

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Запорізький національний технічний університет

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до практичного заняття «*Розрахунок зон ураження від вибухів і пожеж, що виникли у наслідок надзвичайної ситуації техногенного характеру або терористичного акту*» з дисципліни «Цивільний захист і охорона праці в галузі» для студентів усіх спеціальностей та усіх форм навчання

Методичні вказівки до практичного заняття «Розрахунок зон ураження від вибухів і пожеж, що виникли у наслідок надзвичайної ситуації техногенного характеру або терористичного акту» з дисципліни «Цивільний захист і охорона праці в галузі» для студентів усіх спеціальностей та усіх форм навчання / Укл.: М. О. Журавель, О. Б. Курков - Запоріжжя: ЗНТУ, 2017 р. 16 с.

Укладачі: М. О. Журавель, ст. викл.
О. Б. Курков, ст. викл.

Рецензент: С. М. Журавель, ст. викл.

Відповідальний за випуск: М. О. Журавель, ст. викл.

Затверджено
на засіданні кафедри «Охорони праці і
навколишнього середовища»
Протокол № ____ від _____.____.2017 р.

Рекомендовано до видання
НМК Факультет будівництва,
архітектури та дизайну
Протокол № ____ від _____.____.2017 р.

1. МЕТА ЗАНЯТТЯ

При виконанні практичного заняття необхідно:

- ознайомитися з оцінкою інженерної та пожежної обстановки в зонах ураження, що створюються під час техногенних вибухів;
- ознайомитися з методикою розрахунку наслідків вибухів газопароповітряних сумішей;
- провести розрахунки щодо визначення вражаючих факторів вибухів;
- зробити висновки.

2. ЗАГАЛЬНІ ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

Однією із причин великих виробничих аварій і катастроф є вибухи, які на промислових підприємствах супроводжуються обвалом і деформаціями споруд, пожежами, виходами з ладу енергосистем. Найчастіше спостерігаються вибухи котлів в котельнях, газів, апаратів, продукції і напівфабрикатів на хімічних підприємствах, парів бензину і інших складових палива, лакофарбових розчинників, нерідкі випадки вибуху побутового газу.

Причинами вибухів промислового газу, газоповітряних сумішей, вугільного або дерев'яного пилу можуть бути: відкритий вогонь, електрична іскра, в тому числі від статичної електрики, а також терористичний акт.

Пожежа - це неконтрольований процес горіння, що супроводжується знищенням матеріальних цінностей і створює небезпеку для життя людей.

Вторинними наслідками пожеж можуть бути:

- вибухи і витоки отруйних або забруднюючих речовин у навколишнє середовище;
- вода, яка застосовується для гасіння пожежі може завдати великих збитків приміщенням і предметам, що не постраждали від вогню.

За масштабами і інтенсивністю пожежі підрозділяються на:

- окремі;
- суцільні;

- масові;
- вогняні шторми.

Окрема пожежа - це пожежа, що виникла в окремому будинку чи споруді.

Пересування людей і техніки по забудованій території між окремими пожежами можливе без засобів захисту від теплового впливу.

Суцільна пожежа - це одночасне інтенсивне горіння переважної кількості будинків і споруд на даній ділянці забудови.

Пересування людей і техніки через ділянку суцільної пожежі неможливе без засобів захисту від теплового випромінювання.

Вогняний шторм - це особлива форма суцільної пожежі що поширюється.

Характерними ознаками вогняного шторму є:

- наявність висхідного потоку продуктів згоряння і нагрітого повітря;
- приплив свіжого повітря з усіх боків зі швидкістю не менше 50 км/год, у напрямку до межі вогняного шторму.

Масова пожежа - це сукупність окремих і суцільних пожеж.

Інтенсивність пожежі багато в чому залежить від вогнестійкості об'єктів та їх складових частин, а також від пожежної безпеки технологічних процесів виробництва в місці її виникнення.

Вогнестійкість будинку - здатність чинити опір впливу високих температур при збереженні своїх експлуатаційних властивостей. Вогнестійкість будинків залежить від меж вогнестійкості і основних конструктивних частин.

Межа вогнестійкості конструкції - це час у годинах, протягом якого конструкція виконує свої функції в умовах пожежі (тобто не згорає, не тріскається, не деформується або поки температура на протилежній загорянню стороні не стане понад 140 °С).

