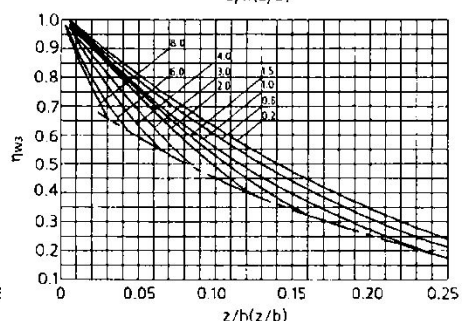
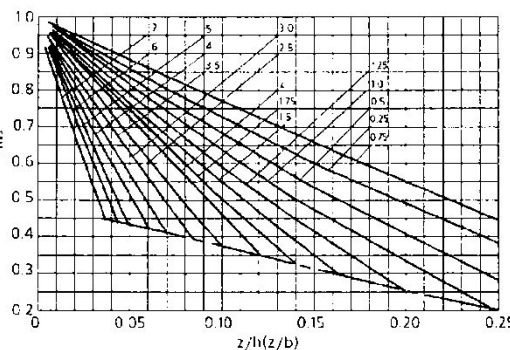
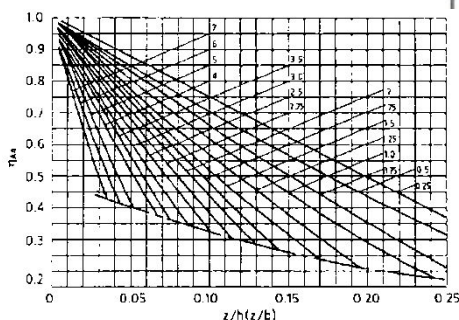
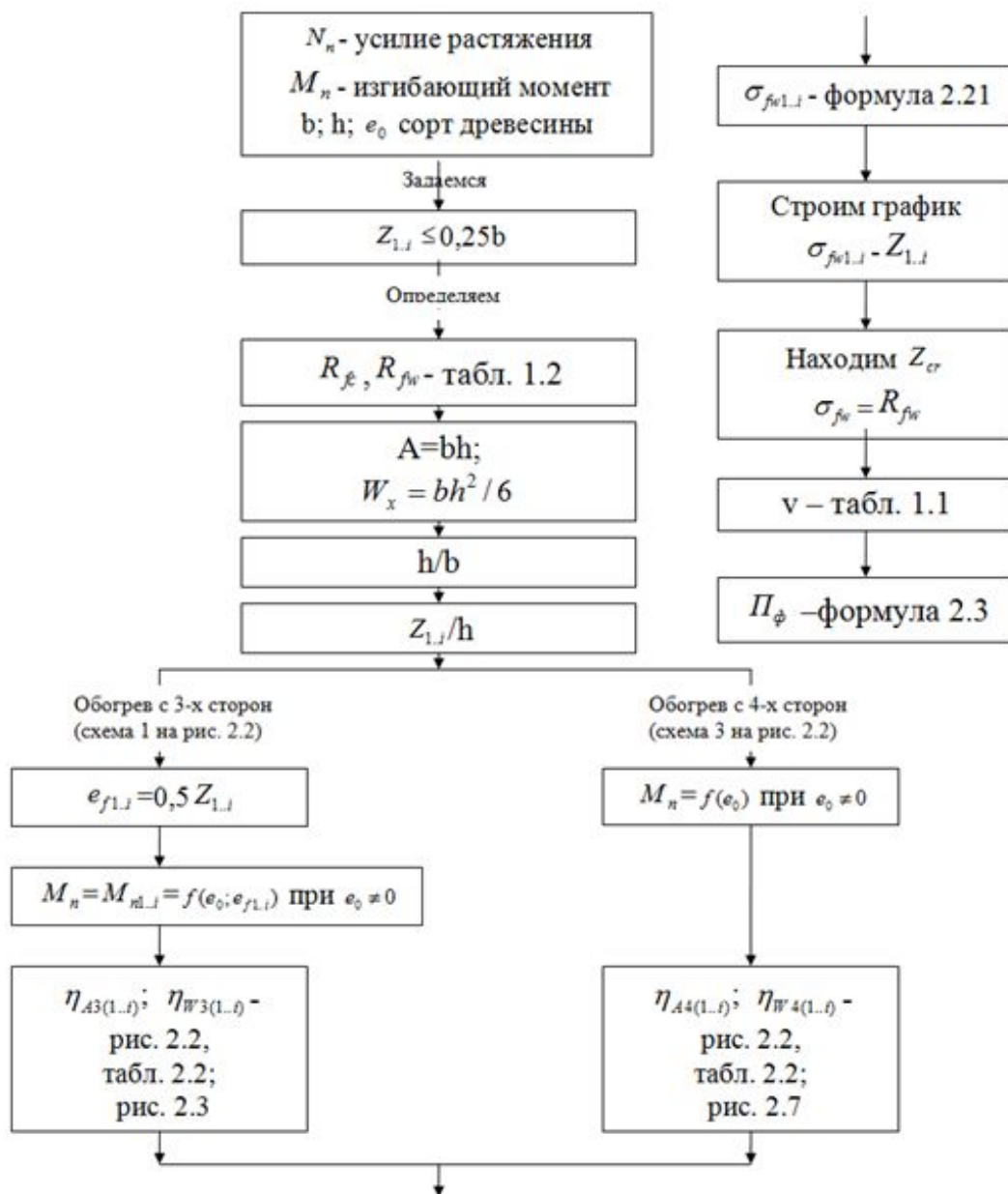


