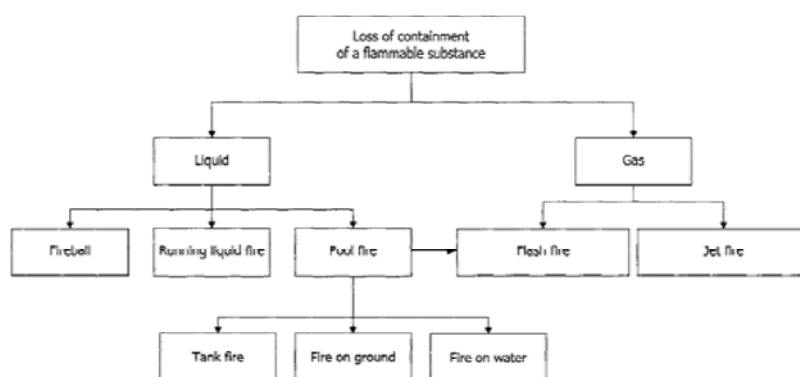


آتش های استخری



انواع آتش





مایعات آتشگیر براساس NFPA30

4.2.2 Combustible Liquid. Any liquid that has a closed-cup flash point at or above 100°F (37.8°C), as determined by the test procedures and apparatus set forth in Section 4.4. Combustible liquids are classified according to Section 4.3.

4.2.3 Flammable Liquid. Any liquid that has a closed-cup flash point below 100°F (37.8°C), as determined by the test procedures and apparatus set forth in Section 4.4 and a Reid vapor pressure that does not exceed an absolute pressure of 40 psi (276 kPa) at 100°F (37.8°C).

4.2.4* Flash Point. The minimum temperature of a liquid at which sufficient vapor is given off to form an ignitable mixture with the air, near the surface of the liquid or within the vessel used, as determined by the appropriate test procedure and apparatus specified in Section 4.4.



کلاس بندی آتش گیری براساس NFPA 30

4.3.1 Flammable liquids, as defined in 3.3.33.2 and 4.2.3, shall be classified as Class I liquids and shall be further subclassified in accordance with the following:

- (1) Class IA Liquid — Any liquid that has a flash point below 73°F (22.8°C) and a boiling point below 100°F (37.8°C)
- (2) Class IB Liquid — Any liquid that has a flash point below 73°F (22.8°C) and a boiling point at or above 100°F (37.8°C)
- (3) Class IC Liquid — Any liquid that has a flash point at or above 73°F (22.8°C), but below 100°F (37.8°C)

4.3.2 Combustible liquids, as defined in 3.3.33.1 and 4.2.2, shall be classified in accordance with the following:

- (1) Class II Liquid — Any liquid that has a flash point at or above 100°F (37.8°C) and below 140°F (60°C)
- (2) Class III Liquid — Any liquid that has a flash point at or above 140°F (60°C)
 - (a) Class IIIA Liquid — Any liquid that has a flash point at or above 140°F (60°C), but below 200°F (93°C)
 - (b) Class IIIB Liquid — Any liquid that has a flash point at or above 200°F (93°C)



- در میان حوادث فرآیندی، آتش پر بسامدترین است.
- یکی از انواع چهارگانه آتش فرآیندی، آتش استخری است.
- بر مبنای تحلیل آماری کاسال و همکاران در سال ۱۹۹۷، آتش استخری به تنهایی ۵۳ درصد از رخدادهای آتش صنعتی را شامل شده بود.



تعریف آتش استخری

Turbulent diffusion flame which burns above a horizontal vaporizing fuel pool, where the fuel vapor has negligible initial momentum.





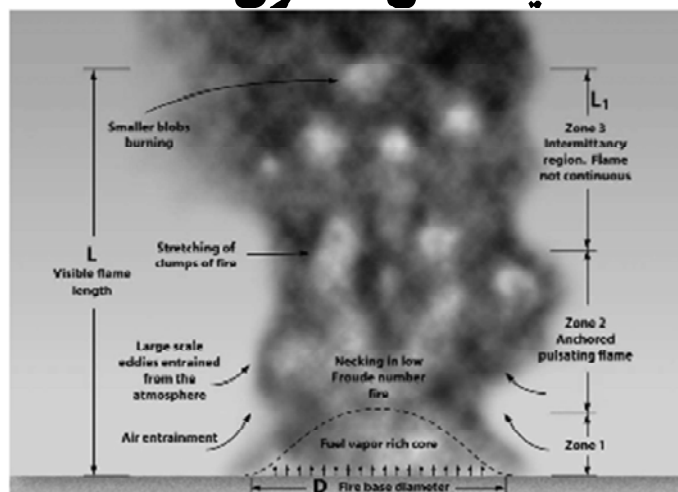
برای شناخت رفتار یک آتش استخری باید چه بدانیم؟



هدف: تخمین اثرات بر محیط پیرامون



بخش های مختلف یک آتش استخری





پارامترهای اصلی در تخمین رفتار آتش استخری

• ابعاد شامل:

ارتفاع

قطر

Tilt زاویه

• نرخ رهایش حرارت HRR



آزمایش های میدانی

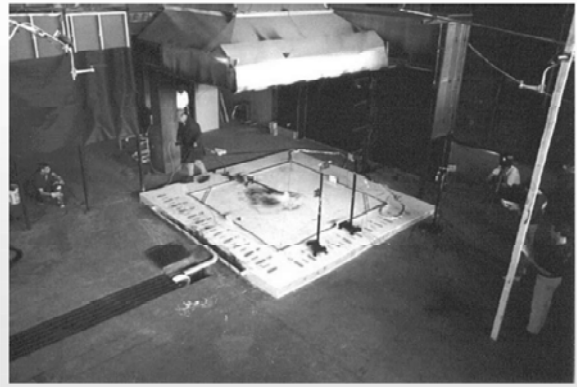
LNG Pool Fire (~15 m dia) on water
China Lake, CA tests 1976-78





آزمایش های میدانی

Experimental Setup



آزمایش های میدانی

Typical Unconfined Spill Fire





قطر آتش استخری

Area of Static Spill Fire

- A is known via physical constraints
- A is calculated based on an estimated spill depth, δ and the initial volume, V, of fuel:

$$A = V / \delta$$



عمق آتش استخری

Estimate of Spill Depth

- MacKinven et al (1970) and Burgoyne and Roberts (1968) work indicate
No flame spread for Depths < 1.5 mm
- More recent experimental data indicate depths as low as 0.7 mm
- Smaller depth -- larger spill area -- larger fire -- shorter duration (all other things constant)



ارتفاع آتش استخری

- Heskestad correlation for intermittent flame height, L_f :

$$L_f = 0.23\dot{Q}^{2/5} - 1.02D$$



نرخ رهائش حرارت HRR

Typical Calculations

Heat Release Rate (kW): $\dot{Q} = \dot{m} \cdot \Delta h_c$

Burning Rate (kg/m²s): $\dot{m} = A \cdot \dot{m}''$

Mass burning rate per area is empirically based.

Burning Rate (kg/m²s): $\dot{m} = A \cdot \dot{y} \cdot \rho$

Density, ρ , is known and
Regression rate is empirically based.



نرخ سوختن burning rate

The burning rate is usually estimated using the following expression:

$$m = m_{\infty} (1 - e^{-kD}) \quad (3-40)$$

where m_{∞} is the burning velocity for an infinite diameter pool ($\text{kg m}^{-2} \text{s}^{-1}$) and k is a constant (m^{-1}). Various authors have proposed values for m_{∞} and k (Table 3-8). For large scale fires, $m \approx m_{\infty}$.

Authors	Diesel oil		Gasoline	
	m_{∞} , $\text{kg m}^{-2} \text{s}^{-1}$	k , m^{-1}	m_{∞} , $\text{kg m}^{-2} \text{s}^{-1}$	k , m^{-1}
Babrauskas [27]	0.034	2.80	0.055	2.10
Rew et al. [28]	0.054	1.30	0.067	1.50
Muñoz et al. [23]	0.054	0.88	0.082	1.31



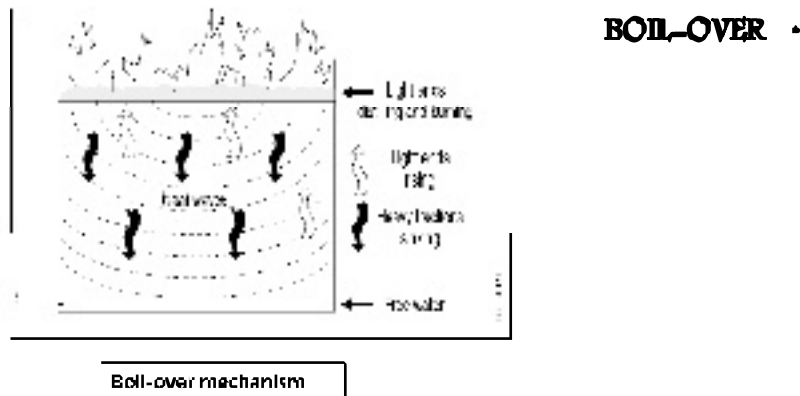
پدیده های حین آتش استخوری در مخازن

SLOP-OVER •





پدیده های حین آتش استخری در مخازن



جلوگیری از پدیده Boil over

- Check for the absence of water in unit feed stocks and in storage tanks involving hot non-aqueous products —
- Purge piping and vessels at low points where water may accumulate, in particular at separator appendages —
- Drain out completely residual water after hydraulic testing before starting up any high-risk unit —
- check that no residual water remains in emptying systems (drum, vacuum tank, etc.) before allowing hot products in —



همزمانی رخداد آتش استخوری در تانک فارم ها و پدیده Domino Effect



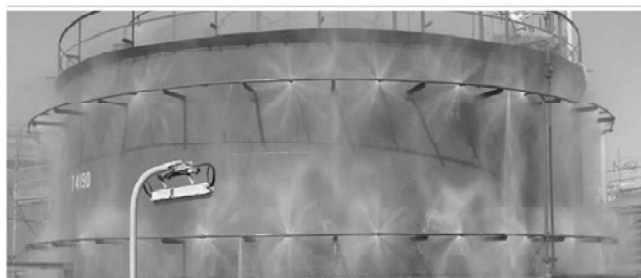
حادثه بانسفیلد انگلستان ۲۰۰۵





راهکارهای مقابله با آتش استخری

- راهکارهای غیرعامل (passive)
 - دایک (dike) – استاندارد IPS-C-ME-100
 - پوششهای ضدحریق (fire proofing) – استاندارد API 2218
- راهکارهای عامل (Active)
 - سیستم فوم – استاندارد 11NFPA
 - سیستم اسپری آب – استاندارد NFPA15
 - مانیتورهای آب و فوم





با سپاسی از توجه شما



آتش فورانی

JET FIRE



فهرست مطالب

- شناخت آتش فورانی
- پیامدهای آتش فورانی
- لائمنونه هایی از حوادث همراه با آتش فورانی
- مدل های آتش فورانی
- اطاقای آتش فورانی
- مطالعه موردی



آتش فورانی چیست؟

- آتش فورانی، باریکه ممتدی از آتش است که در اثر تخلیه مواد قابل اشتعال گازی یا مایعات فرار تحت فشار با سرعت بالا به محیط بیرون در حضور منبع جرقه، بوجود می آید.



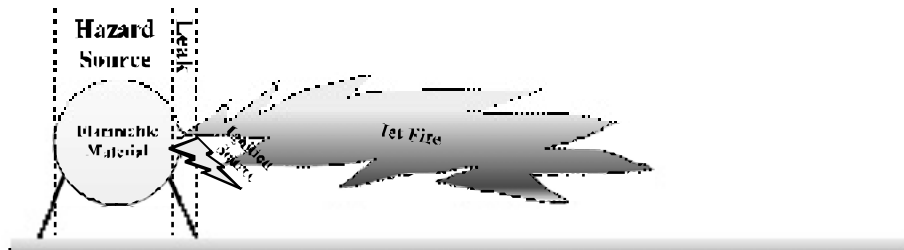
نمونه هایی از آتش فورانی





شرایط تشکیل آتش فورانی

- خروج بخارات یا مایعات فرار آتشگیر از منبع تحت فشار
- وجود منبع جرقه آنی



مشخصه های آتش فورانی



فیلم شماره یک

• فیلم OMV



فیلم شماره دو



پیامدها

- مهمترین پیامد آتش فورانی تشعشع حاصله است که می تواند به انسان و تجهیزات آسیب وارد کند.
- علاوه بر این، برخورد شعله آتش فورانی با سازه ها و تجهیزات نیز می تواند حرارت زیادی را وارد کرده و در نتیجه آسیب جدی به بار آید.



نمونه های حوادث

- آتش سوزی گاز پروپان در پالایشگاه والرو، تگزاس، ۲۰۰۷
فیلم

*Those who cannot
remember the past are
condemned to repeat it.*
—George Santayana





مدلسازی آتش فورانی

- به دلایل مختلف، نیاز به مدل‌های ریاضی برای تخمین رفتار آتش های فورانی داریم بطور مثال :

- برای طراحی ارتفاع مناسب فلرها، نیاز به مدلی برای تخمین شدت تشعشع شعله روی سطح زمین است.
- برای تعیین فواصل مناسب تجهیزات و سازه ها، نیاز به مدلی برای تخمین ابعاد و طول یک آتش فورانی داریم.



یک مدل چه اطلاعاتی را به ما می دهد؟

- ابعاد هندسی شعله شامل طول، پهنا و ...

- شدت تشعشع در یک نقطه اطراف شعله



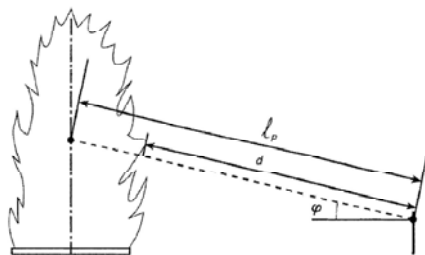
انواع مدل ها

- مدل‌های منبع نقطه ای (Point Source)
 - مدل API
 - مدل‌های شعله جامد
 - مدل Chamberlain
 - مدل Johnson
 - مدل Cook
- ✓ این مدلها، از نوع نیمه تجربی هستند و براساس داده های آزمایشگاهی بدست آمده اند.



مدل های منبع نقطه ای

- در این مدل ها فرض میشود کل تشعشع شعله از یک نقطه درون آن صورت می گیرد
- محل منبع نقطه ای معمولا در مرکز هندسی شعله فرض می شود



مراحل محاسبه تشعشع جت

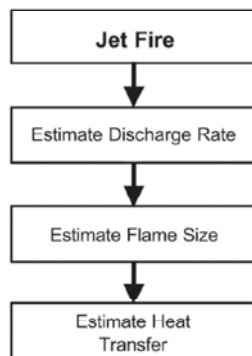


Figure 5-15. Steps in Jet Fire Calculations

تخمین نرخ تخلیه

- معادله تخلیه گاز در شرایط **choked flow**
- در این شرایط سرعت در خروجی به سرعت صوت می رسد

$$\dot{m}_{choked} = C_D A_0 P_0 \sqrt{\frac{k}{R_g} \frac{M}{T_0} \left(\frac{2}{k+1}\right)^{\frac{k+1}{k-1}}}$$

$$P_{choked} = P_0 \left(\frac{2}{k+1}\right)^{\frac{k}{k-1}}$$

\dot{m} : دبی مول خروجی (kg/s)
 P_0 : فشار مول قبل و بعد از خروج (Pa)
 C_D : ضریب تخلیه
 A_0 : مساحت شکاف ایجاد شده (m²)
 R_g : ثابت گازها (8314 Pa.m³/mole.K)
 M : جرم مولکولی گاز (kg/mole)
 T_0 : دمای مول قبل و بعد از خروج (K)
 k : نسبت ظرفیت گرمایی ویژه فشار ثابت به حجم ثابت (بدون بعد)
 P_{choked} : ثابت گرانشی زمین (N.s²/kg.m)



ضریب k

نسبت ظرفیت گرمایی ویژه فشار ثابت به حجم ثابت برای گازهای مختلف	
۱/۳	استیلن
۱/۴	هوا
۱/۳۲	آمونیاک
۱/۶۷	آرگون
۱/۱۱	پوتان
۱/۳	دی اکسید کربن
۱/۳۳	کلر
۱/۲۲	اتان
۱/۲۲	اتیلن
۱/۴۱	هیدروژن
۱/۴۱	نیتروژن
۱/۴	اکسیژن
۱/۳۲	متان



اندازه شعله

$$\dot{Q} = \dot{m} \cdot \Delta h_c = \dot{m}'' A \Delta h_c$$

where

\dot{Q} is heat release rate (kW)

Δh_c is heat of combustion (kJ/kg)

\dot{m} is mass flow rate (kg/s)

\dot{m}'' is the mass burning rate (kg/m²s)

A is area (m²)

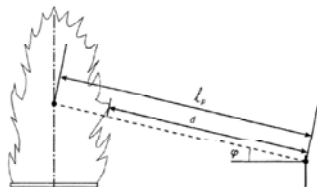
In relatively still air, the flame length, L (m), of most jet flames can be estimated as:

$$L = 0.2 \cdot \dot{Q}^{2/5} \quad (5-18)$$



تخمین میزان تشعشع

میزان تشعشع دریافت شده در یک نقطه به فاصله l



$$I = \frac{Q_r}{4\pi l_p^2}$$

Q_r : گرمای آزاد شده بصورت تشعشعی
 l_p : فاصله منبع تا نقطه مورد نظر

✓ میزان تشعشع دریافتی با مجذور فاصله متناسب است. بدلیل آنکه در تمام جهات انتشار یکسان صورت می گیرد



مدل منبع نقطه ای

• میزان انرژی تشعشعی شعله بصورت زیر محاسبه می شود:

$$Q_r = \eta_{rad} \dot{m} \Delta H_c$$

η_{rad} : ضریب تشعشعی، کسری از انرژی که بصورت تشعشعی آزاد می شود

\dot{m} : سرعت سوختن برحسب kg/s

ΔH_c : گرمای احتراق برحسب kJ/kg



ضریب تشعشعی

- این ضریب به عوامل زیر بستگی دارد:
 - نوع سوخت
 - دمای شعله
 - نوع شعله
 - میزان دود تشکیل شده حین احتراق

- مقادیر بین ۰.۱ تا ۰.۴ بصورت تجربی برای هیدروکربن ها بدست آمده است



تاثیر گذردهی هوا

- بخشی از انرژی تشعشعی توسط هوا جذب می شود که ب در نظر گرفتن این عامل، شدت تشعشع برابر خواهد بود با:

$$I = \frac{\eta_{rad} \dot{m} \Delta H_c \tau}{4\pi l_p^2} \quad \tau \text{ گذردهی هوا (transmissivity)}$$

- گذردهی هوا عددی کوچکتر از ۱ است و در حالت بدبینانه میتوان آنرا ۱ فرض نمود.