Межа вогнестійкості конструкції залежить від:

- поперечного перерізу;
- товщини захисного шару;
- займистості будівельних матеріалів;

- здатності зберігати свої властивості при впливі високих температур.

За ступенем вогнестійкості, відповідно ДБН В.1.1-7:2016 «Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги», будинки і споруди поділяють на 5 груп:

- до I і II груп – належать неспалимі при загорянні предметів у середині будинки, які охоплюється вогнем не раніше ніж через 3-4 години (будівлі I групи мають підвищену вогнестійкість несучих конструкцій);

- до III групи - належать неспалимі будинки зі спалимими перекриттями і перебірками, які охоплюються вогнем через 2-3 години;

- до IV групи - належать дерев'яні, оштукатурені будинки, які охоплюються вогнем через 1,5 години;

- до V групи - належать дерев'яні, не оштукатурені будинки, які охоплюються вогнем через 0,5 години.

Пожежанебезпечний об'єкт (ПНО) - це об'єкт, на якому виробляються, зберігаються або транспортуються продукти, що набувають при певних умовах (аваріях, ініціюванні і т.п.) здатність до загоряння.

До пожежанебезпечних відносяться об'єкти нафтової, газової, хімічної, металургійної, лісової, деревообробної, текстильної та хлібопекарської промисловості.

Вибухонебезпечний об'єкт (ВНО) - це об'єкт, на якому зберігаються, використовуються, виробляються або транспортуються речовини, що набувають при певних умовах здатність до вибуху.

До вибухонебезпечних об'єктів відносяться: підприємства оборонної, нафтовидобувної, нафтопереробної, нафтохімічної, хімічної, газової, хлібопродуктової, текстильної і фармацевтичної промисловості, а також склади зріджених газів, легкозаймистих і горючих рідин.

Особливу небезпеку, з погляду можливих втрат і збитків, становлять вибухи.

Вибух - це звільнення великої кількості енергії в обмеженому об'ємі за короткий проміжок часу.

Вибух призводить до утворення сильно нагрітого газу (плазми) з високим тиском, що при миттєвому розширенні здійснює ударний механічний вплив на навколишні тіла.

Характерними рисами вибухів пароповітряних та паливо-повітряних сумішей є:

- виникнення різних типів вибухів: детонаційного, дефлаграційного або комбінованого (найбільш розповсюджений);
- утворення п'яти зон ураження: детонаційної (бризантної), дії продуктів вибуху (вогняної кулі), дії ударної хвилі, теплового ураження та токсичного задимлення;
- залежність потужності вибуху від параметрів середовища, у якому відбувається вибух (температура, швидкість вітру, щільність забудови та рельєф місцевості).

Для реалізації комбінованого або детонаційного вибуху для газоповітряних та пароповітряних сумішей (ГПС і ППС) обов'язковою умовою є створення концентрації продукту горіння в повітрі в межах нижньої та верхньої концентрації межі.

Детонація - це процес вибухового перетворення речовини з надзвуковою швидкістю.

Дефлаграція - це вибухове горіння з дозвуковою швидкістю.

Зона горіння - це частина простору, у якій утворюється полум'я або повітряна куля з продуктів горіння.

Зона дії ударної хвилі - це територія, в межах якої можливі руйнування, пошкодження будівель та споруд, а також завдання шкоди людині через надмірний тиск ударної хвилі.

Дія ударної хвилі на елементи споруд характеризуються складним комплексом навантажень: прямий тиск, тиск відбиття, тиск обтікання, тиск затікання, навантаження від сейсмовибухових хвиль.

Дію ударної хвилі прийнято оцінювати надлишковим тиском у фронті ударної хвилі ΔP (кПа).

Зона теплового ураження - це частина простору, що примикає до зони горіння, у якому відбувається загорання чи зміна стану матеріалів і конструкцій та вражаюча дія на незахищених людей.

Зона токсичного задимлення - це частина простору, що включає усі зони ураження при вибухах пароповітряних та паливо-повітряних сумішей.

Основними вражаючими факторами вибуху є: повітряна ударна хвиля та осколкові поля.

Повітряна ударна хвиля - виникає при ядерних вибухах, вибухах речовин, які ініціюють і детонують, при вибухових перетвореннях хмар паливно-повітряних сумішей, вибухах резервуарів з перегрітою рідиною і резервуарів під тиском.

Осколкові поля - утворюються при вибуху уламками різного роду предметів технологічного устаткування, будівельних деталей тощо.

