รายการอ้างอิง

1. Foust , A. S. Principles of unit operations (2nd ed. Chap.17 pp.437). New York: John Wiley & Sons, 1980.
2. Master, K. Spray Drying Handbook (3rd ed. Chap.8 pp.293). New York: John Wiley & Sons, 1979.
3. Marshall, W. R. Heat and Mass Transfer in Spray Drying. Trans. Amer. Soc. Mech. Eng. 77 No.11 (1955): 1377.
4. Coulson, J. M., and Richardson. J. F. Chemical Engineering (Vol.2 2nd ed. Chap.14 pp.481). London,New York: Pergamon Press, 1968.
5. Rowe, P. N., Claxton, K. T., and Lewis, J. B. Heat and Mass Transfer from a single sphere in and extensive flowing fluid. Trans. Inst. Chem. Eng. 43 (1965): 14.
6. Ranz, W. E. and Marshall, W. R. Evaporation from drops. Chem. Eng. Prog. 48 No.3 (1952): 141.
7. Ingebo, R. D. Nat. Advisory Comm. Aeronaut. Tech. (Note 2368). 1951.
8. Frossling, N. Beitr. Geophys. 52 (1938): 170. (AERE Harwell, Translation August 1963).
9. Maxwell, R. W., and Storrow, J. A. Chem. Eng. Sci. 6 (1957): 204.
10. Tsubouchi, T., and Sato, S. Chem. Eng. Progress (Symposium Series) 56 No.30 (1960): 285.
11. Kudryashev, L. J., and Ipatenko, A. Ya. Soviet Physics-Technical Physics 4 (1959): 275.
12. Yuge, T. Trans. Amer. Soc. Mech. Eng. 82 Series C (1960): 214.
13. Miura, K., Miura. T., and Othani, S. AIChE Symp Series 73 No.163 (1977) Water Removal Processes: Drying and Concentration of Foods and Other Materials. Paper presented at A. I. Chem. Eng. Meeting, Boston (Sept. 1975) and Los Angles (Nov. 1975).
14. Sjenitzer, F. Chem. Eng. Sci. 1 No.3 (1952): 101.
15. Godsave, G. A. E. Nat. Gas Turbine Estab. (England Rept. R88). 1952.
16. Arni, V. R. S. The Production, Movement, Evaporation of Sprays in Spray Drying. (Part 3) Ph.D. Thesis Univ. of Washington, 1959.
17. McAdams, W. H. Heat Transmission (2nd ed.). New York: McGraw-Hill, 1942.
18. Probert, R. P. Phil. Mag. 37 (1946): 95.
19. Shapiro, A. H., and Erickson, A. J. J. Amer. Soc. Mech. Eng. 79 (1957): 775.

20. Fledderman, R. G., and Hanson, A. R. Univ. Mich. Res. Dept. (Report CM 667) 1951.

21. Manning, W. P., and Gauvin, W. H. Amer. Inst. Chem. Eng. J. 6 No.2 (1960): 184.

22. Bose, A. K., and Pei, D. C. T. Canada. J. Chem. Eng. 42 No.6 (1964): 259.

23. Dickinson, D. R., and Marshall, W. R. The Rates of Evaporation of Sprays. Amer. Inst. Chem. Eng. J. 14 No.4 (1968): 541.

24. Winnacker, K. Verfahrenstechnik 7 No.9 (1973): 262.

25. Keey, R. B., and Pham, Q. Trans. Inst. Chem. Eng. 55(1977): 114; Chem. Eng. Sci. 32 (1977): 1219.

26. Carslaw, H. S., and Jaeger, J. C. Heat Conduction in Solids Oxford University Press, 1959.

27. Holman, J. P. Heat Transfer (1st ed. pp.643-647). Singapore: McGraw-Hill, 1989.

28. Smith, J. M., and Van Ness, H. C. Introduction to Chemical Engineering Thermodynamics (4th ed. pp.113,574-577). Singapore: McGraw-Hill, 1987.

29. Bird, R. B. Transport Phenomena (pp.24,258). Singapore: John Wiley & Sons,1960.

30. Perry, R. H. Perry' s Chemical Engineer's Handbook (6th ed. pp.12-7,12-8). Malaysia: McGraw-Hill, 1984.

31. Hougen, O. A. Chemical Process Principle (Part 1, Material and Energy Balances, 2nd ed. p.59). New York: John Wiley & Sons, 1954.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

คุณสมบัติของอากาศแห้งที่อุณหภูมิต่าง ๆ

ในการหาคุณสมบัติของอากาศแห้งคือ ความหนืด ความหนาแน่น ความนำความร้อน และความจุความร้อนจำเพาะที่อุณหภูมิต่าง ๆ สามารถประมาณค่าในรูปสมการจาก Holman (27)

ก.1 ความหนืดของอากาศแห้ง

ในช่วง 0-500 K

$$\mu_a = \left(-4.1298 * 10^{-6} T_a^2 + 0.0073684628 T_a + 0.0089538095\right) * 10^{-5} \qquad \text{(ก.1.1)}$$

ในช่วง 500-800 K

$$\mu_a = \left(0.0031728571 T_a + 1.1022142857\right) * 10^{-5} \qquad \text{(ก.1.2)}$$

ก.2 ความหนาแน่นของอากาศแห้ง

$$\rho_a = 367.7032299442 T_a^{(-1.0067213053)} \qquad \text{(ก.2.1)}$$

ก.3 ความนำความร้อนของอากาศแห้ง

ในช่วง 0-500 K

$$k_{da} = \left(-3.58 * 10^{-8} T_a^2 + 9.92764 * 10^{-5} T_a - 0.0003315762\right) * 10^{-3} \qquad \text{(ก.3.1)}$$

ในช่วง 500-800 K

$$k_{da} = \left(5.78 * 10^{-5} T_a + 0.0117557143\right) * 10^{-3} \qquad \text{(ก.3.2)}$$

ก.4 ความจุความร้อนจำเพาะของอากาศแห้ง

ในช่วง 0-200 K

$$C_{pa} = -0.0303374007 \ln T_a + 1.1650185735 \qquad \text{(ก.4.1)}$$

ในช่วง 200-300 K

$$C_{pa} = 2.4 * 10^{-7} T_a^2 - 0.0001240 T_a + 1.021300 \qquad \text{(ก.4.2)}$$

ในช่วง 300-600 K

$$C_{pa} = 4.319 * 10^{-7} T_a^2 - 0.0002286429 T_a + 1.0358523810 \qquad \text{(ก.4.3)}$$

ในช่วง 600-800 K

$$C_{pa} = 0.1490352525 \ln T_a + 0.0998651546 \qquad \text{(ก.4.4)}$$

โดยที่ T_a มีหน่วย K , μ_a มีหน่วย (kg / m sec) , ρ_a มีหน่วย (kg / m^3) , k_{da} มีหน่วย (kJ / m sec K) , C_{pa} มีหน่วย (kJ / kg K)

ภาคผนวก ข

คุณสมบัติของไอน้ำที่อุณหภูมิต่าง ๆ

ในการหาคุณสมบัติของไอน้ำคือ ความหนืด ความหนาแน่น ความนำความร้อน และความจุความร้อนจำเพาะที่อุณหภูมิต่าง ๆ สามารถประมาณค่าในรูปสมการจาก Holman (27)

ข.1 ความหนืดของไอน้ำ

ในช่วง 380-700 K

$$\mu_v = 6.0542 * 10^{-6} e^{(0.00202372777 T_v)} \qquad \text{(ข.1.1)}$$

ในช่วง 700-850 K

$$\mu_v = 9.4658 * 10^{-6} e^{(0.00134700467 T_v)} \qquad \text{(ข.1.2)}$$

ข.2 ความหนาแน่นของไอน้ำ

$$\rho_v = 244.0502293649 T_v^{(-1.0161418691)} \qquad \text{(ข.2.1)}$$

ข.3 ความนำความร้อนของไอน้ำ

ในช่วง 380-550 K

$$k_{dv} = \left(0.0358310793 \ln T_v - 0.1885583244\right) * 10^{-3} \qquad \text{(ข.3.1)}$$

ในช่วง 550-850 K

$$k_{dv} = \left(0.0589581271 \ln T_v - 0.3349410501\right) * 10^{-3} \qquad \text{(ข.3.2)}$$

ข.4 ความจุความร้อนจำเพาะของไอน้ำ

ในช่วง 380-450 K

$$C_{pv} = -0.4411163013 \ln T_v + 4.6707092501 \qquad \text{(ข.4.1)}$$

ในช่วง 450-600 K

$$C_{pv} = 1.0535 T_v^{0.1024} \qquad \text{(ข.4.2)}$$

ในช่วง 600-850 K

$$C_{pv} = 0.5002 T_v^{0.2183} \qquad \text{(ข.4.3)}$$

โดยที่ T_v มีหน่วย K , μ_v มีหน่วย (kg / m sec) , ρ_v มีหน่วย (kg / m^3) , k_{dv} มีหน่วย (kJ / m sec K) , C_{pv} มีหน่วย (kJ / kg K)

ภาคผนวก ค

คุณสมบัติของน้ำที่อุณหภูมิต่าง ๆ

ในการหาคุณสมบัติของน้ำคือ ความหนืด ความหนาแน่น ความนำความร้อน และความจุความร้อนจำเพาะที่อุณหภูมิต่าง ๆ สามารถประมาณค่าในรูปสมการจาก Holman (27)

ค.1 ความหนืดของน้ำ

ในช่วง 273.16-283.16 K

$$\mu_p = 89295.1535439428 * 10^{-4} e^{(-0.0311790753T_p)} \quad \text{(ค.1.1)}$$

ในช่วง 283.16-299.83 K

$$\mu_p = 15998.2214691802 * 10^{-4} e^{(-0.02512758437_p)} \quad \text{(ค.1.2)}$$

ในช่วง 299.83-322.05 K

$$\mu_p = 2711.6800401736 * 10^{-4} e^{(-0.0192166172T_p)} \quad \text{(ค.1.3)}$$

ในช่วง 322.05-344.27 K

$$\mu_p = 779.6971217171 * 10^{-4} e^{(-0.0153296611T_p)} \quad \text{(ค.1.4)}$$

ในช่วง 344.27-377.56 K

$$\mu_p = 254.448409973 * 10^{-4} e^{(-0.0120691566T_p)} \quad \text{(ค.1.5)}$$

ค.2 ความหนาแน่นของน้ำ

ในช่วง 273.16-327.6 K

$$\rho_p = -0.00428901897_p^2 + 2.3197106657T_p + 686.2528768331 \quad \text{(ค.2.1)}$$

ในช่วง 327.6-375 K

$$\rho_p = -0.6136217803T_p + 1187.8695864102 \quad \text{(ค.2.2)}$$

ค.3 ความนำความร้อนของน้ำ

$$k_{dp} = \left(0.3695511746 \ln T_p - 1.4970658570\right) * 10^{-3} \quad \text{(ค.3.1)}$$

ค.4 ความจุความร้อนจำเพาะของน้ำ

ในช่วง 273.16-295 K

$$C_{pp} = -0.4915 \ln T_p + 6.9752 \quad \text{(ค.4.1)}$$

ในช่วง 295-302 K

$$C_{pp} = 4.179 \quad \text{(ค.4.2)}$$

ในช่วง 302-325 K

$$C_{pp} = 4.174 \quad \text{(ค.4.3)}$$

ในช่วง 325-335 K

$$C_{pp} = 4.179 \quad \text{(ค.4.4)}$$

ในช่วง 335-375 K

$$C_{pp} = 0.3001 \ln T_p + 2.433 \quad \text{(ค.4.5)}$$

โดยที่ T_p มีหน่วย K , μ_p มีหน่วย (kg / m sec) , ρ_p มีหน่วย (kg / m^3) , k_{dp} มีหน่วย (kJ / m sec K) , C_{pp} มีหน่วย (kJ / kg K)

ค.5 ความร้อนแฝงของการระเหยของน้ำ

ในการหาความร้อนแฝงของการระเหยของน้ำที่อุณหภูมิต่าง ๆ สามารถประมาณค่าในรูปสมการจาก Smith และ Van Ness (28)

ในช่วง 273.16-293.16 K

$$\lambda_p = -2.3680000000 T_p + 3148.4628800009 \quad \text{(ค.5.1)}$$

ในช่วง 293.16-333.16 K

$$\lambda_p = -2.3913333333 T_p + 3155.5810577775 \quad \text{(ค.5.2)}$$

ในช่วง 333.16-363.16 K

$$\lambda_p = -2.5128571429 T_p + 3196.0906285716 \quad \text{(ค.5.3)}$$

ในช่วง 363.16-393.16 K

$$\lambda_p = -2.6985324948 T_p + 3263.6774675049 \quad \text{(ค.5.4)}$$

ในช่วง 393.16-423.16 K

$$\lambda_p = -2.9636400651 T_p + 3368.0263403908 \quad \text{(ค.5.5)}$$

โดยที่ T_p มีหน่วย K , λ_p มีหน่วย (kJ / kg)

ภาคผนวก ง

คุณสมบัติของอากาศชื้นที่อุณหภูมิต่าง ๆ

ง.1 ความหนืดของอากาศชื้น

ในการหาความหนืดของของอากาศชื้นที่อุณหภูมิต่าง ๆ สามารถคำนวณได้จากข้อมูลของความหนืดของอากาศแห้งและไอน้ำที่อุณหภูมิต่าง ๆ (ดูในภาคผนวก ก.1 และ ข.1) และสมการการหาค่าความหนืดของของผสมจาก Bird (29)

$$\mu_{mix} = \sum_{i=1}^{n} \frac{x_i \mu_i}{\sum_{j=1}^{n} x_j \Phi_{ij}} \qquad (ง.1.1)$$

โดยที่ $\Phi_{ij} = \frac{1}{\sqrt{8}} \left(1 + \frac{M_i}{M_j}\right)^{-1/2} \left[1 + \left(\frac{\mu_i}{\mu_j}\right)^{1/2} \left(\frac{M_j}{M_i}\right)^{1/4}\right]^2 \qquad (ง.1.2)$

μ_i, μ_j คือ ความหนืดของอากาศแห้งและไอน้ำตามลำดับ มีหน่วย (kg / m sec)

M_i, M_j คือ มวลโมเลกุลของอากาศแห้งและไอน้ำตามลำดับ

ง.2 ความหนาแน่นของอากาศชื้น

ในการหาความหนาแน่นของอากาศชื้นที่อุณหภูมิต่าง ๆ สามารถคำนวณได้จากความสัมพันธ์ระหว่างความหนาแน่นกับปริมาตรจำเพาะชื้น (ดูในภาคผนวก ง.6)

$$\rho_{ha} = \frac{1 + H_{ha}}{Vol_{specific}} \qquad (ง.2.1)$$

โดยที่ ρ_{ha} มีหน่วย (kg humid air / m^3)

ง.3 ความนำความร้อนของอากาศชื้น

ในการหาความนำความร้อนของอากาศชื้นที่อุณหภูมิต่าง ๆ สามารถคำนวณได้จากข้อมูลของความนำความร้อนของอากาศแห้งและไอน้ำที่อุณหภูมิต่าง ๆ (ดูในภาคผนวก ก.3 และ ข.3) และสมการการหาค่าความนำความร้อนของของผสมจาก Bird (29)

$$k_{mix} = \sum_{i=1}^{n} \frac{x_i k_i}{\sum_{j=1}^{n} x_j \Phi_{ij}} \qquad (ง.3.1)$$

โดยที่ $\Phi_{ij} = \frac{1}{\sqrt{8}}\left(1+\frac{M_i}{M_j}\right)^{-1/2}\left[1+\left(\frac{\mu_i}{\mu_j}\right)^{1/2}\left(\frac{M_j}{M_i}\right)^{1/4}\right]^2$ (ง.3.2)

k_i, k_j คือ ความนำความร้อนของอากาศแห้งและไอน้ำตามลำดับ มีหน่วย (kJ / m sec K)

μ_i, μ_j คือ ความหนืดของอากาศแห้งและไอน้ำตามลำดับ มีหน่วย (kg / m sec)

M_i, M_j คือ มวลโมเลกุลของอากาศแห้งและไอน้ำตามลำดับ

ง.4 ความจุความร้อนจำเพาะของอากาศชื้น

ในการหาความจุความร้อนจำเพาะของอากาศชื้นที่อุณหภูมิต่าง ๆ สามารถคำนวณได้จากข้อมูลของความจุความร้อนจำเพาะของอากาศแห้งและไอน้ำที่อุณหภูมิต่าง ๆ (ดูในภาคผนวก ก.4 และ ข.4) และสมการการหาค่าความจุความร้อนจำเพาะของของผสมจาก Smith และ Van Ness(28)

$$C^{ig}_{p,mixture} = y_A C^{ig}_{pA} + y_B C^{ig}_{pB} \quad \text{(ง.4.1)}$$

โดยที่ C_{pA}, C_{pB} คือ ความจุความร้อนจำเพาะของอากาศแห้งและไอน้ำตามลำดับมีหน่วย (kJ/kg K)

y_A, y_B คือ สัดส่วนโมลของอากาศแห้งและไอน้ำตามลำดับ

ง.5 ความชื้นอิ่มตัวที่อุณหภูมิของหยดน้ำต่าง ๆของอากาศชื้น

ในการหาความชื้นอิ่มตัวที่อุณหภูมิต่าง ๆ ของอากาศชื้นสามารถประมาณค่าในรูปสมการจาก Perry (30)

ในช่วง 32-50 °F

$H_{sat} = 0.0011e^{(0.03885T_a)}$ (ง.5.1)

ในช่วง 50-70 °F

$H_{sat} = 0.00125e^{(0.036315T_a)}$ (ง.5.2)

ในช่วง 70-88 °F

$H_{sat} = 0.00148e^{(0.0339T_a)}$ (ง.5.3)

ในช่วง 88-104 °F

$H_{sat} = 0.00169e^{(0.0324T_a)}$ (ง.5.4)

ในช่วง 104-130 °F

$H_{sat} = 0.0018371e^{(0.0316T_a)}$ (ง.5.5)

ในช่วง 130-150°F

$H_{sat} = 0.001693e^{(0.0322T_a)}$ (ง.5.6)

ในช่วง 150-162 °F

$H_{sat} = 0.00118e^{(0.03467T_a)}$ (ง.5.7)

ในช่วง 162-170 °F

$H_{sat} = 0.0007126e^{(0.0377T_a)}$ (ง.5.8)

ในช่วง 170-180 °F

$H_{sat} = 0.000348e^{(0.041875T_a)}$ (ง.5.9)

ในช่วง 180-186 °F

$H_{sat} = 0.000079e^{(0.0501T_a)}$ (ง.5.10)

ในช่วง 186-192 °F

$H_{sat} = 0.0000142e^{(0.059255T_a)}$ (ง.5.11)