تعیین ابعاد شعله

• طول شعله برای هیدروکربن ها در هوای آرام

• از نمودار API 521 نیز می توان برای تعیین طول شعله استفاده کرد



تخمین طول lift-off

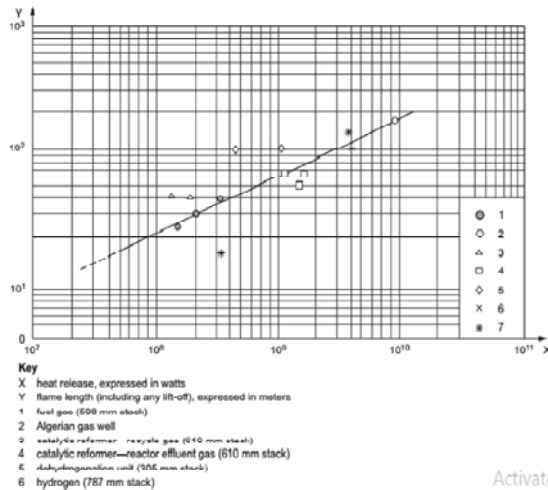
• طول lift-off از رابطه زیر قابل محاسبه است

$$s = \frac{6.4 \pi d_{or} u_j}{4 u_{av}}$$

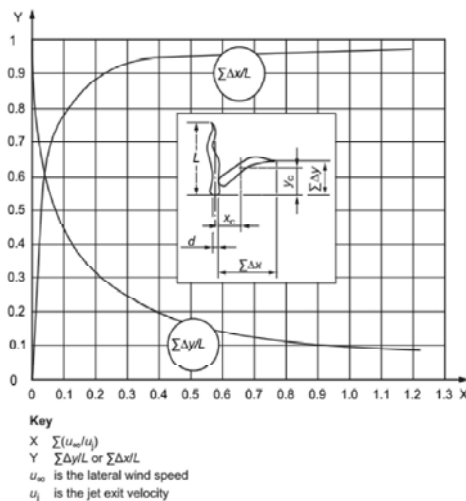
d_{or} : قطر ریفیس
 u_{avg} : سرعت متوسط جت



نمودار API 521 برای تعیین طول شعله



تاثیر باد



- وزش باد سبب منحرف شدن شعله در جهت بد و جبهه شدن مرکز شعله میشود.
- در API 521 نموداری برای بررسی تاثیر وزش باد وجود دارد



مثال



مزایا و معایب مدل نقطه ای

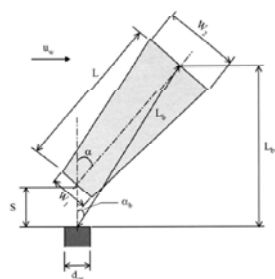
- استفاده از آن بسیار ساده است و میتوان تخمین اولیه ای از شدت تشعشع بدست آورد
- در اصل برای شعله های عمودی ارائه شده است و برای شعله های افقی خطا دارد
- در فواصل نزدیک شعله مقادیر تشعشع بالاتر از مقدار واقعی است. بدلیل آنکه هندسه شعله در محاسبات دیده نشده است

مدلهای شعله جامد

Solid Flame Models

مدلهای شعله جامد

- در این مدلها فرض می شود آتش یک جسم خاکستری است که کل ناحیه مرئی شعله را دربر گرفته و تشعشع از سطح آن صورت می گیرد.



- نسبت به مدل نقطه ای دقیق تر هستند > به شعله



انواع مدلها

- مدل **Chamberlane**
- مناسب شعنه های عمودی و زاویه دار نسبت به افق
- مدل **Johnson**
- مناسب شعنه های افقی
- مدل **Cook**
- مناسب میعات و نشی های دوفازی



تخمین شدت تشعشع

- شدت تشعشع از رابطه زیر محاسبه می گردد:

$$I = \tau F E$$

- τ : ضریب گذردهی خلاء
- F : ضریب دید نقطه مورد نظر
- E : توان تشعشعی سطح (kW/m^2)



ضریب دید (View Factor)

- تعریف: کسری از تشعشع ساطع شده از سطح شعله که توسط یک شی در یک نقطه خارج سطح شعله دریافت می گردد.
- ضریب دید یک فاکتور هندسی است که به عوامل زیر بستگی دارد:
 - اندازه و شکل تش
 - فاصله شعله و جسم دریافت کننده
 - زاویه سطح دریافت کننده نسبت به شعله
- ✓ روش های محاسبه ضریب دید به تفصیل در کتب انتقال حرارت بحث شده است



توان تشعشعی (Emissive Power)

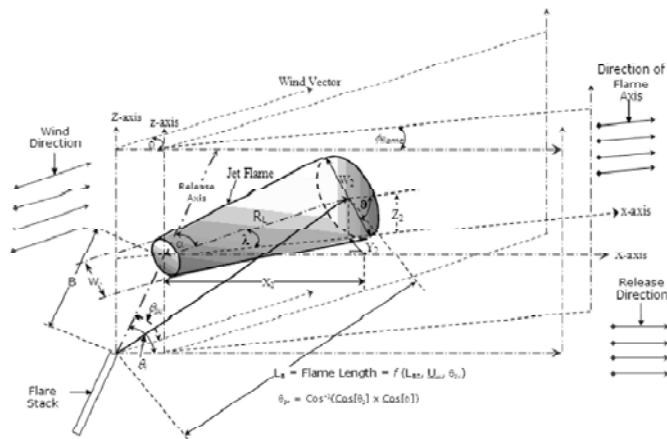
- تعریف: گرمای تشعشعی ساطع شده از واحد سطح شعله در واحد زمان
- این پارامتر معمولاً بصورت تجربی تعیین می گردد و مثلاً برای گاز پروپان در حدود 200 kW/m^2 است

$$\bar{E} = \frac{\eta \Delta H_c \dot{m}}{A}$$

- محاسبه ان از رابطه زیر صورت می گیرد:

تخمین ابعاد شعله

- مدل‌های مختلفی ارائه شده که هر شرایط متفاوت ابعاد شعله را تخمین می‌زنند.
- در این مدل‌ها شعله بصورت یک مخروط ناقص در نظر گرفته می‌شود.



پارامترهای مدل مخروطی

- Flame length : طول شعله، فاصله از محل رهایش تا مرکز صفحه نوک
- Lift-off distance (B) : فاصله محل رهایش تا محل تشکیل شعله
- Frustrum length : طول مخروط ناقص
- Tip width (W2) : پهنای صفحه نوک شعله
- Base width (W1) : پهنای قاعده شعله



- با توجه به پیچیدگی محاسبات اینگونه مدلها این مطالعه به کمک نرم افزار Phast صورت می گیرد.



اطفای آتش فورانی

در اطفای آتش های فورانی به موارد زیر باید دقت شود:

- شعله به هیچ وجه مستقیماً خاموش نشود
- خنک سازی سازه ها و تجهیزات اطراف آتش
- ایزولاسیون خطوط مواد متصل به محل بروز آتش
- تخلیه مواد به سمت فلر به منظور کاهش زمان سوختن
- آتش سوزی در ایستگاه CGS سبزوآر





به نظر شما آیا برای جلوگیری از آسیب آتش
فورانی نیاز به پوشش های ضد حریق می باشد؟



تاثیرات آتش روی سازه ها

Estimated Failure Times of Steel Elements

Component	Time to Failure (minutes)		
	Impinging Jet Fire	Impinging Pool Fire	Nonimpinging Fire (37.5 kW/m ² exposure)
25 mm steel pipe	5	10	No failure
7 mm steel plate (flame impingement on one side only)	2	4	13
305 mm web × 127 mm flange steel beam	3-4	4	13



مقاومت فلزات در برابر حرارت

strength is about 60%. As such, typical failure criteria used for structural steel calculations is 500–550°C (932–1,022°F). A failure temperature of 150°C

• زمان رسیدن به این دما به چه عواملی بستگی دارد؟

- *The degree of heating*—whether impingement from a jet flame or a cooler diffusive flame, or radiant or convective heating from outside the flame.
- *The nature of the exposure*—whether the member is engulfed or heated from one side only, and whether heated over its full length or over a small section.
- *The geometry of steel*—the mass of steel and the exposed surface area.
- *The mitigation (if any)*—from cooling water or of passive fire protection on steel



تائیرات آتش (از TOTAL GS SAF 253)

3000 BTU/hr/ft² (9.6 kW/m²)	Pain threshold limit in 6 s ⁽¹⁾⁽²⁾ 2nd degree burn after 20 s ⁽⁴⁾ Minimum lethal flux in 60 s ⁽²⁾ Maximum radiant heat intensity at any location where urgent emergency action by personnel is required. When personnel enter or work in an area with the potential for radiant heat intensity greater than 6.31 kW/m ² , then radiation shielding and/or special protective apparel (e.g. a fire approach suit) to be considered. It is important to recognise that personnel with appropriate clothing cannot tolerate thermal radiation at 6.31 kW/m ² for more than a few seconds ⁽⁵⁾	Exposed structures must be protected if exposition duration is more than 1 hour ⁽⁶⁾
--	--	--



تاثیرات آتش روی تجهیزات و ابزار دقیق

A heat flux of 25 kW/m^2 has been published as a general rule-of-thumb for damage to process equipment (Barry, 2002). Clearly, this excludes electrical

- 50°C (122°F) for faults in operating electronic equipment.
- 150°C (302°F) for permanent damage to nonoperating equipment.
- 250°C (482°F) for failure of standard Polyvinyl Chloride (PVC) cable.



تاثیرات آتش روی انسان

Estimated Effects of Heat on Personnel

Incident Flux (kW/m^2)	Impact
37.5	100% lethality in 1 minute (Barry, 2002)
25	1% lethality in 10 seconds (Barry, 2002)
15.8	100% lethality in 1 minute, significant injury in 10 seconds (Barry, 2002)
12.5	1% lethality in 1 minute; first degree burns in 10 seconds (Barry, 2002)
6.3	Emergency actions lasting a minute can be performed by personnel without shielding, but with appropriate clothing (API RP 521)
4.7	Emergency actions lasting several minutes can be performed by personnel without shielding, but with appropriate clothing (API RP 521)



آتش ناگهانی FLASH FIRE



فهرست مطالب

- ❑ شناخت آتش ناگهانی
- ❑ پیامدهای آتش ناگهانی
- ❑ نمونه هایی از حوادث همراه با آتش ناگهانی
- ❑ مدل سازی پیامد آتش ناگهانی
- ❑ پیشگیری از آتش ناگهانی
- ❑ مطالعه موردی



آتش ناگهانی چیست؟

- آتش ناگهانی، آتشی سریع است که در آن شعله های آتش در یک مخلوط سوخت و هوا در محدوده غلظت اشتعال پذیری، گسترش می یابد. زمانی که ابر گاز به یک منبع جرقه می رسد شعله در مخلوط قابل اشتعال گسترش می یابد



مراحل تشکیل آتش ناگهانی

- رهایش گاز آتشگیر یا تبخیر مایعات آتشگیر
- انتشار گاز در جهت باد و با توجه به شرایط آب و هوایی
- برخورد ابر گاز با منبع جرقه (شعله باز، الکتریسته ساکن و...)
- سوختن ابر گاز با غلظت اشتعال پذیری (LEL و UEL)



مدت زمان آتش ناگهانی

✓ مدت زمان این پدیده بسیار کوتاه است و در حد چند دهم ثانیه می باشد

✓ سرعت انتشار شعله در آتش ناگهانی بین ۵ تا ۷ متر بر ثانیه گزارش شده است که با سرعت باد افزایش می یابد



شرایط تشکیل آتش ناگهانی

- انتشار گاز قابل اشتعال
- وجود گاز در غلظت های اشتعال پذیری
- حضور منبع جرقه با تاخیر
- فضای باز



پیامدها

- در محدوده وقوع آتش ناگهانی، شدت تشعشع بسیار بالا است ولی در بیرون از آن میزان تشعشع ناچیز است
- مهمترین پیامد آتش ناگهانی تشعشع کوتاه مدت حاصله است که می تواند بیشتر به انسان آسیب وارد کند تا تجهیزات



تفاوت آتش ناگهانی و انفجار ابر گاز (VCE)

تفاوت عمده این دو پدیده در تولید موج انفجار (blast wave) است

- در انفجار بدلیل بالا بودن سرعت سوختن بخشی از انرژی حرارتی بصورت موج مکانیکی منتشر می گردد
- انفجار در فضای متراکم (congested) اتفاق می افتد، در حالیکه آتش ناگهانی در فضای باز (open)



چگونه تراکم سبب تولید موج انفجار می شود؟

- تراکم و حضور موانع (blockage) سبب ایجاد اغتشاش در مسیر انتشار شعله میشود
- اغتشاش پخش شدن شعله در جهات مختلف و بالا رفتن سرعت سوختن را به همراه دارد
- بالا رفتن سرعت سوختن سبب آزاد شدن حجم زیاد گاز و انرژی در زمان کوتاه و در نتیجه تولید موج انفجار می شود



مدلسازی آتش ناگهانی

- به دلایل مختلف، نیاز به تعیین محدوده آتش ناگهانی داریم بطور مثال :

– برای تعیین ارتفاع مناسب *cold vent*

ارتفاع باید به گونه ای باشد که ابر گاز آتشگیر پخش شده و به زمین نرسد

– برای تعیین فواصل مناسب مناطق آتش *Fire zone*

ابر گاز حاصل از نشتی های کوچک نباید به منطقه آتش مجاور برسد



محدوده آتش ناگهانی

- حداکثر محدوده آتش ناگهانی، فاصله که گاز با غلظت LEL پخش می شود.
- برای تعیین محدوده آتش ناگهانی باید با استفاده از مدلسازی انتشار گاز و در نظر گرفتن شرایط آب و هوایی محدوده آتش ناگهانی را تعیین نمود



مطالعه موردی



حل مسئله به کمک نرم افزار PHAST

- در حادثه خط لوله گاز سرخسی با فرض فشار گاز ۸۰ بر و سایز لوله 56b اینچ حداکثر محدوده آتش ناگهانی را در دو شرایط آب و هوایی (2/F و 5/D) تعیین کنید

