

# Источники энергии взрыва и классификация наиболее распространенных взрывчатых систем



# **Необходимые и достаточные условия протекания реакции в форме взрыва**

- 1. Выделение тепла – источники : экзотермические реакции окислительно-восстановительного типа и распад эндотермических соединений. Принцип Харитона: любая экзотермическая реакция способна к детонации. Принцип объемной концентрации энергии.**
- 2. Большая скорость химической реакции. Теплота горения бензина на порядок выше теплоты взрыва тротила, но развиваемая мощность в последнем случае на 7 порядков выше. Принцип контакта горючего и окислителя.**
- 3. Наличие газов в продуктах реакции. Газы – рабочее тело взрыва. Принцип разогрева газов в собственном объеме. Максимальное давление взрыва газопаровоздушных систем порядка 1 МПа, конденсированных систем 1000 – 10000 МПа.**
- 4. Способность реакции к самораспространению. Принцип выполняется при превышении теплоты реакции над энергией активации химической реакции или температуры горения над температурой воспламенения.  
Теоретические основы взрывобезопасности.**

# Основные виды превращения взрывчатых систем и их взаимный переход

~~Медленное химическое превращение~~  
(все системы, реакция в объеме, скорость определяется температурой и концентрацией)

**Тепловое или цепное самовоспламенение**

Горение (только горючие системы, процесс распространяется узким фронтом, скорость определяется температурой горения и условиями теплопередачи)

Зажигание

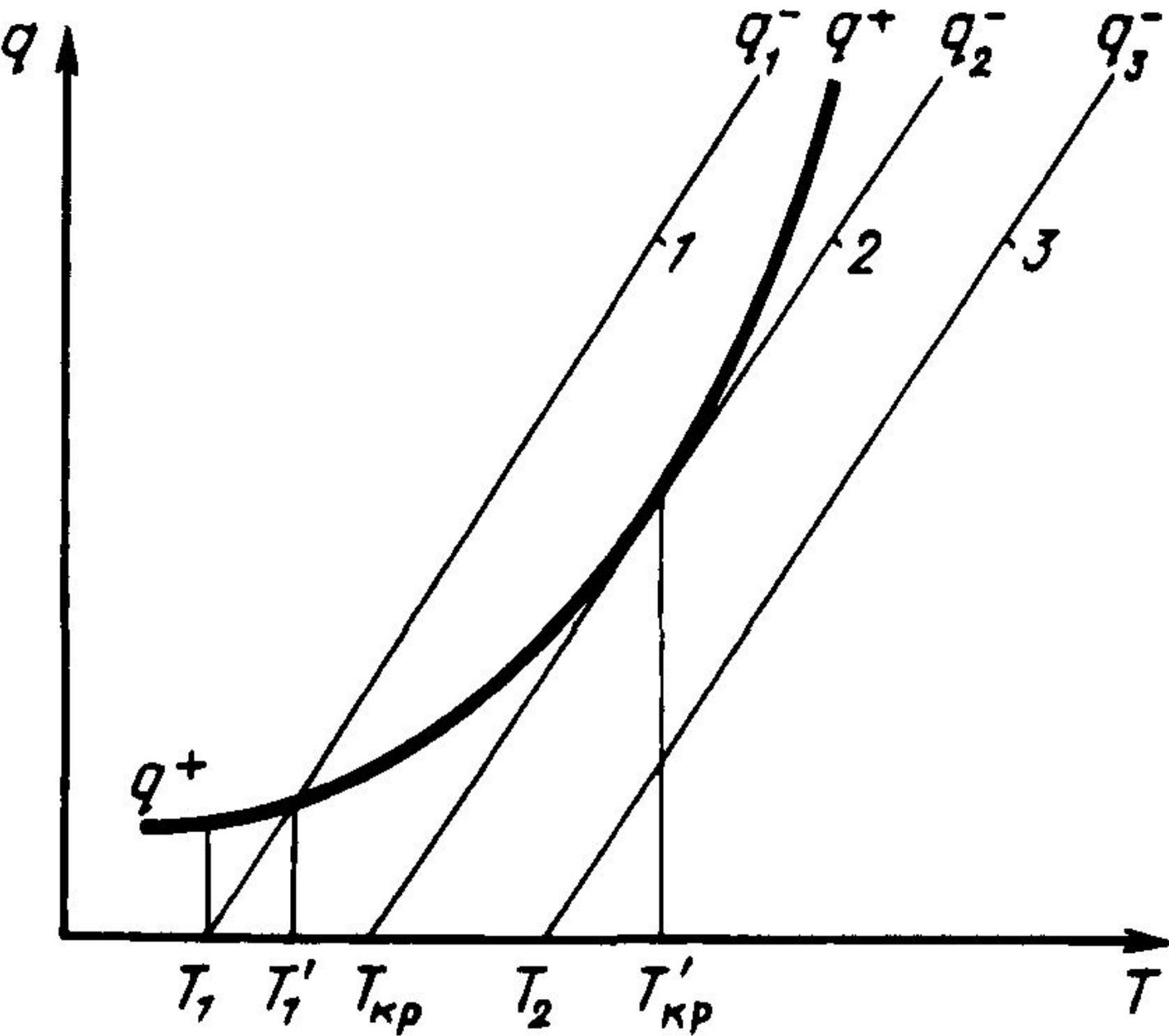
**Взрывное или конвективное горение (скорость определяется интенсивностью конвекции)**

Детонация (только взрывчатые системы, сверхзвуковая скорость)