ในช่วง 192-200 °F

$H_{sat} = 0.0000005e^{(0.07658T_a)}$ (ง.5.12)

โดยที่ T_a มีหน่วย °F , H_{sat} มีหน่วย (kg vapor/ kg dry air)

ง.6 ความร้อนจำเพาะชื้นที่ความชื้นต่าง ๆ ของอากาศชื้น (humid heat)

ในการหาความร้อนจำเพาะชื้นที่ความชื้นต่าง ๆ ของอากาศชื้นสามารถคำนวณได้จากความสัมพันธ์ของความร้อนจำเพาะชื้นกับความชื้นจาก Master (2)

$$C_h = 4.1868\left(0.24 + 0.46H_{ha}\right) \qquad (ง.6.1)$$

โดยที่ C_h มีหน่วย (kJ /kg K), H_{ha} มีหน่วย (kg vapor / kg dry air)

ง.7 ปริมาตรจำเพาะที่อุณหภูมิและความชื้นต่าง ๆ ของอากาศชื้น

ในการหาปริมาตรจำเพาะที่อุณหภูมิและความชื้นต่าง ๆ ของอากาศชื้น สามารถคำนวณได้จากความสัมพันธ์ระหว่างปริมาตรจำเพาะชื้นกับอุณหภูมิและความชื้นของอากาศจาก Hougen (31)

$$Vol_{specific} = 22.414\left(\frac{H_{ha}}{18.0152} + \frac{1}{28.97}\right)\left(\frac{T_{ha} + 273.16}{273.16}\right) \qquad (ง.7.1)$$

$$Vol_{specific} = \left(2.832394669 * 10^{-3} + 4.554735644 * 10^{-3} H_{ha}\right)T_{ha} \qquad (ง.7.2)$$

โดยที่

$Vol_{specific}$ มีหน่วย (m^3 humid air / kg dry air)

H_{ha} มีหน่วย (kg vapor / kg dry air)

T_{ha} มีหน่วย (K)

ภาคผนวก จ

อุณหภูมิกระเปาะเปียกและร้อยละของความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ

อุณหภูมิกระเปาะเปียกของอากาศ, T_{wb} สามารถหาได้จากความสัมพันธ์ Master (2)

$$\frac{H_{wb} - H_a}{T_a - T_{wb}} = \frac{C_h}{\lambda_{wb}} \qquad \text{(จ.1)}$$

โดยการสมมุติค่าอุณหภูมิกระเปาะเปียกขึ้นมาค่าหนึ่งก็จะสามารถคำนวณค่าความชื้นอิ่มตัวที่อุณหภูมิกระเปาะเปียก, H_{wb} และค่าความร้อนแฝงของการระเหยที่อุณหภูมิกระเปาะเปียก, λ_{wb} ได้ ส่วนค่าอุณหภูมิ, T_a และความชื้น, H_a ของอากาศก็เป็นค่าเบื้องต้นที่ทราบค่าแล้ว ค่าความร้อนจำเพาะชื้น, C_h สามารถคำนวณได้เมื่อทราบความชื้นของอากาศ

แทนค่าต่างๆ ในสมการ(จ.1) แล้วดูผลการคำนวณว่าทั้ง 2 ข้างของสมการมีค่าเท่ากันหรือไม่ ถ้าเท่ากันก็แสดงว่าค่าอุณหภูมิที่สมมุตินั้นเป็นค่าอุณหภูมิกระเปาะเปียก แต่ถ้าไม่เท่ากันให้สมมุติค่าอุณหภูมิเพื่อลองคำนวณใหม่

ร้อยละของความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศ (%Relative humidity, $\%RH$) สามารถหาได้จากความสัมพันธ์ Hougen (31)

$$\%RH = \frac{P_v}{P_s} * 100 \qquad \text{(จ.2)}$$

$$H_v = \frac{18}{29}\left(\frac{P_v}{P - P_v}\right) \qquad \text{(จ.3)}$$

$$H_s = \frac{18}{29}\left(\frac{P_s}{P - P_s}\right) \qquad \text{(จ.4)}$$

แทนค่าสมการ(จ.3) และ (จ.4) ในสมการ (จ.2)

$$\%RH = \frac{\left(\frac{H_v}{H_v + 0.6218571}\right)}{\left(\frac{H_s}{H_s + 0.6218571}\right)} * 100 \qquad \text{(จ.5)}$$

โดยที่

P_v, P_s, P คือ ความดันย่อยของไอน้ำ ความดันไอของน้ำ และความดันรวม ตามลำดับ (mm Hg)

H_v, H_s คือ ความชื้นและความชื้นอิ่มตัวของอากาศ ตามลำดับ (kg vapor/kg dry air)

ภาคผนวก ฉ

ข้อมูลการกระจายขนาดของหยดน้ำ

ข้อมูลการกระจายขนาดของหยดน้ำที่ใช้เป็นข้อมูลเบื้องต้นในการจำลองเครื่องระเหยหยดน้ำ เครื่องเพิ่ม/ลดความชื้นอากาศ และเครื่องลดอุณหภูมิน้ำ มีทั้งกรณีที่หยดน้ำมีขนาดเดียวและกรณีที่หยดน้ำมีหลายขนาด ในกรณีที่หยดน้ำมีหลายขนาดวิทยานิพนธ์ฉบับนี้จะพิจารณาเฉพาะกรณีที่หยดน้ำมีการกระจายขนาดแบบ log-normal เท่านั้น ซึ่งมีวิธีการหาข้อมูลดังกล่าวโดยกำหนดเส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยโดยปริมาตร และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของหยดน้ำทั้งหมดที่เข้าสู่เครื่อง แล้วทำการคำนวณพื้นที่ใต้กราฟในแต่ละช่วงขนาดของหยดน้ำจากสมการการกระจายขนาดแบบ log-normal ดังนี้

$$\frac{d(N)}{d(D)} = \frac{1}{D\sigma\sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{\left(\log D - \log D_{p(vol)}\right)^2}{2\sigma^2} \right] \qquad (ฉ.1)$$

โดยที่

N คือ จำนวนหยดน้ำ

D คือ เส้นผ่านศูนย์กลางของหยดน้ำ

$D_{p(vol)}$ คือ เส้นผ่านศูนย์กลางเฉลี่ยโดยปริมาตรของหยดน้ำ

σ คือ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ภาคผนวก ช

ดัชนีการระเหยและสัดส่วนของปริมาตรน้ำที่ยังไม่ระเหย

ดัชนีการระเหย (Evaporation index, y) และสัดส่วนของปริมาตรน้ำที่ยังไม่ระเหย (Volume fraction unevaporated, F) สามารถคำนวณจาก Dickenson และ Marshall (23)

$$y = \frac{\sum_{j=1}^{jclmn}\left[\sum_{k=1}^{kclss}\left(D_{p0jk}^2 - D_{pjk}^2\right)\right]}{\left(jclmn * kclss\right)} \qquad (ช.1)$$

$$F = \frac{\sum_{j=1}^{jclmn}\left[\sum_{k=1}^{kclss}\left(N_{jk} D_{pjk}^2\right)\right]}{\sum_{j=1}^{jclmn}\left[\sum_{k=1}^{kclss}\left(N_{jk} D_{p0jk}^2\right)\right]} \qquad (ช.2)$$

โดยที่

D_{p0jk} คือ เส้นผ่านศูนย์กลางของหยดน้ำที่ความสูงแรกเริ่มในวงแหวนที่ j และช่วงขนาดที่ k

D_{pjk} คือ เส้นผ่านศูนย์กลางของหยดน้ำที่ความสูงใดๆ ในวงแหวนที่ j และช่วงขนาดที่ k

N_{jk} คือ จำนวนหยดน้ำในวงแหวนที่ j และช่วงขนาดที่ k

jclmn คือ จำนวนวงแหวนทั้งหมดของเครื่อง

kclss คือ จำนวนช่วงขนาดทั้งหมดของหยดน้ำ

ภาคผนวก ช

ขนาด อุณหภูมิและความชื้นเฉลี่ย

ช.1 ขนาดเฉลี่ยของหยดน้ำโดยจำนวนในแต่ละวงแหวน

$$D_{pj(num)} = \frac{\sum_{k=1}^{kclss}\left(N_k D_{pk}\right)}{\sum_{k=1}^{kclss} N_k} \qquad \text{(ช.1)}$$

ช.2 ขนาดเฉลี่ยของหยดน้ำโดยปริมาตรในแต่ละวงแหวน

$$D_{pj(vol)} = \left[\frac{\sum_{k=1}^{kclss}\left(N_k D_{pk}^3\right)}{\sum_{k=1}^{kclss} N_k}\right]^{1/3} \qquad \text{(ช.2)}$$

ช.3 ขนาดเฉลี่ยของหยดน้ำโดยจำนวนในแต่ละความสูงของเครื่อง

$$D_{p(num)} = \frac{\sum_{j=1}^{jclmn}\left(N_j D_{pj(num)}\right)}{\sum_{j=1}^{jclmn} N_j} \qquad \text{(ช.3)}$$

ช.4 ขนาดเฉลี่ยของหยดน้ำโดยปริมาตรในแต่ละความสูงของเครื่อง

$$D_{p(vol)} = \left[\frac{\sum_{j=1}^{jclmn}\left(N_j D_{pj(vol)}^3\right)}{\sum_{j=1}^{jclmn} N_j}\right]^{1/3} \qquad \text{(ช.4)}$$

ช.5 อุณหภูมิเฉลี่ยของหยดน้ำในแต่ละวงแหวน

$$T_{pj} = \frac{\sum_{k=1}^{kclss}\left(N_k D_{pk}^3 T_{pk}\right)}{\sum_{k=1}^{kclss}\left(N_k D_{pk}^3\right)} \qquad \text{(ช.5)}$$

ซ.6 อุณหภูมิเฉลี่ยของหยดน้ำในแต่ละความสูงของเครื่อง

$$T_j = \frac{\sum_{j=1}^{jclmn}\left(N_j D_{pj(vol)}^3 T_{pj}\right)}{\sum_{j=1}^{jclmn}\left(N_j D_{pj(vol)}^3\right)} \qquad \text{(ซ.6)}$$

ซ.7 อุณหภูมิเฉลี่ยของอากาศในแต่ละความสูงของเครื่อง

$$T_a = \frac{\sum_{j=1}^{jclmn} T_{aj}}{jclmn} \qquad \text{(ซ.7)}$$

ซ.8 ความชื้นเฉลี่ยของอากาศในแต่ละความสูงของเครื่อง

$$H_a = \frac{\sum_{j=1}^{jclmn} H_{aj}}{jclmn} \qquad \text{(ซ.8)}$$

โดยที่

D_{pk} คือ ขนาดของหยดน้ำในช่วงขนาดที่ k

$D_{pj(num)}$ คือ ขนาดเฉลี่ยของหยดน้ำโดยจำนวนในวงแหวนที่ j

$D_{pj(vol)}$ คือ ขนาดเฉลี่ยของหยดน้ำโดยปริมาตรในวงแหวน ที่ j

$D_{p(num)}$ คือ ขนาดเฉลี่ยของหยดน้ำโดยจำนวน

$D_{p(vol)}$ คือ ขนาดเฉลี่ยของหยดน้ำโดยปริมาตร

N_k คือ จำนวนของหยดน้ำในช่วงขนาดที่ k

N_j คือ จำนวนของหยดน้ำในวงแหวนที่ j

T_{pk} คือ อุณหภูมิของหยดน้ำในช่วงขนาดที่ k

T_{pj} คือ อุณหภูมิเฉลี่ยของหยดน้ำในวงแหวนที่ j

T_p คือ อุณหภูมิเฉลี่ยของหยดน้ำ

T_a คือ อุณหภูมิเฉลี่ยของอากาศ

H_a คือ ความชื้นเฉลี่ยของอากาศ

ภาคผนวก ฌ

วิธีรันท์-คัตตา ออเดอร์ที่ 4

วิธีหาคำตอบเชิงตัวเลขสำหรับสมการอนุพันธ์กรณีปัญหาเริ่มต้น (initial value problem) มีอยู่ด้วยกันหลายวิธี เช่น วิธีของออยล์เลอร์ (Euler's method), วิธีของอดัมพ์ (Adam's method), วิธีของรันท์-คัตตา (Runge-kutta's method), วิธีของเกียร์ (Gear's method) เป็นต้น ซึ่งแต่ละวิธีมีความแม่นยำและความยุ่งยากแตกต่างกัน วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ใช้วิธีรันท์-คัตตา ออเดอร์ที่ 4 ในการแก้สมการเพื่อหาอัตราการเปลี่ยนแปลงของตัวแปรต่างๆในแบบจำลอง (ดูบทที่ 3) วิธีนี้สามารถใช้แก้ระบบสมการอนุพันธ์กำลังหนึ่ง (first-order differential equation) จำนวน n สมการพร้อมๆกัน คือ

$$\begin{aligned}
\frac{dy_1}{dx} &= f_1\left(x, y_1, y_2, \ldots, y_n\right) \\
\frac{dy_2}{dx} &= f_2\left(x, y_1, y_2, \ldots, y_n\right) \\
&\vdots \\
\frac{dy_n}{dx} &= f_n\left(x, y_1, y_2, \ldots, y_n\right)
\end{aligned} \qquad \text{(ฌ.1)}$$

ด้วยเงื่อนไขแรกเริ่ม n สมการ

$$y_{ji} = y_j\left(x_i\right) \qquad j = 1,2,\ldots,n$$

โดยที่ y_{ji} คือ คำตอบของสมการลำดับที่ j ของสมการ (ฌ.1) ณ ตำแหน่งตัวแปรอิสระ x_i

เมื่อเริ่มการจำลองในขั้นที่ศูนย์, $x_i = x_0$ ทำการป้อนเงื่อนไขแรกเริ่มของตัวแปรต่างๆคือ $y_{j0}, j = 1,2,\ldots,n$ จากนั้นใช้วิธีของรันท์-คัตตา ในการหาคำตอบสำหรับขั้นตอน $i = 1$ หรือ $y_{j1}, j = 1,2,\ldots,n$ และใช้คำตอบที่หาได้นี้เป็นเงื่อนไขแรกเริ่มในการหาคำตอบสำหรับขั้นตอน $i = 2$ และขั้นตอนต่อๆไป ซึ่งสามารถสรุปเป็นขั้นตอนง่ายๆสำหรับหาคำตอบในขั้นตอน $i = i + 1$ หรือ $y_{j,i+1}$ จากเงื่อนไขแรกเริ่มของขั้นตอน i หรือ y_{ji} ได้ดังนี้

$$y_{j,i+1} = y_j + h\left(k_{j1} + 2k_{j2} + 2k_{j3} + k_{j4}\right)/6 \qquad \text{(ฌ.2)}$$

โดยที่ค่า step size, $h = x_{i+1} - x_i$ และค่าของ k_{j1}, k_{j2}, k_{j3} และ k_{j4} หาได้จาก

$$k_{j1} = f_j\left(x_i, y_{1i}, y_{2i}, \ldots, y_{ni}\right) \qquad \text{(ฌ.3)}$$

โดยที่ f_j เป็นสมการอนุพันธ์ของสมการลำดับที่ j ของตัวแปร $y_{1i}, y_{2i}, \ldots, y_{ni}$ กับ x_i

ต่อมาประมาณค่าคำตอบ y_{ji}^* เพื่อนำไปใช้หาค่า k_{j2} ดังนี้

$$y_{ji}^{*} = y_{ji} + \frac{1}{2}hk_{j1} \tag{ฌ.4}$$

$$k_{j2} = f_j\left(x_i + \frac{1}{2}h, y_{1i}^{*}, y_{2i}^{*}, \ldots, y_{mi}^{*}\right) \tag{ฌ.5}$$

ต่อมาประมาณค่าคำตอบ $\bar{y}_{ji}$ เพื่อนำไปใช้หาค่า k_{j3} ดังนี้

$$\bar{y}_{ji} = y_{ji} + \frac{1}{2}hk_{j2} \tag{ฌ.6}$$

$$k_{j3} = f_j\left(x_i + \frac{1}{2}h, \bar{y}_{1i}, \bar{y}_{2i}, \ldots, \bar{y}_{mi}\right) \tag{ฌ.7}$$

ต่อมาประมาณค่าคำตอบ $\bar{y}_{ji}^{*}$ เพื่อนำไปใช้หาค่า k_{j4} ดังนี้

$$\bar{y}_{ji}^{*} = y_{ji} + hk_{j3} \tag{ฌ.8}$$

$$k_{j4} = f_j\left(x_i + h, \bar{y}_{1i}^{*}, \bar{y}_{2i}^{*}, \ldots, \bar{y}_{mi}^{*}\right) \tag{ฌ.9}$$

เมื่อหาค่าของ $y_{j,i+1}$ ได้จาก y_{ji} ค่าของ $y_{j,i+1}$ จะเป็นคำตอบที่หาได้เมื่อถึงขั้นตอน $i+1$ ด้วยวิธีรันท์-คัตตา ออเดอร์ที่ 4 ตามต้องการ

สำหรับในกรณีที่สมการอนุพันธ์มีกำลังสูงกว่าหนึ่งก็สามารถใช้วิธีนี้ได้ แต่ต้องแปลงรูป (transform) มาเป็นสมการอนุพันธ์กำลังหนึ่งเสียก่อน

ภาคผนวก ฌ

อัลกอริทัมและผังการคำนวณ

ฌ.1 อัลกอริทัมของโปรแกรมหลัก

1. กำหนดอุณหภูมิที่อ้างอิง ค่าพาย และค่าความเร่งจากแรงโน้มถ่วงของโลก ป้อนหมายเลขหน่วยที่เก็บและพิมพ์ข้อมูล,ชื่อโปรแกรมและวันที่ที่ทำการจำลอง,ความสูงและเส้นผ่านศูนย์กลางของหอ,จำนวนวงแหวน,จำนวนช่วงขนาดของหยดน้ำ,ความถี่ที่พิมพ์ผลลัพธ์,ความสูงที่ใช้จำลอง,ความสูงของหอแรกเริ่ม,ร้อยละของปริมาตรหยดน้ำที่เหลืออยู่ที่ใช้หยุดการจำลอง,จำนวนหยดน้ำทั้งหมดที่เข้าหอ,ขนาดใหญ่สุดและเล็กสุดของหยดน้ำ,ร้อยละของจำนวนหยดน้ำที่เข้าในแต่ละวงแหวนและในแต่ละช่วงขนาดของหยดน้ำ,อุณหภูมิและความเร็วแรกเริ่มของหยดน้ำ,อุณหภูมิและความชื้นแรกเริ่มของอากาศ และอัตราการไหลเชิงมวลของอากาศแห้งที่เข้าสู่หอ