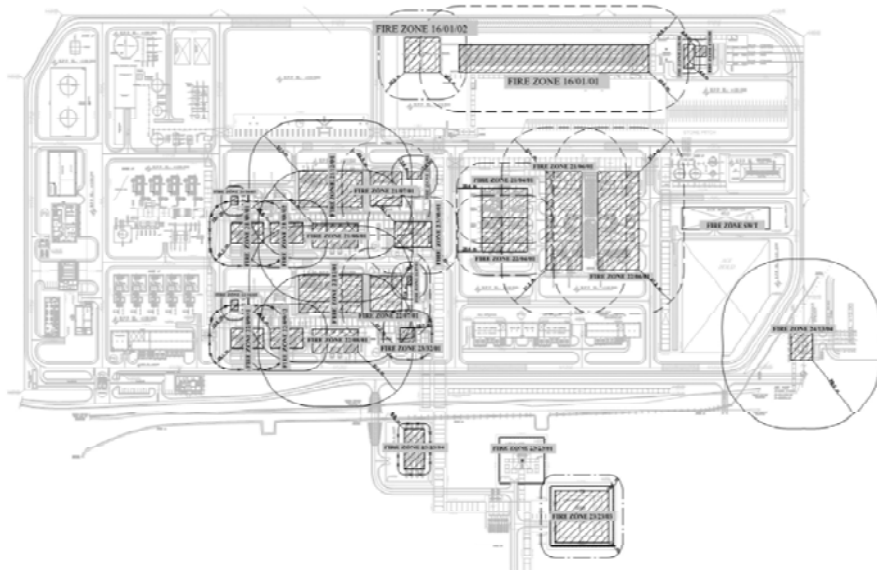


پیشگیری از آتش ناگهانی

- بهترین راهکار برای جلوگیری از وقوع آتش ناگهانی کنترل منابع جرقه است.
- حفظ فاصله ایمن بین مناطق آتش مجاور (بطور مثال فلرها یا کوره ها) یکی از راه های جدا کردن منابع جرقه از محدوده فرایند است
- استفاده از تجهیزات ضد جرقه نیز می تواند به کاهش ریسک اشتعال ابرگاز کمک کند



S





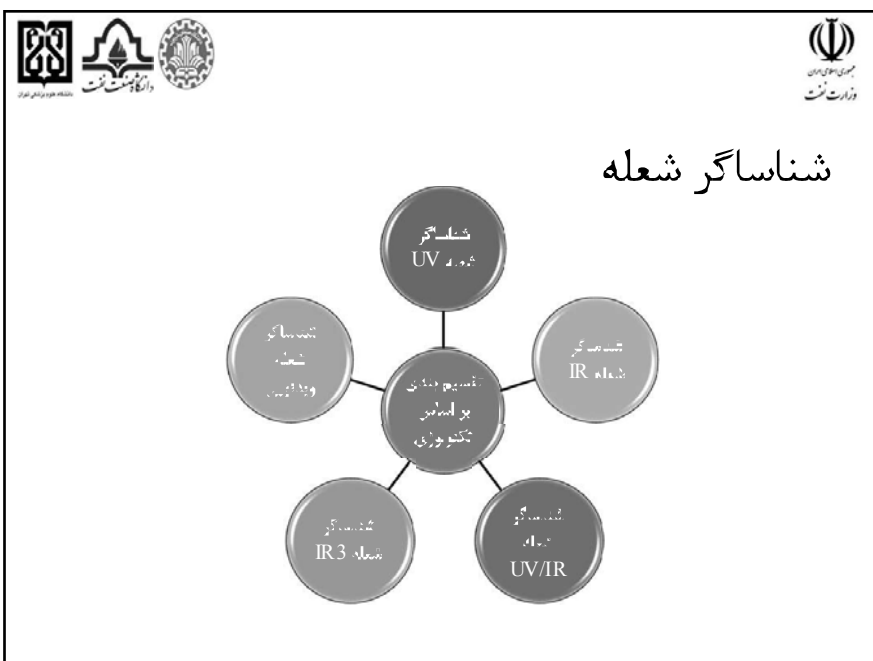
سیستم‌های آشکار ساز



تاریخچه

- اولین سیستم‌های تشخیص آتش و گاز
 - چشم نسان
 - پرندگان (قناری) در معدن







شناساگر شعله

• شناساگر شعله UV

- شناساگر تک طیفی بر اساس تشعشع ماورا بنفش آتش
- کاربرد
 - آتش فلزات
 - فضای داخلی
- حساس به تشعشعات مزاحم مانند جوشکاری، پرشکاری و ...
- در حضور دود و بخار غلیظ و یا لکه روغن شناساگر کور می شود.



شناساگر شعله

• شناساگر شعله IR

- شناساگر تک طیفی بر اساس تشعشع مادون قرمز برای تشخیص تشعشعی مواد آلی (بدلیل تولید دی کسید کربن)
- کاربرد
 - آتش هیدروکربنی
 - فضای داخلی
- حساس به تشعشعات مزاحم مانند نور افتاب، لامپهای گرمایی و هالوژنی و



شناساگر شعله

• شناساگر شعله UV/IR

- شناساگر دو طیفی بر اساس تشعشع مادون قرمز و ماورا بنفش (بر اساس مواد تولید شده در آتش)
- کاربرد
 - آتش هیدروکربنی و فلزات
 - فضای داخلی و خارجی
- حساس به تشعشعات مزاحم مادون قرمز و ماورا بنفش



شناساگر شعله

• شناساگر شعله IR3

- دارای سه شناساگر مجزا در سه طیف محدوده مادون قرمز برای حذف منابع غیر آتش ده بالا و پس زمینه در مواجهه با منابع غیر از آتش (حساسیت ندارد)
- کاربرد
 - آتش هیدروکربنی
 - فضای داخلی و خارجی
- حساسیت بالا
- ایمنی بیشتر در برابر الاره خف
- فاصله پوشش بیشتر





شناساگر شعله

• موارد استفاده کلی

- فضاهای بسته، ب سقف بلند مانند انبرها و آشیانه هواپیما
- فضاهای خارجی و یا نیمه محدود داخلی که بد اجازه تجمع دود و گرما و رسیدن آن به شناساگر دود و گرما را نمی دهد.
- مناطقی که امکان گسترش سریع آتش وجود دارد مانند محل انبارش مواد و واحدهای تولید مواد شیمیایی
- محیطهای نامناسب برای دیگر شناساگرها



شناساگر شعله

• در انتخاب و جانمایی توجه شود به:

- نوع آتش
- محیط مورد نظر
- زمن واکنش
- عوامل مزاحم محیطی
- باید هر منبع احتمالی آتش حداقل در دید یک شناساگر باشد.







شناساگر گازی

شناساگر نقطه ای

- گازتابیستی
- مادون قرمز
- الکتروشیمیایی
- غاز جامد

شناساگر محیطی

شناساگر خطی
مادون قرمز (IR)

شناساگر منطقه ای

- شناساگر فراصوت
- تصویر ابر گاز (IR)
(Cloud Image)







شناساگر گازی



- شناساگر کاتالیمستی
- مزایا
 - مقویه در شرایط آب و هوایی شدید
 - نصب و تنظیم ساده
 - عمر بالا
 - توانایی تشخیص گازهای متنوع
 - محدودیت زمانی عملکرد بالا
- معایب
 - نیاز دارد گاز به سطح برسد
 - امکان آلودگی کاتالیمست منجر به ناپایدار عمل شود
 - نیاز به آنتیژن دارد
 - تمیزی زیاد یا تار باعث کاهش دقت می شود.



شناساگر گازی



- شناساگر بدون تریمر
- مزایا
 - نیاز به کالیبره کردن احساس ندارد
 - عملکرد در اکسیژن خیلی کم و یا خیلی زیاد
 - حساسیت در پیشرانه فاضلاب بالای گاز
- معایب
 - گاز باید از محل هر جا که باید عبور کند
 - گاز باید از فنل عبور کند و گازهای تشخیصی را جذب می‌کند و عبور می‌کند
 - گاز چگالی IR باشد
 - دما و رطوبت و اثرات جدید باعث تغییر در دمای می شود
 - نیاز به حجم بالای گاز برای تشخیص
 - دمای محیط باید محدود به ۷۰ درجه باشد
 - برای تشخیص چندین نوع گاز همزمان مناسب نیست
 - تعویض آسان در محل ممکن نیست



شناساگر گازی



- شناساگر الکترولیت دو مخزن
- مزایا
 - پاسخ سریع
 - دقت بالا
 - متنوع و قابلیت پاسخ به گازهای سمی متفاوت
 - قابلیت تشخیص گزدهی سمی با شدت کم
- معایب
 - حساس به دمای محیط پایین (زیر ۱۵ درجه)
 - دما مناسب برای محیط‌های خشک
 - محدوده فشاری عملکرد محدود (+ 0.1 atm)
 - نیاز به اکسیژن برای عملکرد مناسب



شناساگر گازی

- شناساگر مسیر گاز IR
- کوزیر دقت
 - وندهای، تولید ذرات و کار فرم‌های
 - وندهای اندریش و تولید
 - وروانی برای آلودگی‌ها و سوختها
 - تنگ فیلتر
 - آلودگی‌ها را پاک می‌کند LPG
- مزایا
 - پوشش ۱۴۰ تا ۱۶۰ متر (1-5 LEL.m)
 - دستگیر سوزش
 - توان آفلاین و فوری فوراید در هر اختلاف فاصله
- معایب
 - ماندگاری شناساگر قهوه‌ای



شناساگر گازی

- شناساگر فراصوت
- هر نشانی صدایی تولید می‌کند که هدف شناسایی آن صدای است
- مزایا
 - تشخیص سریع از منبع یا فشار بالا
 - غیر وابسته به نوع گاز
 - مقاوم
 - به شرایط محیطی حساسیت ندارد
 - عدم حساسیت به شلخت گاز مبرومی
- معایب
 - برای منبع فشار زیر ۱۰ بار مناسب نیست
 - امکان بدلیل صداهای فراصوت زمر زمانه
 - صدای پدیدار زمانه باید آفلاین از نصب معالجه شود
 - توانی تشخیصی غنفت ندارد
 - قابلیت تعمیر در محل ندارد





شناساگر گازی

• شناساگر IR Cloud Imaging

• مزایا

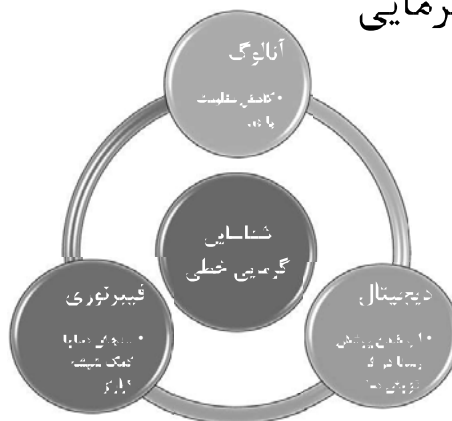
- زویه دید وسیع (۶۰-۳۰-۱۵)
- محدوده پوشش بالا (۱ تا ۲ کیومتر)
- نیاز به کالیبراسیون ندارد
- مقبولیت در برابر آلودگی هوا و آلودگی آسمان
- تشخیص مستقیم نوع گاز بصورت همزمان

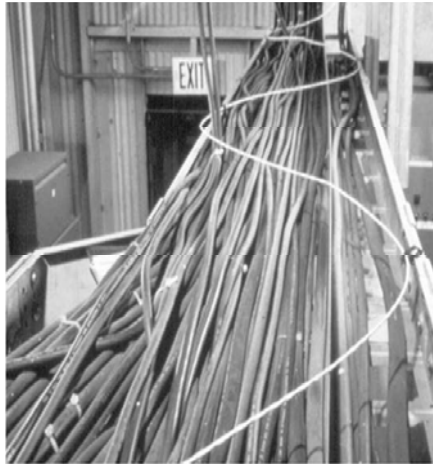
• معایب

- در زمین تفاوت که با پیش زمینه تشخیص مشکل (نشستی شناسایی پایین، نشستی کوچک ماده فرار، نشستی از لوله های مدفون که تفاوت تعابیر زیادی ایجاد نمی کند)
- برای ماده شناسایی اختلاف ایجاد می کند
- توانایی آنها در تشخیص نشستی بزرگ



شناساگر گرمایی





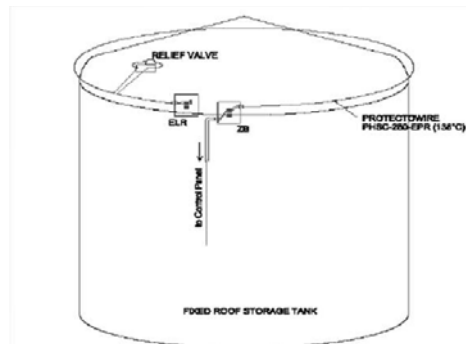
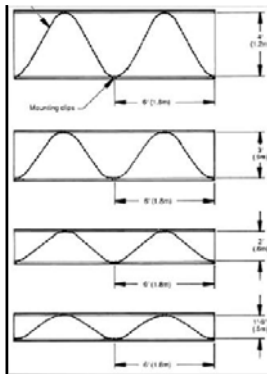
شناساگر گرمایی

• کاربرد

- تانکهای سقف شنور و ثابت
- Cable Tray
- نور نقله
- تجهیزات جمع آوری غبار
- تونلها
- انچه

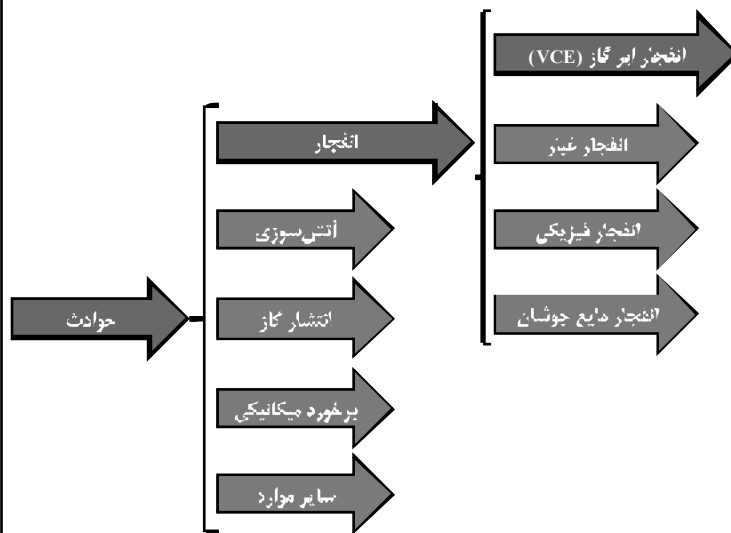


شناساگر گرمایی





VCE/ BLEVE





انواع انفجار



□ انفجار ابر بخار (Vapor Cloud Explosion)

□ انفجار غبار (Dust Explosion)

□ انفجار فیزیکی (Physical Explosion)

□ انفجار مایع جوشان (Boiling Liquid Expansion Vapor Explosion)



آمار حوادث صنعتی در سال های ۱۹۷۰ تا ۲۰۰۰ با بیش از ۱۵۰ میلیون دلار خسارت مالی

نوع حادثه	پالایشگاه	پتروشیمی	مجموع	درصد
انفجار ابر بخاری	۵۷	۶۵	۱۲۲	۵۱٪
آتش سوزی	۶۰	۲۷	۸۷	۳۷٪
بر خورد مکانیکی	۴	۹	۱۳	۶٪
سایر	۷	۷	۱۴	۶٪



برخی از معروف ترین VCE ها ...

- حادثه Flixborough . ۱۹۷۴
- حادثه پنیهو القا، ۱۹۸۹
- حادثه مکزیک، ۲۰۱۳
- حادثه پردیس، ۱۳۸۹
- حادثه خارگ، ۱۳۸۹



Journal of Loss Prevention in the Process Industries 24 (2011) 575–593

Contents lists available at ScienceDirect

Journal of Loss Prevention in the Process Industries

journal homepage: www.elsevier.com/locate/jlp



Domino effect in process-industry accidents – An inventory of past events and identification of some patterns

Bahman Abdolhamidzadeh^a, Tasneem Abbasi^b, D. Rashtchian^a, S.A. Abbasi^{b,*}

^aCenter for Process Design, Safety and Loss Prevention, Department of Chemical and Petroleum Engineering, Sharif University of Techno

^bCenter for Pollution Control and Environmental Engineering, Pondicherry University, Kalapet, Pondicherry 605014, India

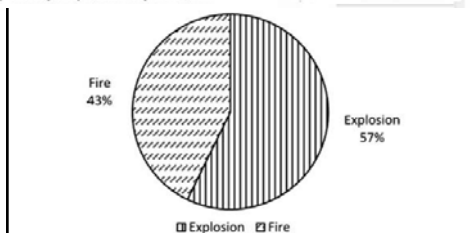
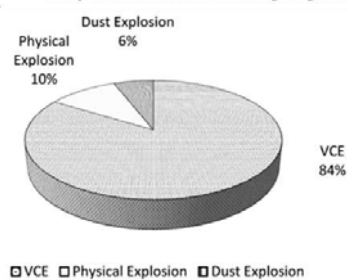


Fig. 2. Types of primary (initiating) accidents involved in the recorded instances of domino effect.



