

---

UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

Peperiksaan Semester Kedua  
Sidang Akademik 2003/2004

Februari/Mac 2004

**IEK 205/3 – TEKNOLOGI KAWALAN  
PENCEMARAN UDARA**

Masa: 3 jam

---

Sila pastikan bahawa kertas peperiksaan ini mengandungi **EMPAT BELAS (14)** mukasurat yang bercetak sebelum anda memulakan peperiksaan ini.

Jawab EMPAT dari lima soalan. Semua soalan mesti dijawab dalam Bahasa Malaysia.

...2/-

1. (a) Tulis nota ringkas mengenai perkara berikut.

- i. Kadar susut adiabatik (*adiabatic lapse rate*)
- ii. Keadaan atmosfera superadiabatik
- iii. Keadaan atmosfera songsangan
- iv. Model serakan plum
- v. Kenaikan plum

(60 markah)

(b) Had harian SO<sub>2</sub> pada suatu tempat yang dibenarkan oleh sebuah jabatan alam sekitar ialah 360 µg/m<sup>3</sup> pada suhu 25°C dan tekanan 1 atm. Nyatakan had itu dalam sebutan ppm.

Maklumat Tambahan:

(BM) Berat Molekul SO<sub>2</sub> = 64

Berat atom S = 32

O = 16

C = 12

$$\text{mg/m}^3 = \frac{\text{ppm} \times (\text{BM})}{22.414} \times \frac{273.15 \text{ K}}{T \text{ (K)}} \times \frac{P \text{ (atm)}}{1 \text{ atm}}$$

(20 markah)

(c) Suatu alat ukur PM10 dijalankan selama 24 jam pada halaju purata 17L/min. Berat awal kertas turas ialah 0.1400g dan berat akhir selepas dikeringkan pada kelembapan yang sama seperti kertas turas baru ialah 0.1405g. Apakah nilai purata PM10 di udara?

(20 markah)

...3/-

2. (a) Terbitkan persamaan untuk halaju tamatan suatu partikel, diameter  $d$ , yang mendak dalam udara menurut hukum Stoke. (25 markah)
- (b) Terbitkan suatu persamaan untuk kecekapan pemendak graviti (*gravity settlers*) bagi aliran tidak bercampur. (25 markah)
- (c) Suatu *crossflow scrubber* memerangkap 80 peratus partikel yang melaluinya. Katakan kadar aliran gas perlu dijadikan dua kali aliran asal dan jika faktor-faktor pemprosesan lain ditetapkan, maka apakah keberkesanan *scrubber* pada kadar baru ini?

Diberi untuk alat ini.

$$\ln p = -1.5 \cdot \frac{\eta t}{D_D} \cdot \frac{Q_L}{Q_G} \cdot \Delta z$$

$p$  ialah ketembusan  $\left( p = \frac{C}{C_0} \right)$

$C_0$  ialah kepekatan masuk partikel

$C$  ialah kepekatan keluar partikel

$D_D$  ialah diameter titisan air

$Q_L$  ialah kadar aliran isipadu cecair

$Q_G$  ialah kadar aliran isipadu gas

(25 markah)

...4/-

- (d) ESP (*Electrostatic Precipitator*) di Kilang Simen Langkawi dapat memerangkap 95% partikel dalam aliran gas sisa. Perundangan baru memerlukan 99% partikel diperangkap. Sekiranya sebelum perundangan baru dikuatkuasa, kilang tersebut beroperasi dengan menggunakan 10 unit ESP yang serupa maka kira berapa unit lagi yang diperlukan untuk kecekapan ESP yang baru.

$$\text{Diberi } \eta = 1 - \exp\left(-\frac{\omega A}{Q}\right)$$

$$p = 1 - \eta$$

(25 markah)

3. (a) Anggarkan kepekatan karbon monoksida ke bawah angin (*downwind*) sebuah bandar. Bandar itu boleh dianggap sebagai tiga bahagian selari terletak secara merentas tepat laluan angin. Untuk ketiga-tiga bahagian halaju angin ialah 3 m/s. Ciri-ciri setiap bahagian ialah seperti berikut.