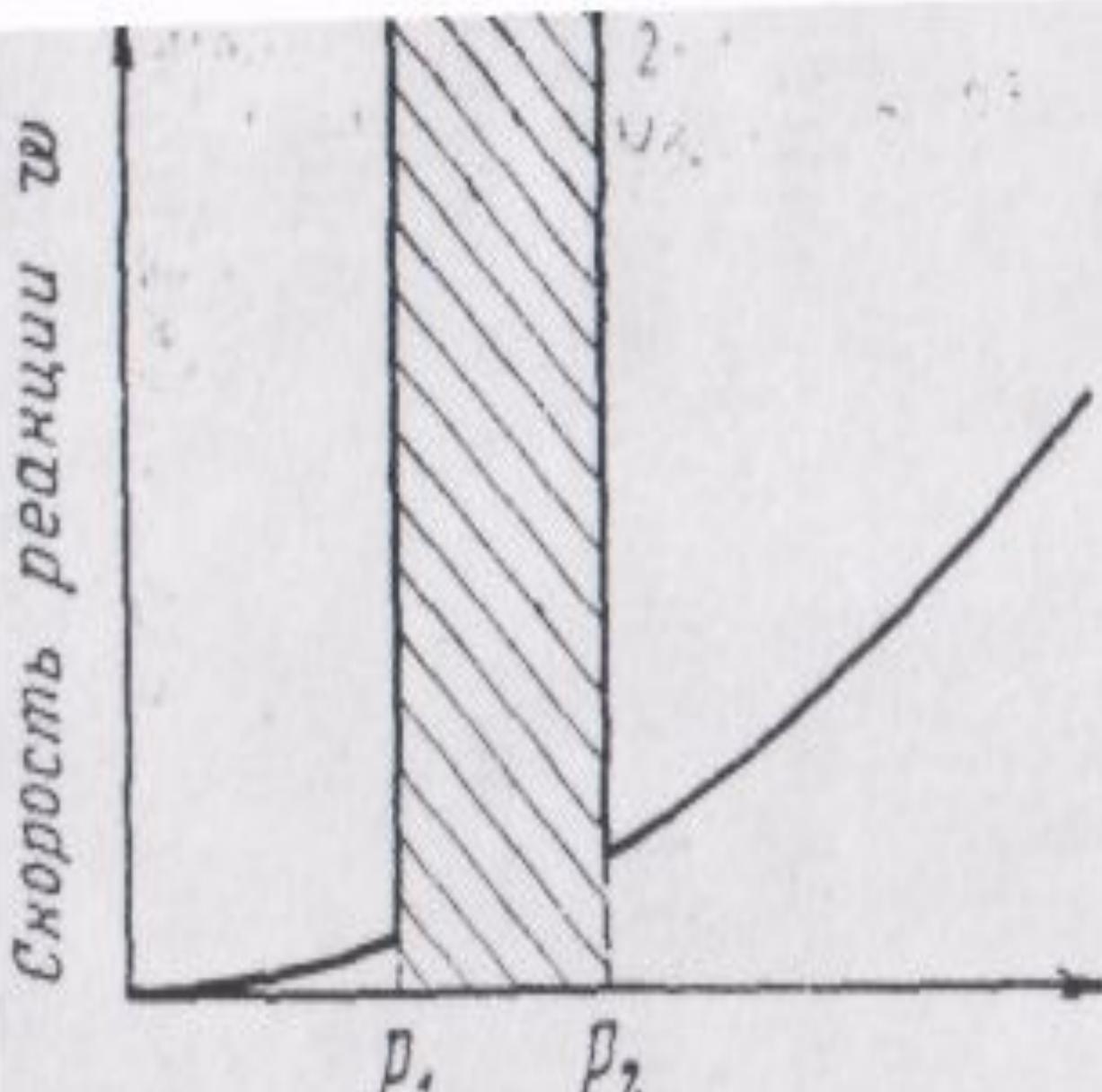
Ударная волна

**Красным цветом отмечены нестационарные процессы**

# Диаграмма Семенова

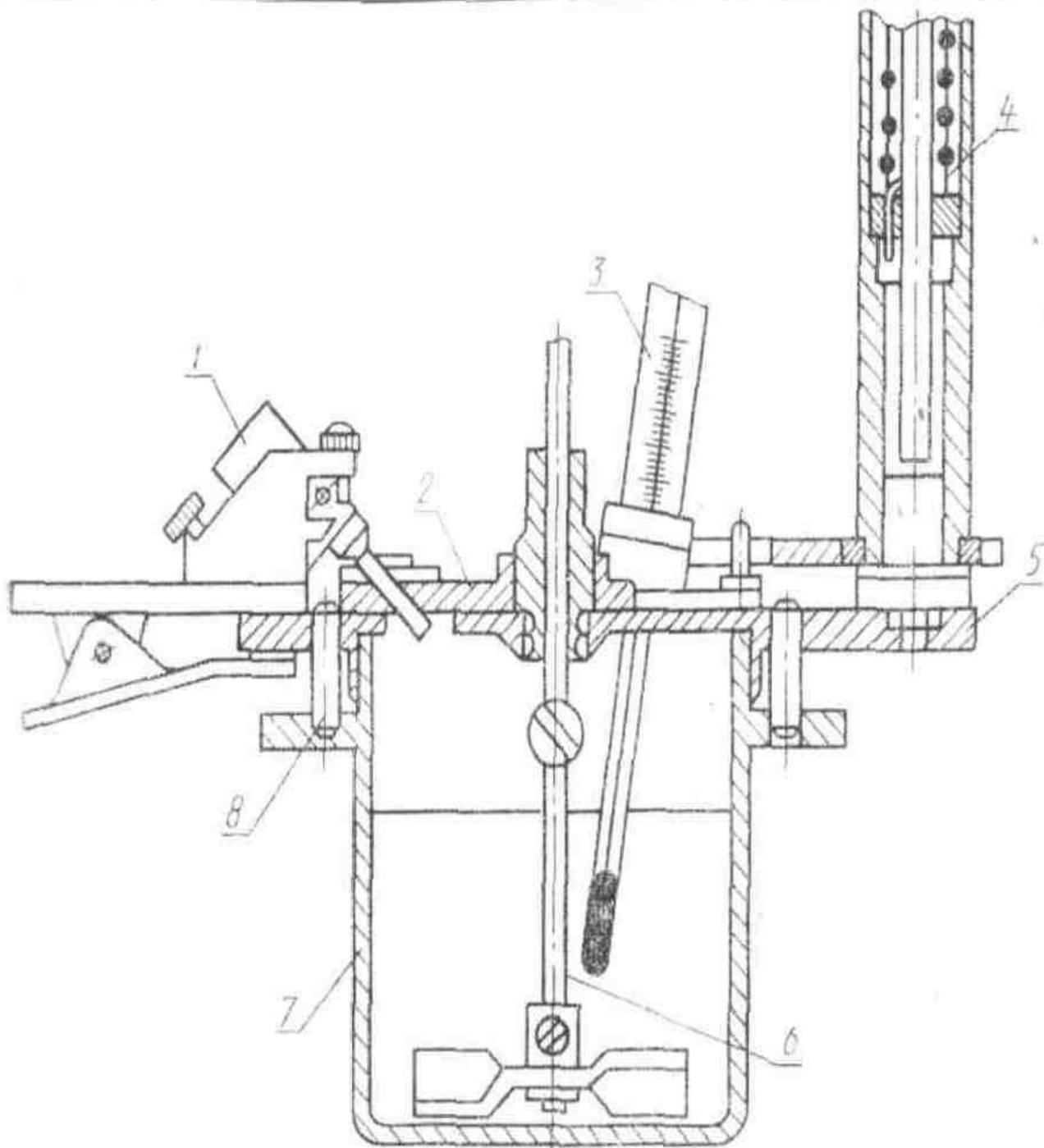


# ЗАВИСИМОСТЬ СКОРОСТИ ЦЕПНОЙ РЕАКЦИИ ОТ ДАВЛЕНИЯ



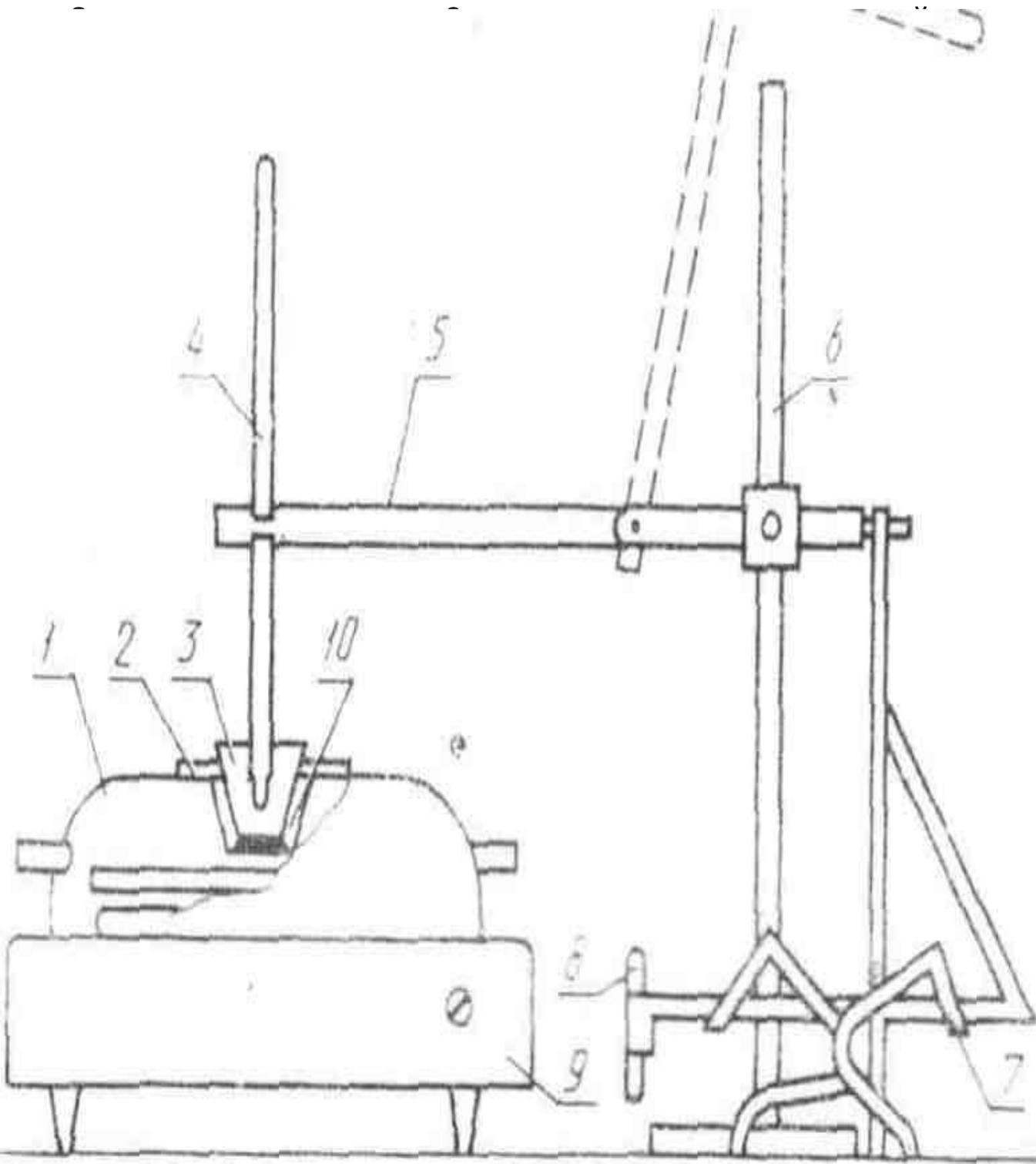
## ПРИБОР ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ВСПЫШКИ В ЗАКРЫТОМ ТИГЛЕ

1- зажигающая горелка; 2 - заслонка; 3 - термометр;  
4 - пружинный механизм; 5 - крышка; 6 - мешалка;  
7 - тигель; 8 - штифт-фиксатор крышки