Згідно ДСТУ Б В.1.1-36:2016 «Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою», у залежності від характеристики використовуваних чи одержуваних у виробництві речовин і їх кількості, виробничі будівлі і склади за вибуховою, вибухопожежною і пожежною небезпекою підрозділяються на 5 категорій (А, Б, В, Г, Д):

- «А» - вибухонебезпечні виробництва;
- «Б» - вибухопожежні виробництва;
- «В» - пожежонебезпечні виробництва;
- «Г» - виробництва, пов'язані з обробкою негорючих речовин і матеріалів у гарячому, розпеченому чи розплавленому стані;
- «Д» - виробництва, пов'язані з обробкою негорючих речовин і матеріалів у холодному стані.

Найбільш небезпечним і найбільш розповсюдженим явищем вибуху поза приміщенням є вибух газопароповітряної суміші.

При вибуху газоповітряної суміші утворюються три зони, рис.2.1

1. Зона детонаційної хвилі, r_1 ;
2. Зона дії продуктів вибуху, r_2 ;
3. Зона повітряної ударної хвилі, r_3 ;

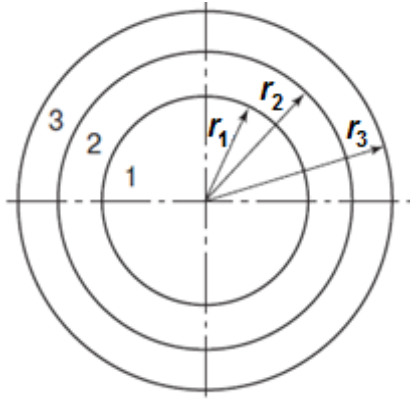


Рис. 2.1 Зони дії ударної хвилі при вибуху газоповітряної суміші.

3. ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ РОЗРАХУНКІВ

3.1 При вибуху газоповітряної суміші

1. Визначаємо зону детонаційної хвилі з постійним значенням надлишкового тиску $\Delta P_1 = 1700 \text{ кПа}$ і радіусом r_1 за формулою:

$$r_1 = 17,5 \cdot \sqrt[3]{Q}, \text{ м}; \quad (3.1)$$

де Q маса газу, що вибухнув (m);

2. Визначаємо зону дії продуктів вибуху радіусом r_2 за формулою:

$$r_2 = 1,7 \cdot r_1, \text{ м}; \quad (3.2)$$

3. Визначаємо надлишковий тиск в межах зони r_2 за формулою:

$$\Delta P_2 = 1300 \cdot \left(\frac{r_1}{r} \right)^3 + 50 \text{ кПа}; \quad (3.3)$$

де r - відстань від епіцентру вибуху до даного об'єкту, що розташований у зоні.

4. Визначаємо зону повітряної ударної хвилі r_3 ($r_3 = r$). Значення надлишкового тиску у цій зоні визначаємо за формулами:

$$\text{при } \Psi \leq 2, \quad \Delta P_3 = \frac{700}{3 \cdot (\sqrt{1 + 29,8 \cdot \Psi^3} - 1)} \text{ кПа}; \quad (3.4)$$

$$\text{при } \Psi > 2, \quad \Delta P_3 = \frac{22}{\Psi \cdot \sqrt{\lg \Psi + 0,158}} \text{ кПа}; \quad (3.5)$$

$$\text{де } \Psi = 0,24 \cdot \frac{r}{r_1} - \text{допоміжний коефіцієнт} \quad (3.6)$$

3.2 При вибуху парів бензину:

1. Визначаємо об'єм резервуара, заповненого парами бензину за формулою:

$$V_{\text{пар}} = V_{\text{рез}} - V_{\text{бенз}}; \quad (3.7)$$

де $V_{\text{пар}}$ - об'єм пару бензину в ємності, м^3 ;

$V_{\text{рез}}$ - об'єм резервуара, м^3 ;

$V_{\text{бенз}}$ - об'єм бензину в резервуарі, (м^3), рівний об'єму резервуара, помноженому на відсоток його заповнення ($V_{\text{рез}} \cdot \%_{\text{заповн.}}$).

2. Визначаємо об'єм бензину, який перебуває в пароподібному стані за формулою:

$$V_{\text{бвв.пар}} = \frac{V_{\text{пар, \%}}}{100} \text{ м}^3; \quad (3.8)$$

$V_{\text{пар, \%}}$ - відсотковий вміст бензину, що перебуває в пароподібному стані.