انفجار ابر گاز (VCE)

اُزاد شدن انرژی در اثر احتراق سریع گاز منتشر شده به علت وجود جرقه، به گونه‌ای که در هوای اطراف تغییرات گذر در چگالی، فشار و سرعت ایجاد کند.



شرایط ایجاد انفجار

□ گاز قابل اشتعال باشد.

□ حجم کافی از گاز قابل اشتعال وجود داشته باشد.

□ غلظت گاز منتشر در محدوده اشتعال پذیری (بین LEL و UEL) باشد.

□ عوامل ایجاد ناهمگونی در غلظت گاز بخش شده وجود داشته باشد.



انفجار ابر گاز (VCE)

انواع انفجار با توجه به قدرت آنها

Detonation



Deflagration





انواع انفجار

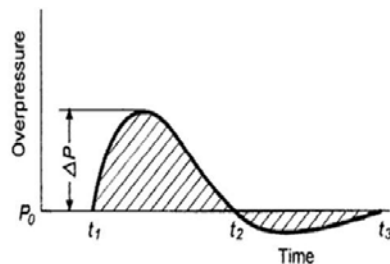
- انفجارها از نظر قدرت به دو نوع تقسیم‌بندی می‌گردند. Detonation و Deflagration. در انفجار نوع اول سرعت انبساط گاز حدود ۱ m/s می‌باشد و تغییر فشاری که ایجاد می‌گردد در حدود ۱ تا ۲ اتمسفر است که البته برای ایجاد صدمه و خسارت کافیست.
- انفجار نوع دوم بسیار قویتر بوده و سرعت انبساط گاز می‌تواند به سرعت مافوق صوت برسد. در این حالت تغییر فشار ایجاد شده ممکن است به ۷ اتمسفر نیز برسد.
- صحن مشاهدت صوت گرفته کثر انفجارهای ایجاد شده ناشی از پخش گازها در محیط باز، و نوع اول در نزد انفجار نوع دوم معمولاً در مواردی که مواد در فضای بسته مواجه شدند، می‌تواند رخ دهد. مثل انفجار یک مخزن حاوی ماده شعله‌ور پذیر بر اثر بالا رفتن دمای آن.



موج انفجار (Overpressure) و مدت زمان آن

موج انفجار در اثر تقابلی دو عامل زیر ایجاد می‌شود:

- افزایش فشار در تراحترو
- کاهش فشار در اثر انبساط حجم گاز





موج انفجار (Overpressure)

REF: API RP 752

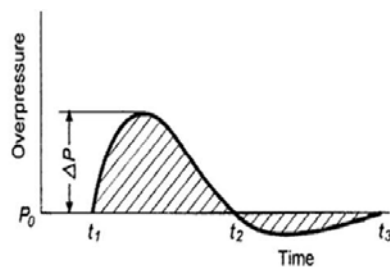
Overpressure Effects on Various Building Types

Building Type	Peak Side-on Overpressure (psi)	Consequences
Wood-frame trailer or shack	1.0	Isolated buildings overturn. Roofs and walls collapse
	2.0	Complete collapse
	5.0	Total destruction
Steel-frame/metal siding pre-engineered building	1.5	Sheeting ripped off and internal walls damaged. Langer from falling objects
	2.5	Building frame stands, but cladding and internal walls are destroyed as frame distorts
	5.0	Total destruction
Unreinforced masonry bearing wall building	1.0	Partial collapse of walls that have no breakable windows
	1.25	Walls and roof partially collapse
	1.5	Complete collapse
	3.0	Total destruction
Steel or concrete frame w/unreinforced masonry infill or cladding	1.5	Walls blow in
	2.0	Roof slab collapses
	2.5	Complete frame collapse
	5.0	Total destruction
Reinforced concrete or masonry shear wall building	4.0	Roof and wall deflect under loading. Internal walls damaged
	6.0	Building has major damage and collapses
	12.0	Total destruction



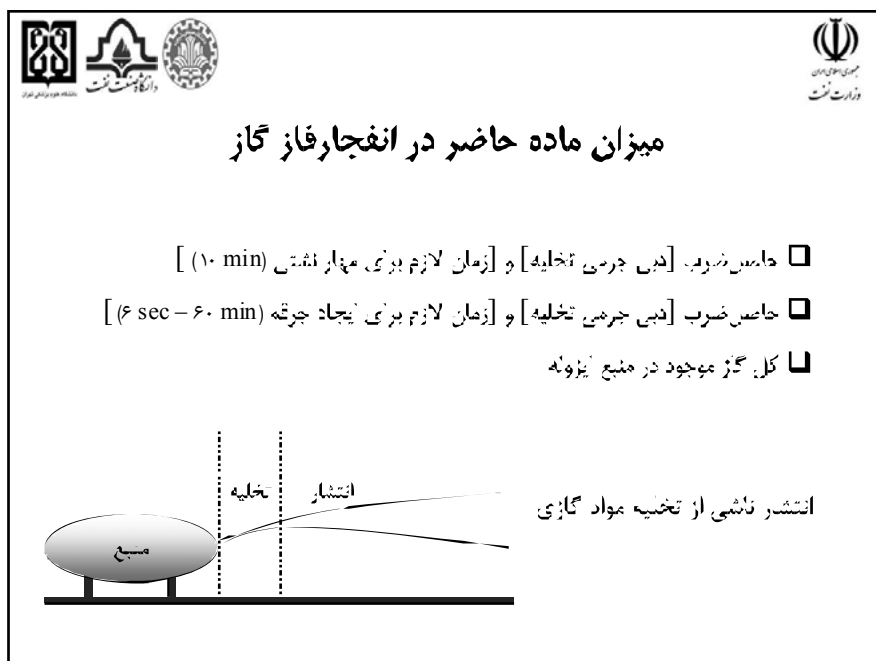
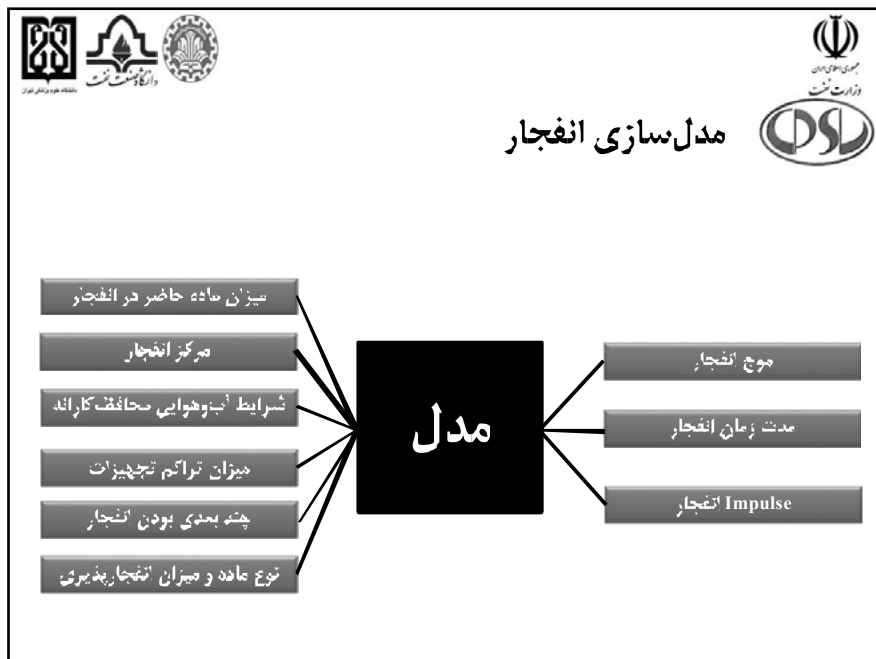
انفجار Impulse

انتگرال ابزوی، وارده به یک سطح در طول زمان به صورت Impulse تعریف می شود.



$$i^+ = \int_{t_1}^{t_2} (P(t) - P_0) dt$$

$$i^- = \int_{t_2}^{t_3} (P_0 - P(t)) dt$$





محاسبه دبی جرمی تخلیه گاز

$$\dot{m}_{choked} = C_D \cdot A \cdot P_1 \sqrt{\frac{k \cdot g_c \cdot M}{R_g \cdot T_1} \cdot \left(\frac{2}{k+1}\right)^{\frac{k+1}{k-1}}}$$

\dot{m} : دبی مواد خروجی (kg/s)

P_1, P_2 : فشار مواد قبل و بعد از خروج (Pa)

T_1, T_2 : دمای مواد قبل و بعد از خروج (K)

A : مساحت شکاف ایجاد شده (m^2)

R_g : ثابت گازها (8314 Pa.m³/mole.K)

g_c : ثابت گرانشی زمین ($N \cdot s^2/kg \cdot m$)

M : جرم مولکولی گاز (kg/mole)

k : نسبت ظرفیت گرمایی ویژه فشار ثابت به حجم ثابت (بمورد پد)



نسبت ظرفیت گرمایی ویژه فشار ثابت به حجم ثابت برای گازهای مختلف	
۱/۳	استیلن
۱/۴	هوا
۱/۳۲	آمونیاک
۱/۶۷	آرگون
۱/۱۱	پوتان
۱/۳	دی اکسید کربن
۱/۳۳	کلر
۱/۲۲	اتان
۱/۲۲	اتیلن
۱/۴۱	هیدروژن
۱/۴۱	نیتروژن
۱/۴	اکسیژن
۱/۳۲	متان



محاسبه دبی جرمی تخلیه گاز

با توجه به اینکه فشار داخل مخزن (Δbar) از فشار بخار پروپین ($8/9 \text{ bar}$) کمتر است لذا در

تمام مدت تخلیه در فاز بخار انجام می شود بنابراین باید از روابط مربوط به تخلیه گاز

$$\dot{m}_{choked} = C_D \cdot A \cdot P_1 \sqrt{\frac{k \cdot g_c \cdot M}{R_g \cdot T_1} \left(\frac{2}{k+1}\right)^{\frac{k+1}{k-1}}} \quad \text{استفاده کنید}$$

and

$$A = \pi \frac{(50 \times 10^{-3} \text{ m})^2}{4} = 6.25 \times 10^{-4} \text{ m}^2 \quad \left(\frac{2}{k+1}\right)^{\frac{k+1}{k-1}} = \left(\frac{2}{1.15+1}\right)^{\frac{1.15+1}{1.15-1}} = 0.355$$

$$\dot{m}_{choked} = 1 \times 6.25 \times 10^{-4} \text{ m}^2 \times 5 \times 10^5 \text{ pa} \sqrt{\frac{1.15 \times 44 (\text{Kg/Kgmol})}{8314 (\text{pa.m}^3/\text{Kgmol.K})} \cdot \frac{1}{298 \text{ K}}} \times 0.355$$

$$\dot{m}_{choked} = 2.7 \frac{\text{Kg}}{\text{s}}$$



محاسبه دبی جرمی تخلیه گاز

زمان لازم برای مهار نشتی ۱۰ min در نظر گرفته می شود:

$$\dot{m}_{choked} = 2.7 \frac{\text{Kg}}{\text{s}}$$

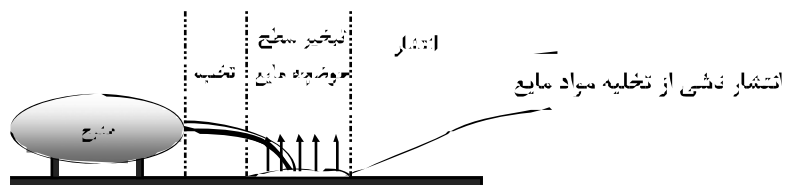
$$\text{Mass} = 2.7 \frac{\text{Kg}}{\text{s}} \times 10 \times 60 \text{ sec} = 1620 \text{ kg}$$



میزان ماده حاضر در انفجار فاز مایع

لا حاصل ضرب [نرخ تبخیر مایع] و [زمان لازم برای ایجاد جرقه]

نرخ تبخیر مایع تابعی از سطح مایع پخش شده و شرایط آب و هوایی است.



محاسبه دبی جرمی تخلیه مایع

$$\dot{m} = A.C_D \cdot \sqrt{2\rho \cdot g_c \cdot (P_2 - P_1)}$$

\dot{m} : دبی مواد خروجی (kg/s)

$$\dot{m} = \rho \cdot A.C_D \cdot \sqrt{2\left(\frac{g_c \cdot P_g}{\rho} + gh_L\right)}$$

P_g : فشار نسبی در فضای بالای مخزن (Pa)

A : مساحت شکاف ایجاد شده (m^2)

ρ : چگالی مواد (kg/m^3)

g : شتاب گرانشی زمین (m/s^2)

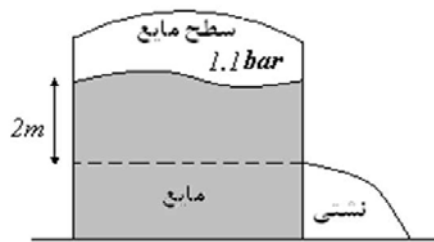
g_c : ثابت گرانشی زمین ($N \cdot s^2 / kg \cdot m$)

h_L : ارتفاع مایع موجود در بالای شکاف ایجاد شده در مخزن (m)



محاسبه دبی جرمی تخلیه مایع

توخ تخلیه یک مایع هیدروکربنی از فاصله ۲m سطح آزاد مایع، داخل یک مخزن و از طریق نشتی ۵۰mm را محاسبه کنید (فشار فضای بالای مایع ۱/۱bar و چگالی از 1000 kg/m^3 است.)



محاسبه دبی جرمی تخلیه مایع

$$\dot{m} = \rho \cdot A \cdot C_D \sqrt{2 \left(\frac{g_c \cdot P}{\rho} + gh_L \right)}$$

$$A = \pi \frac{(50 \times 10^{-3} \text{ m})^2}{4} = 1.96 \times 10^{-3} \text{ m}^2$$

$$\dot{m} = 1000 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} \times 1.96 \times 10^{-3} \text{ m}^2 \times 1 \sqrt{2 \left(\frac{1 \times (1.1 - 1) \times 10^5 \text{ pa}}{1000 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3}} + 9.8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \times 2 \text{ m} \right)}$$

$$\dot{m} = 15.5 \frac{\text{Kg}}{\text{s}}$$



محاسبه دبی جرمی تخلیه مایع

زمان لازم برای مهار نشتی ۱۰ min در نظر گرفته می‌شود:

$$\begin{aligned} \dot{m} &= 15.5 \text{ Kg/s} \\ \text{Mass} &= 15.5 \text{ Kg/s} \times 10 \times 60 \text{ sec} = 9300 \text{ kg} \\ \text{Volume} &= \frac{9300 \text{ kg}}{1000 \text{ kg/m}^3} = 9.3 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

با فرض ضخامت ۵mm مایع روی سطح زمین:

$$\text{Area} = \frac{9.3 \text{ m}^3}{5 \times 10^{-3} \text{ m}} = 1860 \text{ m}^2$$



محاسبه دبی جرمی تخلیه مایع

نرخ تبخیر سطحی معادل ۰/۰۰۵ kg/m².s و زمان چرکه ۵ min در نظر گرفته می‌شود:

$$\text{Mass} = 0.005 \text{ Kg/m}^2 \cdot \text{s} \times 1860 \text{ m}^2 \times 5 \times 60 \text{ sec} = 2790 \text{ kg}$$



میزان ماده حاضر در انفجار

ارائه یک روش تخمینی بر اساس
GS SAF 253: Impacted area, restricted area and fire zone



1 تعیین کل جرم حاضر در منبع (M_{fuel})

2 تعیین جرم مخلوط سوخت و هوا در شرایط اتمسفریک و محدوده اشتعال پذیری ($M_{fuel/air}$)

3 تعیین حجم مخلوط سوخت و هوا در شرایط اتمسفریک و محدوده اشتعال پذیری ($V_{fuel/air}$)