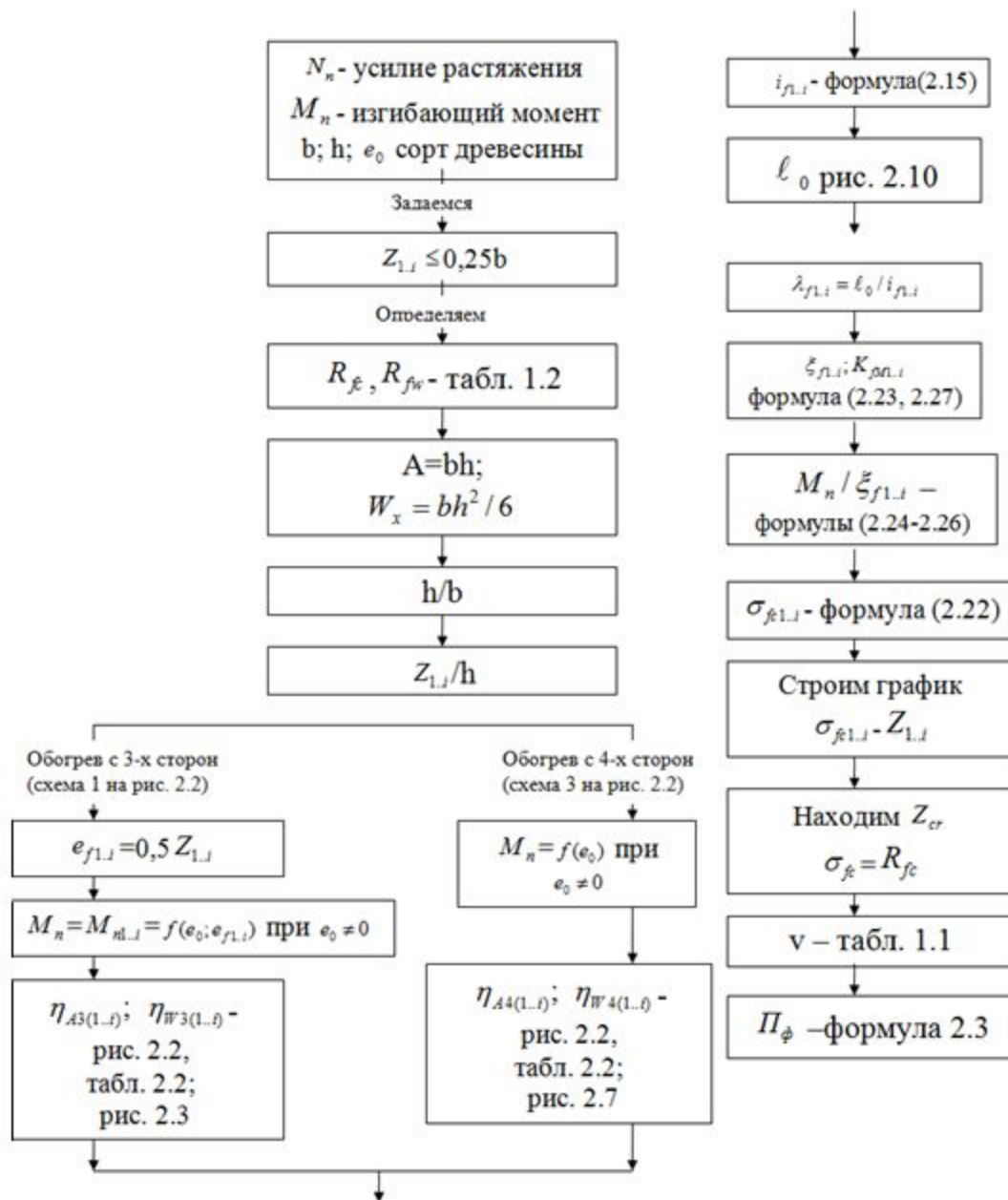
Табл.2.2. Коэффициент η_z как функция отношений: h/b , Z/h и b/h , Z/b в зависимости от схемы обогрева