Nama Bahagian	Panjang, km	Kadar Emisi g/s.km <sup>2</sup>	Tinggi Pencampuran H, m
Atas Angin	5	100	400
Bandar	2	500	500
Bawah Angin	5	100	400

Andaikan model kotak tetap pada setiap bahagian. Kepekatan latar,  $b$ , pada angin yang mendatang ialah  $1 \text{ g/m}^3$ .

(40 markah)

...5/-

- (b) Sebuah kilang mempunyai cerobong 200m tinggi dan kenaikan plum 75m. Kilang ini mengeluarkan  $\text{SO}_2$  pada kadar 1000 g/s. Anggarkan kepekatan aras bumi  $\text{SO}_2$  daripada punca ini pada jarak 5 km bawah angin (*downwind*) apabila kelajuan angin ialah 3 m/s dan kelas kestabilan atmosfera ialah C.
- (30 markah)
- (c) Dikatakan kepekatan yang dikira di lokasi dalam soalan bahagian (b) tadi adalah dua kali ganda yang dibenarkan. Pihak kilang mencadangkan memasang cerobong yang lebih tinggi.

Kira tinggi cerobong supaya kepekatan di lokasi tersebut akan hanya tinggal separuh dari kes tadi. Katakan kenaikan plum masih sama.

(30 markah)

Untuk soalan 3(b) dan 3(c), maklumat berikut boleh membantu anda.

Persamaan kepekatan plum yang mempunyai imej-cermin:

$$c = \frac{Q}{2\pi u \sigma_y \sigma_z} \exp -0.5 \left( \frac{y}{\sigma_y} \right)^2 \left[ \exp -0.5 \left( \frac{z-H}{\sigma_z} \right)^2 + \exp -0.5 \left( \frac{z+H}{\sigma_z} \right)^2 \right]$$

$$\frac{cu}{Q} = \frac{1}{\pi \sigma_y \sigma_z} \exp -0.5 \left( \frac{H}{\sigma_z} \right)^2 \quad \text{for } z = 0, y = 0$$

Lihat juga Lampiran 3, Lampiran 4 dan Lampiran 5.

...6/-

4. Bincang mengenai faktor-faktor yang perlu diambil kira dalam menentukan lokasi kilang dari sudut kawalan pencemaran udara dan juga meteorologi. (100 markah)

5. (a) Satu turus padatan (packed tower) digunakan untuk menyerap ammonia dari suatu aliran gas sisa. Unit itu beroperasi pada 70% halaju banjir jisim gas sisa. Kadar aliran cecair sebenar ialah 30% lebih daripada takat minimum. Amonia yang dibenarkan terlepas ialah 10% daripada yang masuk ke dalam sistem. Cecair pelarut yang digunakan ialah air tulen. Kira tinggi dan diameter menara jika diberi maklumat berikut:

Kadar aliran gas	= 6000 lb/h
Kepekatan masuk ammonia	= 2.0 mol%
Padatan	= 1 in cecincin Rashig (ceramics)
$H_{OG}$	= 2.55 ft
Pemalar Henry, m	= 1.25
Ketumpatan gas	= 0.075 lb/ft <sup>3</sup>
Ketumpatan air	= 62.4 lb/ft <sup>3</sup>
Kelikatan air	= 1.8 cP
Berat molekul gas $M_G$ dan air $M_L$ masing-masing	ialah 29 dan 18.

Sila rujuk lampiran 6 dan 7 untuk maklumat lanjut.