2. พิมพ์ค่าพารามิเตอร์ที่ป้อนเข้าไปโดยเรียกสับรูทีน FORM มาช่วยในการแสดงค่าด้วย

3. เรียกสับรูทีน CHKTMP มาตรวจสอบอุณหภูมิแรกเริ่มของหยดน้ำและอากาศและเรียกสับรูทีน AVGD มาคำนวณรัศมีและพื้นที่หน้าตัดของวงแหวน,ช่วงขนาดและขนาดเฉลี่ยของหยดน้ำในแต่ละวงแหวนและเฉลี่ยทั้งหมด ณ ความสูงแรกเริ่ม

4. แปลงข้อมูลเบื้องต้นเป็นตัวแปรไร้มิติ,คำนวณข้อมูลที่จำเป็นและระบุตำแหน่งของข้อมูลในสภาวะแรกเริ่ม คือ ตำแหน่งของขนาด อุณหภูมิและความเร็วของหยดน้ำ,ตำแหน่งของอุณหภูมิและความชื้นของอากาศ เรียกสับรูทีน AVERGE มาคำนวณค่าอุณหภูมิเฉลี่ยในแต่ละวงแหวนและเฉลี่ยทั้งหมด จากนั้นกำหนดความสูงและจำนวนครั้งของการจำลอง,ร้อยละของปริมาตรหยดน้ำที่เหลืออยู่ และสัดส่วนพื้นที่ผิวของหยดน้ำที่หายไป ณ ความสูงแรกเริ่มของการจำลอง

5. แสดงผลการคำนวณ ณ ความสูงแรกเริ่ม คือ รัศมีของแต่ละวงแหวน,ช่วงขนาดของหยดน้ำ,ขนาดที่เป็นตัวแทนในแต่ละช่วงของหยดน้ำ, จำนวนและร้อยละของจำนวนของหยดน้ำในแต่ละช่วงขนาด,จำนวนและร้อยละของจำนวนของหยดน้ำทั้งหมด เรียกสับรูทีน FORM1 มาแสดงจำนวนหยดน้ำในแต่ละช่วงขนาดในแต่ละวงแหวนทั้งที่มีมิติและไร้มิติ จากนั้นแสดงคุณสมบัติแรกเริ่มของหยดน้ำและอากาศ,ความสูงแรกเริ่ม เรียกสับรูทีน DMTN มาแปลงค่าพารามิเตอร์เป็นพารามิเตอร์ที่มีมิติ พิมพ์ค่าขนาด อุณหภูมิและความเร็วของหยดน้ำในแต่ละช่วงขนาด เรียกสับรูทีน WTBULB มาคำนวณค่าอุณหภูมิกระเปาะเปียก พิมพ์ค่าขนาดและอุณหภูมิของหยดน้ำเฉลี่ยในแต่ละวงแหวน พิมพ์ค่าอุณหภูมิ,ความชื้น,อุณหภูมิกระเปาะเปียก,ความชื้นอิ่มตัว ณ อุณหภูมิกระเปาะเปียกของอากาศ,ผลต่างระหว่างอุณหภูมิอากาศกับหยดน้ำ,ความชื้นอิ่มตัว ณ อุณหภูมิหยด

น้ำ,อุณหภูมิอ้างอิง,ร้อยละของปริมาตรหยดน้ำที่เหลืออยู่,สัดส่วนพื้นที่ผิวของหยดน้ำที่หายไป,ขนาดและอุณหภูมิของหยดน้ำเฉลี่ยทั้งหมด,อุณหภูมิและความชื้นเฉลี่ยของอากาศ

6. พิมพ์ค่าความสูงของหอ เรียกสับรูทีน DMTN พิมพ์ค่าขนาด,อุณหภูมิและความเร็วของหยดน้ำในแต่ละช่วงขนาด เรียกสับรูทีน WTBULB เรียกสับรูทีน YINDEX มาคำนวณร้อยละของปริมาตรหยดน้ำที่เหลืออยู่,สัดส่วนพื้นที่ผิวของหยดน้ำที่หายไป,เรียกสับรูทีน AVERGE มาคำนวณขนาดและอุณหภูมิของหยดน้ำเฉลี่ยในแต่ละวงแหวนและเฉลี่ยทั้งหมด, อุณหภูมิและความชื้นเฉลี่ยของอากาศ พิมพ์ค่าอุณหภูมิ,ความชื้น,อุณหภูมิกระเปาะเปียก,ความชื้นอิ่มตัว ณ อุณหภูมิกระเปาะเปียกของอากาศ,ขนาดและอุณหภูมิของหยดน้ำเฉลี่ยในแต่ละวงแหวน,ร้อยละของปริมาตรหยดน้ำที่เหลืออยู่,สัดส่วนพื้นที่ผิวของหยดน้ำที่หายไป,ขนาดและอุณหภูมิของหยดน้ำเฉลี่ยทั้งหมด, อุณหภูมิและความชื้นเฉลี่ยของอากาศ

7. ทดสอบว่าค่าร้อยละของปริมาตรหยดน้ำที่เหลืออยู่มีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับร้อยละของปริมาตรหยดน้ำที่เหลืออยู่ที่ใช้หยุดการจำลองหรือยัง

ถ้าเป็นจริง ให้ไปทำตามข้อ 16 แต่ถ้าเป็นเท็จ ให้ไปทำตามข้อ 8

8. คำนวณค่าจำนวนตัวแปรที่ใช้ในฟังก์ชัน RUNGE

9. คำนวณค่าฟังก์ชัน RUNGE

10. ทดสอบว่าค่าฟังก์ชัน RUNGE เท่ากับ 1 หรือยัง

ถ้าเท่ากับ ให้ไปทำตามข้อ 11 แต่ถ้าไม่เท่ากับ ให้ไปทำตามข้อ 12

11. เรียกสับรูทีน DERIVD มาคำนวณขนาด,อุณหภูมิและความเร็วของหยดน้ำ อุณหภูมิและความชื้นของอากาศ แล้วกลับไปทำตามข้อ 10

12. เรียกสับรูทีน CHECKV มาตรวจสอบค่าของขนาด,อุณหภูมิและความเร็วของหยดน้ำเพื่อป้องกันกรณีการหารด้วยค่าศูนย์

13. ทดสอบว่าความสูงที่จำลองมีค่าน้อยกว่าหรือเท่ากับความสูงของหอหรือยัง

ถ้าเป็นจริง ให้ไปทำตามข้อ 14 แต่ถ้าเป็นเท็จ ให้ไปทำตามข้อ 16

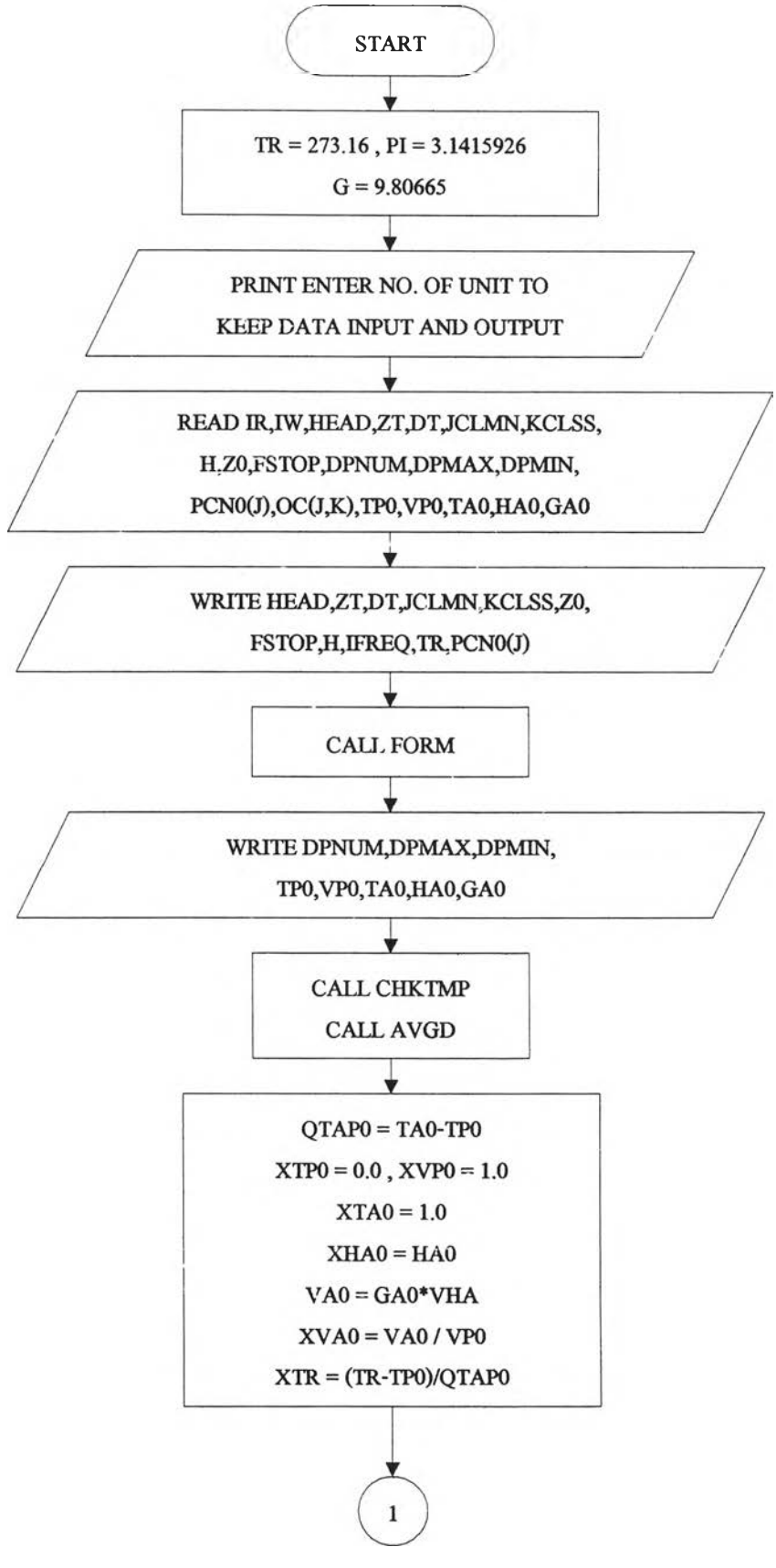
14. เพิ่มค่าจำนวนครั้งและความสูงของการจำลอง

15. ทดสอบว่าจำนวนครั้งของการจำลองเท่ากับความถี่ที่พิมพ์ผลลัพธ์หรือยัง

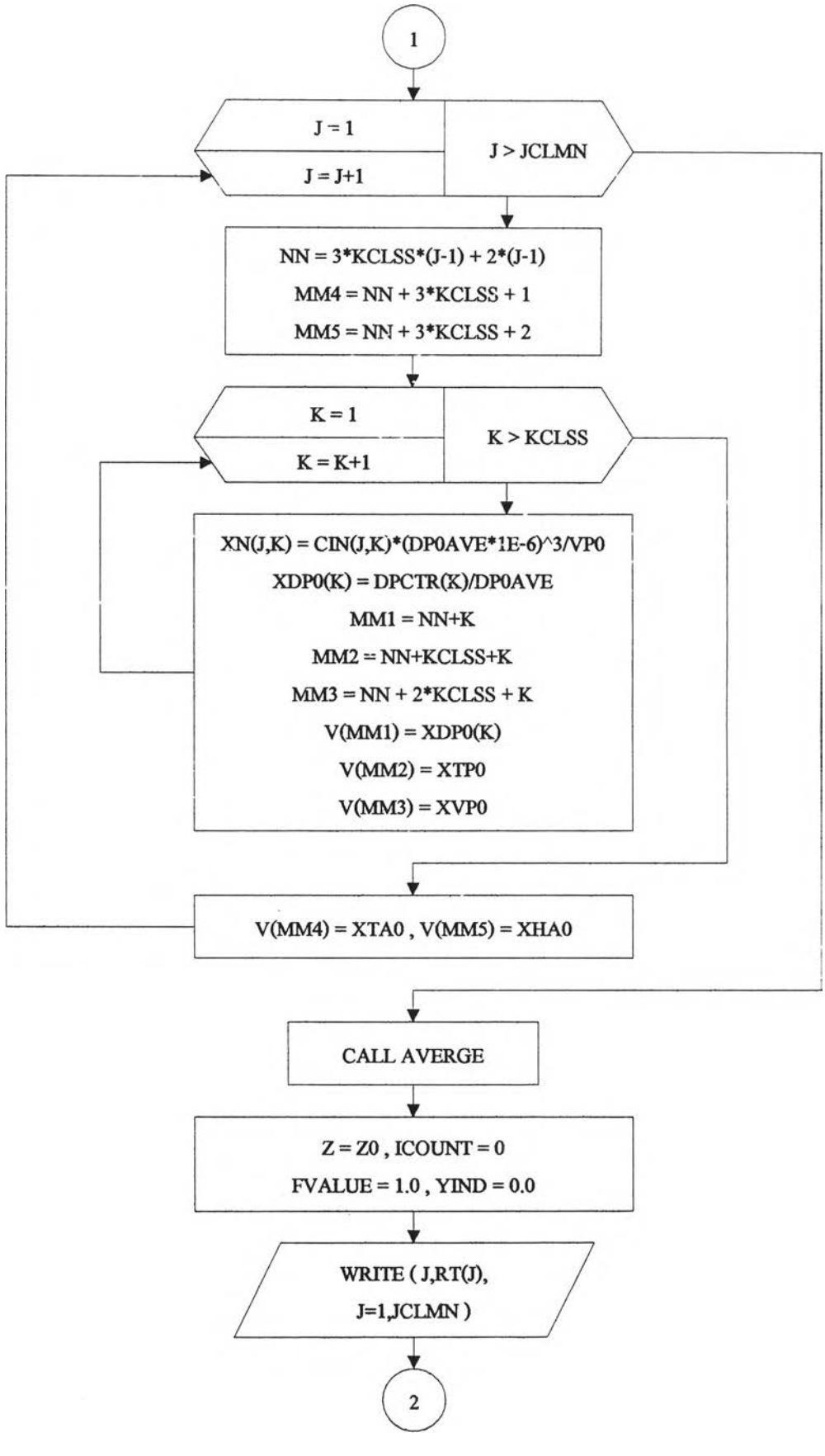
ถ้าเท่ากับ ให้ไปทำตามข้อ 6 แต่ถ้าไม่เท่ากับ ให้ไปทำตามข้อ 9