میزان ماده حاضر در انفجار

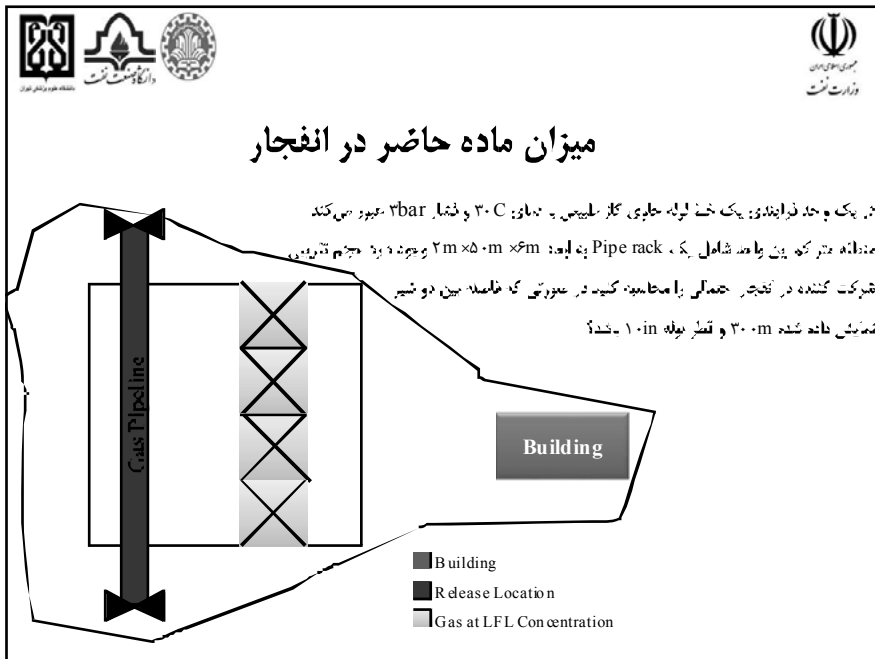
ارائه یک روش تخمینی بر اساس
GS SAF 253: Impacted area, restricted area and fire zone



4 تخمین حجم‌های متراکم در محدوده واحد تحت بررسی ($V_{Confined}$)

5 مقایسه حجم‌های تخمینی و انتخاب حجم کمترین برای استفاده در محاسبات

- فضای بین تانک‌ها و مخازن
- فضای زیر Pipe rack
- فضای محدود بین تجهیزات



میزان ماده حاضر در انفجار

با فرض اینکه کف گاز طبیعی از متن تشکیل شده باشد:

۱) تعیین کل جرم حاضر در منبع (M_{fuel})

$$M_f = \rho_{fuel, (T=30C, P=3bar)} \times V_{pipe}$$

$$\rho_{fuel, (T=30C, P=3bar)} = \frac{MP}{RT} = \frac{0.016 \times 3 \times 10^5}{8.314 \times 303} = 1.9 \frac{kg}{m^3}$$

$$V_{pipe} = L \pi \frac{D^2}{4} = 300 \times 3.14 \times \frac{(10 \times 2.54 \times 0.01)^2}{4} = 15.2 m^3$$

$$M_f = 1.9 \frac{kg}{m^3} \times 15.2 m^3 = 28.9 kg$$



میزان ماده حاضر در انفجار

تعیین جرم مخلوط سوخت و هوا در شرایط
اتمسفریک و محدوده اشتعال پذیری ($M_{fuel/air}$)

۲

$$LEL_{CH_4} = 44,000 ppm$$

$$\frac{44,000 gr}{1,000,000 gr} = \frac{28.9 \times 1000 gr}{M_{fuel/air}} \Rightarrow M_{fuel/air} = 657 kg$$



میزان ماده حاضر در انفجار

تعیین حجم مخلوط سوخت و هوا در شرایط
اتمسفریک و محدوده اشتعال پذیری ($V_{fuel/air}$)

۳

$$\rho_{fuel/air(T=25C)} \approx \rho_{air(T=25)} = \frac{0.029 \times 10^5}{8.314 \times 298} = 1.09 \frac{kg}{m^3}$$

$$V_{fuel/air} = \frac{M_{fuel/air}}{\rho_{fuel/air}} \Rightarrow V_{fuel/air} = \frac{657}{1.09} \Rightarrow V_{fuel/air} = 602 m^3$$



میزان ماده حاضر در انفجار

$$V_{\text{confined}} = 6m \times 2m \times 50m = 600m^3$$

تخمین حجم‌های متراکم در محدوده واحد تحت بررسی: (V_{Confined})

۴

$$V_{\text{confined}} = 600m^3 < V_{\text{fuel/air}} = 602m^3$$

مقایسه حجم‌های تخمینی و انتخاب حجم کوچکتر برای استفاده در محاسبات

۵



مدل‌سازی انفجار

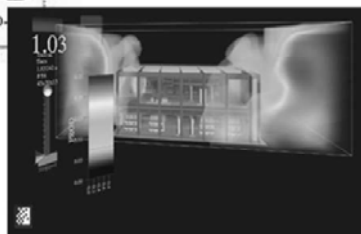
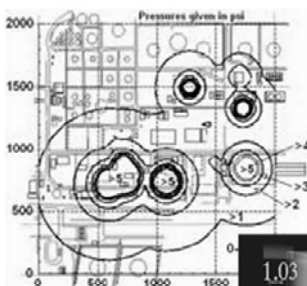


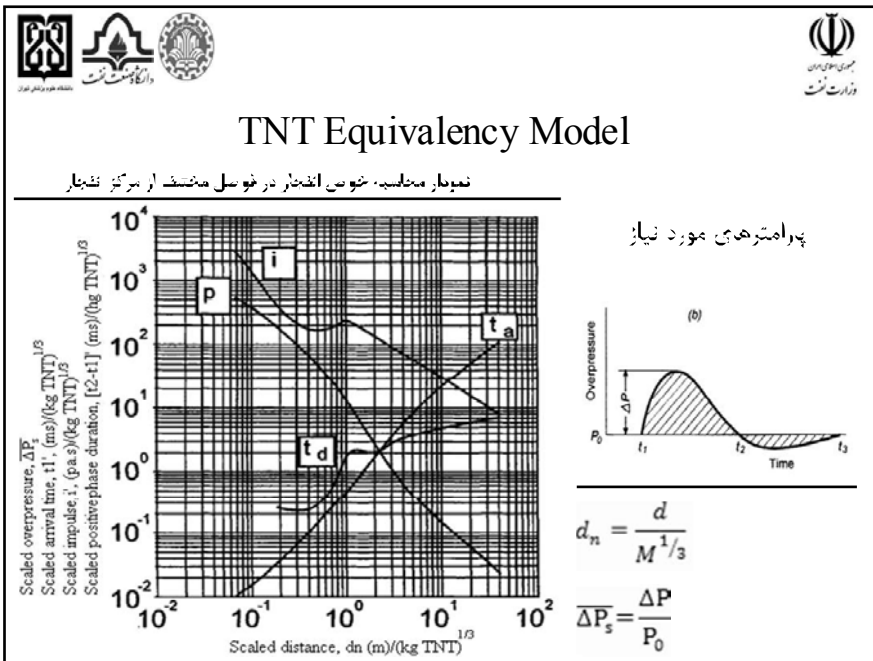
مدل‌های مطرح در این زمینه

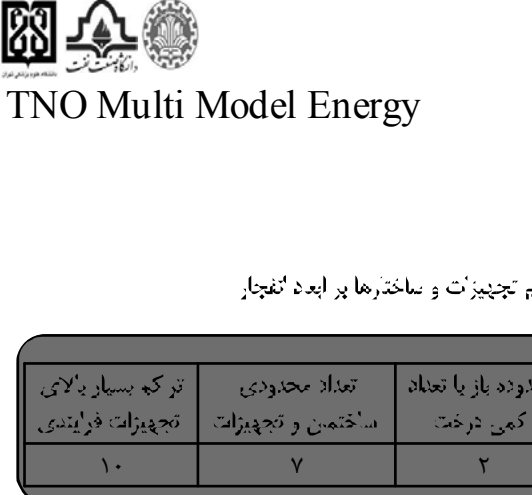
TNT Equivalency Model

TNO Multi Model Energy

Baker Strehlow Model







تأثیر تراکم تجهیزات و ساختارها بر ابعاد انفجار

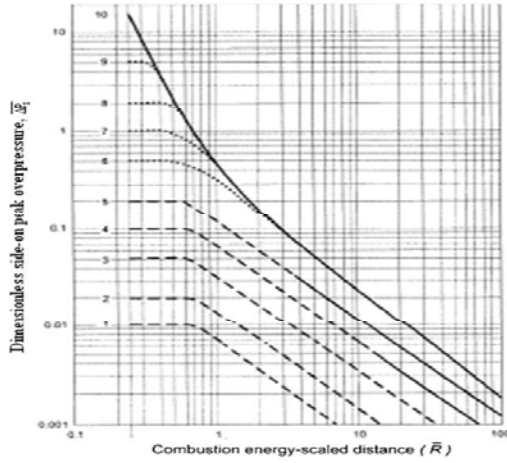
مختص	محدوده باز و بدون مانع	محدوده باز یا تعداد کمی درخت	تعداد محدودی ساختمان و تجهیزات	تراکم بسیار بالای تجهیزات، فرایندی
قدرت انفجار	۱	۲	۷	۱۰

TNO Multi Model Energy

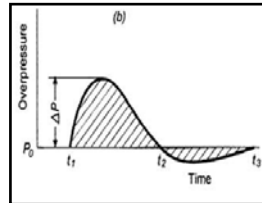


TNO Multi Model Energy

نمودار محاسبه موج انفجار در فواصل مختلف از مرکز انفجار



پارامترهای مورد نیاز



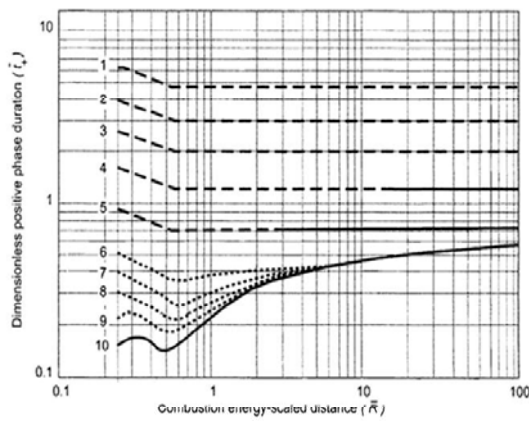
$$\bar{R} = \frac{d}{(E/P)^{1/3}}$$

$$\bar{\Delta P}_s = \frac{\Delta P}{P_0}$$

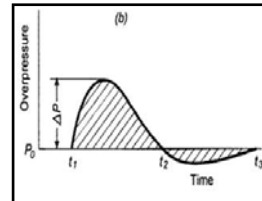


TNO Multi Model Energy

نمودار محاسبه زمان در فواصل مختلف از مرکز انفجار



پارامترهای مورد نیاز



$$\bar{R} = \frac{d}{(E/P)^{1/3}}$$

$$\bar{t}_+ = \frac{t_+}{(E/P_0)^{1/3} / u_x}$$



Baker Strehlow Model

- در این روش هم فرض بر این است که تنها حجم محبوس شده منفجر می شود
- قدرت موج انفجار با بیشینه سرعت انتشار گاز متناسب است
- عدد ماخ که برابر با سرعت ظاهری زبانه انفجار تقسیم بر سرعت صوت در محیط است، پارامتری کلیدی است



Baker Strehlow Model

سرعت انتشار گاز (عدد ماخ)
بر اساس
میزان تراکم، میزان واکنش پذیری و ابعاد گسترش

Flame Expansion	Reactivity	Congestion		
		Low	Medium	High
2D	High	0.59	DDT	DDT
	Medium	0.47	0.66	1.6
	Low	0.079	0.47	0.66
2.5D	High	0.47	DDT	DDT
	Medium	0.29	0.55	1.0
	Low	0.053	0.35	0.5
3D	High	0.36	DDT	DDT
	Medium	0.11	0.44	0.50
	Low	0.026	0.23	0.34



مثال	قابلیت واکنش دهی ماده
(پروپان، بوتان)	کم
(اتیلن، دی اتیل اتر)	متوسط
(استیلن، هیدروژن)	زیاد

تعیین ابعاد انفجار

مثال	شکل	تعداد ابعاد موج
انفجار در یک تونل		یک بعدی
فضای زیر یک اتومبیل		دو بعدی
انفجار در فضای باز		سه بعدی

2.5 D در حاشیکه محدودیت بر اثر یک دیوار شکسته یا دیسکه ی بهم چسبیده ای از توله غا ایجاد شده است



Baker Strehlow Model

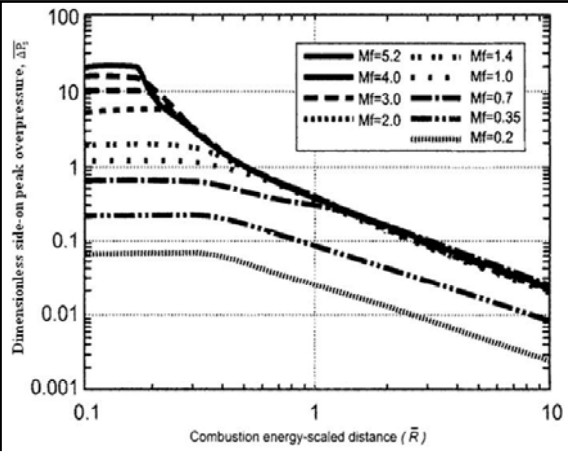
تعیین میزان تراکم محیط انفجار

Type	Obstacle blockage ratio per plane	Geometry
Low	Less than 10%	
Medium	Between 10% and 40%	
High	Greater than 40%	

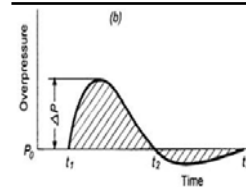


Baker Strehlow Model

نمودار محاسبه موج انفجار در فواصل مختلف از مرکز انفجار



پارامترهای مورد نیاز



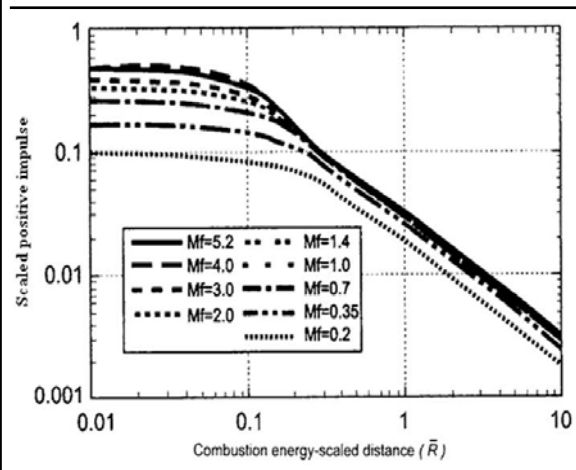
$$\bar{R} = \frac{d}{(E/P)^{1/3}}$$

$$\bar{\Delta P}_s = \frac{\Delta P}{P_0}$$

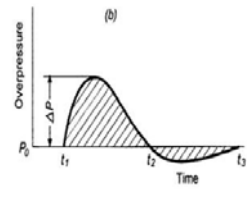


Baker Strehlow Model

نمودار محاسبه Impulse در فواصل مختلف از مرکز انفجار

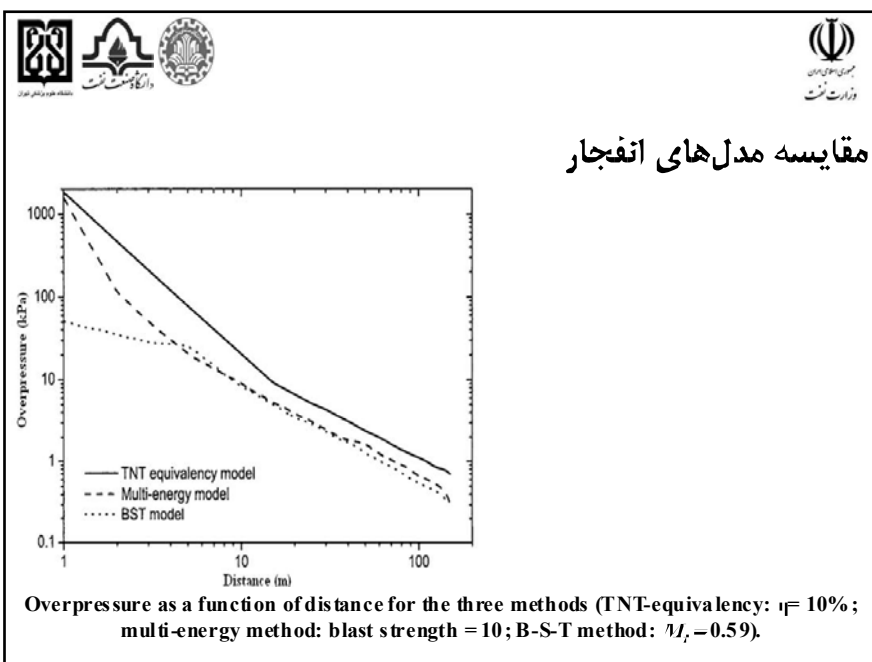


پارامترهای مورد نیاز



$$\bar{R} = \frac{d}{(E/P)^{1/3}}$$

$$\bar{i}_s = \frac{i \cdot u_s}{P_0^{2/3} E^{1/3}}$$



پیامد ناشی از انفجار (احتمال تلفات)