Геометрическая характеристика	Коэффициент η_z
Обогрев с 3 сторон	
	Схема 1 $\eta_{z3} = f(h/b, Z/h)$ - рис. 23
W_x	Схема 1 - рис. 23, Схема 2 - рис. 24 $\eta_{w3} = f(h/b, Z/h)$
W_y	Схема 1 - рис. 24, Схема 2 - рис. 23 $\eta_{w3} = f(h/b, Z/h)$
I_x	Схема 1 - рис. 25, Схема 2 - рис. 24 $\eta_{Iz} = f(h/b, Z/h)$
I_y	Схема 1 - рис. 24, Схема 2 - рис. 25 $\eta_{I3} = f(h/b, Z/h)$
S_x	Схема 1 - рис. 25, Схема 2 - рис. 26 $\eta_{S3} = f(h/b, Z/h)$
Обогрев с 4 сторон	
A	$\eta_{A4} = f(h/b, Z/h)$ - рис. 27
W_x	$\eta_{w4} = f(h/b, Z/h)$ - рис. 27
W_y	$\eta_{w4} = f(h/b, Z/h)$ - рис. 27
I_x	$\eta_{I4} = f(h/b, Z/h)$ - рис. 28
I_y	$\eta_{I4} = f(h/b, Z/h)$ - рис. 28
S_x	$\eta_{S4} = f(h/b, Z/h)$ - рис. 28