16. พิมพ์ข้อความว่า " การจำลองเสร็จสมบูรณ์ " แล้วจบการจำลองของโปรแกรม

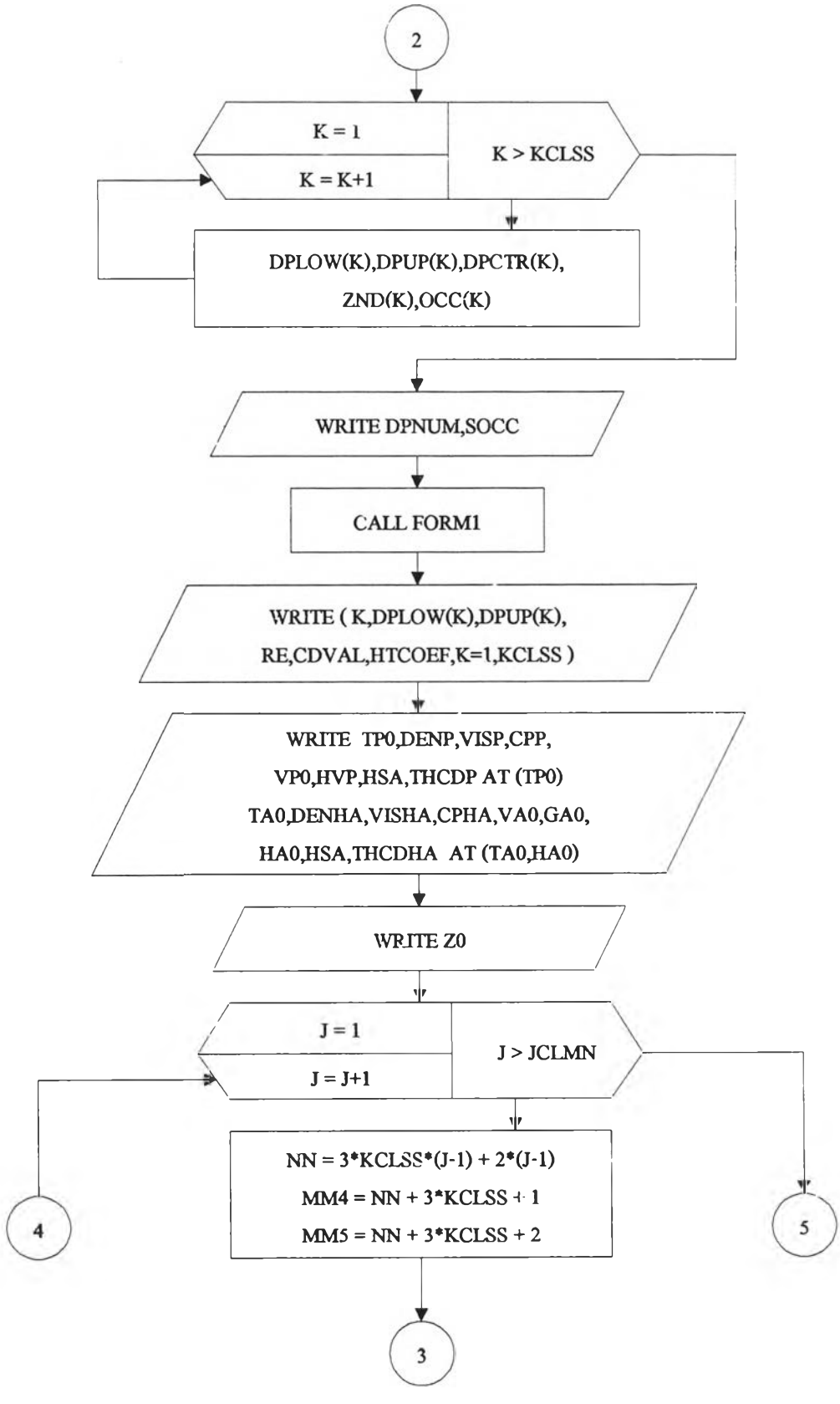
ญ.2 ผังการคำนวณของโปรแกรม



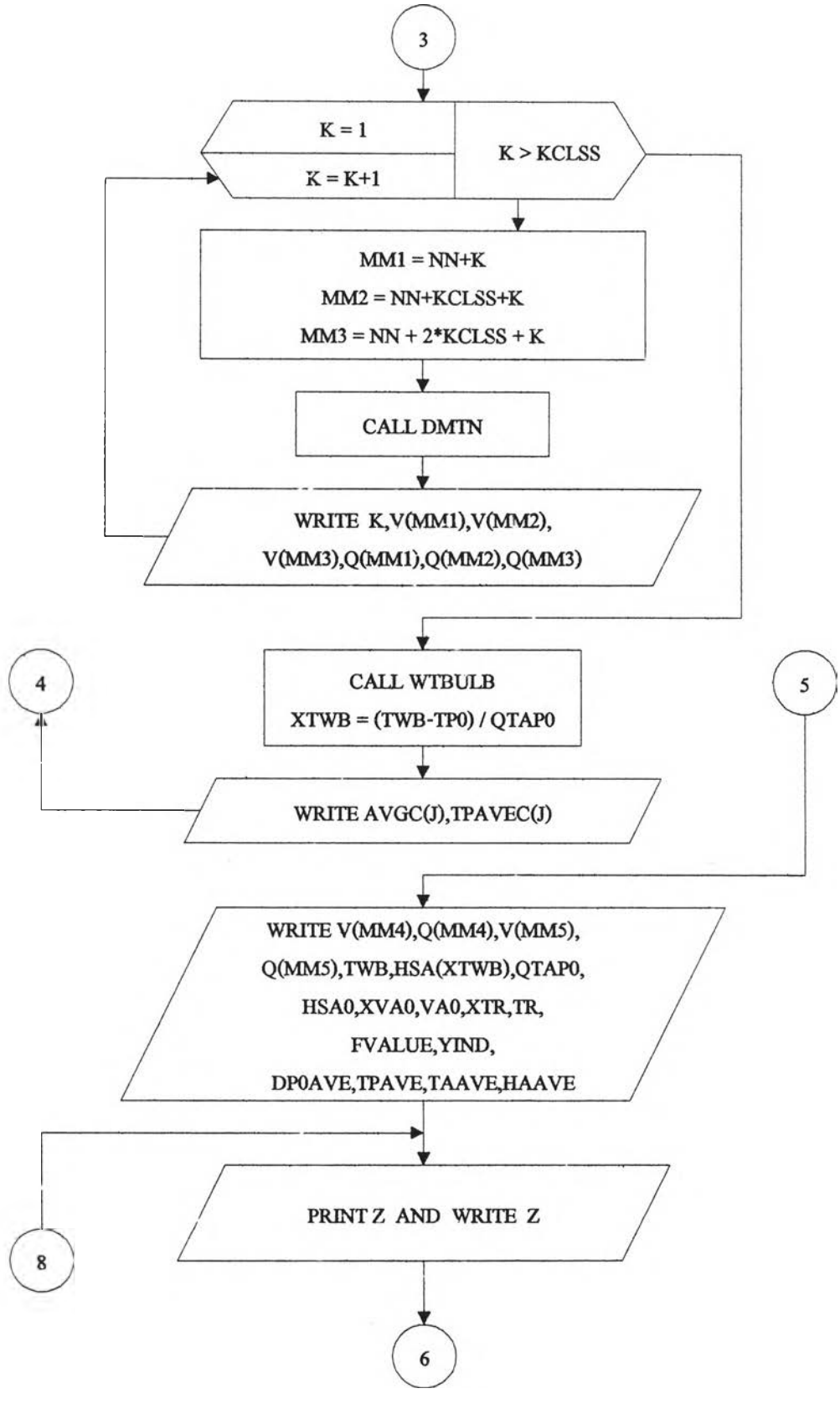
รูป ญ.1 ผังการคำนวณของโปรแกรมหลัก


1
J = 1
J = J+1
J > JCLMN
NN = 3*KCLSS*(J-1) + 2*(J-1)
MM4 = NN + 3*KCLSS + 1
MM5 = NN + 3*KCLSS + 2
K = 1
K = K+1
K > KCLSS
XN(J,K) = CIN(J,K)*(DP0AVE*1E-6)^3/VP0
XDP0(K) = DPCTR(K)/DP0AVE
MM1 = NN+K
MM2 = NN+KCLSS+K
MM3 = NN + 2*KCLSS + K
V(MM1) = XDP0(K)
V(MM2) = XTP0
V(MM3) = XVP0
V(MM4) = XTA0 , V(MM5) = XHA0
CALL AVERGE
Z = Z0 , ICOUNT = 0
FVALUE = 1.0 , YIND = 0.0
WRITE (J,RT(J),
J=1,JCLMN)
2

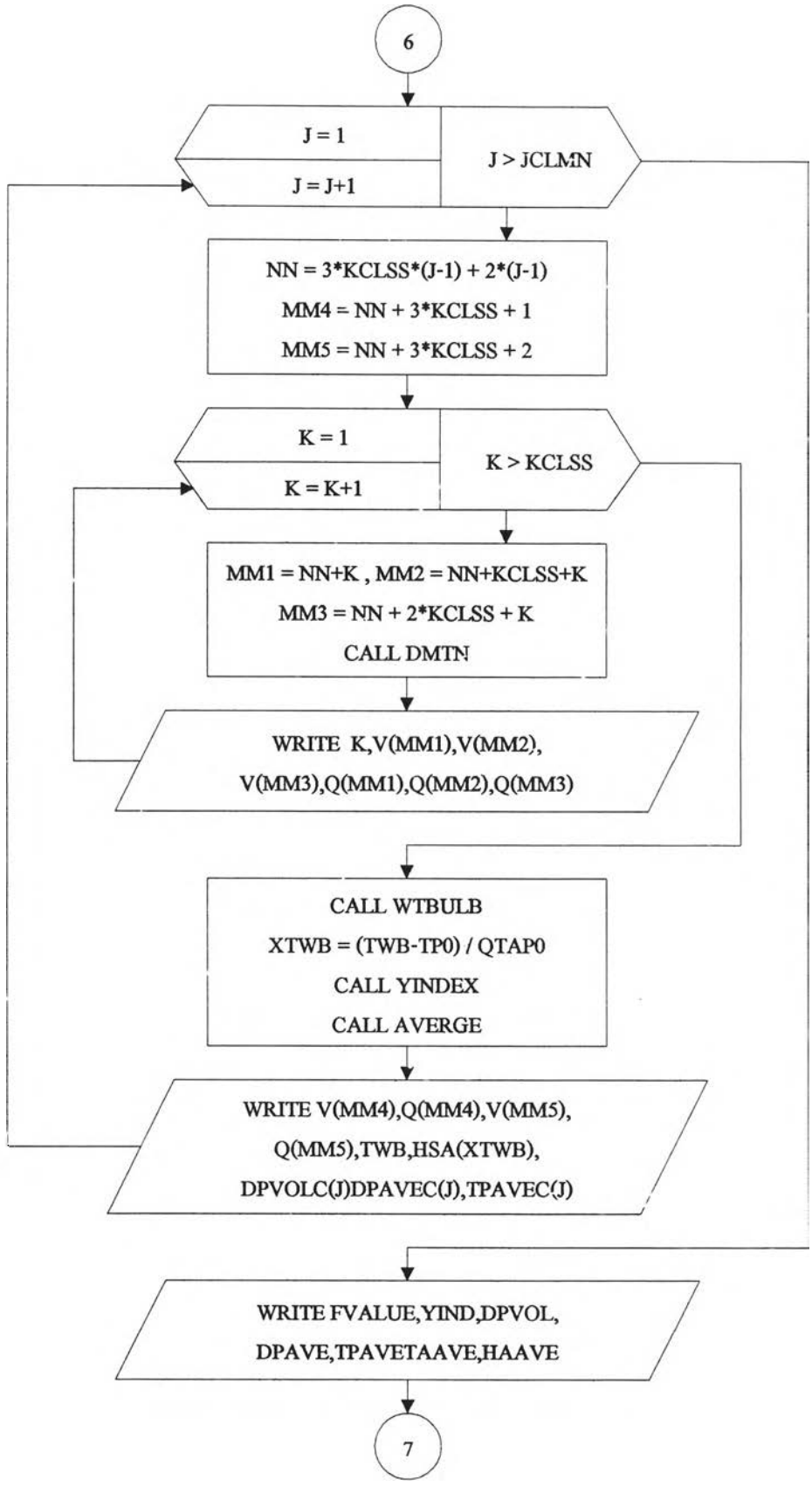
รูป ญ.1 (ต่อ)


2
K = 1
K = K+1
K > KCLSS
DPLOW(K),DPUP(K),DPCTR(K),
ZND(K),OCC(K)
WRITE DPNUM,SOCC
CALL FORM1
WRITE (K,DPLOW(K),DPUP(K),
RE,CDVAL,HTCOEF,K=1,KCLSS)
WRITE TP0,DENP,VISP,CPP,
VP0,HVP,HSA,THCDP AT (TP0)
TA0,DENHA,VISHA,CPHA,VA0,GA0,
HA0,HSA,THCDHA AT (TA0,HA0)
WRITE Z0
J = 1
J = J+1
J > JCLMN
NN = 3*KCLSS*(J-1) + 2*(J-1)
MM4 = NN + 3*KCLSS + 1
MM5 = NN + 3*KCLSS + 2
4
5
3

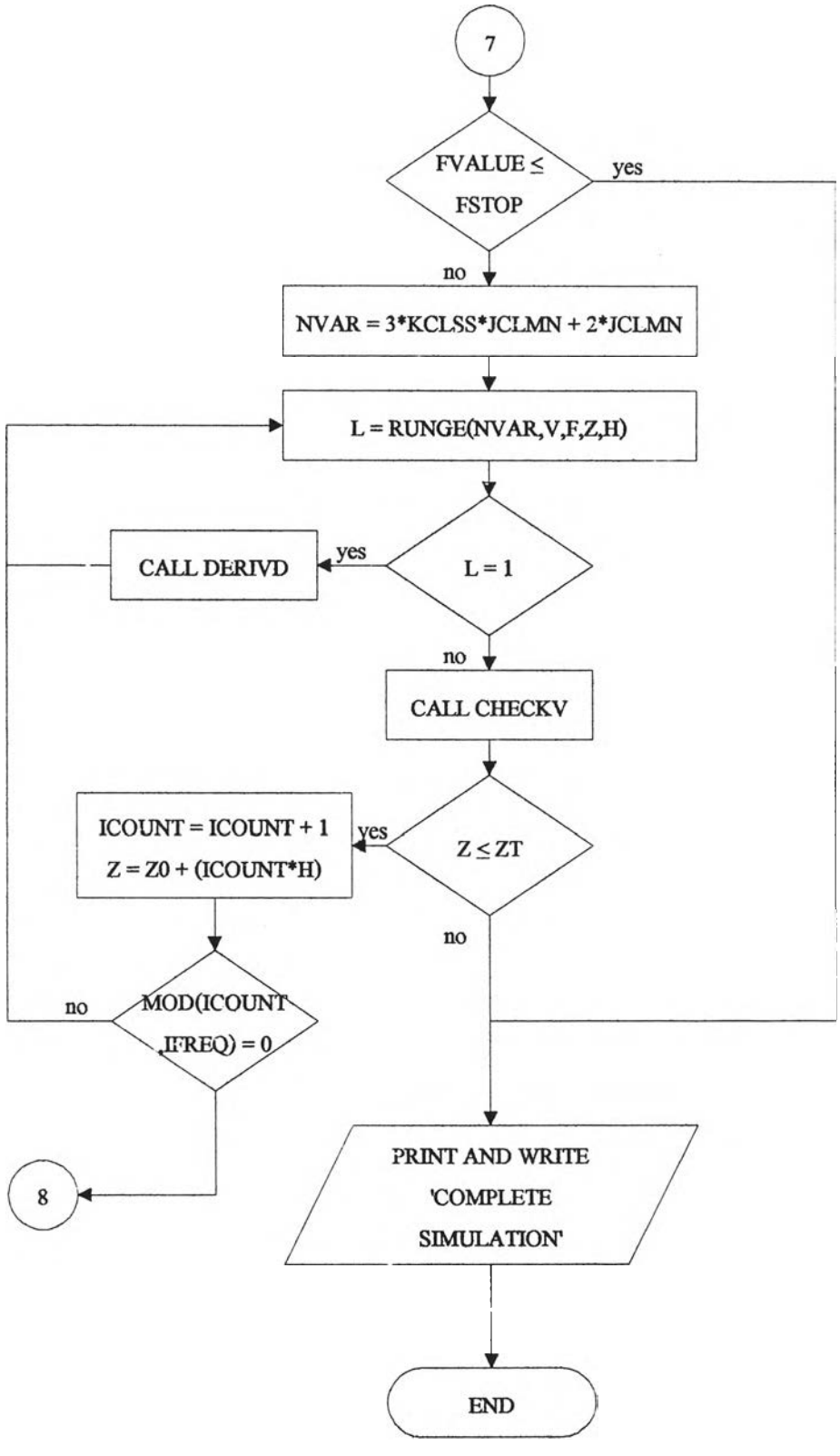
รูป ญ.1 (ต่อ)


3
K = 1
K = K+1
K > KCLSS
MM1 = NN+K
MM2 = NN+KCLSS+K
MM3 = NN + 2*KCLSS + K
CALL DMTN
WRITE K,V(MM1),V(MM2),
V(MM3),Q(MM1),Q(MM2),Q(MM3)
4
CALL WTBULB
XTWB = (TWB-TP0) / QTAP0
5
WRITE AVGC(J),TPAVEC(J)
WRITE V(MM4),Q(MM4),V(MM5),
Q(MM5),TWB,HSA(XTWB),QTAP0,
HSA0,XVA0,VA0,XTR,TR,
FVALUE,YIND,
DP0AVE,TPAVE,TAAVE,HAAVE
PRINT Z AND WRITE Z
8
6

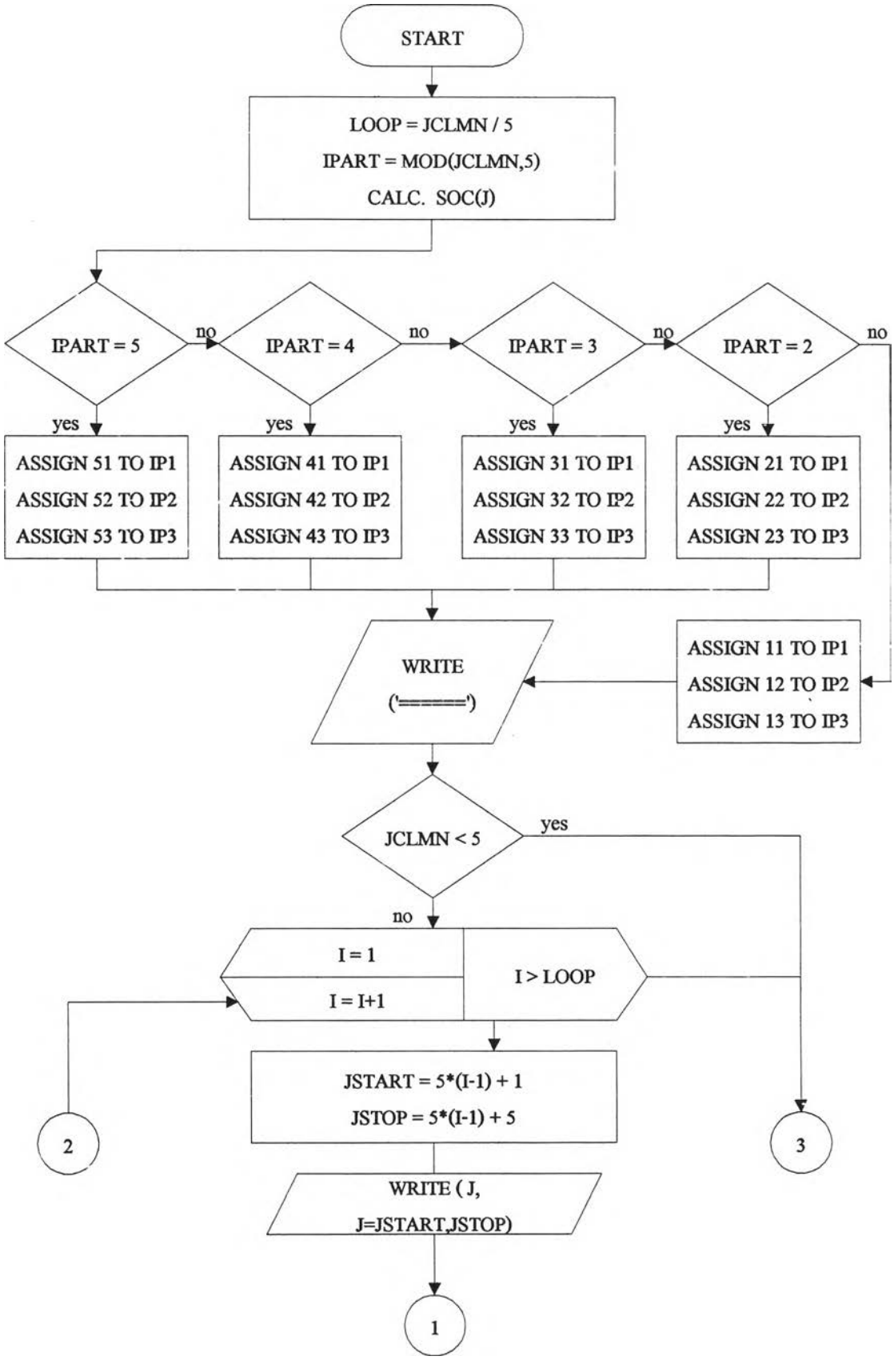
รูป ญ.1 (ต่อ)


6
J = 1
J = J+1
J > JCLMN
NN = 3*KCLSS*(J-1) + 2*(J-1)
MM4 = NN + 3*KCLSS + 1
MM5 = NN + 3*KCLSS + 2
K = 1
K = K+1
K > KCLSS
MM1 = NN+K , MM2 = NN+KCLSS+K
MM3 = NN + 2*KCLSS + K
CALL DMTN
WRITE K,V(MM1),V(MM2),
V(MM3),Q(MM1),Q(MM2),Q(MM3)
CALL WTBULB
XTWB = (TWB-TP0) / QTAP0
CALL YINDEX
CALL AVERGE
WRITE V(MM4),Q(MM4),V(MM5),
Q(MM5),TWB,HSA(XTWB),
DPVOLC(J)DPAVEC(J),TPAVEC(J)
WRITE FVALUE,YIND,DPVOL,
DPAVE,TPAVETAAVE,HAAVE
7