3. Розраховуємо масу бензину $Q_{\text{бенз}}$ (m), що перебуває в пароподібному стані за формулою:

$$Q_{\text{бенз}} = V_{\text{бенз.пар}} \cdot \rho; \quad (3.9)$$

де ρ - густина пару бензину, m/m^3 ($\rho = 0,75 m/m^3$).

4. За діаграмою, що наведена на рис. 3.1 визначаємо максимально можливий надлишковий тиск, та робимо висновки.

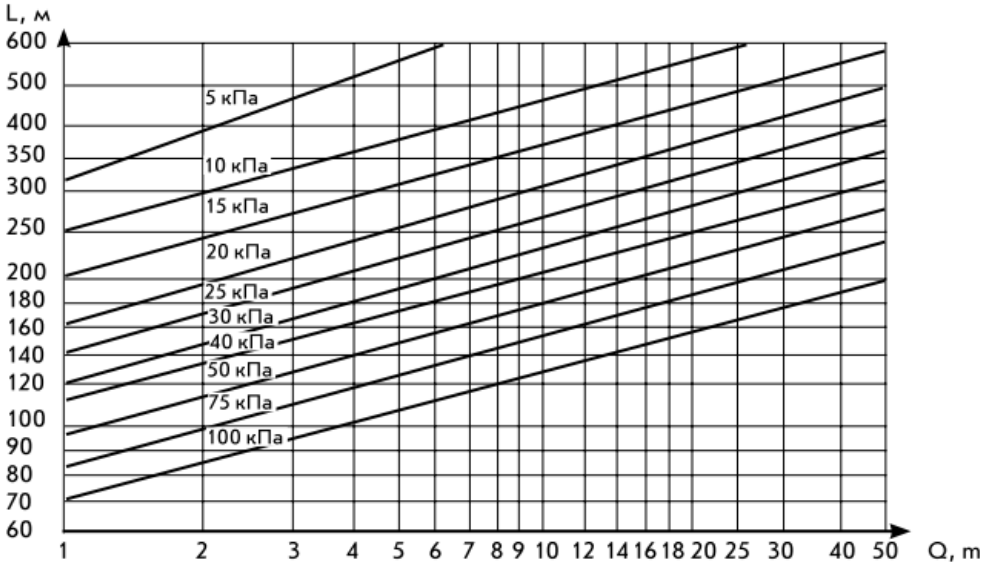


Рис. 3.1 Залежність надлишкового тиску від маси зрідженого вуглеводневого газу та відстані до об'єкта при вибуху пароповітряної суміші

3.3 При вибуху вибухових речовин

Надлишковий тиск (кПа) у районі об'єкта і його елементів при вибуху вибухових речовин (*тритил, амонал тощо*) розраховується за формулою:

$$\Delta P = 390 \cdot \sqrt{\frac{Q}{r^3}} \text{ кПа}; \quad (3.10)$$

3.4 Приклади виконання розрахунків

Задача 1. При транспортуванні ємності з пропаном масою $Q = 1 \text{ т}$ на відстані $r = r_3 = 130 \text{ м}$ від об'єкта відбувся вибух. Визначити максимальний надлишковий тиск ΔP_3 (кПа), що утворився в результаті вибуху, на карту-схему заводу нанести зони руйнування. Вихідні дані для індивідуальної роботи видає викладач.

Рішення:

1. Визначаємо зону детонаційної хвилі з радіусом r_1 і постійним значенням надлишкового тиску $\Delta P_1 = 1700 \text{ кПа}$ за формулою:

$$r_1 = 17,5 \cdot \sqrt[3]{Q} = 17,5 \cdot 1 = 17,5 \text{ м};$$

де Q - маса газу, що вибухнув (т);

2. Визначаємо зону дії продуктів вибуху радіусом r_2 за формулою:

$$r_2 = 1,7 \cdot r_1 = 1,7 \cdot 17,5 = 29,75 \text{ м};$$

3. Визначаємо надлишковий тиск в межах зони за формулою:

$$\Delta P_2 = 1300 \cdot \left(\frac{r_1}{r} \right)^3 + 50 = 1300 \cdot 0,0024 + 50 = 53,17 \text{ кПа};$$

де r - відстань від епіцентру вибуху до даного об'єкту, що розташований у зоні.