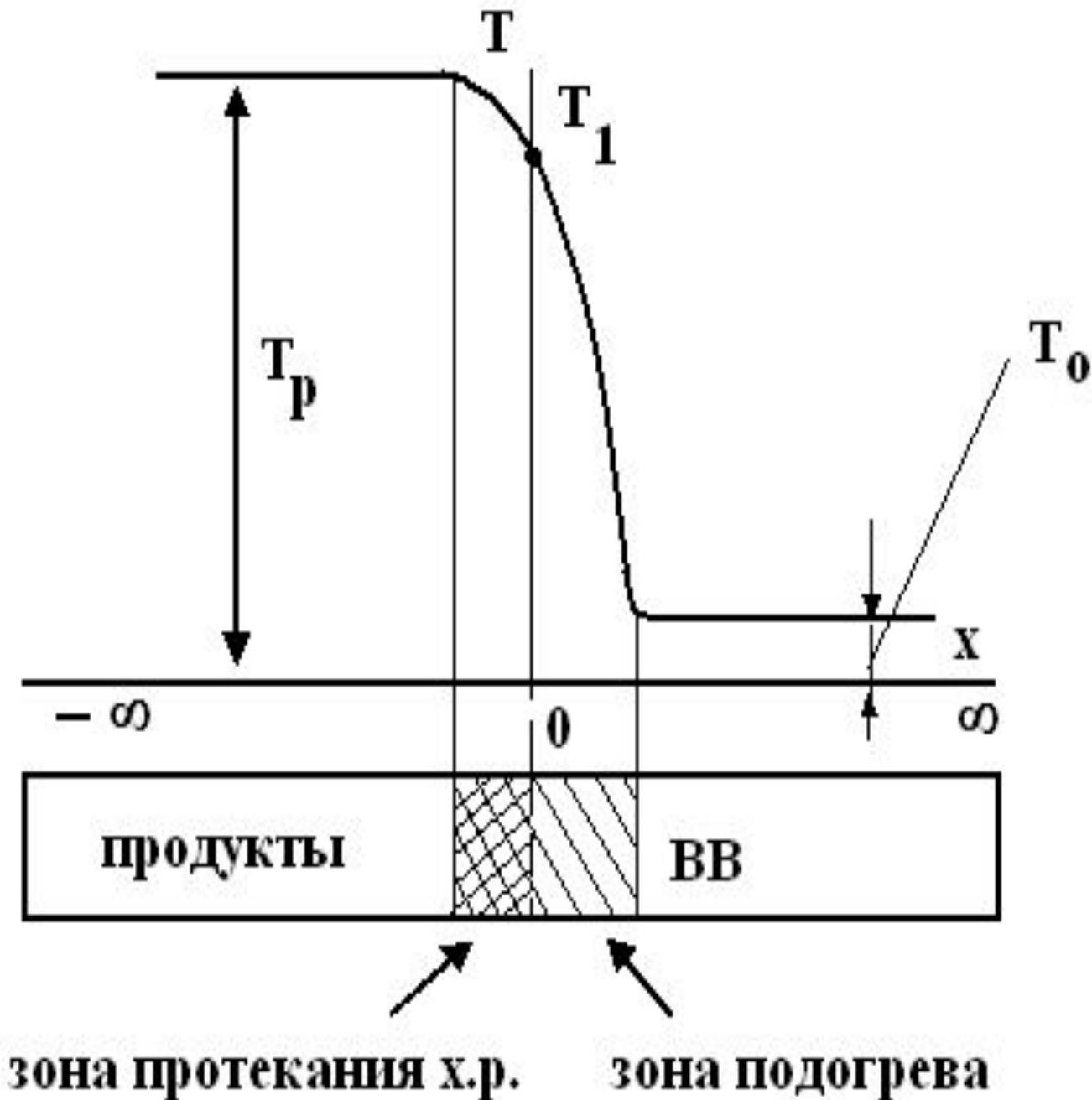


## ПРИБОР ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ВСПЫШКИ В ОТКРЫТОМ ТИГЛЕ

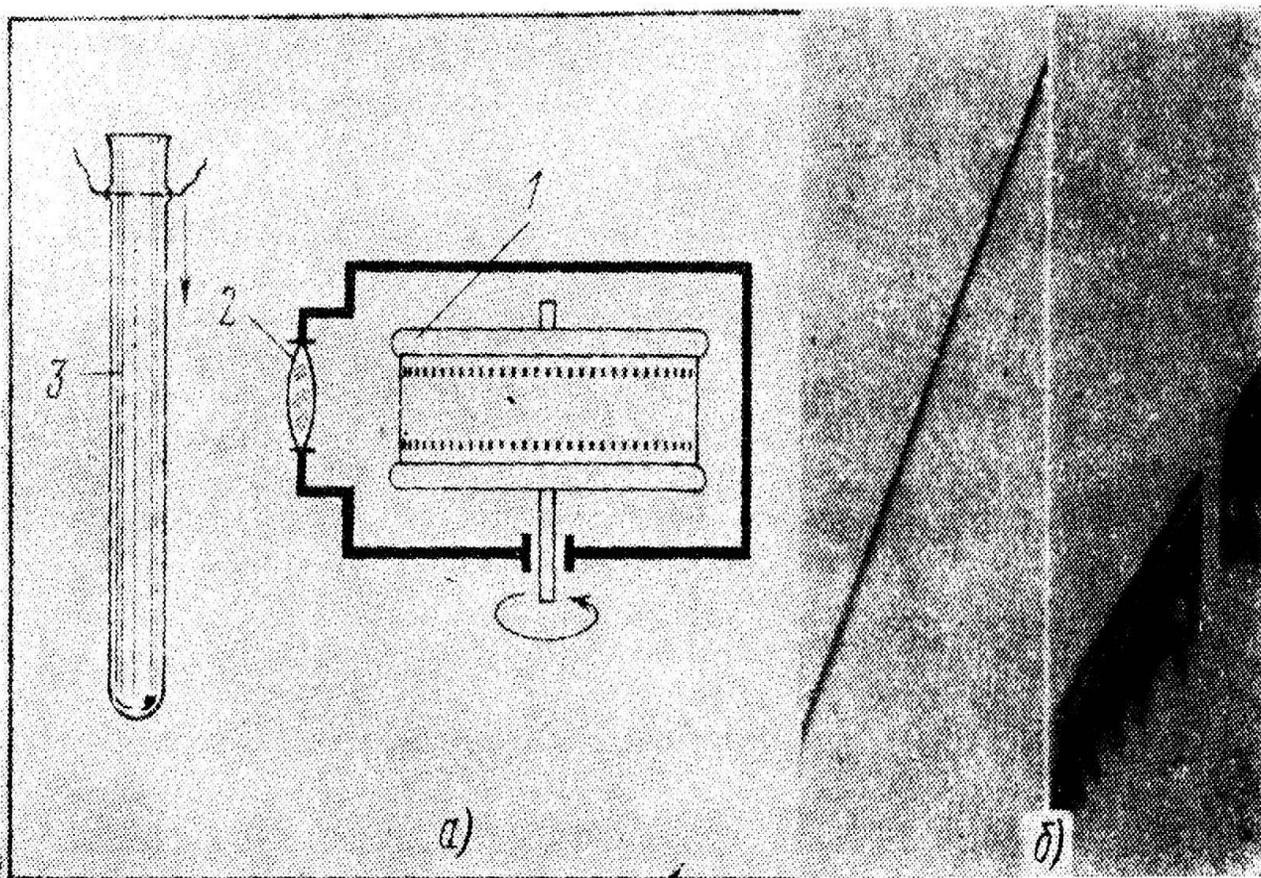
1-нагревательная ванна; 2-кольцо из паронита; 3-фарфоровый тигель; 4 – термометр; 5 – держатель термометра; 6 – штатив; 7 – подставка для горелки;



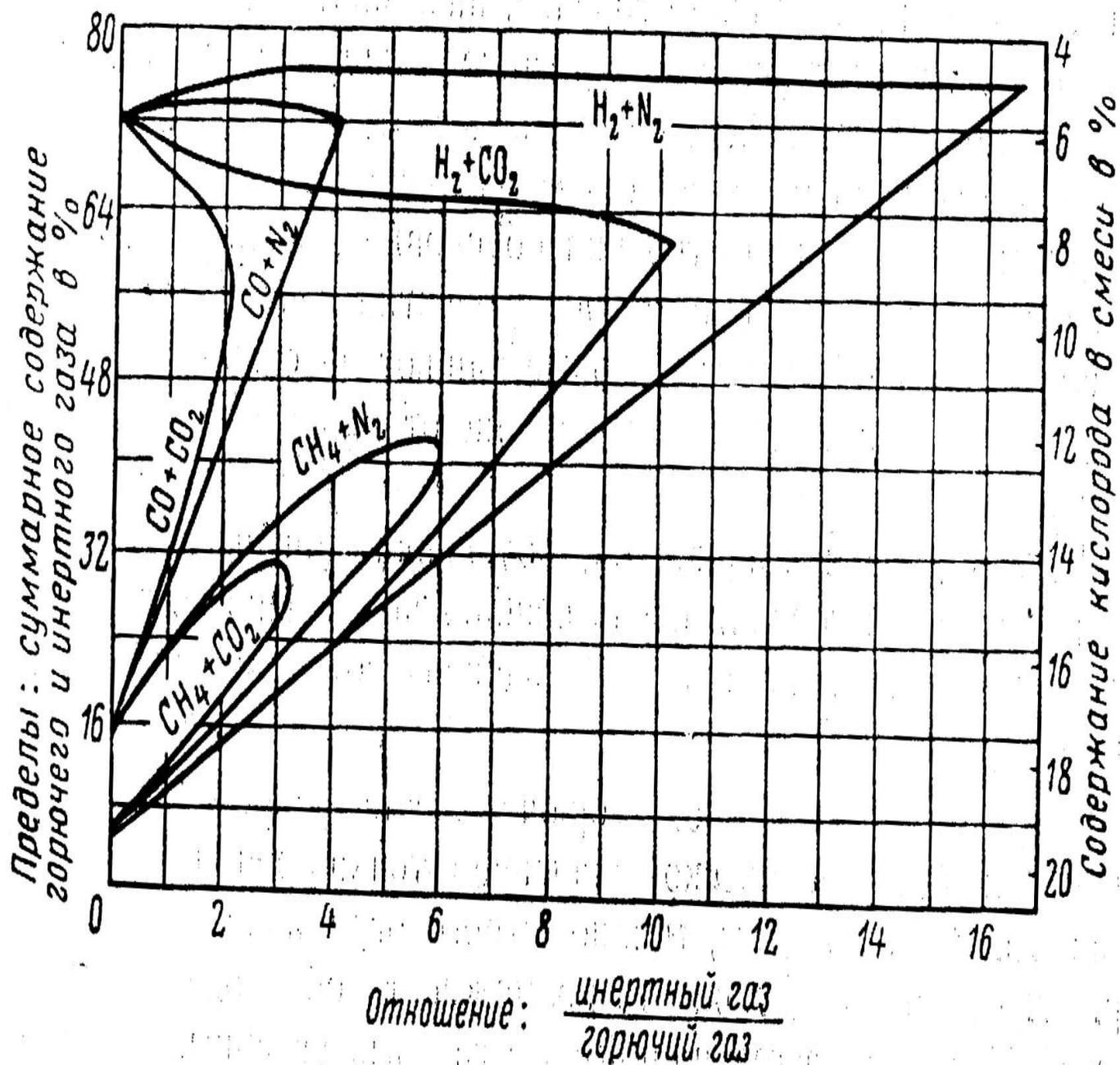
# Распределение температур в зоне нормального горения