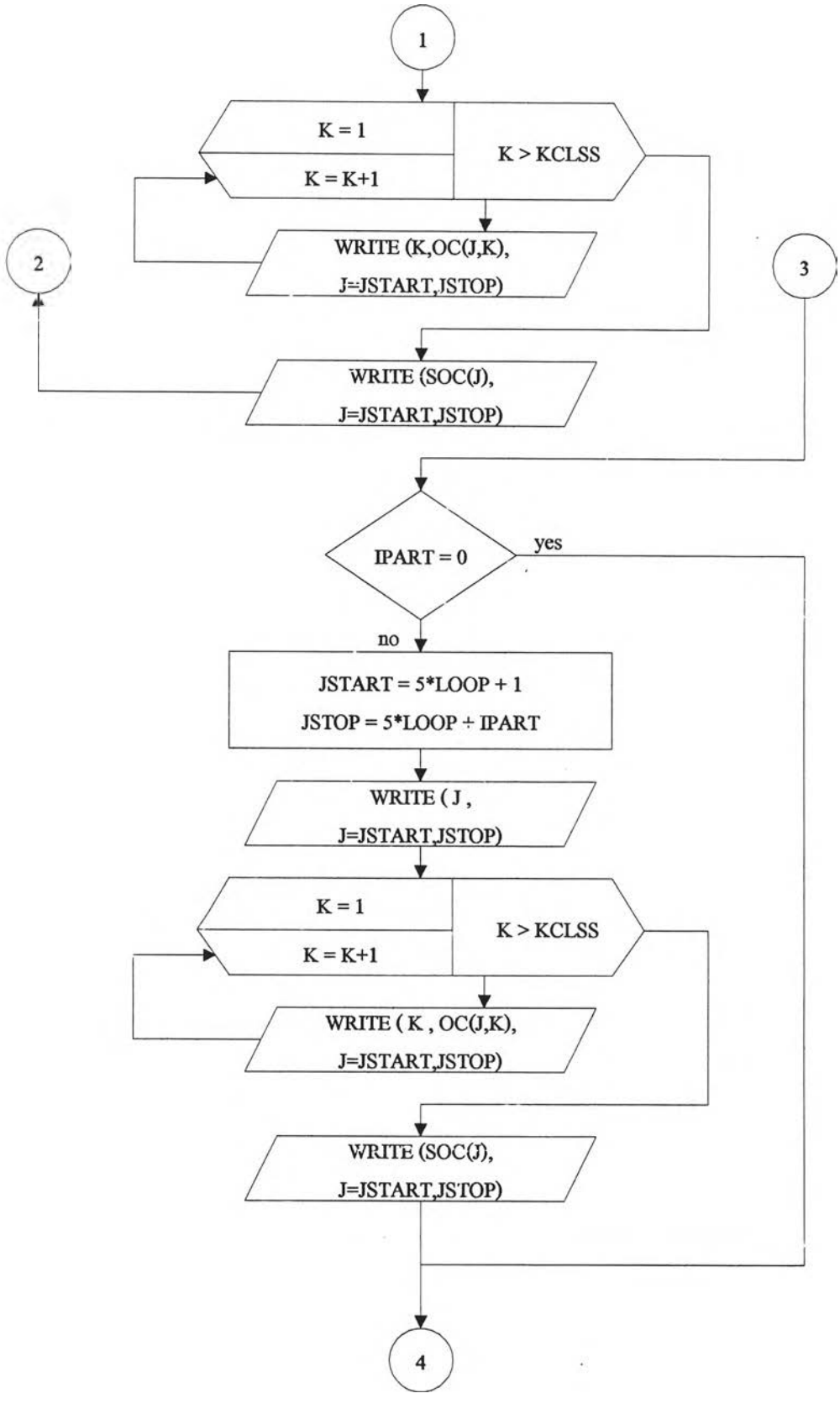
รูป ญ.1 (ต่อ)


7
FVALUE ≤ FSTOP
yes
no
NVAR = 3*KCLSS*JCLMN + 2*JCLMN
L = RUNGE(NVAR,V,F,Z,H)
L = 1
yes
CALL DERIVD
no
CALL CHECKV
Z ≤ ZT
yes
ICOUNT = ICOUNT + 1
Z = Z0 + (ICOUNT*H)
no
MOD(ICOUNT ,IFREQ) = 0
no
8
PRINT AND WRITE 'COMPLETE SIMULATION'
END

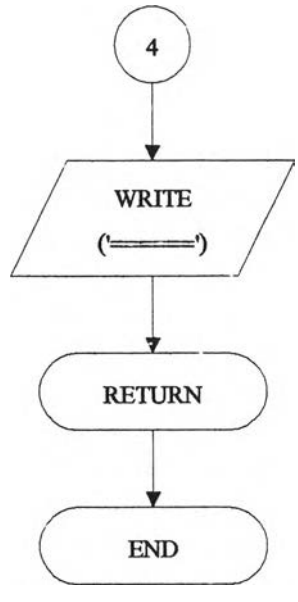
รูป ญ.1 (ต่อ)



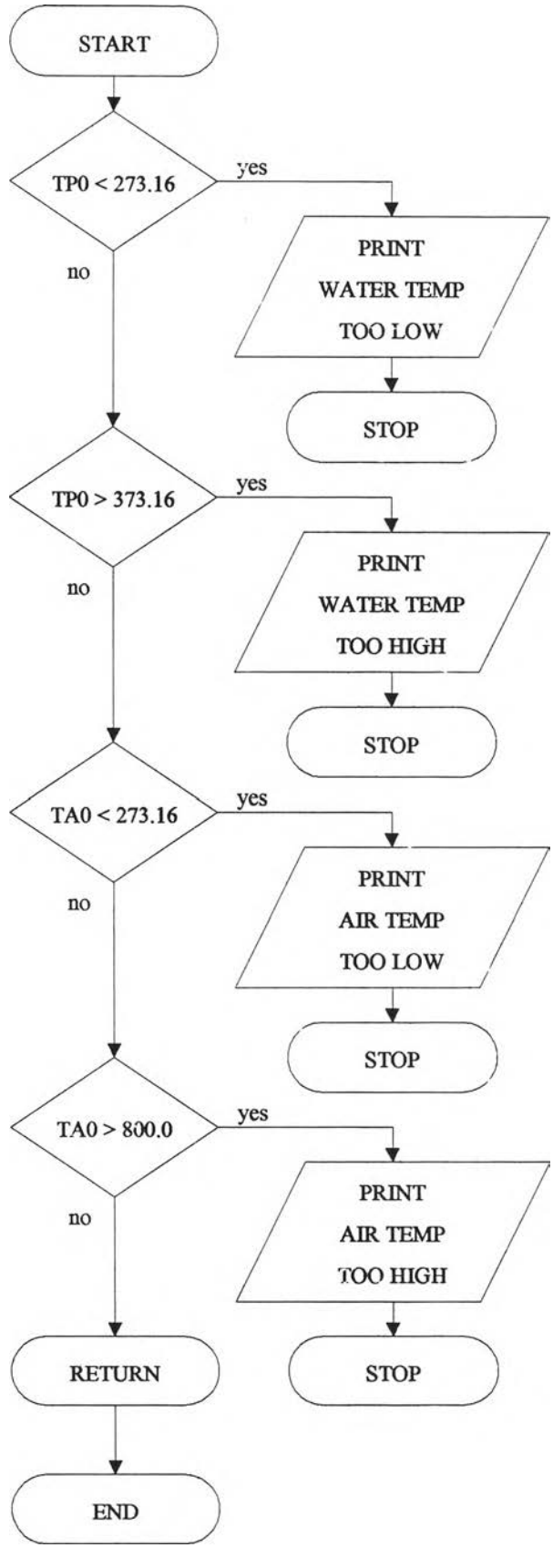
รูป ญ.2 ผังการคำนวณของสับรูทีน FORM


1
K = 1
K = K+1
K > KCLSS
WRITE (K,OC(J,K),
J=JSTART,JSTOP)
2
3
WRITE (SOC(J),
J=JSTART,JSTOP)
IPART = 0
yes
no
JSTART = 5*LOOP + 1
JSTOP = 5*LOOP + IPART
WRITE (J ,
J=JSTART,JSTOP)
K = 1
K = K+1
K > KCLSS
WRITE (K , OC(J,K),
J=JSTART,JSTOP)
WRITE (SOC(J),
J=JSTART,JSTOP)
4

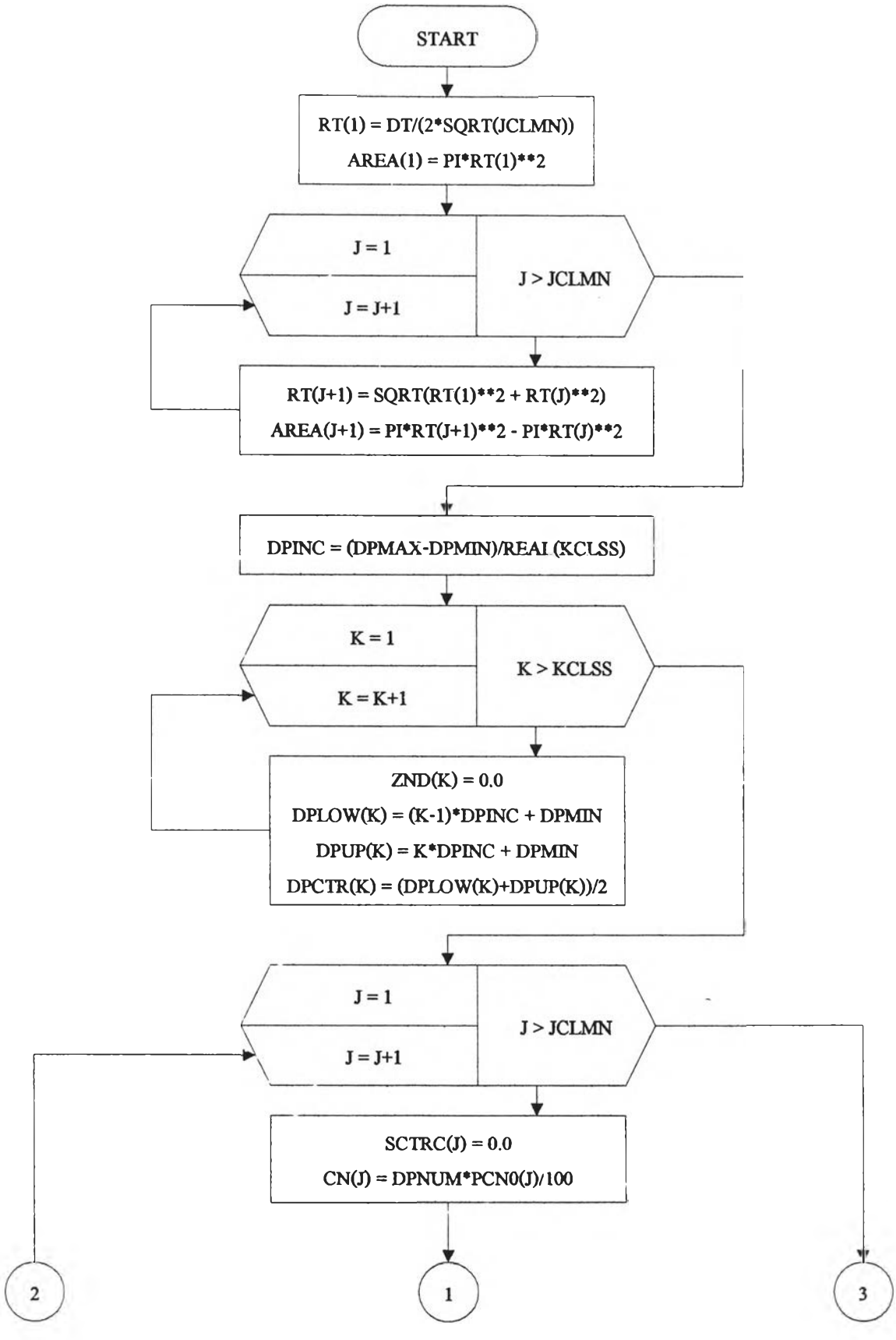
รูป ฌ.2 (ต่อ)



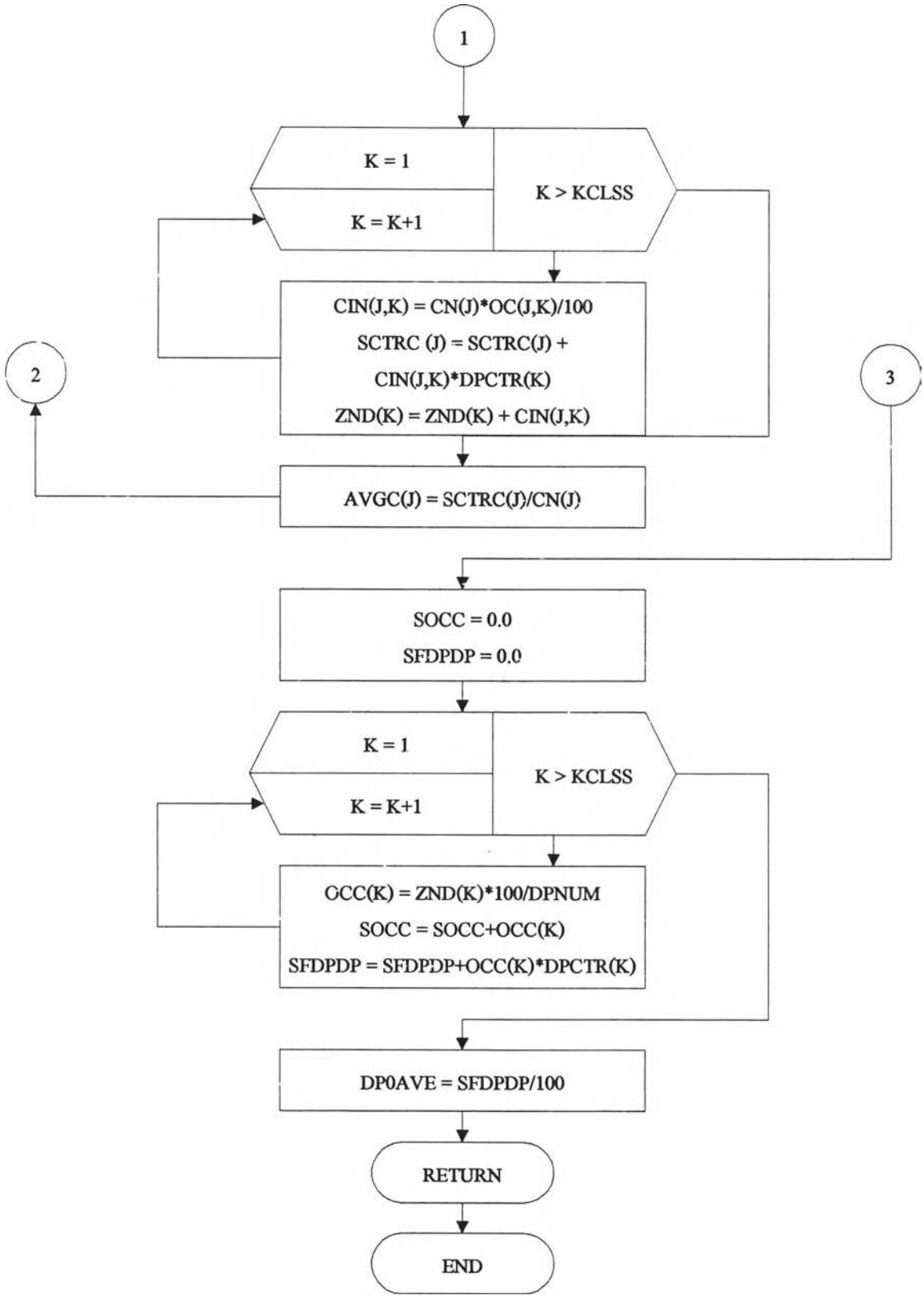
รูป ญ.2 (ต่อ)