(50 markah)

... 7/-

Diberi:

$$Z = N_{OG} \cdot H_{OG}$$

$$N_{OG} = \frac{1}{1-\lambda} \ln \left[ (1-\lambda) \frac{y_1}{y_2} + \lambda \right]$$

$$\lambda = mG_m/L_m$$

$G_m, L_m$  masing-masing kadar aliran molar gas dan cecair

$$D_T = 1.13 S^{0.5}$$

$D_T$  garis pusat turus

$S$  luas keratan rentas turus

5. (b) Sila namakan 2 (dua) sahaja kaedah kawalan pencemaran emisi gas dan kemudian jelaskan mengenai kedua-dua kaedah tersebut. (50 markah)

...8/-

LAMPIRAN 1

## CONVERSION FACTORS\*

## Length:

$$1 \text{ ft} = 0.3048 \text{ m} = 12 \text{ in.} = \text{mile}/5280 = \text{nautical mile}/6076 \\ = \text{km}/3281$$

$$1 \text{ m} = 3.281 \text{ ft} = 39.37 \text{ in.} = \text{km}/1000 = 100 \text{ cm} = 1000 \text{ mm} \\ = 10^6 \text{ microns} = 10^6 \mu\text{m} = 10^9 \text{ nm} = 10^{10} \text{ \AA}$$

## Mass:

$$1 \text{ lbm} = 0.45359 \text{ kg} = \text{short ton}/2000 = \text{long ton}/2240 = 16 \text{ oz (av.)} \\ = 14.58 \text{ oz (troy)} = \text{metric ton (tonne)}/2204.63 = 7000 \text{ grains} \\ = \text{slug}/32.2$$

$$1 \text{ kg} = 2.2046 \text{ lbm} = 1000 \text{ g} = (\text{metric ton or tonne or Mg})/1000$$

## Force:

$$1 \text{ lbf} = 4.4482 \text{ N} = 32.2 \text{ lbm} \cdot \text{ft}/\text{s}^2 = 32.2 \text{ poundal} = 0.4536 \text{ kgf}$$

$$1 \text{ N} = \text{kg} \cdot \text{m}/\text{s}^2 = 10^5 \text{ dyne} = \text{kgf}/9.81 = 0.2248 \text{ lbf}$$

## Volume:

$$1 \text{ ft}^3 = 0.02831 \text{ m}^3 = 28.31 \text{ liters} = 7.48 \text{ U.S. gallons} \\ = 6.23 \text{ Imperial gallons} = \text{acre-ft}/43\,560$$

$$1 \text{ U.S. gallon} = 231 \text{ in.}^3 = \text{barrel (petroleum)}/42 = 4 \text{ U.S. quarts} \\ = 8 \text{ U.S. pints} = 3.785 \text{ liters} = 0.003785 \text{ m}^3$$

$$1 \text{ m}^3 = 1000 \text{ liters} = 35.29 \text{ ft}^3$$

## Energy:

$$1 \text{ Btu} = 1055 \text{ J} = 1.055 \text{ kw} \cdot \text{s} = 2.93 \times 10^{-4} \text{ kwh} = 252 \text{ cal} \\ = 777.97 \text{ ft} \cdot \text{lbf} = 3.93 \times 10^{-4} \text{ hp} \cdot \text{h}$$

$$1 \text{ J} = \text{N} \cdot \text{m} = \text{W} \cdot \text{s} = \text{volt} \cdot \text{coulomb} = 9.48 \times 10^{-4} \text{ Btu} \\ = 0.239 \text{ cal} = 10^7 \text{ erg} = 6.24 \times 10^{18} \text{ electron volts}$$

\* These values are mostly rounded. There are several definitions for some of these quantities, e.g., the Btu and the calorie; these definitions differ from each other by up to 0.2 percent. For the most accurate values see the *ASTM Metric Practice Guide*, ASTM Pub. E 380-93, Philadelphia, 1993.