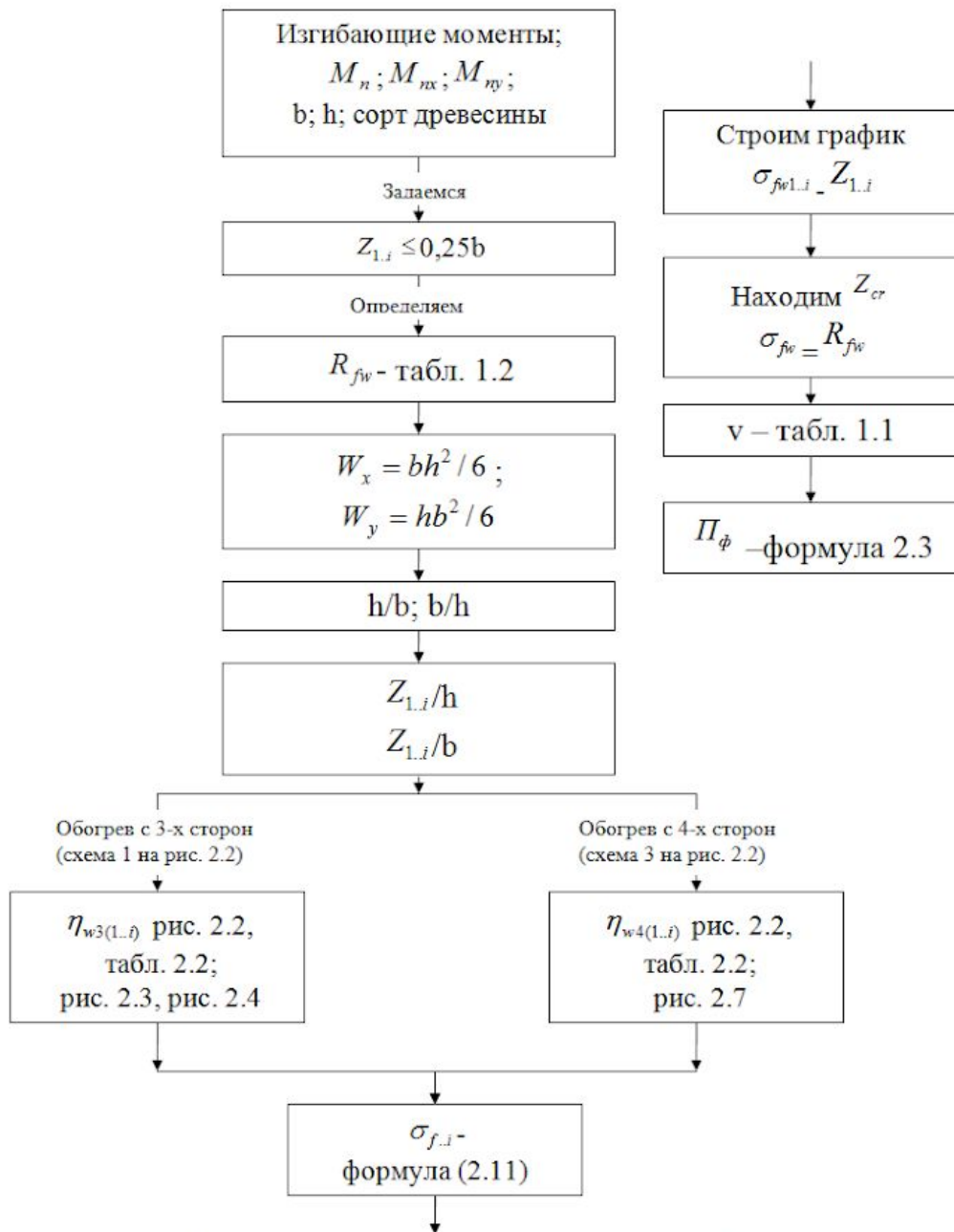
Блок-схема для определения предела огнестойкости деревянного элемента, работающего на растяжение с изгибом при обогреве с 3 или 4 сторон



Блок-схема для определения предела огнестойкости деревянного элемента, работающего на сжатие с изгибом, при его обогреве с 3 или 4 сторон



Блок-схема для определения предела огнестойкости деревянного элемента, работающего на косой изгиб при обогреве с 3 или 4 сторон



Структура базы данных

Интерфейс программы

Первоначальный ввод данных

Изгибающие моменты M_n M_{nx} M_{ny}

b

h

Сорт древесины

Расчетные значения глубины обугливания $Z[1..i] \leq 0.25b$ (5.0):

$i =$

$Z[1]$	$Z[2]$
3.0	2.5



Форма ввода данных для определения предела огнестойкости деревянного элемента, работающего на кривой изгиб

Первоначальный ввод данных

Изгибающий момент M_n

b

h

Сорт древесины

e_0

Усилия растяжения N_n

Расчетные значения глубины обугливания $Z[1..i] \leq 0.25b$ (5.0):