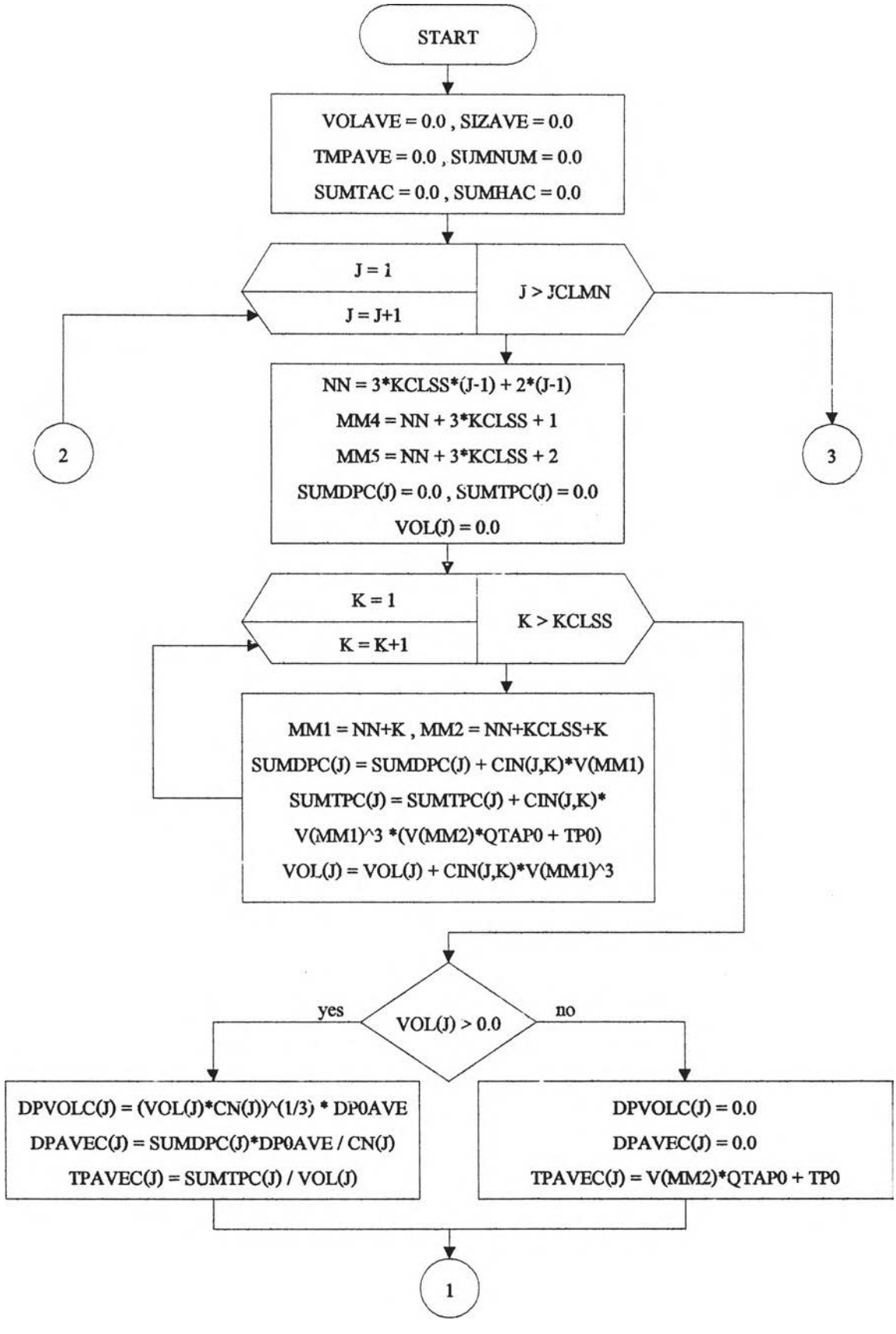
รูป ญ.3 ผังการคำนวณของสับรูทีน CHKTMP



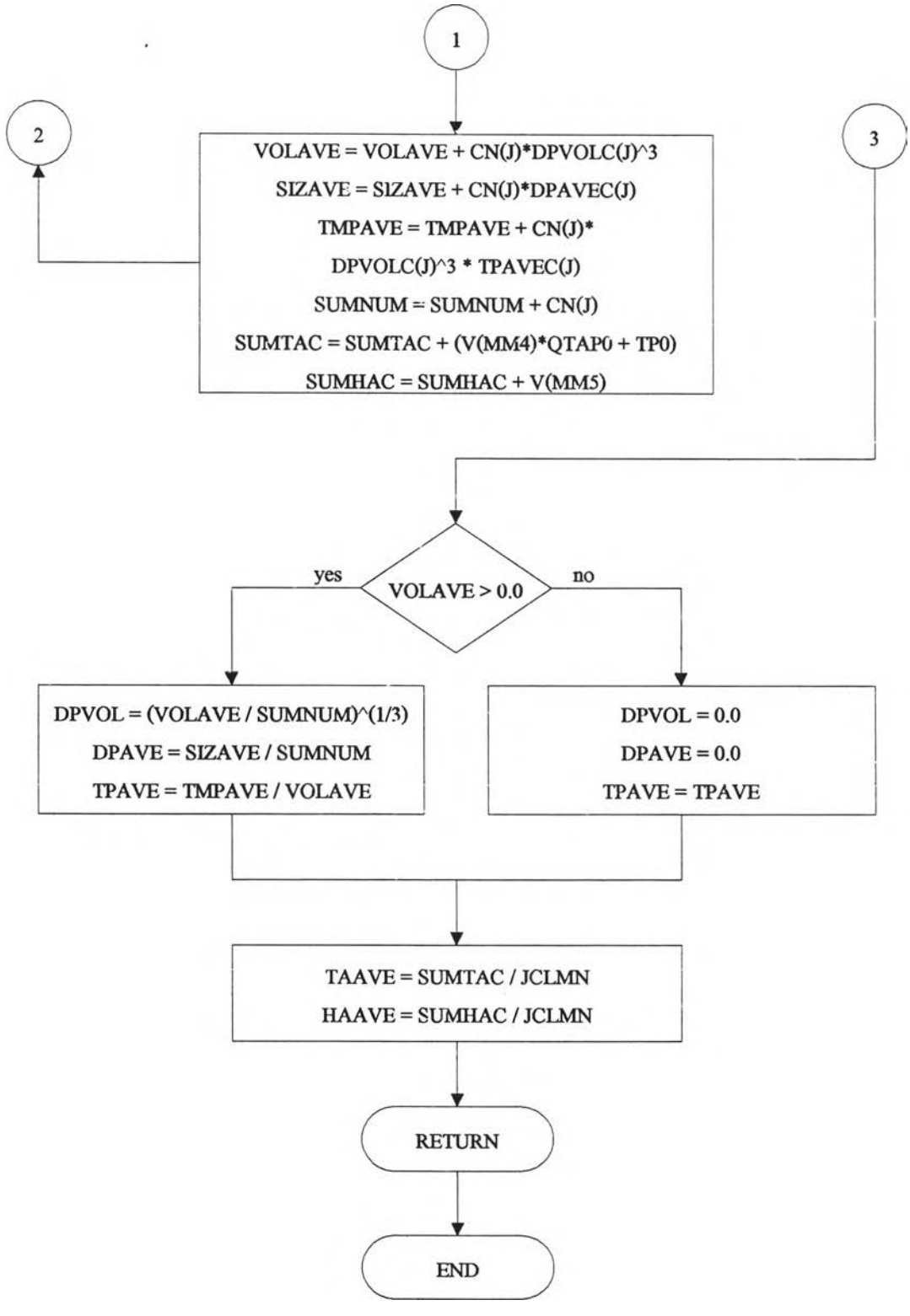
รูป ญ.4 ผังการคำนวณของสับรูทีน AVGD


1
K = 1
K = K+1
K > KCLSS
CIN(J,K) = CN(J)*OC(J,K)/100
SCTRC (J) = SCTRC(J) +
CIN(J,K)*DPCTR(K)
ZND(K) = ZND(K) + CIN(J,K)
2
3
AVGC(J) = SCTRC(J)/CN(J)
SOCC = 0.0
SFDPDP = 0.0
K = 1
K = K+1
K > KCLSS
OCC(K) = ZND(K)*100/DPNUM
SOCC = SOCC+OCC(K)
SFDPDP = SFDPDP+OCC(K)*DPCTR(K)
DP0AVE = SFDPDP/100
RETURN
END

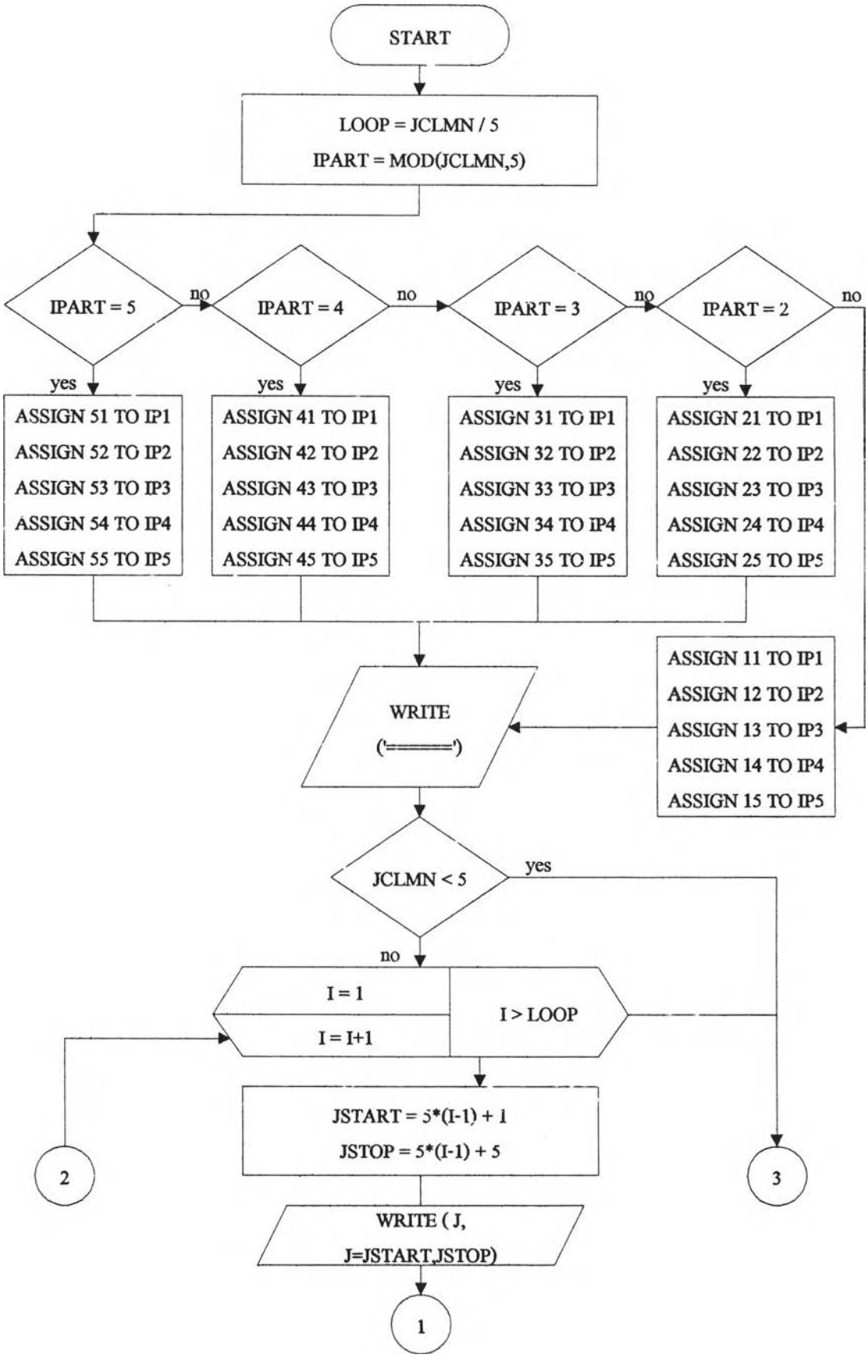
รูป ญ.4 (ต่อ)



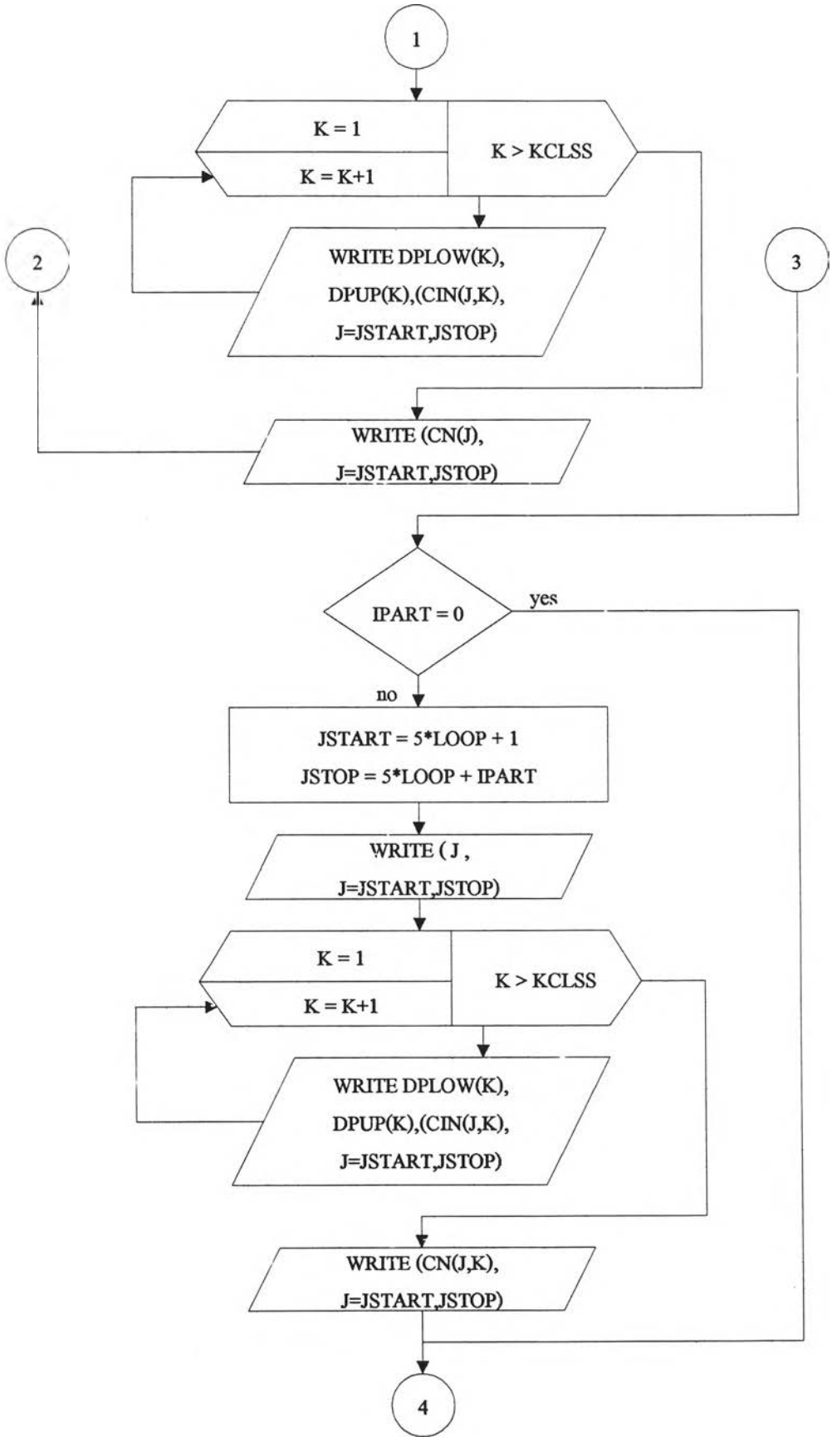
รูป ฌ.5 ผังการคำนวณของสับรูทีน AVERGE


1
2
3
VOLAVE = VOLAVE + CN(J)*DPVOLC(J)^3
SIZAVE = SIZAVE + CN(J)*DPAVEC(J)
TMPAVE = TMPAVE + CN(J)*
DPVOLC(J)^3 * TPAVEC(J)
SUMNUM = SUMNUM + CN(J)
SUMTAC = SUMTAC + (V(MM4)*QTAP0 + TP0)
SUMHAC = SUMHAC + V(MM5)
yes
VOLAVE > 0.0
no
DPVOL = (VOLAVE / SUMNUM)^(1/3)
DPAVE = SIZAVE / SUMNUM
TPAVE = TMPAVE / VOLAVE
DPVOL = 0.0
DPAVE = 0.0
TPAVE = TPAVE
TAAVE = SUMTAC / JCLMN
HAAVE = SUMHAC / JCLMN
RETURN
END

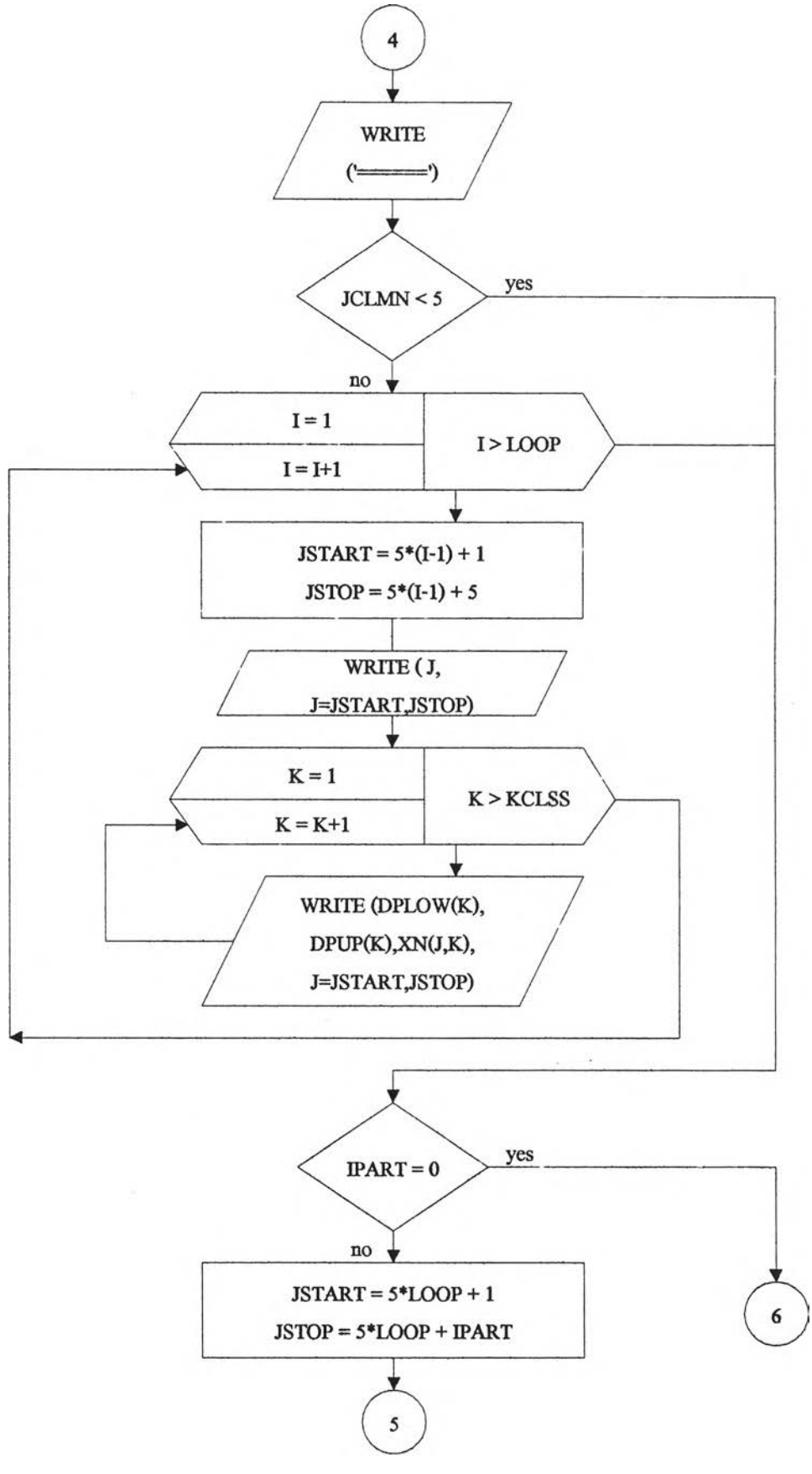
รูป ญ.5 (ต่อ)