یکی از روش های متداول به منظور بدست آوردن احتمال تلفات افراد داخل ساختمان در اثر انفجاره استفاده از مدل های آسیب پذیری است.

$$Y = k_1 + k_2 \cdot \ln(\Delta P)$$

Y: متغیر Probit
 k_1 و k_2 : مقادیر ثابت تجربی و وابسته به نوع ساختمان
 ΔP : موج انفجار ایجاد شده (pa)



Overpressure Probits

Primary Effects

- For lung damage fatalities
- For eardrum rupture

$$Y = -77.1 + 6.91 \ln(P_s)$$

$$Y = -15.6 + 1.93 \ln(P_s)$$

Secondary Effects

- For structural damage
- For glass breakage

$$Y = -23.8 + 2.92 \ln(P_s)$$

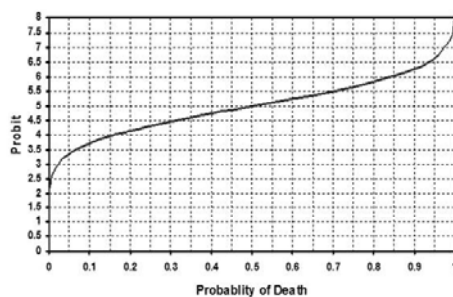
$$Y = -18.1 + 2.79 \ln(P_s)$$

P is in N/m²



پیامد ناشی از انفجار (احتمال تلفات)

منحنی مورد استفاده در تبدیل Probit به احتمال تلفات





Purple Book TNO

احتمال جرقه با تاخیر از

Table 4.A.1 Probability of ignition for a time interval of one minute for a number of sources

Source	Probability of ignition in one minute
Point Source	
motor vehicle	0.4
flare	1.0
outdoor furnace	0.9
indoor furnace	0.45
outdoor boiler	0.45
indoor boiler	0.23
ship	0.5
ship transporting flammable materials	0.3
fishing vessel	0.2
pleasure craft	0.1
diesel train	0.4
electric train	0.8
Line source	
transmission line	0.2 per 100 m
road	Note 1
railway	Note 1
Area source	
chemical plant	0.9 per site
oil refinery	0.9 per site
heavy industry	0.7 per site
light industrial warehousing	as for population
Population source	
residential	0.01 per person
employment force	0.01 per person



BLEVE



Available online at www.sciencedirect.com

ScienceDirect

Journal of Loss Prevention in the Process Industries 21 (2008) 485–487



Short Communication

The boiling liquid expanding vapour explosion (BLEVE) is fifty ... and lives on!

Tasneem Abbasi, S.A. Abbasi*

Centre for Pollution Control & Energy Technology, Pandharity University, Kalpet, Pudukkottai 605 014, India

Received 1 November 2007; revised in revised form 19 January 2008; accepted 11 February 2008

Abstract

The boiling liquid expanding vapour explosion (BLEVE) is among the most fearsome of accidents that can occur wherever a pressure liquefied gas (PLG) exists. If a container with a PLG suffers structural failure—be it due to creep, fatigue, or fire-induced or other forms of accidental jeopardy—it may lead to a sudden depressurization of the container. As a result, the PLG will suddenly be transformed into a liquid which is 'superheated' in respect of the precipitously lowered pressure. Depending on the nature of the chemical, its quantity, and the mechanism of the container failure, such a situation can lead to instantaneous and violent vaporization of the contents, causing a 'boiling liquid expanding vapour explosion'—a BLEVE.

Even though BLEVEs have been occurring ever since the use of pressure liquefied gases began, they were not recognized or studied as a clearly distinct form of explosion that they are, until 1957. In that year, three engineers working in USA coined the term BLEVE when they witnessed an explosion which could not be categorized by any of the explosion types known till then. Even though, as described in this paper, the acronym took time to gain wide currency, it has served the very important purpose of giving the BLEVE phenomenon a distinct identity. This, in turn, has stimulated considerable work towards the understanding and control of BLEVEs.

In this commemorative piece, which marks the 50th year of the coining of the BLEVE acronym, we recall the event which led to the coining, and the pioneering work of the three who introduced BLEVE to the world—J.R. Smith, W.S. Marsh, and W.L. Walls.

© 2008 Elsevier Ltd. All rights reserved.



BLEVE



- در سال ۱۹۵۷، Walls یکی از اولین کسانی که از عبارت BLEVE استفاده کرد
- هر ماده ای که در زمان Fail مخزن superheat باشد
- طبقه LPG ها کندیهای مناسبی هستند
- یک پنجم BLEVE های گذشته مواد غیر آتش گیر بودند



BLEVE



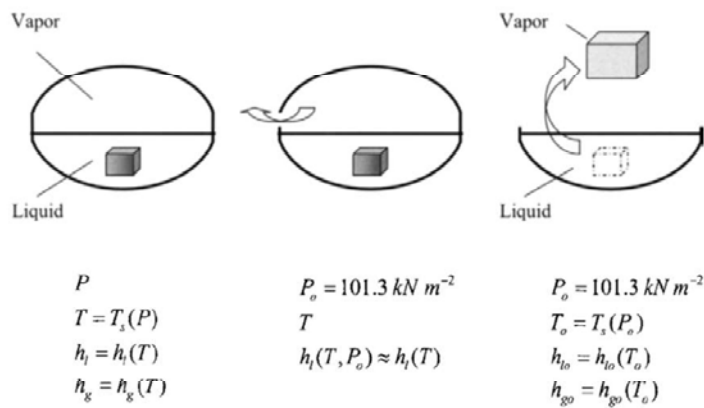
- تکه شدن یک مخزن بزرگ به دو یا چند قطعه، در لحظه‌ای که مایع داخل مخزن در دمایی بالاتر از دمای جوشش در فشار نرمال اتمسفریک قرار دارد. سپس Reid این تعریف را ارائه داد: "از دست دادن محتویات ظرف (مایع) که در شرایط اتمسفریک فوق داغ خواهد بود". اخیراً نیز این تعریف ارائه شده است: "انفجر حاصل از تخریب مخزن حاوی مایع در دمایی بسیار بالاتر از دمای جوش آن در شرایط اتمسفریک".





BLEVE

- BLEVE ها لزوماً آثار گرمایی به دنبال ندارند. هرچند اگر همان طور که معمولاً روی می دهد ماده درون ظرف آتش گیر باشد، انفجار سریعاً با واکنش سوختن و آتش کروی همراه می شود.





زمان وقوع BLEVE برای یک مخزن در معرض آتش به فاکتورهای زیر وابسته است

- شار گرمایی ناشی از آتش، که تبعی از فاصله بین شعله و مخزن است، همچنین نوع شعله (آتش ستخری و ...) و مساله برخورد شعله ب مخزن نیز مؤثرند.
- قطر مخزن
- ارتفاع پر بودن مخزن
- ظرفیت رهایش شیرهی اضمینان
- وجود لایه‌ای از مواد ضد آتش (حفظت غیرفعال)



Physical means of separation: LPG spheres fire proofing





- از نظر تئوری یک مخزن ایزونه حرارتی باید در برابر آثار شعله‌های آتش استخروی (شار حرارتی در حدود 100 kWm^{-2}) برای ۲ ساعت مقاومت کند.
- در مورد آتش فورانی، شر گرمی به صورت چشمگیری افزایش می‌یابد (تا 350 kWm^{-2}) تحت این شرایط برخی BLEVE در همان لحظات ابتدایی شکل گرفته‌اند



آتش کروی

آتش کروی، اختراق حجم عظیمی از مواد قابل اشتعال است که به یکپارده در حضور عامل جرقه به محیط بیرون گسترش یافته‌اند

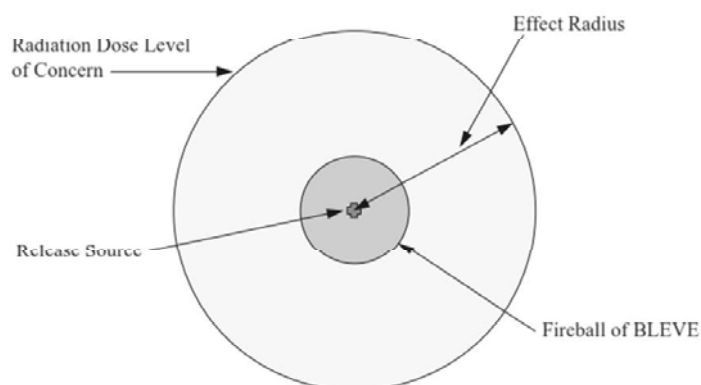
- ترکیب ناگهانی مخزن ذخیره بنیاد فای اشتعال از مهمترین عوامل تشکیل این نوع آتش است.
- با شدت گیری بیشتر فشار گازها و محدودات هم از اختراق ماژدیکی فشار تصفیری کاهش می‌یابد. خاصیت گازها سرعت کاهش می‌یابد و باعث رشد نیروهای تناوری شد و شعله رشد و گسترش می‌یابد

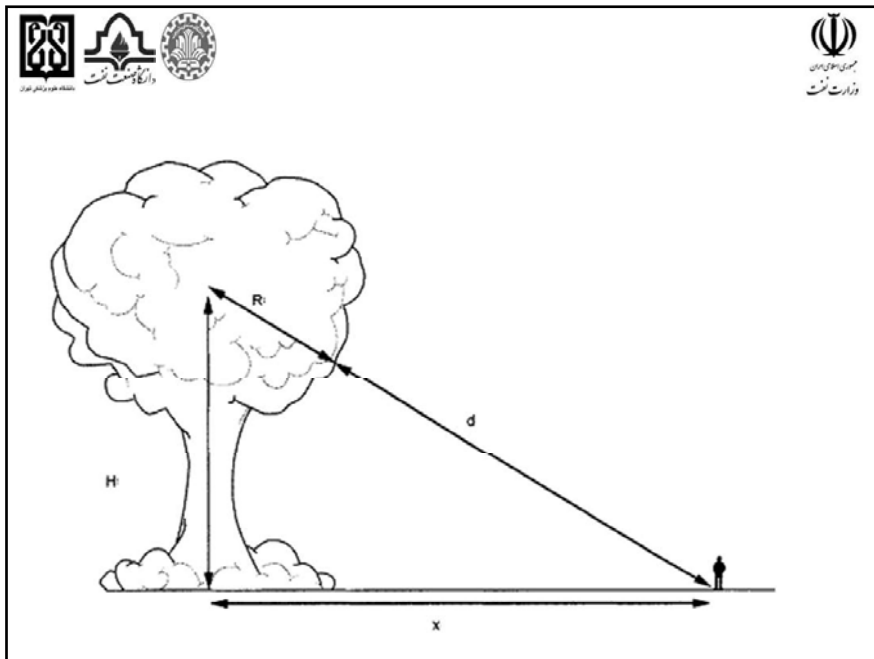






Fireball

- تمام جرم سوخت تنها می‌تواند در سطح بیرونی کره بسوزد، چرا که هوایی داخل جرم نیست (مخلوط، خارج از محدوده اشتعال پذیری است).
- در ناحیه تحت اثر آتش کروی ممکن است مقداری پیشدگمی نیز روی دهد که باعث تشدید آثار آتش خواهد شد. برای افراد حفاظت نشده، این ناحیه را باید مرگبار در نظر گرفت.
- سپس تلاطم آتش، هوا را به درون آتش کروی می‌کشد. هم‌زمان، تشعشع گرمایی فزاینده را تبخیر کرده و مخلوط را گرم می‌کند.
- در نتیجه این فرآیند حجم کل جرم به صورت متلاطمی افزایش یافته و تدریجاً شکل کروی پیدا کرده و رشد می‌کند. این آتش‌های کروی می‌توانند بسیار بزرگ باشند و منجر به تشعشع‌های حرارتی قوی شوند.

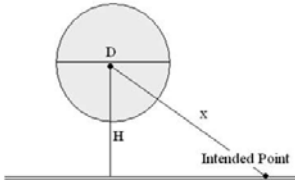




مدل سازی آتش کروی

تعین مختصات مرکز آتش کروی



$$D = 5.8M^{1/3}$$

$$H = 0.75D$$

D: حداکثر قطر آتش کروی (m)
 H: ارتفاع آتش کروی زمانی که قطر آن حداکثر است (m)
 M: جرمی زنده سوختی که در آتش کروی حضور دارد (kg)
 X: فاصله نقطه مورد نظر از مرکز آتش کروی (m)

Fireball combustion duration (s):
 $t_{BLEVE} = 0.45 M^{1/3}$ for $M < 30,000$ kg
 $t_{BLEVE} = 2.6 M^{1/6}$ for $M > 30,000$ kg



مدل سازی آتش کروی

میزان تشعشع ناشی از آتش کروی در یک فاصله خاص

$$E_r = 202 \cdot \tau_a \cdot \eta \cdot \Delta H_c \cdot M^{2/3} \cdot F_p$$

τ_a : ضریب عبور هوا (kw/m²)

η : کسری انرژی احتراق تبدیل شده به انرژی تشعشعی

ΔH_c : انرژی احتراق به ازای یک کیلوگرم از ماده (kj/kg)

M: جرم ماده سوختنی که در آتش کروی حضور دارد (kg)

F_p : ضریب دید (1/m²)

محاسبه ضریب دید



$$F_p = \frac{1}{4\pi x^2}$$

x: فاصله نقطه دید (مركز فضا) تا نقطه مرید نظر (m)



(Federal Emergency Management Agency et al. 1988)

Radiation Intensity (kW/m ²)	Time for Severe Pain (s)	Time for 2nd Degree Burns (s)
1	115	663
2	45	187
3	27	92
4	18	57
5	13	40
6	11	30
8	7	20
10	5	14
12	4	11

Thermal Radiation Probits

▪ Eisenberg et al (1975):

$$Y = -14.9 + 2.56 \ln(I^{4/3} * t)$$

I in W/m²

- Nuclear weapon explosions (Hiroshima and Nagasaki)
- Supplemented by US tests involving animals
- Appropriate for short-duration exposure (1-2 sec) to high intensity radiation

➔ TNO for Hydrocarbon fires:

$$Y = -36.38 + 2.56 \ln(I^{4/3} * t)$$

E

- Effects of low level radiations
- Clothing




Fragment/ Missile پرتابه‌ها

- اندازه‌گیری خط پرتابه‌ها و ترکش‌های حاصل از انفجر مخازن به دلیل رفتار تصدفی آنها یکی از سخت‌ترین قسمت‌هاست.
- تکه‌هایی که در انفجار پرتاب می‌شوند همسکند محدود و در جهت خاصی دارند اما شعاع آثار تخریبی آنها غالباً بیشتر از محدوده اثر موج فشار یا تابش گرمایی آتش‌کروی است. این تکه‌ها در صورتیکه به مخازن دیگر آسیب زنند می‌توانند باعث اثر دومینو شوند.
- سرعت مورد نیاز یک ترکش برای نفوذ به مخزن مشابه در حدود 4 ms^{-1} تا 12 ms^{-1} است و حد اکثر سرعتی که این تکه‌ها در انفجر مخازن می‌توانند پیدا کنند بین 100 ms^{-1} تا 200 ms^{-1} می‌باشد.
- این حداکثر سرعت تبعی از شرایط انفجار، حجم بخار اولیه موجود در مخزن و شکل مخزن است.



در انفجار BLEVE حاصل از مخازن اساساً دو نوع پرتابه وجود دارد:

ترکش‌های اولیه که قطعت بزرگ مخزن هستند.

- ترکش‌های ثانویه که ز جا به جایی سریع اشیاء مجاور (لوله‌ها، آجرها، میله‌ها و غیره) شکل می‌گیرند.

Type of vessel	Number of fragments
Cylinder	2 or 3
Sphere	2 to 15 (usually less than 5)



برد پرتابه‌ها

برای تانک‌های با ظرفیت کمتر از $5m^3$

$$l = 90 \cdot M^{0.33}$$

برای تانک‌های با ظرفیت بیشتر از $5m^3$

$$l = 465 \cdot M^{0.1}$$

که M جرم ماده داخل ظرف (kg) و l برد (m) است.



انفجار فضای محدود



مقدمه

A confined explosion is the type of explosion which typically occurs following gas leaks inside industrial heating plant or inside buildings. This type of explosion has traditionally been treated using venting guidelines, which are discussed further in Chapter 2.