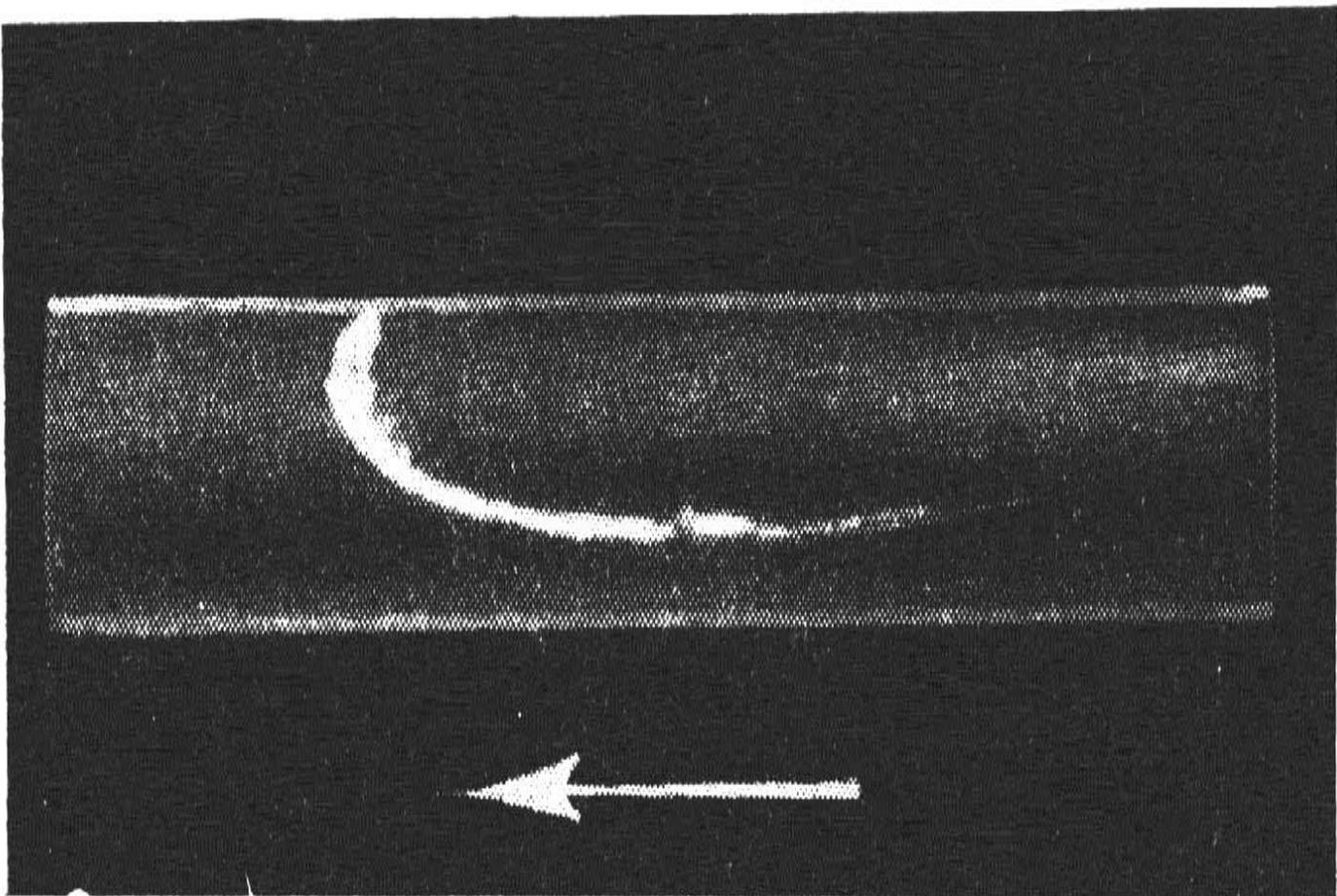
# ФОТОРЕГИСТРАЦИЯ ГОРЕНИЯ



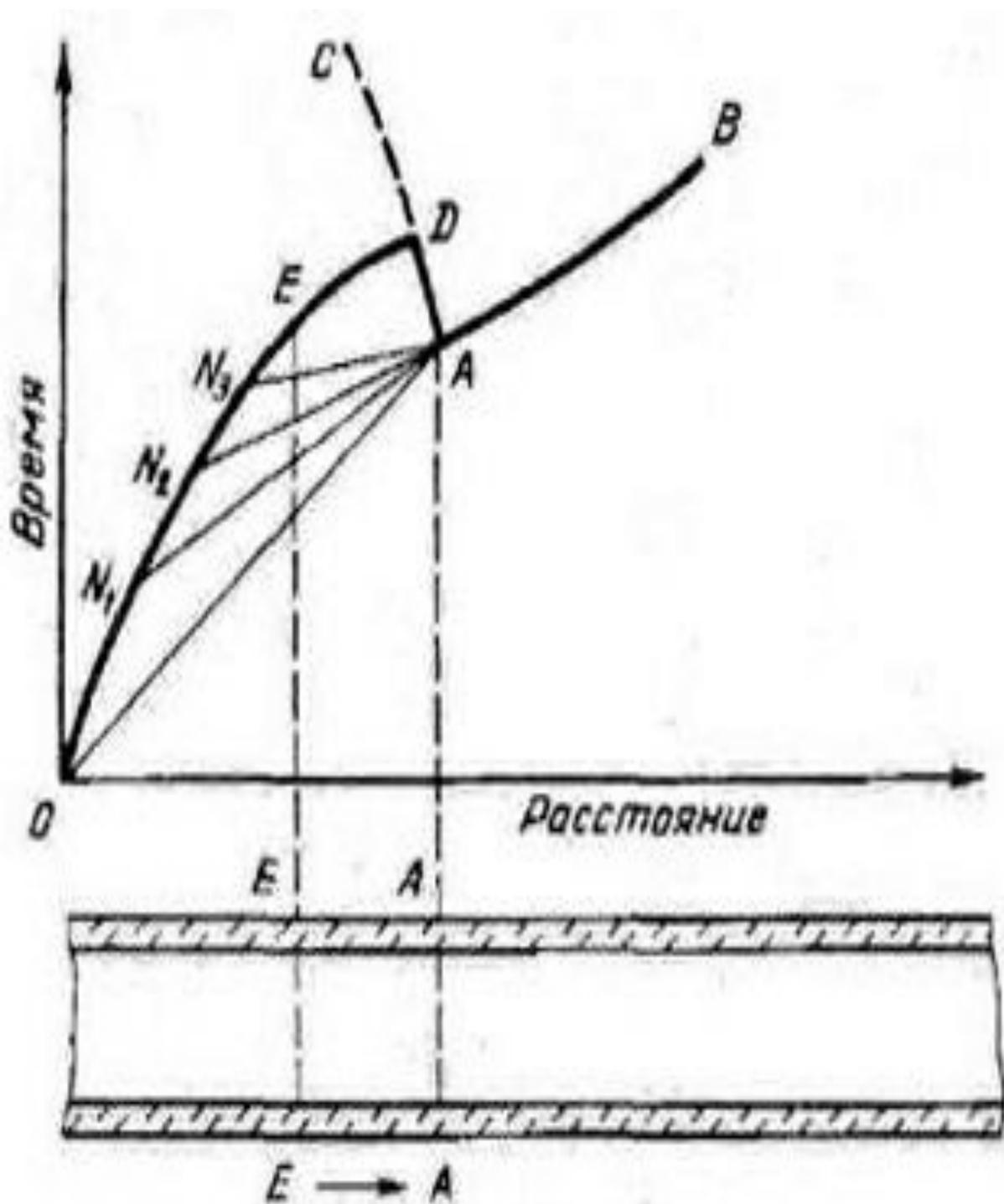
# Диаграмма воспламеняемости



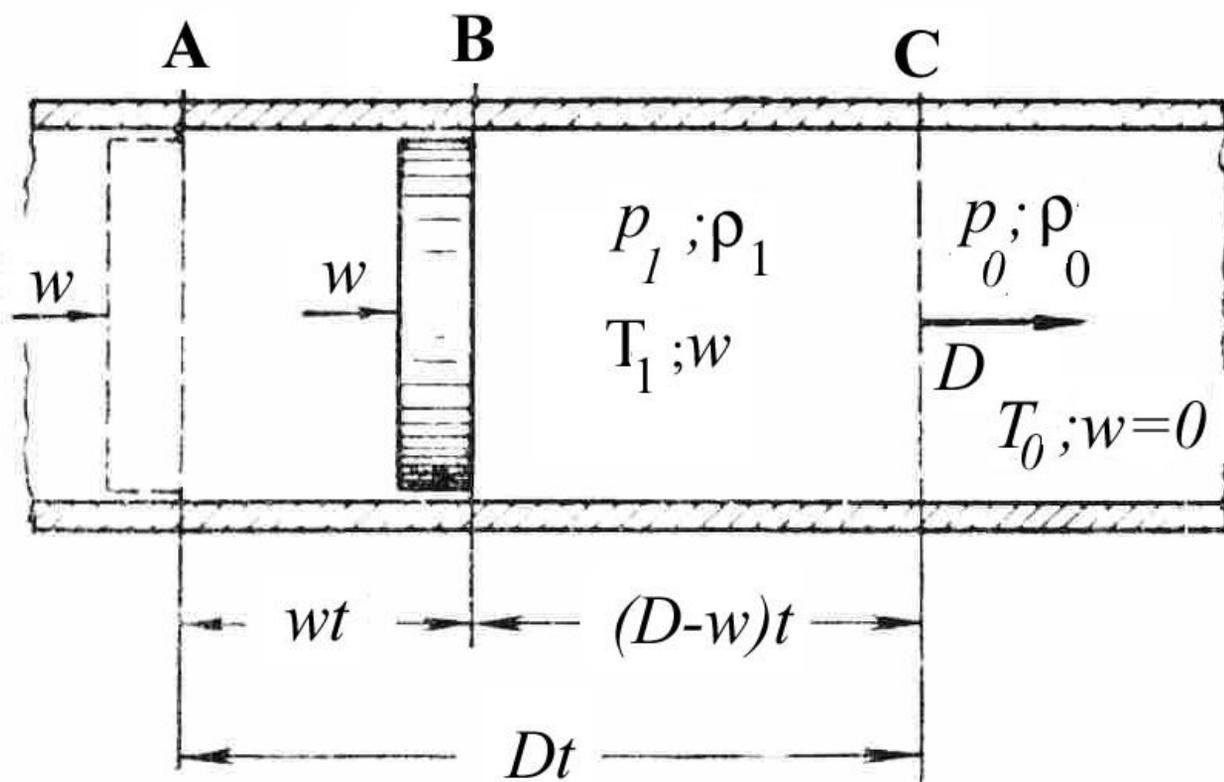
# ФОРМА ФРОНТА ПЛАМЕНИ



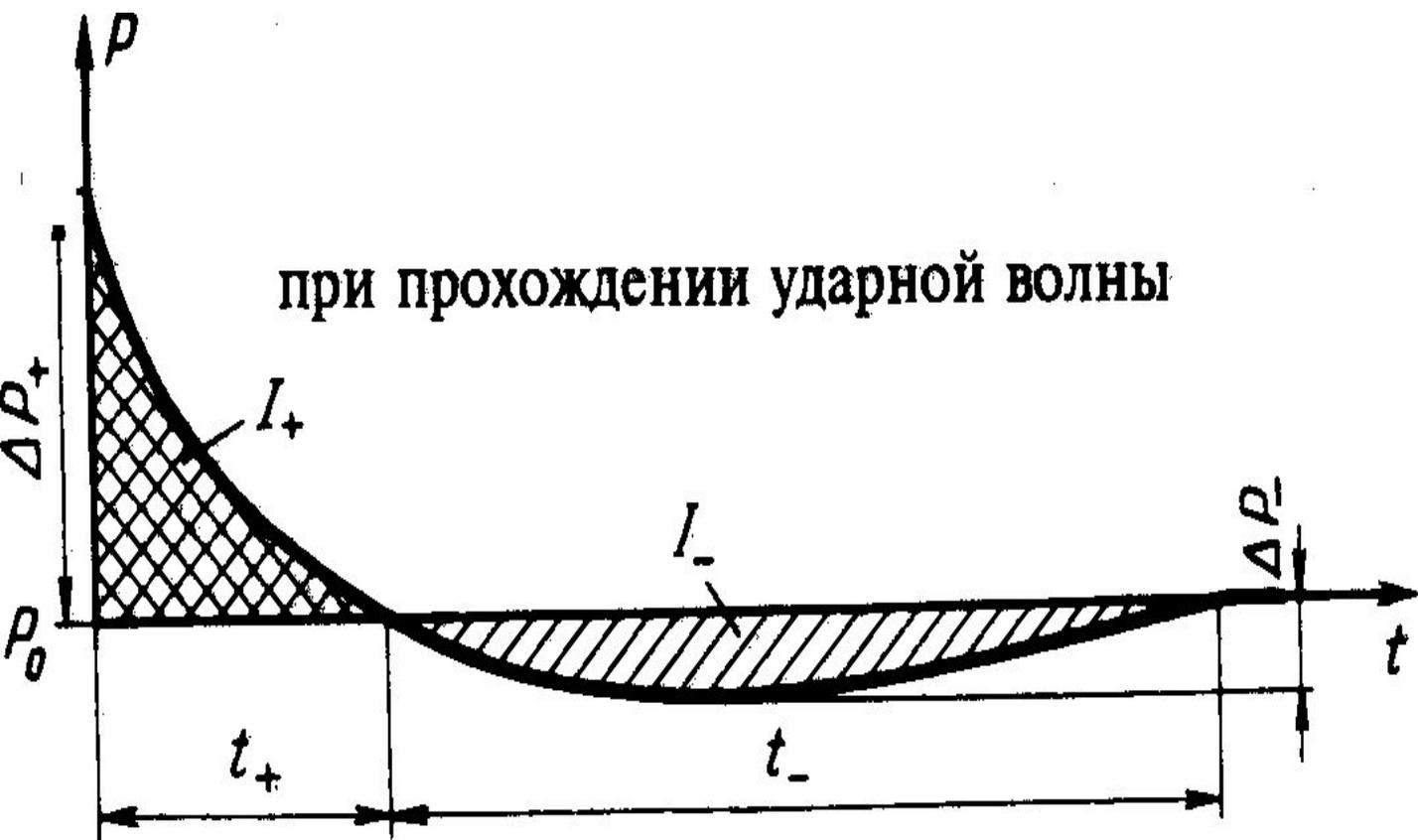
# Схема перехода горения в детонацию



# МОДЕЛЬ ДВИЖЕНИЯ УДАРНОЙ ВОЛНЫ



# Изменение давления во фронте ударной волны



# Формулы для расчета давления в ударных волнах

$dP = A * m + B * m^2 + C * m^3$ , где  $m = \text{СТНТ}^{1/3} / R$

1. Для расплавов:  $dP = 113,4 * m + 185,9 * m^2 + 9,02 * m^3$

2. Формула Садовского:  $dP = 95 * m + 390 * m^2 + 1300 * m^3$