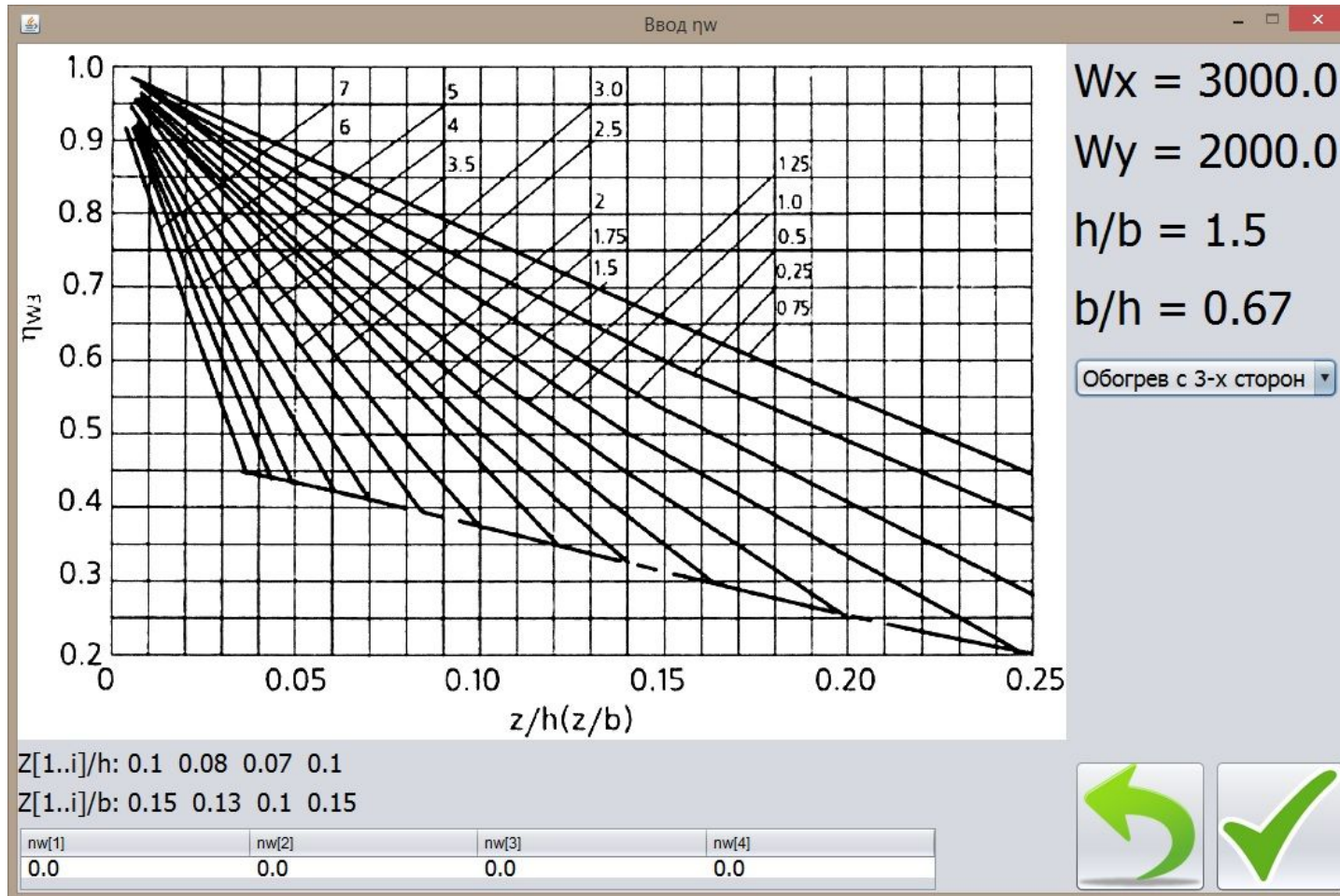
$i =$

$Z[1]$	$Z[2]$	$Z[3]$	$Z[4]$	$Z[5]$	$Z[6]$	$Z[7]$	$Z[8]$	$Z[9]$	$Z[10]$
3.0	2.5								



Форма ввода данных для определения предела огнестойкости деревянного элемента, работающего на сжатие или растяжение с изгибом

Интерфейс программы



Интерфейс программы