4. Визначаємо допоміжний коефіцієнт за формулою:

$$\Psi = 0,24 \cdot \frac{r}{r_1} = 0,24 \cdot \frac{130}{17,5} = 1,78$$

5. Визначаємо значення надлишкового тиску у зоні повітряної ударної хвилі r_3 ($r_3 = r$) за формулою:

$$\Delta P_3 = \frac{700}{3 \cdot (\sqrt{1 + 29,8 \cdot \Psi^3} - 1)} = \frac{700}{3 \cdot (\sqrt{1 + 29,8 \cdot 1,78^3} - 1)} = 19,4 \text{ кПа};$$

6. Зробити висновки, використовуючи додатки 1 та 2.

Задача 2. На складі підприємства трапився вибух ємності з бензином, об'єм резервуара $V_{рез} = 1000 \text{ м}^3$, заповнення ємності бензином $V_{бенз.} = 30\%$, зміст бензину в паровій фазі, $\Delta m = 2\%$, густина бензину $\rho_{бенз} = 0,75 \text{ т/м}^3$, відстань до об'єкта (цеху, підстанції і т. п.) $L = 200 \text{ м}$. Визначити максимальний надлишковий тиск (ΔP), що утворився в результаті вибуху. Зробити висновки. Вихідні дані для індивідуальної роботи видає викладач.

Рішення:

1. Визначаємо об'єм пари бензину (м^3) в резервуарі:

$$V_{нар} = V_{рез} - V_{бенз} = 1000 - \frac{1000 \cdot 30\%}{100\%} = 700 \text{ м}^3;$$

2. Визначаємо об'єм бензину, який знаходиться в пароподібному стані:

$$V_{бенз}^{нар} = \frac{V_{нар} \cdot \Delta m}{100} = \frac{700 \cdot 2}{100} = 14 \text{ м}^3;$$

де Δm - вміст бензину (%), який знаходиться в пароподібному стані.

3. Розраховуємо масу бензину (m), який знаходиться в пароподібному стані:

$$Q_{бенз} = V_{бенз}^{нар} \cdot \rho = 14 \cdot 0,75 = 10,5 \text{ т};$$

де ρ - густина бензину, $\rho_{бенз} = 0,75 \text{ т/м}^3$.

4. За графіком (рис. 3.1) за значенням $L = 200 \text{ м}$ і $Q_{\text{бенз}} = 10,5 \text{ т}$ визначаємо $\Delta P = 43 \text{ кПа}$.

5. При вибуху випарів бензину надлишковий тиск у фронті ударної хвилі ΔP в районі цеху може становити 43 кПа . Будівля цеху отримує середні руйнування. Працівники можуть отримати легкі та середні ураження.

Задача 3. Визначити максимально можливий надлишковий тиск в районі цеху, якщо на відстані $R = 250 \text{ м}$ від нього знаходиться склад, де зберігається $Q = 100 \text{ т}$ вибухових речовин. Вихідні дані для індивідуальної роботи видає викладач.

Рішення:

1. Розраховуємо максимально можливий надлишковий тиск в районі цеху за формулою:

$$\Delta P = 390 \cdot \sqrt{\frac{Q (\text{кг})}{r^3}} = 390 \cdot \sqrt{\frac{100 \cdot 10^3}{250^3}} = 31 \text{ кПа};$$

2. При вибуху 100 т вибухових речовин надлишковий тиск у фронті ударної хвилі ΔP в районі цеху може становити 31 кПа .

4. ЛІТЕРАТУРА

1. Кодекс цивільного захисту України [Текст] : [прийнятий ВР України 02.10.2012 р. № 5403-VI] : офіц. текст : станом на 06.12.2012 р. / ВР України. – К. : Алерта, 2012. – 120 с. ; 20 см. – 3000 прим. – ISBN 978-617-566-172-7.

2. Шоботов В. М. Цивільна оборона [Текст] : Навчальний посібник / В. М. Шоботов. - Вид. 2-ге, перероб. – К. : Центр навчальної літератури, 2006. – 438 с.