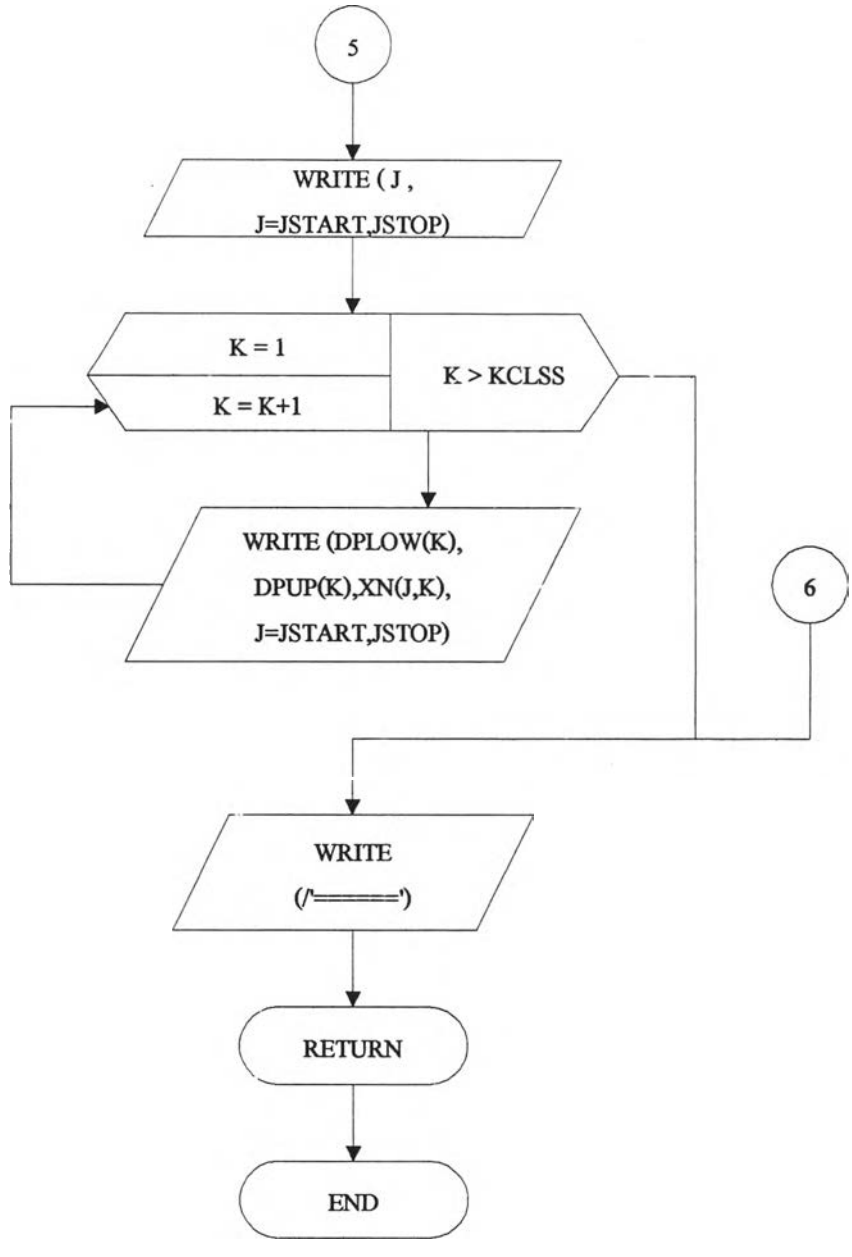
รูป ญ.6 ผังการคำนวณของสับรูทีน FORM1


1
K = 1
K = K+1
K > KCLSS
WRITE DPLOW(K),
DPUP(K),(CIN(J,K),
J=JSTART,JSTOP)
2
3
WRITE (CN(J),
J=JSTART,JSTOP)
IPART = 0
yes
no
JSTART = 5*LOOP + 1
JSTOP = 5*LOOP + IPART
WRITE (J ,
J=JSTART,JSTOP)
K = 1
K = K+1
K > KCLSS
WRITE DPLOW(K),
DPUP(K),(CIN(J,K),
J=JSTART,JSTOP)
WRITE (CN(J,K),
J=JSTART,JSTOP)
4

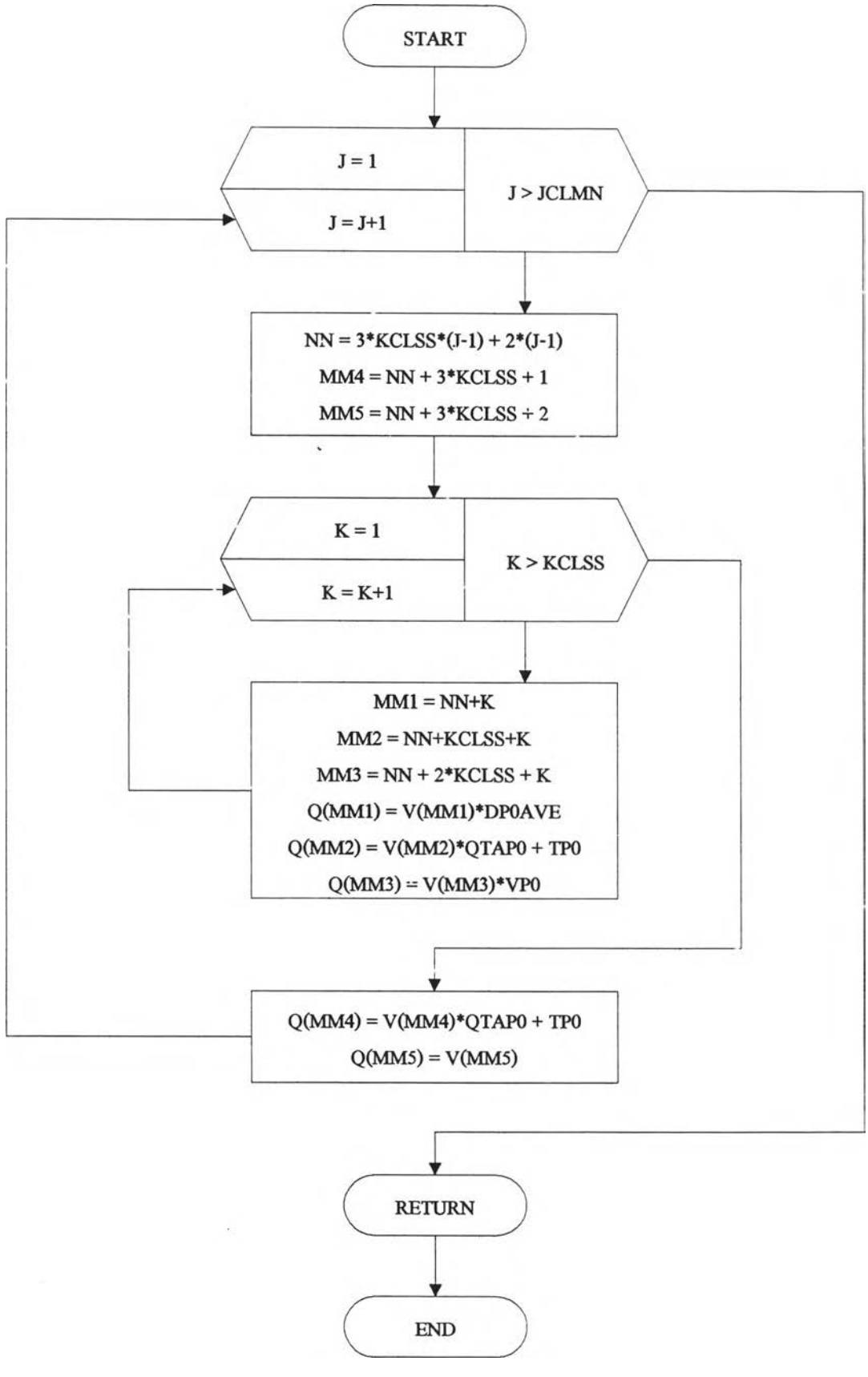
รูป ญ.6 (ต่อ)


4
WRITE
('═══════')
JCLMN < 5
yes
no
I = 1
I = I+1
I > LOOP
JSTART = 5*(I-1) + 1
JSTOP = 5*(I-1) + 5
WRITE (J,
J=JSTART,JSTOP)
K = 1
K = K+1
K > KCLSS
WRITE (DPLOW(K),
DPUP(K),XN(J,K),
J=JSTART,JSTOP)
IPART = 0
yes
no
JSTART = 5*LOOP + 1
JSTOP = 5*LOOP + IPART
6
5

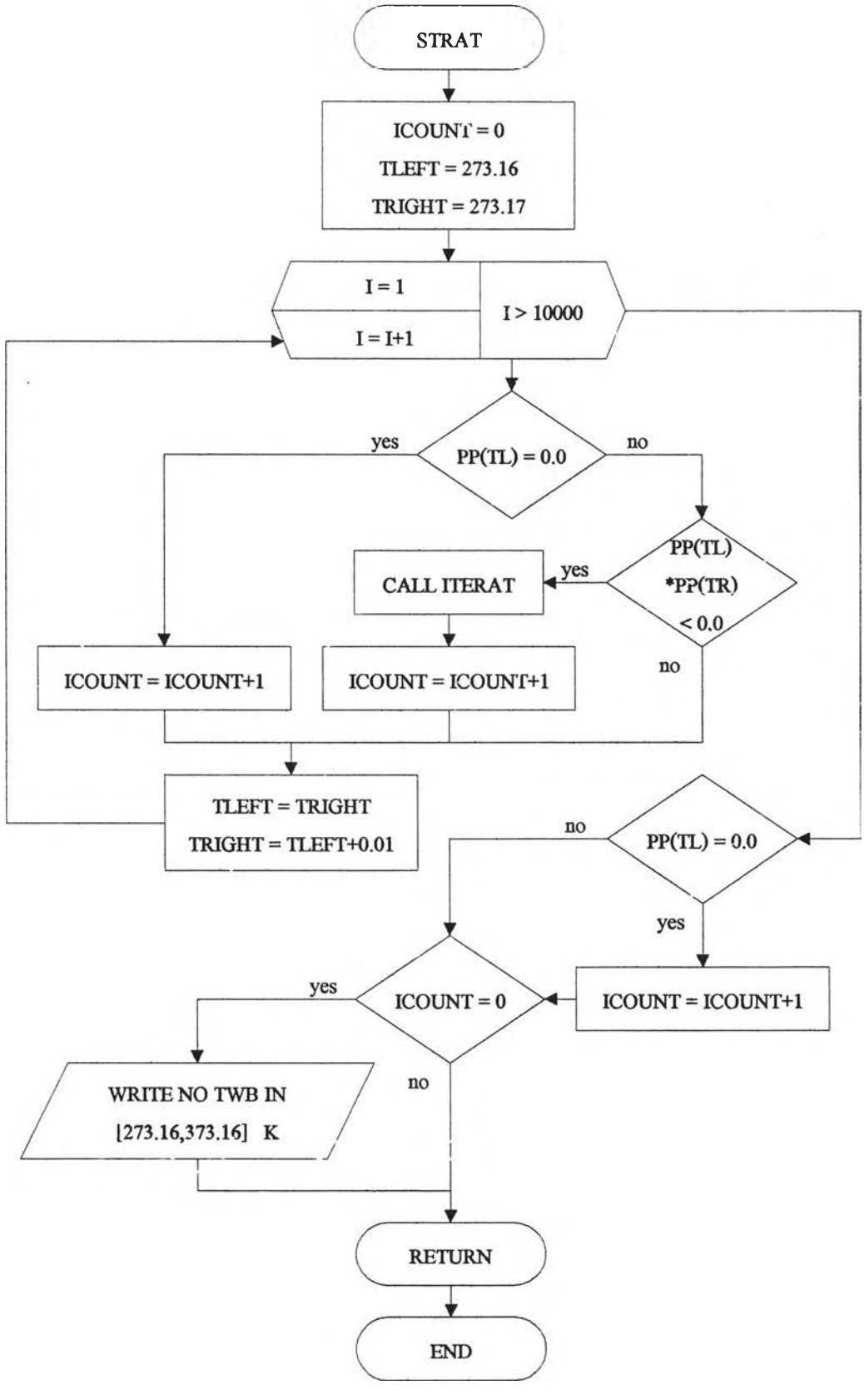
รูป ญ.6 (ต่อ)


5
WRITE (J ,
J=JSTART,JSTOP)
K = 1
K = K+1
K > KCLSS
WRITE (DPLOW(K),
DPUP(K),XN(J,K),
J=JSTART,JSTOP)
6
WRITE
(/'═══════')
RETURN
END

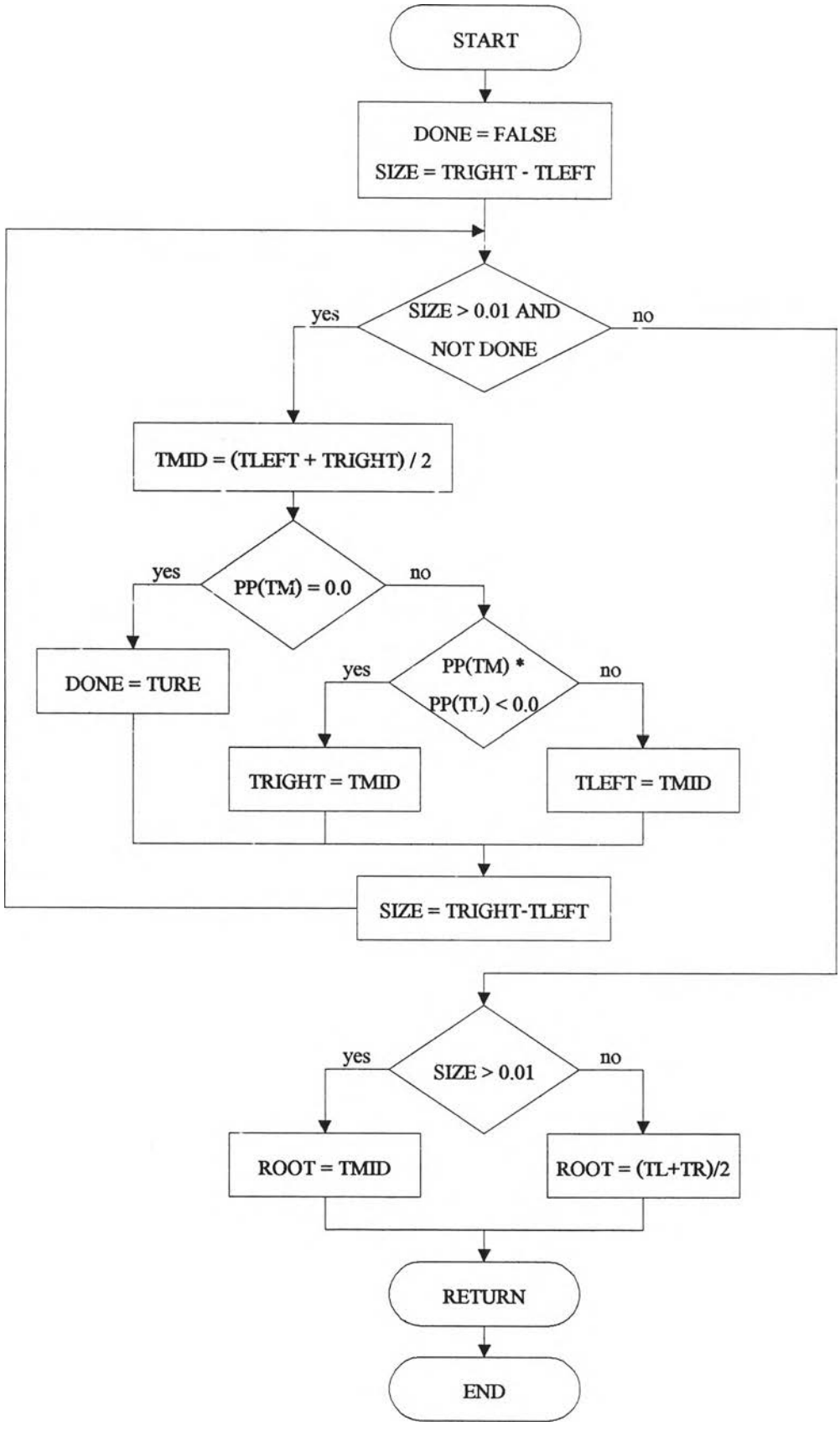
รูป ญ.6 (ต่อ)