3. Точечный взрыв:  $dP = 98,8 * m + 147,4 * m^2 + 592,6 * m^3 - 1,92$

4. По НПБ 107-97:  $dP = 80 * m + 300 * m^2 + 500 * m^3$

5. По ПБ 09 – 170 – 03:  $R = K * \text{СТНТ}^{1/3} / (1 + (3180/\text{СТНТ}^2)^{1/6})$

СТНТ, кг	10	100	1000	10000	100000
A	9,3	22,2	47,5	70,15	71,4
B	53,4	240,85	1058,9	2284,4	2365
C	-16,8	-160,2	-1381,4	-4329,9	-4538,6

6. По ЕПБВР:  $R = K_1 * \text{СТНТ}^{1/2}$

СТНТ, кг	10	100	1000	10000	100000
A	74,4	107,3	158,3	231,2	339,2
B	578,3	1461	3101,3	6781,5	14622,3
C	-690,1	-2638,8	-8191,1	-26388,4	-83649,4

$dP = 74,4 * m * n + 578,3 * (m * n)^2 - 690,1 * (m * n)^3$

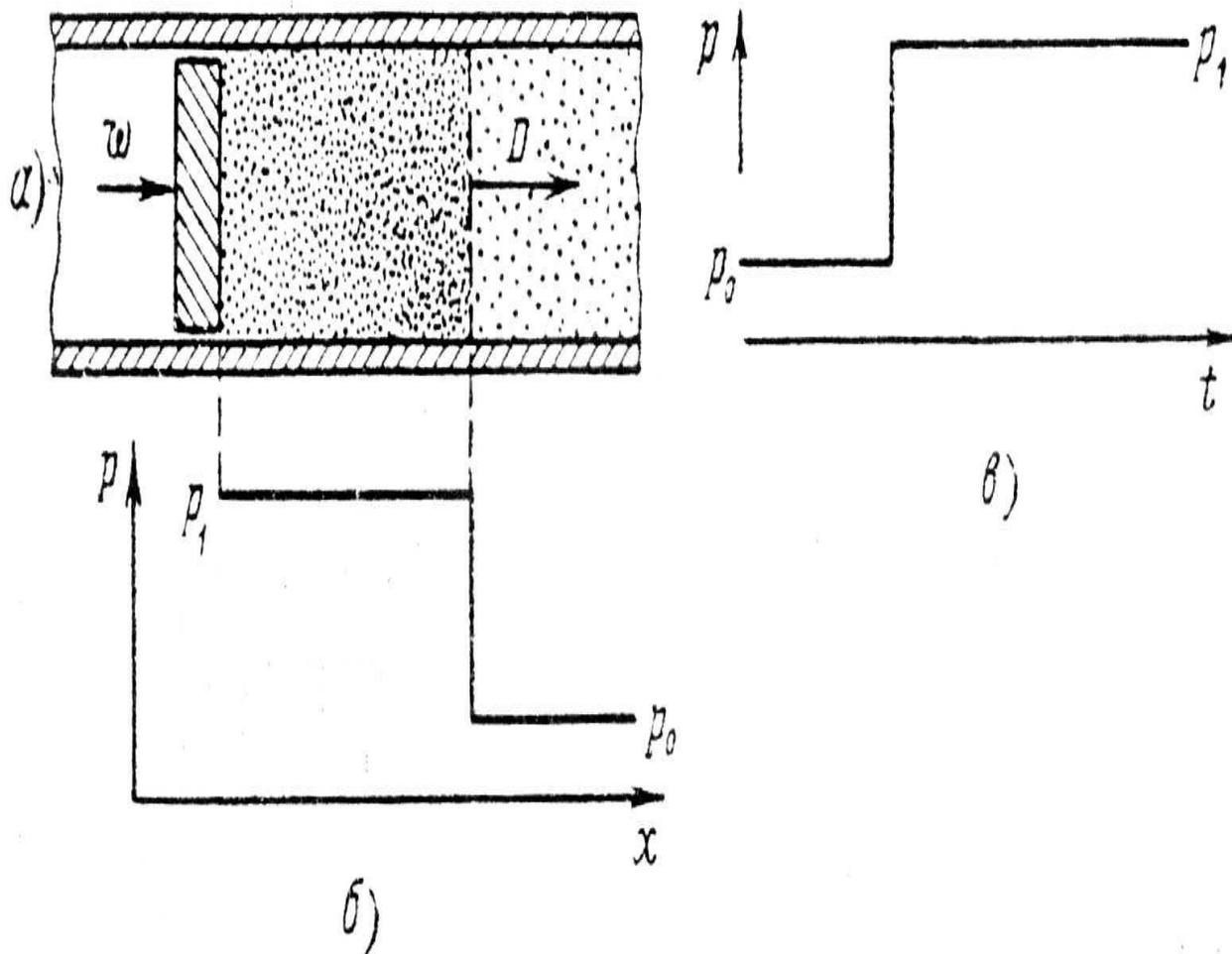
7. По обобщенной формуле:

$dP = 113,4 * m * n + 185,9 * (m * n)^2 + 9,02 * (m * n)^3$ ,

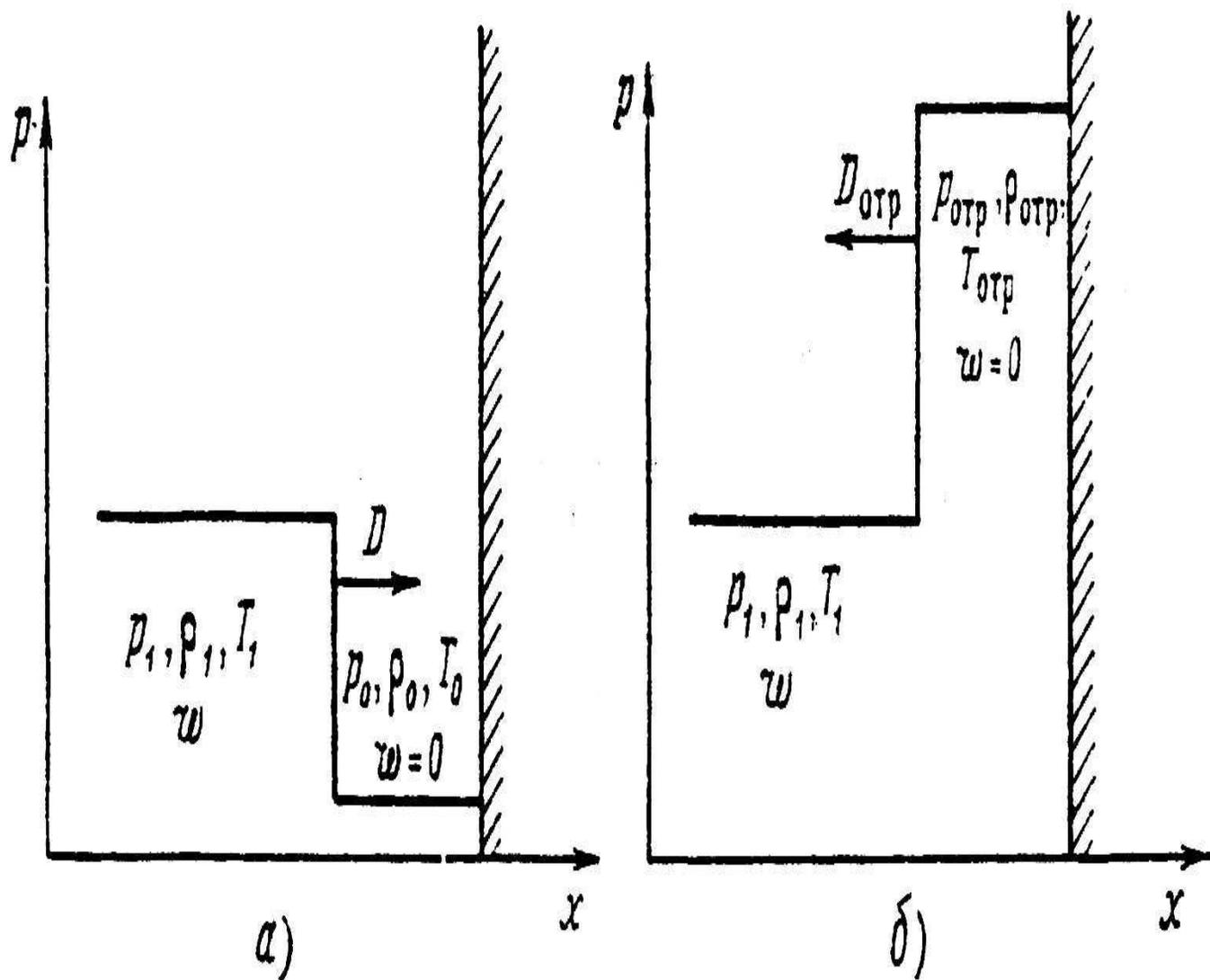
где  $n = 1,47 A * (\lg \text{СТНТ} - 1)$ ,  $A = 1$  (по ЕПБВР)

$A = 1$  (при  $\text{СТНТ} \leq 10$  кг),  $A = 1$  (при  $\text{СТНТ} > 10$  кг)