5. ДОДАТКИ

Додаток 1

Надмірний тиск (ΔP_f , $\kappaПа$), що відповідає ступеням руйнування

Об'єкт	Руйнування			
	повне	сильне	середнє	слабке
Будівлі жилі				
Цеглові багатоповерхові	30...40	20...30	10...20	8...10
Цеглові малоповерхові	35...45	25...35	15...25	8...15
Дерев'яні	20...30	12...20	8...12	6...8
Будівлі промислові				
З важким металевим або залізобетонним каркасом	60...100	50...60	40...50	20...40
З легким металевим каркасом або без каркасні	60...80	40...50	30...50	20...30
Промислові об'єкти				
ТЕС	25...40	20...25	15...20	10...15
Котельні	35...45	25...35	15...25	10...15
Трубопроводи наземні	20	50	130	-
Трубопроводи на естакадах	20...30	30...40	40...50	-
Трансформаторні підстанції	100	40...60	20...40	10...20
ЛЕП	120...200	80...120	50...70	20...40
Водонапірні вежі	70	40...60	20...40	10...20
Резервуари				
Сталеві наземні	90	80	55	35
Газгольдери, ємкості з ПМР та хімічними речовинами	40	35	25	20
Частково заглиблені для нафтопродуктів	100	75	40	20
Підземні	200	150	75	40
Металеві та залізобетонні мости	250...300	200...300	150...200	100...150
Залізничні колії	400	250	175	125
Тепловози вагою до 50 т.	90	70	50	40
Цистерни	80	70	50	30
Вагони цільнометалеві	150	90	60	30
Вагони товарні дерев'яні	40	35	30	15
Автомашини вантажні	70	50	35	10

Додаток 2Залежність ступеня негативного впливу від величини ΔP_{ϕ} , *кПа*

Ступень негативного впливу	Величина ΔP_{ϕ} , <i>кПа</i>
Для людини безпечно	<10
Легке ураження (забиті місця, вивихи, тимчасова втрата слуху, загальна контузія)	20...40
Середнє ураження (контузія головного мозку, ушкодження органів слуху, розриви барабанних перетинок, кровотеча з носа та вух)	40...60
Сильне ураження (сильна контузія всього організму, втрата свідомості, переломи кінцівок, ушкодження внутрішніх органів)	60...100
Поріг смертельного ураження	100
Летальний вихід у 50% випадків	250...300
безумовна смертельне ураження	>300

Додаток 3

Вихідні дані для рішення задач

№ вар	Задачі №1 и №3		Задача №2					№ вар
	Q , <i>т</i>	r , <i>м</i>	$V_{рез}$, <i>м³</i>	$V_{бенз}$, <i>%</i>	Δm , <i>%</i>	$\rho_{бенз}$, <i>т/м³</i>	L , <i>м</i>	
1.	20	300	1000	73	2,5	0,75	180	1.
2.	15	250	1500	70	2,5	0,75	200	2.
3.	33	250	1600	57	2,5	0,75	200	3.
4.	40	400	1000	60	2,5	0,75	200	4.
5.	50	400	1500	65	2,5	0,75	150	5.
6.	75	400	1000	45	3	0,75	150	6.
7.	100	500	1000	75	3	0,75	150	7.
8.	150	500	1500	64	3	0,75	200	8.
9.	10	250	1000	54	3	0,75	200	9.
10.	15	300	1500	75	3	0,75	150	10.
11.	0,5	50	500	40	3	0,75	250	11.

Продовження додатка 3

№ вар	Задачі №1 і №3		Задача №2					№ вар
	$Q,$ t	$r,$ m	$V_{рез},$ m^3	$V_{бенз},$ $\%$	$\Delta m,$ $\%$	$\rho_{бенз},$ t/m^3	$L,$ m	
12.	1	65	800	30	2	0,75	100	12.
13.	2	55	2000	100	3	0,75	150	13.
14.	5	100	1500	70	3	0,75	400	14.
15.	0,5	70	1000	50	2	0,75	300	15.
16.	12	140	1000	60	2	0,75	700	16.
17.	30	230	4000	80	2,5	0,75	450	17.
18.	80	400	3000	95	2	0,75	250	18.
19.	0,75	200	2000	81	2	0,75	120	19.
20.	60	500	1000	45	2,5	0,75	200	20.
21.	1	30	800	70	3	0,75	100	21.
22.	7	130	1500	20	2,5	0,75	500	22.
23.	100	320	500	45	3	0,75	150	23.
24.	5	200	4000	68	2	0,75	350	24.
25.	110	1000	1000	78	2,5	0,75	140	25.
26.	3	400	2000	57	2	0,75	90	26.
27.	15	500	3000	62	3	0,75	120	27.
28.	40	550	1500	74	2,5	0,75	350	28.
29.	70	1000	5000	70	3	0,75	180	29.
30.	200	800	3500	65	2,5	0,75	200	30.