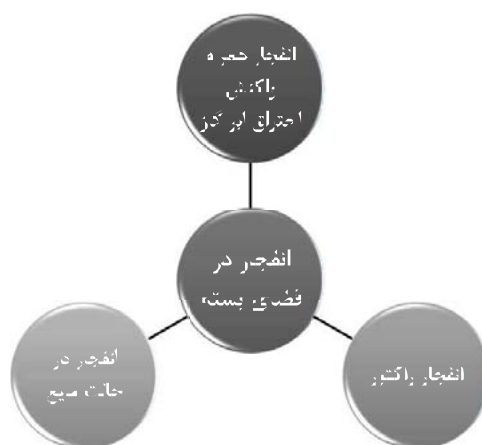


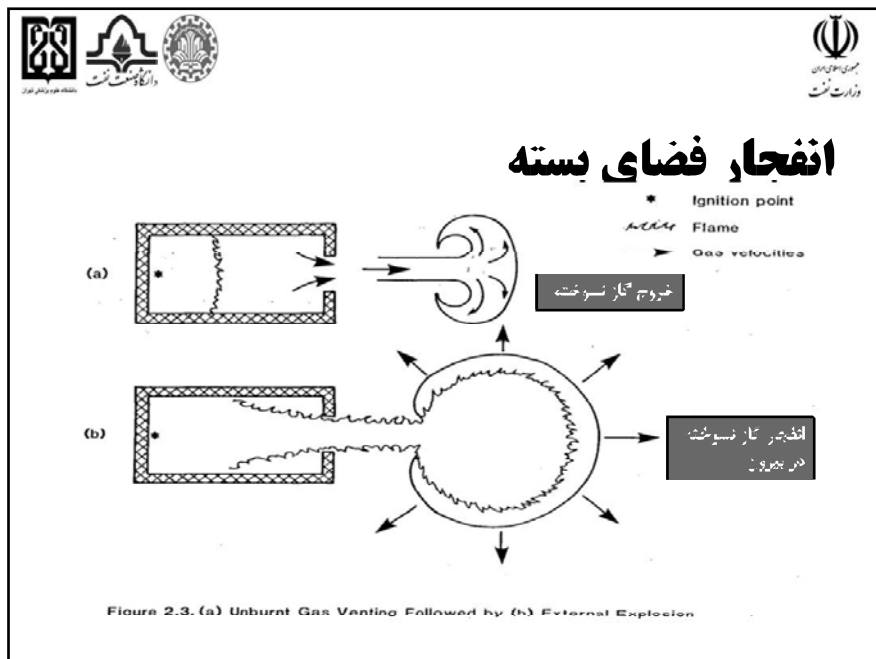
مقدمه

- انفجار فضای محدود توانایی ایجاد فشار تا ۸ بار دارد
– قانون گاز ایده آل
- منجر به vented یا semi confined می شود



انفجار فضای بسته

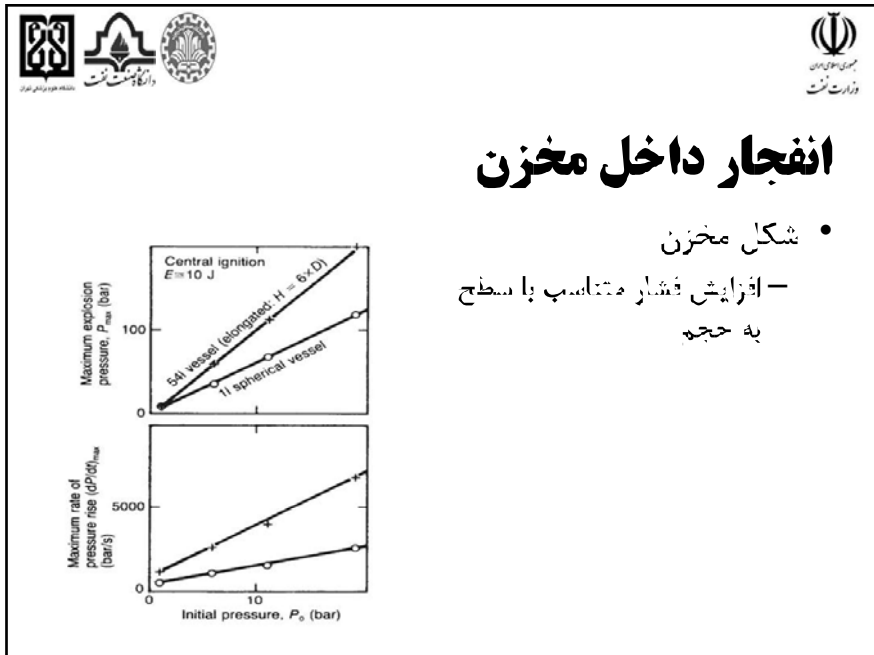
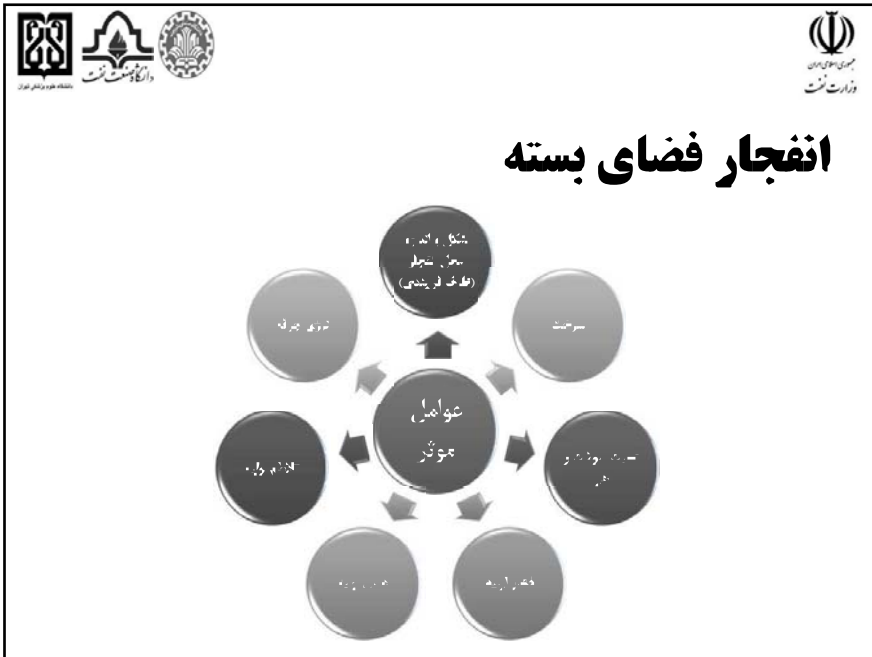




انفجار فضای بسته

Table 17.5 Some data on detonation limits in mixtures with air for confined and unconfined situations (after Nettleton, 1980b) (Courtesy of Fire Prevention Science and Technology)

Compound	Detonation limits (%)				Flammability limits (%)	
	Confined tube		Unconfined		Lower	Upper
	Lower	Upper	Lower	Upper		
C ₂ H ₆	2.87	12.20	4.0	9.2	3.0	12.4
C ₃ H ₈	2.57	7.37	3.0	7.0	2.1	9.5
C ₄ H ₁₀	1.98	6.18	2.5	5.2	1.8	8.4
n-C ₅ H ₁₂	1.45	2.85			0.95	
C ₂ H ₄	3.32	14.70			2.70	36.0
C ₃ H ₆	3.55	10.40	3.5	8.5	2.4	11.0
C ₂ H ₂	4.20	50.0			2.5	80.0
C ₆ H ₆	1.60	5.55			1.3	7.9
C ₂ H ₅ OH	5.1	9.8			3.3	19.0
H ₂	18.3	58.9			4.0	75.0





انفجار فضای بسته

- انفجار داخل ساختمان
 - فضای بزرگتر
 - شکل چهارگوش
 - تهویه کمتر
 - وجود چند قسمت جدا از هم (اتاقها)



انفجار فضای بسته

- انفجار در Ronan Point, 1962





انفجارهای غبار (Dust Explosion)



مقدمه

- سالانه پنجاه انفجار در دنیا گزارش می شود.
- صدها کشته



- میلیونها دلار خسارت مالی
 - قطع روند تولید
 - از بین رفتن محصولات
 - صدمه به تجهیزات
- اثر سوء بر اعتبار شرکتها



مقدمه



- هر محلی که غبار جمع شود
 - مانند چوب و زغال
 - جمع کننده ضراب و دستگاه Hopper
- شروع با هر نوع انرژی اولیه
 - الکتریسیته ساکن
 - جرقه
 - آتش
- منجر به انفجارهای بزرگتر



حوادث



- فوریه ۱۹۹۹ در یک ریخته گری آهن
- انفجار رزین فتولیک
- انفجار کوچک اولیه رزین باعث انفجار ثانویه بزرگتر شد
- تخریب محلی
- سد کشته و ۹ مجروح

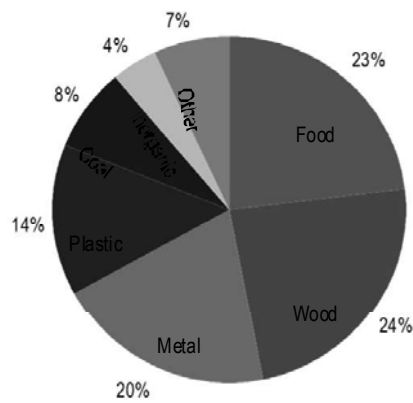


Date	Location	Material	Plant/building	Deaths/injuries
1911	Glasgow, UK			5d, 8i
	Liverpool, UK			37d, 100i
	Manchester, UK			3d, 5i
1913	Manchester, UK			3d, 5i
1919	Cedar Rapids, IA	Corn starch	Starch plant	43d
1924	Peking, IL	Corn starch	Starch plant	42d
1930	Liverpool, UK			11d, 32i
1941	Liverpool, UK			6d, 40i
1944	Kansas City, KS	Grain dust	Corn mill	4d, 20i
1955	Waynesboro, GA	Grain dust	Feed plant	3d, 13i
1962	St Louis, MO	Grain dust	Feed plant	2d, 34i
1964	Paisley, UK			5d, 2i
1965	Bow, London, UK	Flour	Flour mill	5d
1970	Kiel, FRG	Grain dust	Grain silo	6d, 18i
1977	Galveston, TX	Grain dust	Grain silo	15d
1977	Westwego, LA	Grain dust	Grain silo	36d, 10i
1979	Hamburg, FRG	Grain dust	Grain silo	2i
1979	Lerida, Spain	Grain dust	Grain silo	7d
1980	Naples, Italy	Grain dust	Grain silo	8i

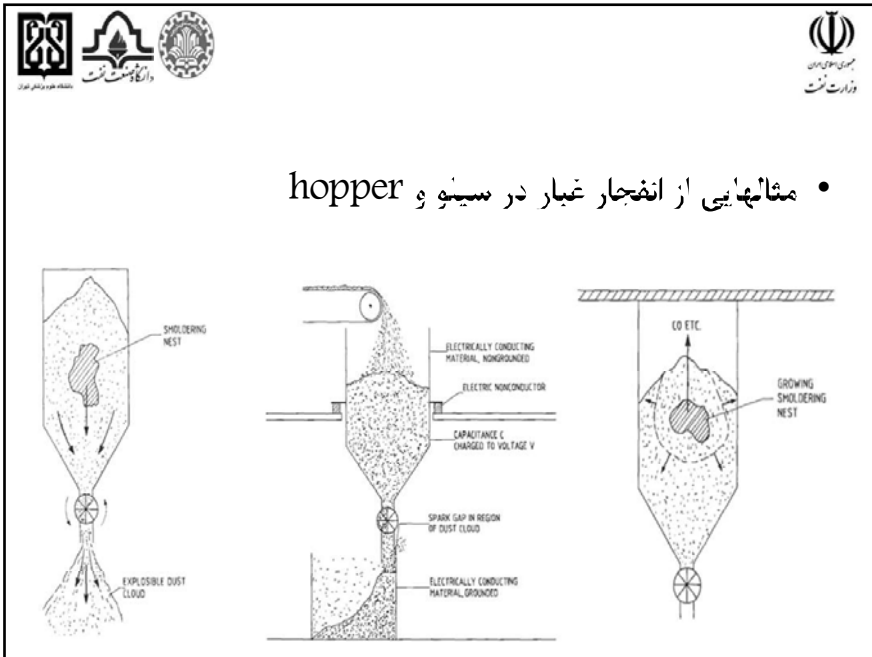
Source: Loss Prevention in Process Industries, Lees.



آمار حوادث





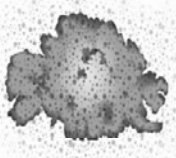
Source: CSB Combustible Dust Hazard Study (2006).



• مثالهایی از انفجار غبار در سینیو و hopper

تعاریف

• جامد با قطر ۴۲۰ میکرون یا ریزتر (هر آنچه بتواند از غربال شماره ۴۰ عبور کند) NFPA 68

		
Log Slow Combustion	Wood Kindling Fast Combustion	Wood Dust Dust Fireball or Explosion



تعریف غبار قابل سوختن براساس NFPA654

1.5.6* Combustible Dust. Any finely divided solid material that is **420 microns or smaller in diameter (material passing a U.S. No. 40 Standard Sieve)** and presents a fire or explosion hazard when dispersed and ignited in air.

• حداقل غلظت قابل انفجار (MEC)

1.5.21* Minimum Explosible Concentration (MEC). The minimum concentration of combustible dust suspended in air, measured in mass per unit volume, that will support a deflagration as defined by the test procedure in ASTM E 1515, *Standard Test Method for Minimum Explosible Concentration of Combustible Dusts*.



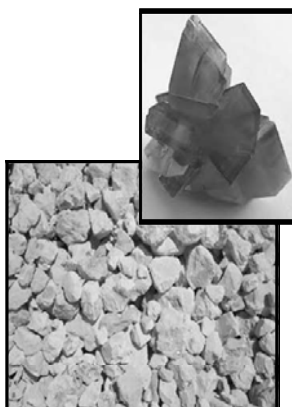
تعاریف



- قابلیت انفجار و اشتعال
 - مواد آبی طبیعی (خلات، شکر، ذغال)
 - مواد آبی سنتزی (حشره کش، پلیستیک، روغن)
 - قهوه
 - کسیدهای ناپایدار
- تجمع در یک محیط
- اختلاف با هوا اندازه و توزیع ذرات مناسب (نفوذ شعله) در محدوده اشتعال پذیری (۲۳ تا ۵۰ گرم بر متر مکعب)



تعاریف



- ذرات غیر قابل انفجار
 - سیسیکاتنها و سونفاتید
 - نیتراتها، کربناتها و سولفاتها
 - سیمان، ماسه، آهک
 - اکسیدهای پیدار



تعاریف



- کلاس بندی غیر NFPA 30

- Class II
 - Group E: Metal Dusts (Al, Mg,)
 - Group F: Carbonaceous dusts including 8% volatile material
 - Group G: not E or F, i.e. flour, grain, wood, plastic, chemical



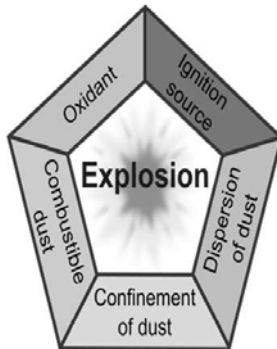
تعاریف



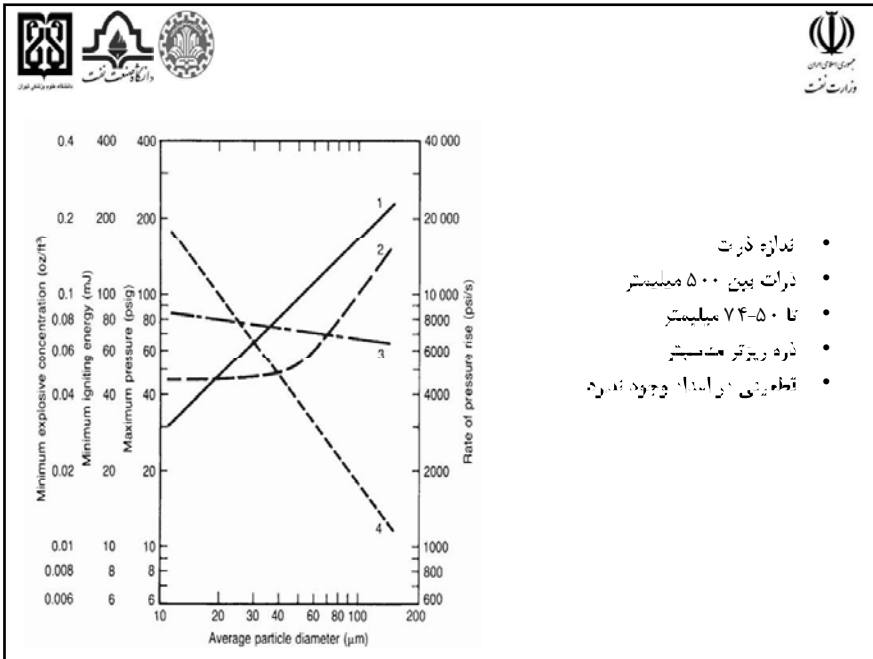
- تونسی ایجاد فشار ۲ بیش از ۷۰۰ کیلو پاسکال
- بیش از توانایی تحمل مواد
 - شیشه ۵۰ کیلو پاسکال
 - چهارچوب چوبی ۷۰
 - بتون مسلح ۸۵ کیلو پاسکال
- ایجاد انفجار اولیه کوچک و سپس انفجار بزرگتر
- پخش مواد و ایجاد حجم بزرگتر قابل اشتعال
- تونسی ایجاد Detonation بسیار کم
 - منبع حرکت قوی
 - محیط محصور
 - معدن ذغال سنگ