LAMPIRAN 2**Power:**

$$1 \text{ hp} = 550 \text{ ft} \cdot \text{ lbf/s} = 33\,000 \text{ ft} \cdot \text{ lbf/min} = 2545 \text{ Btu/h} = 0.746 \text{ kW}$$

$$1 \text{ W} = \text{J/s} = \text{N} \cdot \text{m/s} = \text{volt} \cdot \text{ampere} = 1.34 \times 10^{-3} \text{ hp} = 0.239 \text{ cal/s} \\ = 9.49 \times 10^{-4} \text{ Btu/s}$$

**Pressure:**

$$1 \text{ atm} = 101.3 \text{ kPa} = 1.013 \text{ bar} = 14.696 \text{ lbf/in.}^2 = 33.89 \text{ ft of water} \\ = 29.92 \text{ inches of mercury} = 1.033 \text{ kgf/cm}^2 = 10.33 \text{ m of water} \\ = 760 \text{ mm of mercury} = 760 \text{ torr}$$

$$1 \text{ psi} = \text{atm}/14.696 = 6.89 \text{ kPa} = 0.0689 \text{ bar} = 27.7 \text{ in. H}_2\text{O} = 51.7 \text{ torr}$$

$$1 \text{ Pa} = \text{N/m}^2 = \text{kg/m} \cdot \text{s}^2 = 10^{-5} \text{ bar} = 1.450 \times 10^{-4} \text{ lbf/in.}^2 \\ = 0.0075 \text{ torr} = 0.0040 \text{ in. H}_2\text{O}$$

$$1 \text{ bar} = 10^5 \text{ Pa} = 0.987 \text{ atm} = 14.5 \text{ psia}$$

**Psia, psig:**

Psia means pounds per square inch, absolute. Psig means pounds per square inch, gauge, i.e., above or below the local atmospheric pressure.

**Viscosity:**

$$1 \text{ cp} = 0.01 \text{ poise} = 0.01 \text{ g/cm} \cdot \text{s} = 0.001 \text{ kg/m} \cdot \text{s} = 0.001 \text{ Pa} \cdot \text{s} \\ = 6.72 \times 10^{-4} \text{ lbfm/ft} \cdot \text{s} = 2.42 \text{ lbfm/ft} \cdot \text{h} = 2.09 \times 10^{-5} \text{ lbf} \cdot \text{s/ft}^2 \\ = 0.01 \text{ dyne} \cdot \text{s/cm}^2$$

**Kinematic viscosity:**

$$1 \text{ cs} = 0.01 \text{ stoke} = 0.01 \text{ cm}^2/\text{s} = 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s} = 1 \text{ cp}/(\text{g/cm}^3) \\ = 1.08 \times 10^{-5} \text{ ft}^2/\text{s} = \text{cp}/(62.4 \text{ lbfm/ft}^3)$$

**Temperature:**

$$\text{K} = ^\circ\text{C} + 273.15 = ^\circ\text{R}/1.8 \approx ^\circ\text{C} + 273 \quad ^\circ\text{C} = (^\circ\text{F} - 32)/1.8$$

$$^\circ\text{R} = ^\circ\text{F} + 459.67 = 1.8 \text{ K} \approx ^\circ\text{F} + 460 \quad ^\circ\text{F} = 1.8^\circ\text{C} + 32$$

**Concentration (ppm):**

In the air pollution literature and in this book, ppm applied to a gas always means parts per million by volume or by mol. These are identical for an ideal gas, and practically identical for most gases of air pollution interest at 1 atm pressure. Ppm applied to a liquid or solid means parts per million by mass.

For perfect gases at 1 atm and 25°C, 1 ppm = (40.87 · molecular weight)  $\mu\text{g/m}^3$

**Common Units and Values for Problems and Examples:**

See inside back cover.

...10/-

LAMPIRAN 3**Table 7.7** Wind Profile Exponent  $p$ , for Rough Terrain<sup>a</sup>

Stability Class	Description	Exponent $p$
A	Very unstable	0.15
B	Moderately unstable	0.15
C	Slightly unstable	0.20
D	Neutral	0.25
E	Slightly stable	0.40
F	Stable	0.60

<sup>a</sup> For smooth terrain, multiply  $p$  by 0.6; see Table 7.8 for further descriptions of the stability classifications used here (Peterson, 1978).