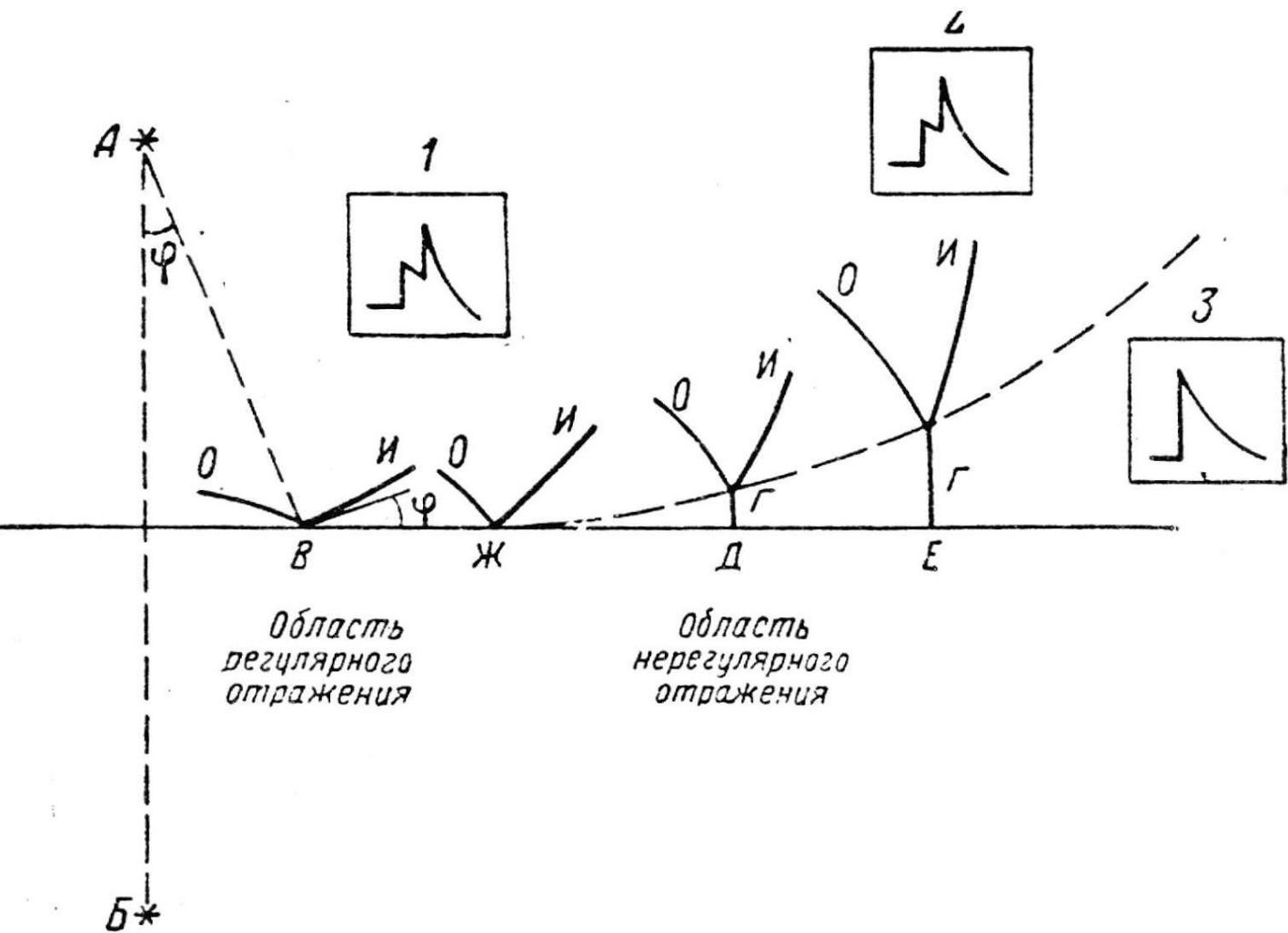
# СХЕМА ОТРАЖЕНИЯ УДАРНЫХ ВОЛН



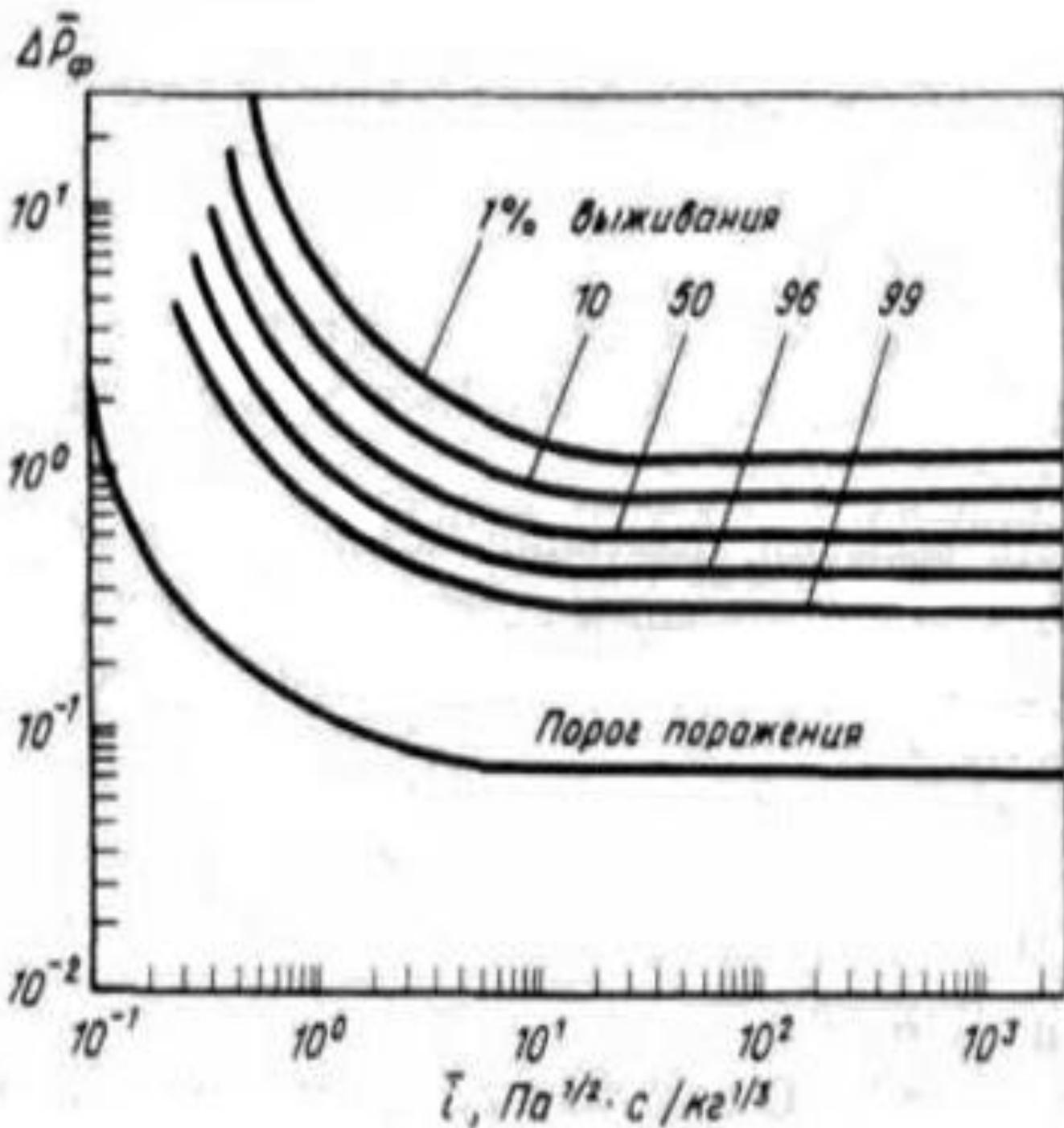
# ОТРАЖЕННАЯ ВОЛНА



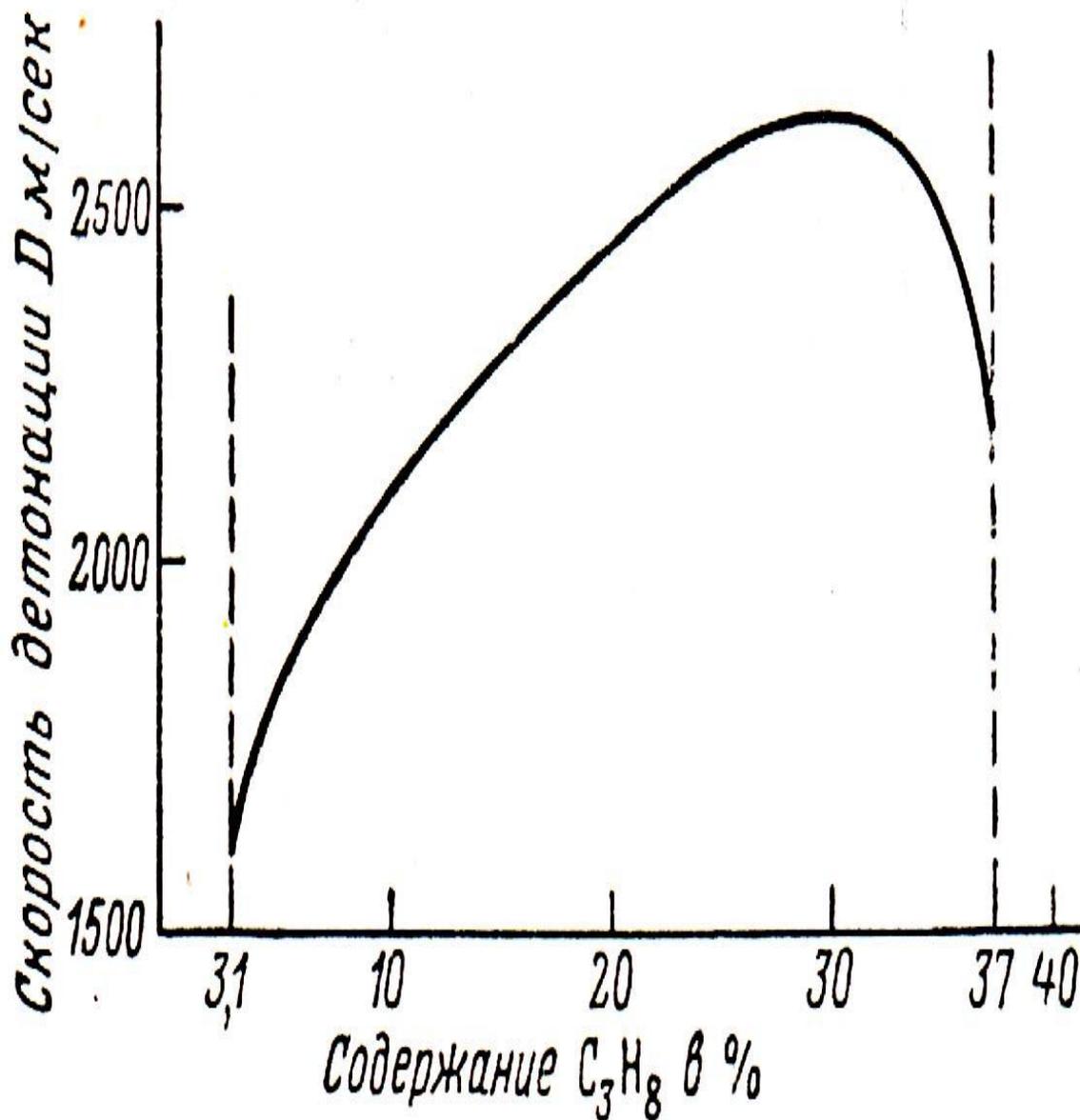
# МАХОВСКАЯ ВОЛНА



# ВОЗДЕЙСТВИЕ УДАРНОЙ ВОЛНЫ



# ЗАВИСИМОСТЬ СКОРОСТИ ДЕТОНАЦИИ ОТ СОСТАВА СМЕСИ



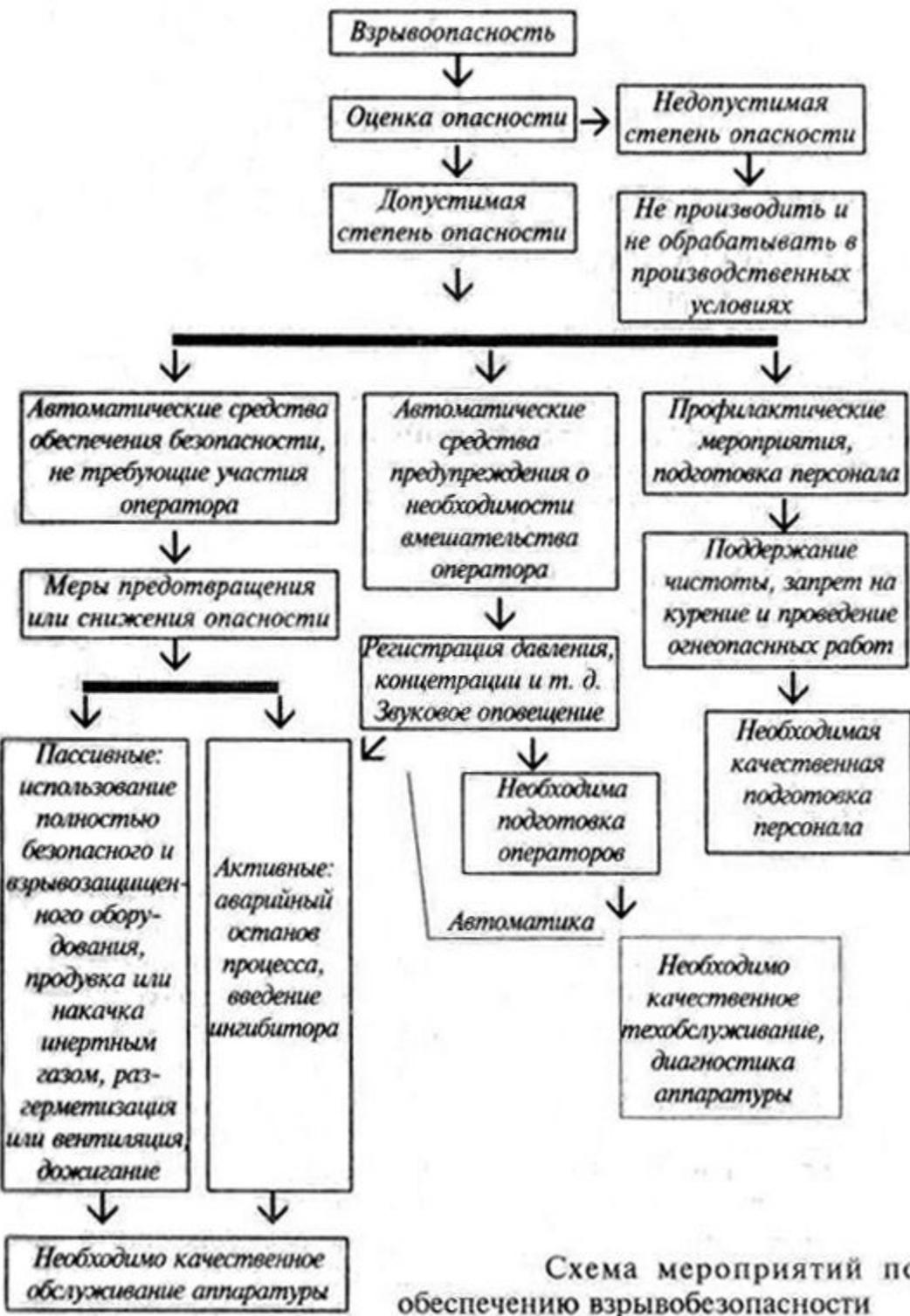


Схема мероприятий по обеспечению взрывобезопасности технологических процессов

# ИНТЕРФЕЙС ПРОГРАММЫ НПБ 1

# 105-03

105-03. Карнаух Максим Николаевич

Вариант Выход

- Газы и пары
- Горючие пыли
- Интенсивность теплового излучения
- Метод оценки индивидуального риска

- Масса газов
- Масса паров
- Для СУГ
- Горизонтальные зоны
- Избыточное давление и импульс волны давления при сгорании

## Расчет индивидуального риска при сгорании газо-, пыле-, пылевоздушных смесей

Выход

Общие данные

0,02 Вероятность возникновения ситуации (ГОСТ 12.1.0004-91)

Исходные данные и расчет (авария или пожар)

Экспортированные или введенные данные

Избыточное давление (кПа) Импульс

Расчет

Пробит функция Введите усл.вер. по таблице 3

Расчет величины индивидуального риска

Величина индивидуального риска

Поражение тепловым излучением

Для проливов ЛВЖ, ГЖ и твердых материалов

Характерное время обнаруж. пожара (с)

Расстояние от места до зоны (кВт\*м<sup>2</sup>)

Скорость движения человека (м/с)

Интенсивность теплового излучения (кВт\*м<sup>2</sup>)

Расчет

Пробит функция

Введите усл.вер. по таблице 3

Расчет величины индивидуального риска

Величина индивидуального риска

### Значения условной вероятности поражения человека в зависимости от величины

$P_p$

Условная вероятность поражения	Величина $E_p$									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	·	2,67	2,95	3,12	3,25	3,36	3,45	3,52	3,59	3,66
10	3,72	3,77	3,82	3,90	3,92	3,96	4,01	4,05	4,08	4,12
20	4,16	4,19	4,23	4,26	4,29	4,33	4,36	4,39	4,42	4,45
30	4,48	4,50	4,53	4,56	4,59	4,61	4,64	4,67	4,69	4,72
40	4,75	4,77	4,80	4,82	4,85	4,87	4,90	4,92	4,95	4,97
50	5,00	5,03	5,05	5,08	5,10	5,13	5,15	5,18	5,20	5,23
60	5,25	5,28	5,31	5,33	5,36	5,39	5,41	5,44	5,47	5,50
70	5,52	5,55	5,58	5,61	5,64	5,67	5,71	5,74	5,77	5,81
80	5,84	5,88	5,92	5,95	5,99	6,04	6,08	6,13	6,18	6,23
90	6,28	6,34	6,41	6,48	6,55	6,64	6,75	6,88	7,05	7,33
·	0,00	0,10	0,20	0,30	0,40	0,50	0,60	0,70	0,80	0,90
99	7,33	7,37	7,41	7,46	7,51	7,58	7,65	7,75	7,88	8,09

## Теплового излучения для пролива жидкости, СУГ, ТМ

Исходные данные

Среднепл. плотность тепл. изл. пламени (кВт\*м<sup>2</sup>)

Площадь пролива (м<sup>2</sup>)

Удельная массовая скорость выгорания (кг\*м<sup>2</sup>\*с<sup>-2</sup>)

Плотность окружающего воздуха (кг\*м<sup>-3</sup>)

Расстояние от геом центра пролива до объекта (м)