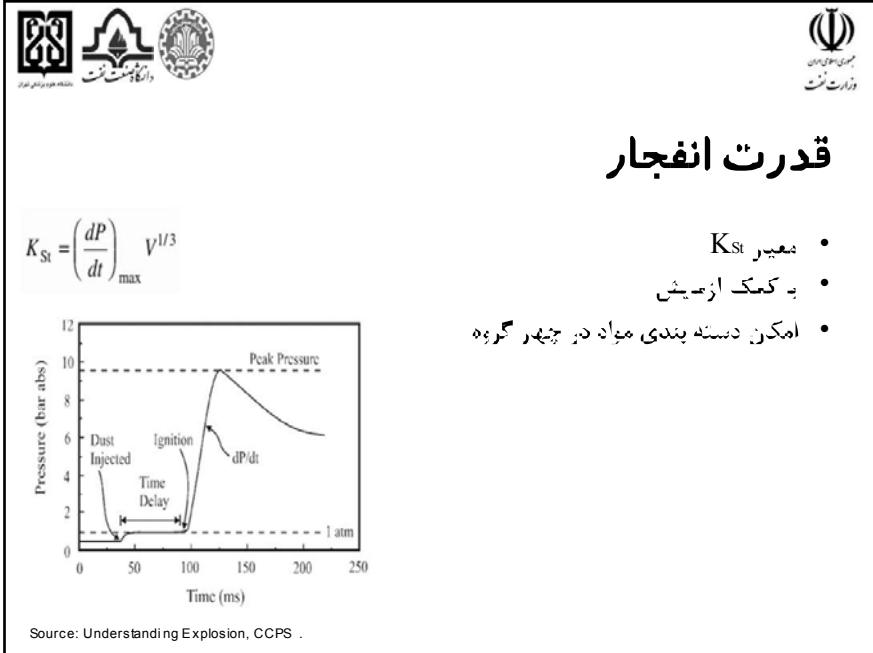
تعاریف



- جنبه های مهم غیر قابل اشتعال
 - کلاس انفجاری
 - حداقل غلظت قابل انفجار
 - حداقل دمای جرقه
 - حداقل انرژی جرقه
 - حداکثر اکسیژن مورد نیاز
 - فشار ایجاد شده
 - حداکثر فشار
 - نرخ افزایش فشار
 - متوسط نرخ افزایش فشار



- اندازه ذرات
- ذرات بین ۵۰۰ میکرومتر
- تا ۵۰-۷۴ میکرومتر
- ذره ریزتر مناسبت
- قطره‌ای در آنجا وجود ندارد



قدرت انفجار

$$K_{St} = \left(\frac{dP}{dt} \right)_{max} V^{1/3}$$

- معیار K_{St}
- به کمک آزمایش
- امکان دسته بندی مواد در چهار گروه

Source: Understanding Explosion, CCPS



تخمین قدرت انفجار

A Dust explosion classes

Dust explosion class	K_{St}^a (bar m/s)	Explosion features
St 0	0	No explosion
St 1	>0-200	Weak
St 2	201-300	Strong
St 3	>300	Very strong

B Relation of K_{St} and Hartman bomb data^b

K_{St}^a (bar m/s)	Hartman bomb, $(dP/dt)_{max}$ (psi/s)
<200	<7300
201-300	7300-22000
>300	>22000

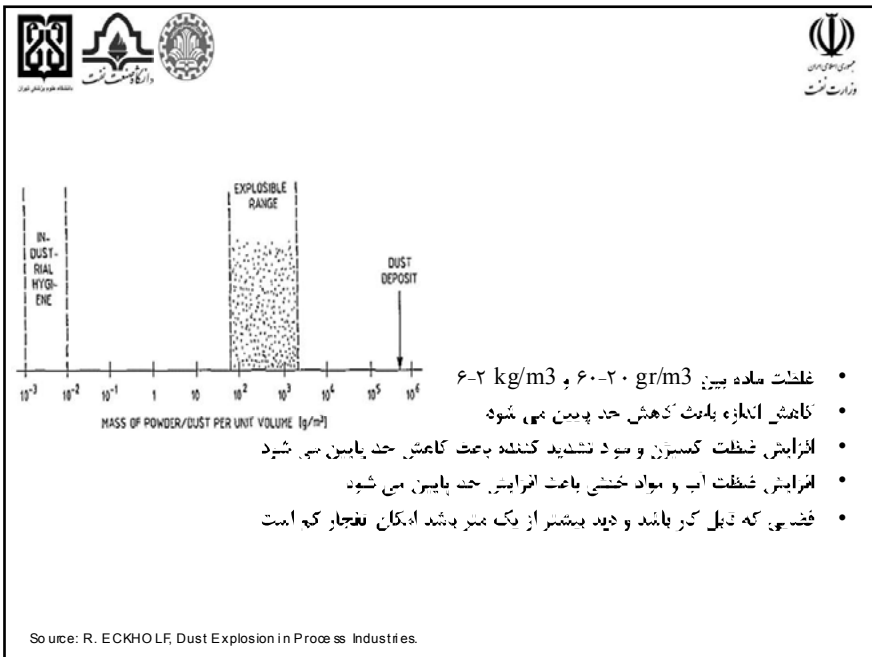
C Typical dusts

Dust explosion class	Typical dust
St 0	Non-explosive dust
St 1	Grain dust
St 2	Organic pigment
St 3	Fine metal dust

Source: Understanding Explosion, CCPS .



Dust	Maximum Particle Size (mm)	Minimum Explosive Dust Conc. (gm/m ³)	P_{max} (bar-g)	K_{St} (bar-m/sec)	Minimum Explosion Energy (mJ)
<i>Cotton, Wood, Peat</i>					
Cotton	44	100	7.2	24	— ^b
Cellulose	51	60	9.3	66	250
Wood dust	33	—	—	—	100
Wood dust	80	—	—	—	7
Paper dust	<10	—	5.7	18	—
<i>Feed, Food</i>					
Dextrose	80	60	4.3	18	—
Fructose	200	125	6.4	27	180
Fructose	400	—	—	—	>4000
Wheat grain dust	80	60	9.3	112	—
Milk powder	165	60	8.1	90	75
Rice flour	—	60	7.4	57	>100
Wheat flour	50	—	—	—	540
Milk sugar	10	60	8.3	75	14
<i>Coal, Coal Products</i>					
Activated Carbon	18	60	8.8	44	—
Bituminous coal	<10	—	9.0	55	—
<i>Plastics, Resins, Rubber</i>					
Polyacrylamide	10	250	5.9	12	—
Polyester	<10	—	10.1	194	—
Polyethylene	72	—	7.5	67	—
Polyethylene	280	—	6.2	20	—

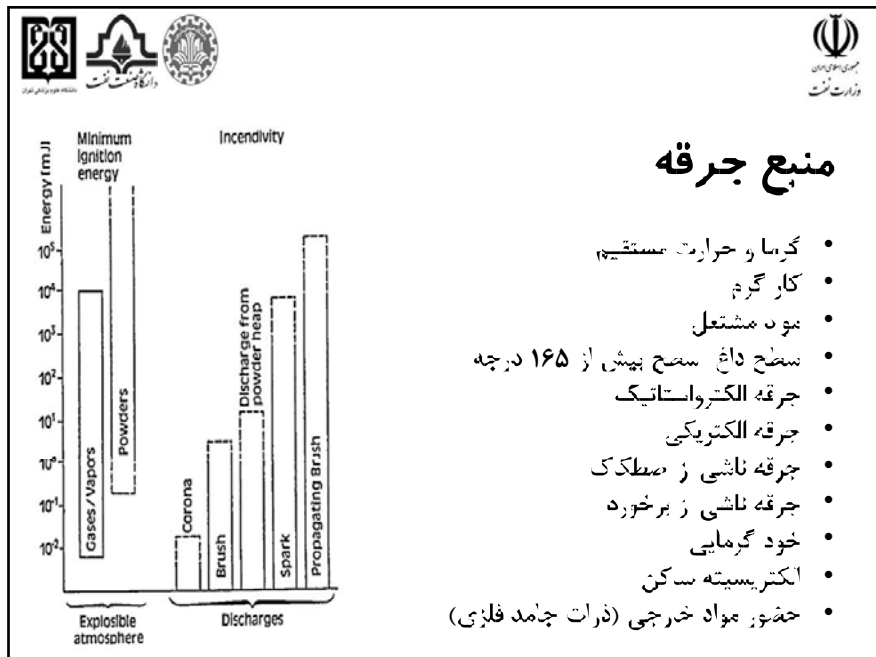
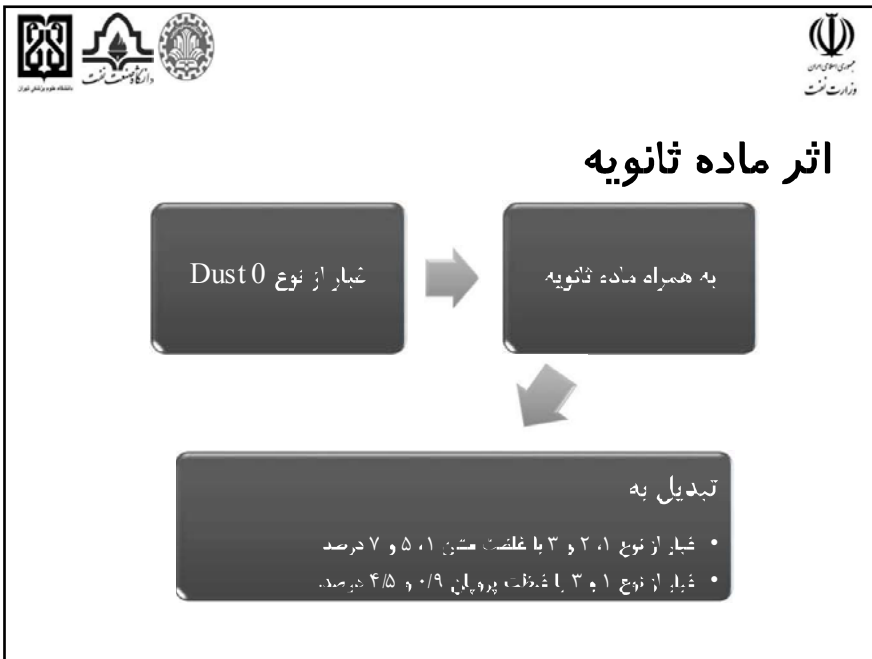


اثر ماده ثانویه Hybrid Mixture

- گاز اشتعال پذیر باعث افزایش قدرت انفجاری پذیری
 - کاهش غلظت حداقل
 - کاهش حداقل دما و انرژی جرقه
 - افزایش نرخ افزایش فشار

NON-FLAMMABLE
GAS







روشهای محافظت در برابر انفجار

- Containment
- Inerting
- Deflagration Venting
- Deflagration Supression
- Deflagration isolation



مهار کردن (containment)

- طراحی سیستم به گونه ای که تحمل حداکثر فشار تولید شده در اثر انفجار را داشته باشد.
- طراحی مطابق با کد ASME Boiler and Pressure Vessel Code, Section VIII, Division 1 صورت گیرد
- میزان تحمل به شکل ظرف بستگی دارد
- مزایا: ۱- غیرعامل ۲- هزینه تعمیرات کم
- معایب: ۱- هزینه اولیه بالا ۲- بار وزنی زیاد روی سازه کارخانه



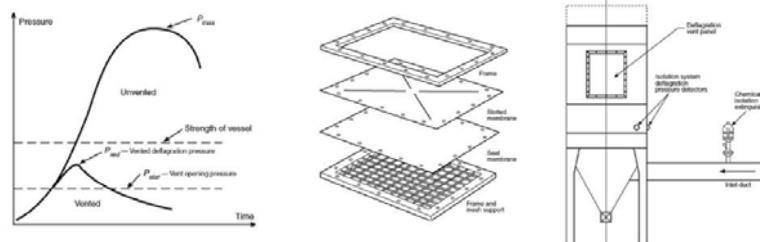
خنثی کردن (inerting)

- کاهش غلظت اکسیژن در یک حجم بسته به زیر خلقت مورد نیاز برای سوختن به کمک یک گاز خنثی مانند لیتروژن یا کربن دی اکسید
- طراحی این سیستم ها با توجه به استاندارد NFPA 69 باید صورت گیرد.
- بنزایا: جلوگیری از وقوع انفجار در نتیجه اجتناب از هدررفت محصول
- معایب : ۱- هزینه جاری گاز خنثی ۲- خطر خفگی برای پرسنل ۳- هزینه تعمیرات بالا



ونت کردن انفجاری (Deflagration venting)

- درجه ای که در یک فشار مشخص (Ps) باز میشود و گازهای فشرده را به اتمسفر تخلیه میکند





ونت کردن انفجاری (Deflagration venting)

• مزایا:

1. هزینه کم
2. تعمیرات کم (غیرتامار)

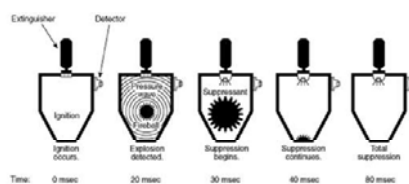
• معایب:

1. احتمال وقوع آتش پس از ونت کردن در داخل تجهیزات بویژه در صورت وجود مواد سوختی مانند گیسو پلاستیکی
2. کارخانه باید در محیط بیرون قرار گیرد
3. آتش کروی مواد خروجی از دست که میتواند یک مخاطره جدی برای تجهیزات و افراد نزدیک، آن دصد
4. منع استفاده برای فرایند های حاوی مواد خوردنده و سمی



خاموش کردن انفجار (Deflagration Supression)

- دارای یک سیستم خاموش کننده سریع شعله که انفجار را قبل از رسیدن به فشار های مخرب تشخیص داده و خاموش میکند. تشخیص به کمک شعله یا موج انفجار صورت میگیرد.






خاموش کردن انفجار (Deflagration Supression)

- کاربردها: جمع کننده های غبار، سیلوها، خشک کن های پاششی، میکرها و ..
- مزایا: ۱- حذف شعله و کاهش شانس آتش پس از انفجار ۲- کاهش ریسک تخلیه مواد سمی و خورنده ۳- انعطاف در مکان نصب تجهیزات فرایندی
- معایب: ۱- هزینه بالا در مقایسه با وتت کردن انفجاری ۲- نیاز به تعمیرات منظم ۳- برای غباراب فلزی ، استیلین و هیدروژن قاب استفاده نیست
- طراحی مطابق با استانداردهای NFPA 69 و ISO-6184-4 انجام شود





ایزوله کردن انفجار (Deflagration isolation)

- هدف از ایزوله کردن جلوگیری از سرایت انفجار به تجهیزات متصل به محل انفجار اولیه است
- روشهای ایزوله کردن :
- مکانیکی :
 - شیرهای rotary airlock
 - شیرهای دروازه ای سریع (High speed gate valve)
 - برای موتورزدن باید با یک سیستم تشخیص انفجار کوپل شوند
- شیمیایی :
 - تخنیه ماده خاموش کننده در لوله ربط یا داکت

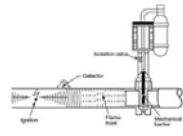

 وزارت بهداشت
 جمهوری اسلامی ایران

ایزولاسیون مکانیکی






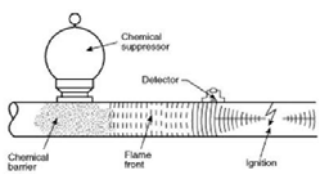
شیرهای ایرلاک دوار



شیرهای دروازه ای


 وزارت بهداشت
 جمهوری اسلامی ایران

ایزولاسیون شیمیایی



شیرهای دروازه ای