## Section 7.11 The Point-Source Gaussian Plume Model 411

**Table 7.8** Atmospheric Stability Classifications

Surface wind speed <sup>a</sup> (m/s)	Day solar insolation			Night cloudiness <sup>c</sup>	
	Strong <sup>b</sup>	Moderate <sup>c</sup>	Slight <sup>d</sup>	Cloudy ( $\geq 4/8$ )	Clear ( $\leq 3/8$ )
< 2	A	A-B <sup>f</sup>	B	E	F
2-3	A-B	B	C	E	F
3-5	B	B-C	C	D	E
5-6	C	C-D	D	D	D
> 6	C	D	D	D	D

<sup>a</sup>Surface wind speed is measured at 10 m above the ground.

<sup>b</sup>Corresponds to a clear summer day with sun higher than 60° above the horizon.

<sup>c</sup>Corresponds to a summer day with a few broken clouds, or a clear day with sun 35-60° above the horizon.

<sup>d</sup>Corresponds to a fall afternoon, or a cloudy summer day, or clear summer day with the sun 15-35° above the horizon.

<sup>e</sup>Cloudiness is defined as the fraction of sky covered by clouds.

<sup>f</sup>For A-B, B-C, or C-D conditions, average the values obtained for each.

Note: A, Very unstable; B, moderately unstable; C, slightly unstable; D, neutral; E, slightly stable; F, stable. Regardless of windspeed, class D should be assumed for overcast conditions, day or night.

Source: Turner (1970).

LAMPIRAN 4

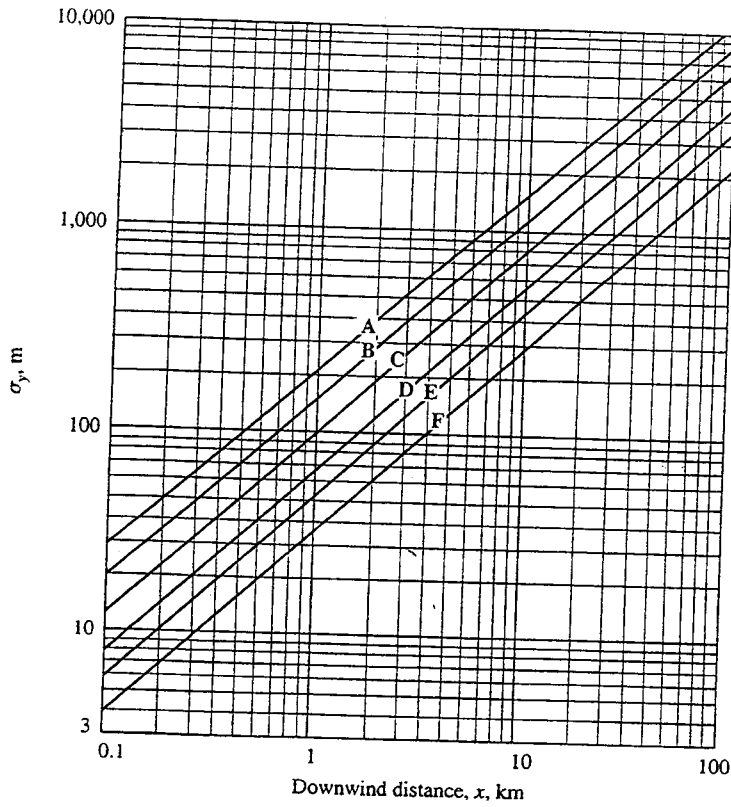


FIGURE 6.7  
Horizontal dispersion coefficient  $\sigma_y$  as a function of downwind distance from the source for various stability categories. See Problem 6.16. (From Turner [7].)