Расчет и экспорт в инд. риск

Эффективный диаметр пролива (м)

Высота пламени (м)

Интенсивность теплового излучения (кВт\*м<sup>2</sup>)

Среднепл. плотность = 100 кВт\*м<sup>2</sup>  
 тепродуктов = 40 кВт\*м<sup>2</sup>  
 горючих материалов = 40 кВт\*м<sup>2</sup>

Таблица 2

Значения плотности теплового излучения пламени в зависимости от расстояния и удельной массовой скорости выгорания для некоторых жидких углеводородных топлив

	$E_p - Вт \cdot м^2$					$m, кг \cdot м^{-2} \cdot с^{-1}$
	$d=10 м$	$d=20 м$	$d=30 м$	$d=40 м$	$d=50 м$	
бензин	220	180	150	130	120	0,08
бутила	80	63	50	43	40	0,10
пропан	60	47	35	28	25	0,06
плазма	40	32	25	21	18	0,04
	25	19	15	12	10	0,04

Для диаметров отверстий менее 10 мм или более 50 мм следует принимать значения из таблицы для диаметров 10 мм и 50 мм соответственно.

### Для огненного шара

Время существования шара

Интенсивность теплового излучения

Расчет

Пробит функция

Введите усл.вер. по таблице 3

Расчет величины индивидуального риска

Величина индивидуального риска

# Интерфейс программы ОПБХВП

The screenshot displays the main interface of the OPBHV program, which is used for calculating the energy potential of a fire. It features several windows and input fields:

- Расчет E2": Энергия сгорания ПГФ. Экзо...** (Calculation E2"): Contains input fields for 'n' (3), 'q'' (100), and 'r' (124), and a 'Ввод' (Input) button.
- Расчет E4": ПГФ. Пролив** (Calculation E4"): Contains input fields for 'M' (28), 'Fж' (5), 'Tаи' (423), 'T0' (30), 'Fп' (3), and 'q'' (123).
- ОПБХВП. Булков Н.Н.** (OPBHV. Bulkov N.N.): A central calculation window showing the formula:
 
$$E = E'_1 + E'_2 + E''_1 + E''_2 + E''_3 + E''_4$$
 and a table for efficiency  $\eta$  at different temperatures.
- Расчет и отправка** (Calculation and sending): A button to perform the calculation.
- Примечания** (Notes): A section providing definitions for various parameters used in the calculations.

**Table of efficiency  $\eta$  at different temperatures:**

температура в помещении $t_{в.д.}, ^\circ\text{C}$	20	30	35
1,0	1,0	1,0	1,0
2,4	1,8	1,8	1,8
3,5	2,4	2,3	2,3
5,4	3,6	3,2	3,2
7,7	5,6	4,6	4,6

**Notes section:**

- $n$  - безразмерный коэффициент (0.4-0.8)
- $q'$  - удельная теплота сгорания ПГФ
- $q''$  - удельная теплота сгорания ЖФ
- $c''$  - удельная теплоемкость жидкой фазы
- $n$  - общее количество агрегатов
- $\rho_0$  - плотность ЖФ при нормальных условиях
- $S$  - площадь сечения, через которое возможно изтекание
- $\tau$  - время с момента АРБ до полного отключения
- $\eta$  - разность температур ЖФ при регламент. реж. и ее кипении
- $r$  - удельная теплота парообразования горючей жидкости