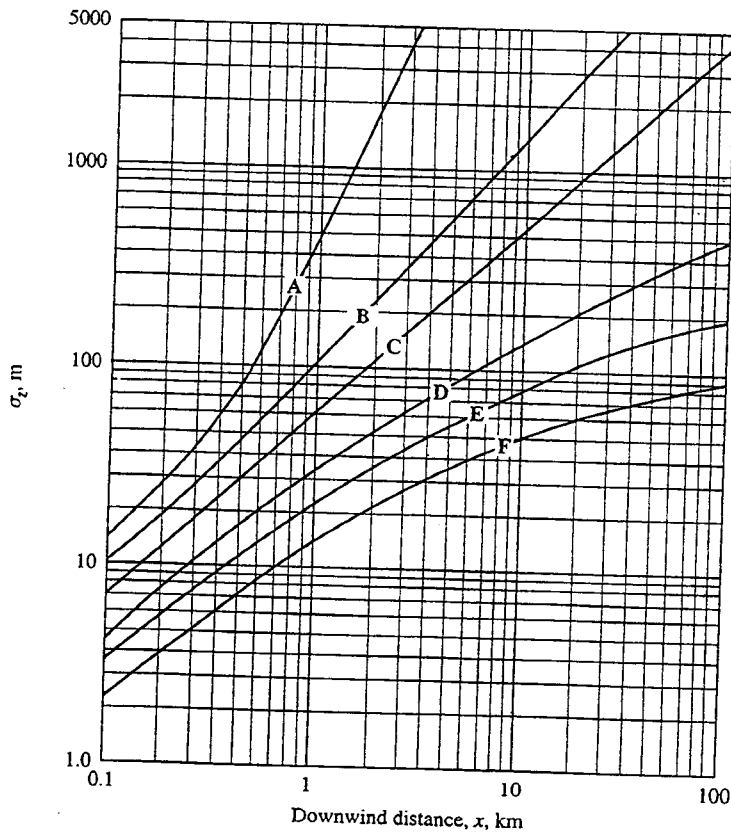
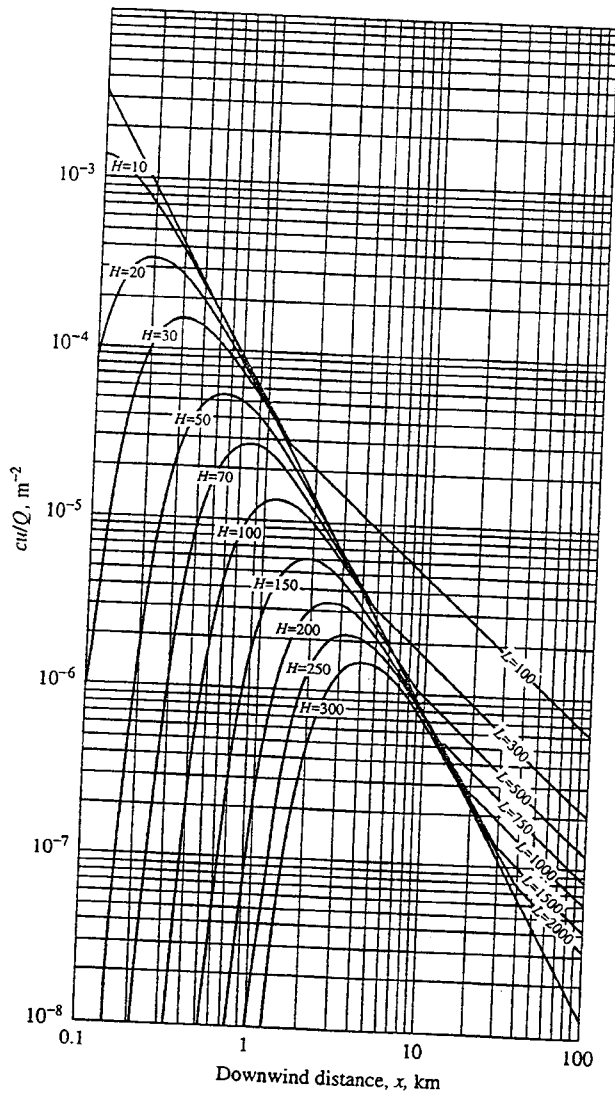


FIGURE 6.8  
Vertical dispersion coefficient  $\sigma_z$  as a function of downwind distance from the source for various stability categories. See Problem 6.16. (From Turner [7].)

LAMPIRAN 5



**FIGURE 6.9**  
Ground-level  $cu/Q$ , directly under the plume centerline, as a function of downwind distance from the source and effective stack height,  $H$ , in meters, for  $C$  stability only. (From Turner [7].) Here  $L$  is the atmospheric mixing height, also in meters.

...13/-



LAMPIRAN 7

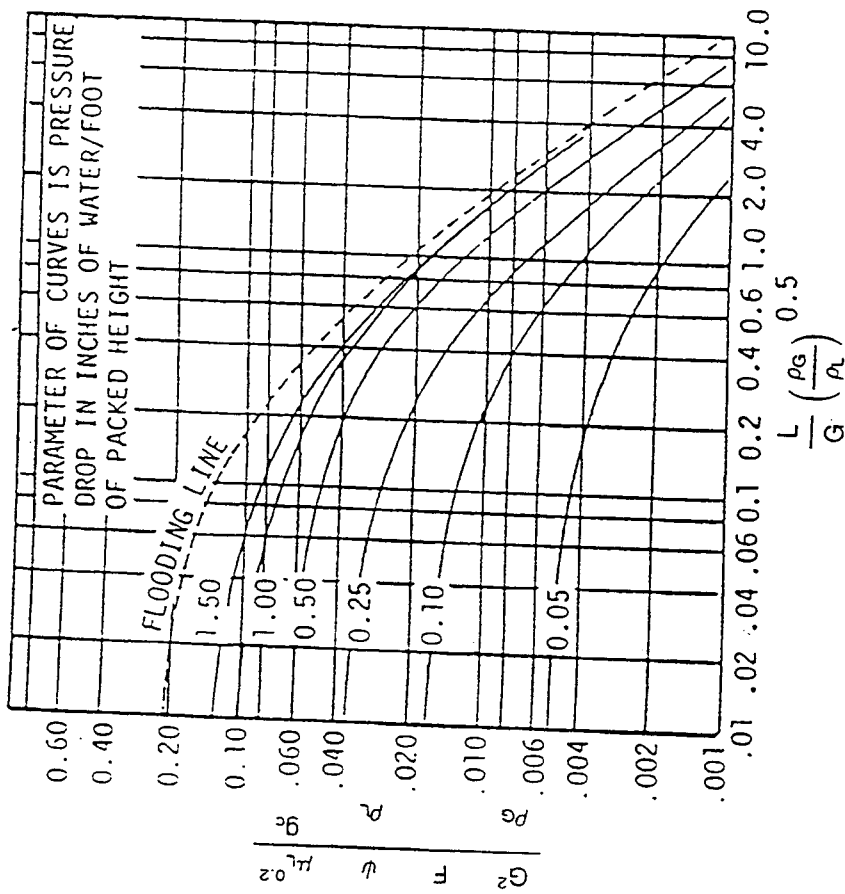


FIGURE 7. Generalized Pressure Drop Correlation to Estimate Column Diameter ( $G$  = gas flow rate, lb/sec ft<sup>2</sup>;  $L$  = liquid flow rate, lb/sec ft<sup>2</sup>;  $F$  = packing factor;  $\psi$  = ratio, density of water/density of liquid;  $\mu_L$  = liquid viscosity, cP;  $\rho_G$  = gas density, lb/ft<sup>3</sup>;  $\rho_L$  = liquid density, lb/ft<sup>3</sup>;  $g_c$  = 32.2).

- ooo000ooo -