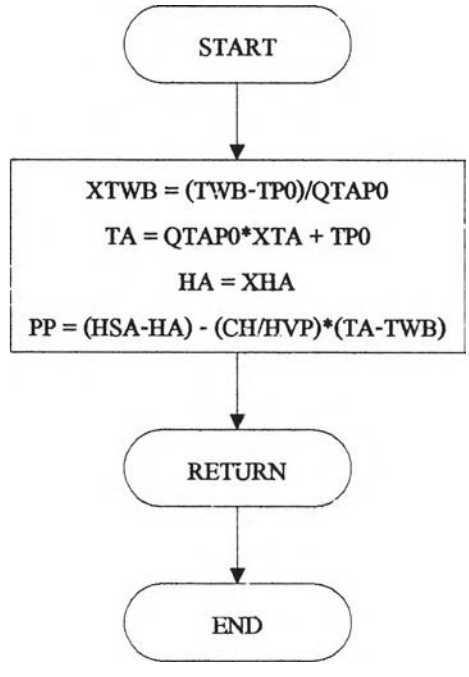
รูป ญ.7 ผังการคำนวณของสับรูทีน DMTN



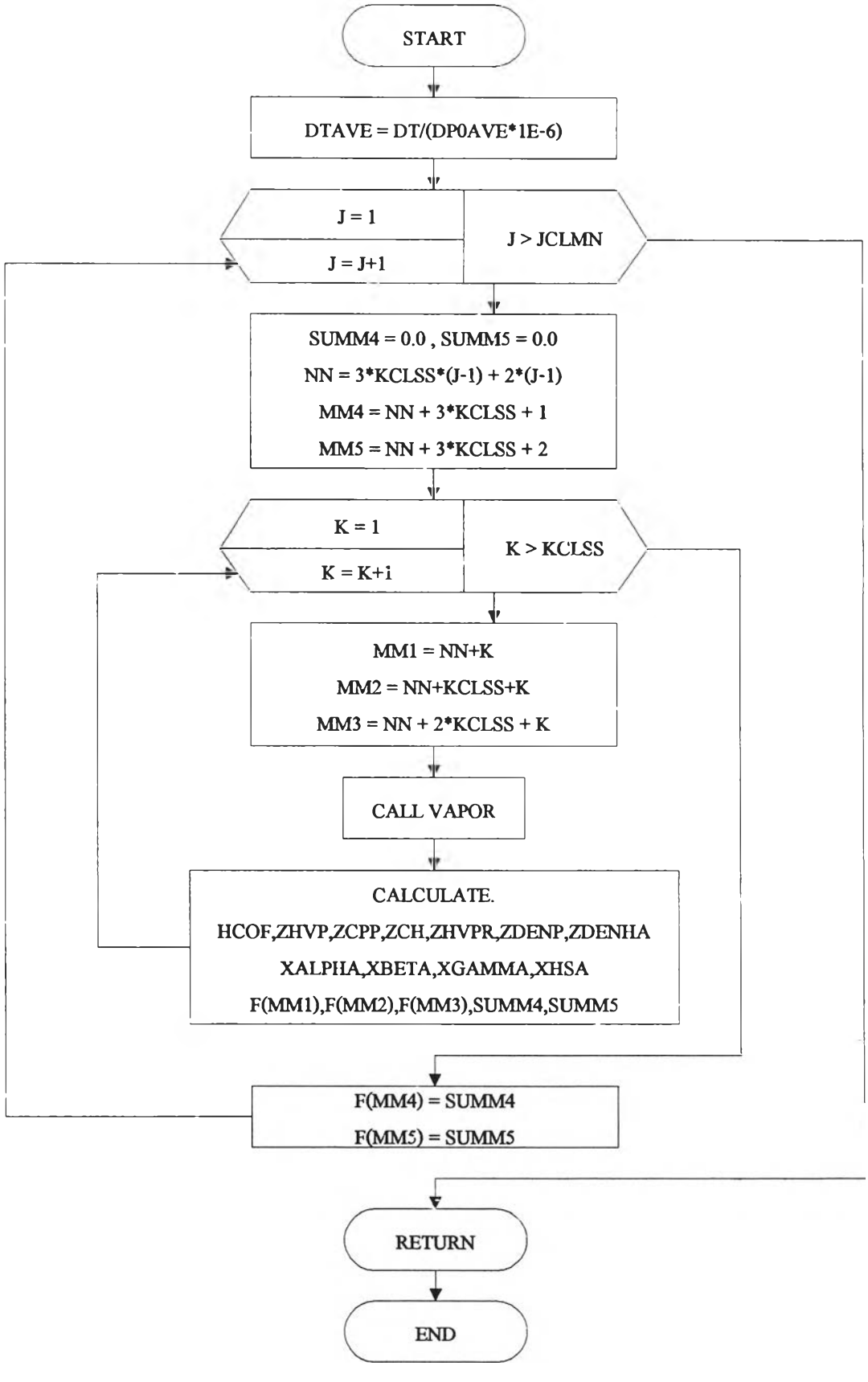
รูป ญ.8 ผังการคำนวณของสับรูทีน WTBULB



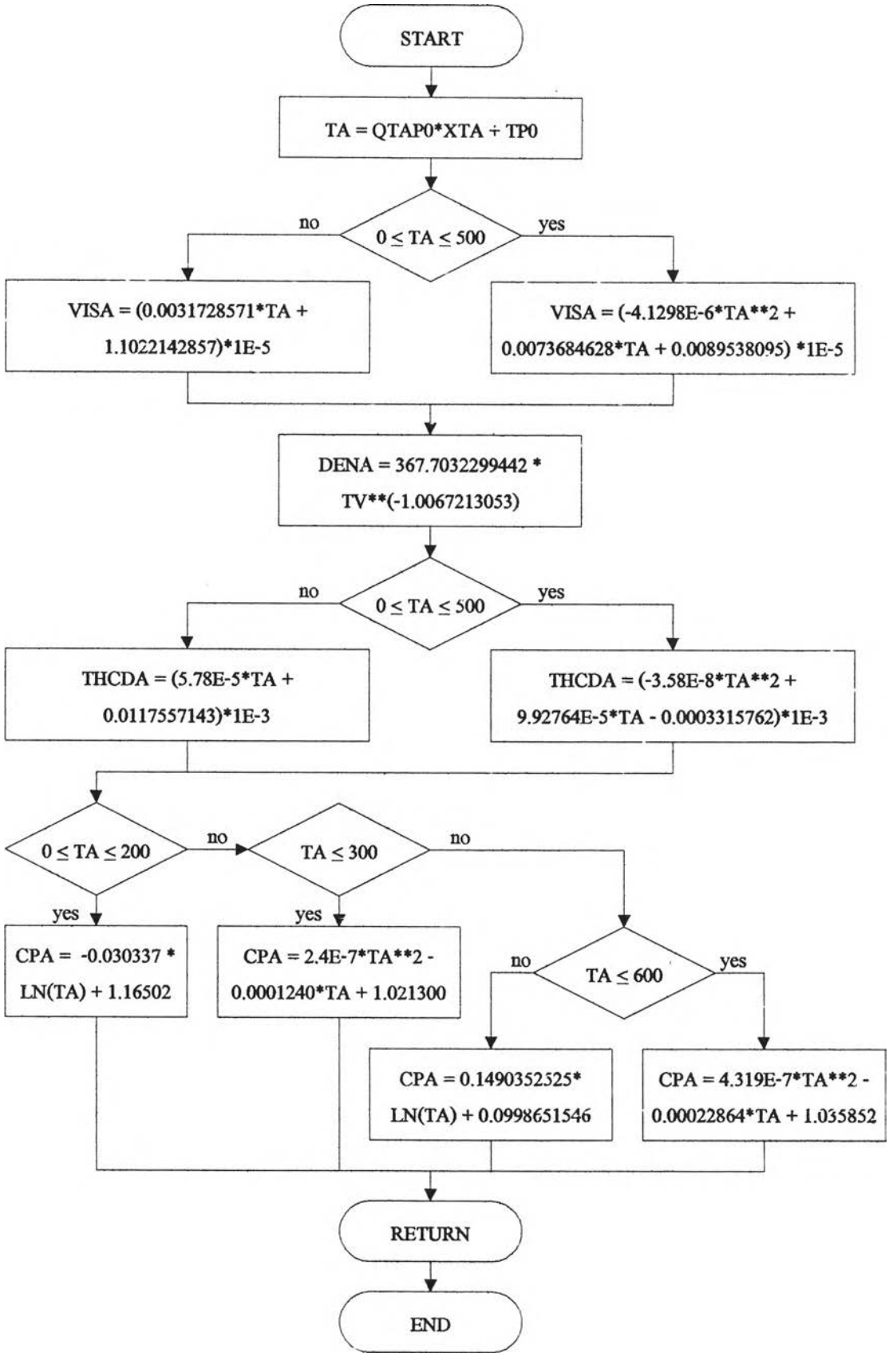
รูป ญ.9 ผังการคำนวณของสับรูทีน ITERAT



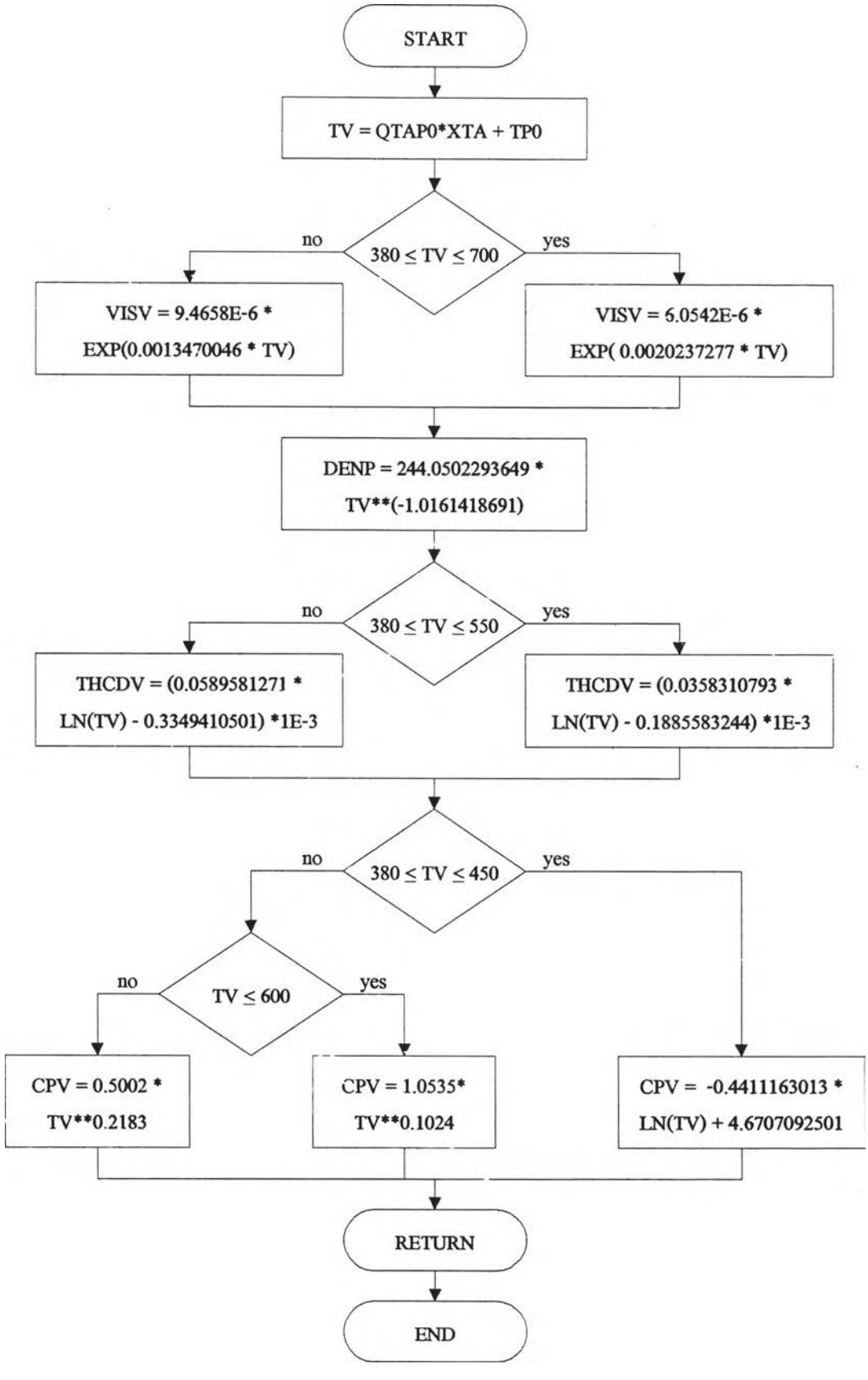
รูป ฌ.10 ผังการคำนวณของฟังก์ชัน PP



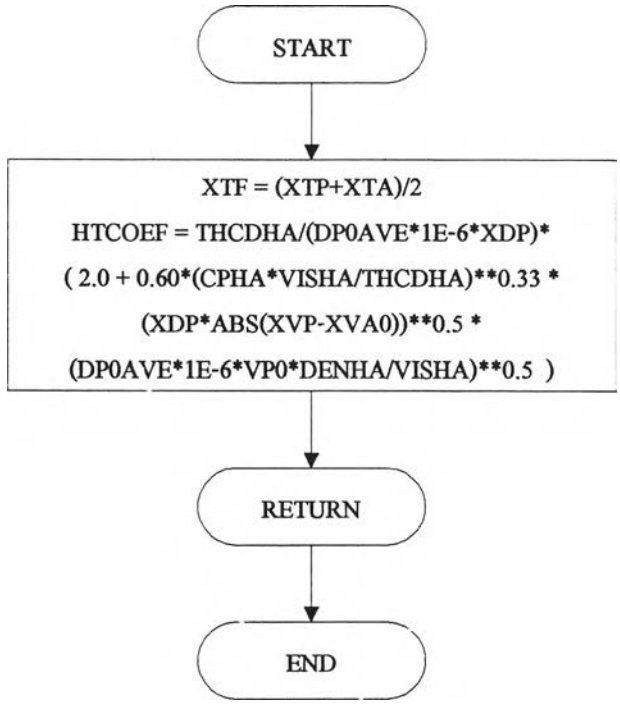
รูป ญ.11 ผังการคำนวณของสับรูทีน DERIVD



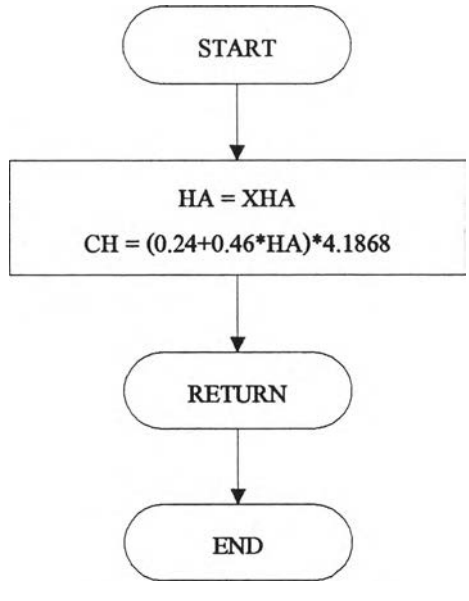
รูป ญ.12 ผังการคำนวณของสับรูทีน DRYAIR



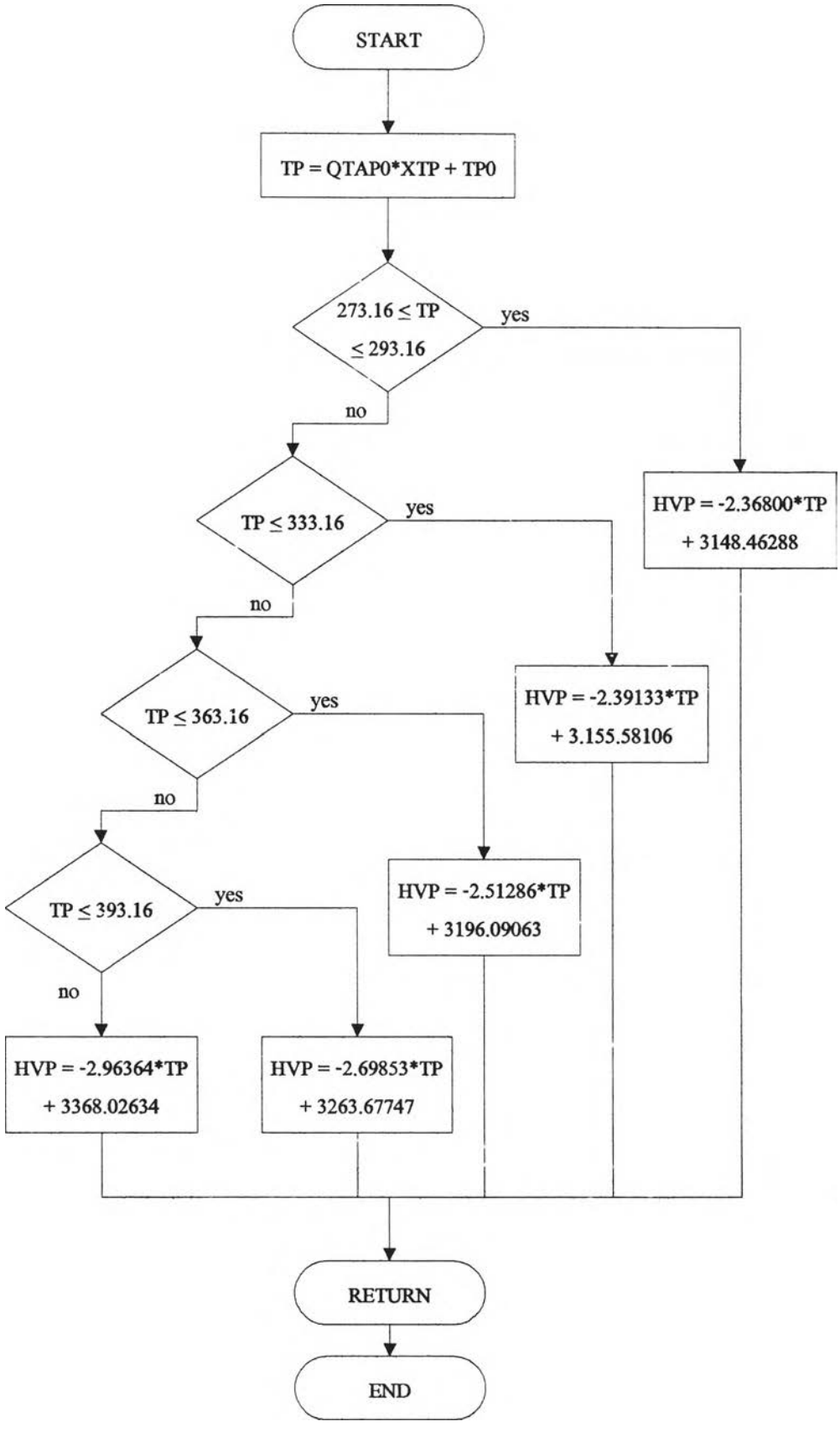
รูป ญ.13 ผังการคำนวณของสับรูทีน VAPOR



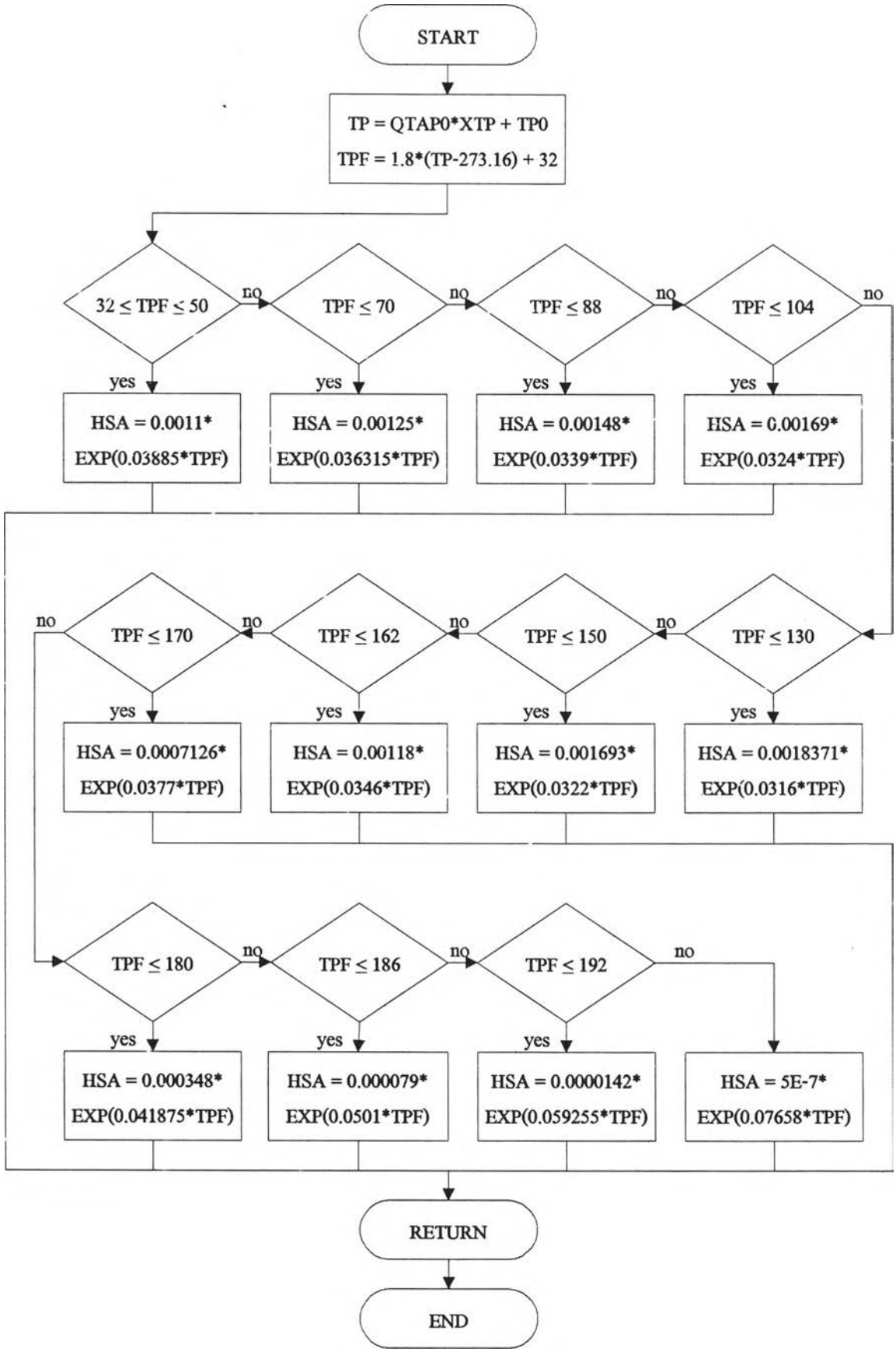
รูป ญ.14 ผังการคำนวณของฟังก์ชัน HTCOEF



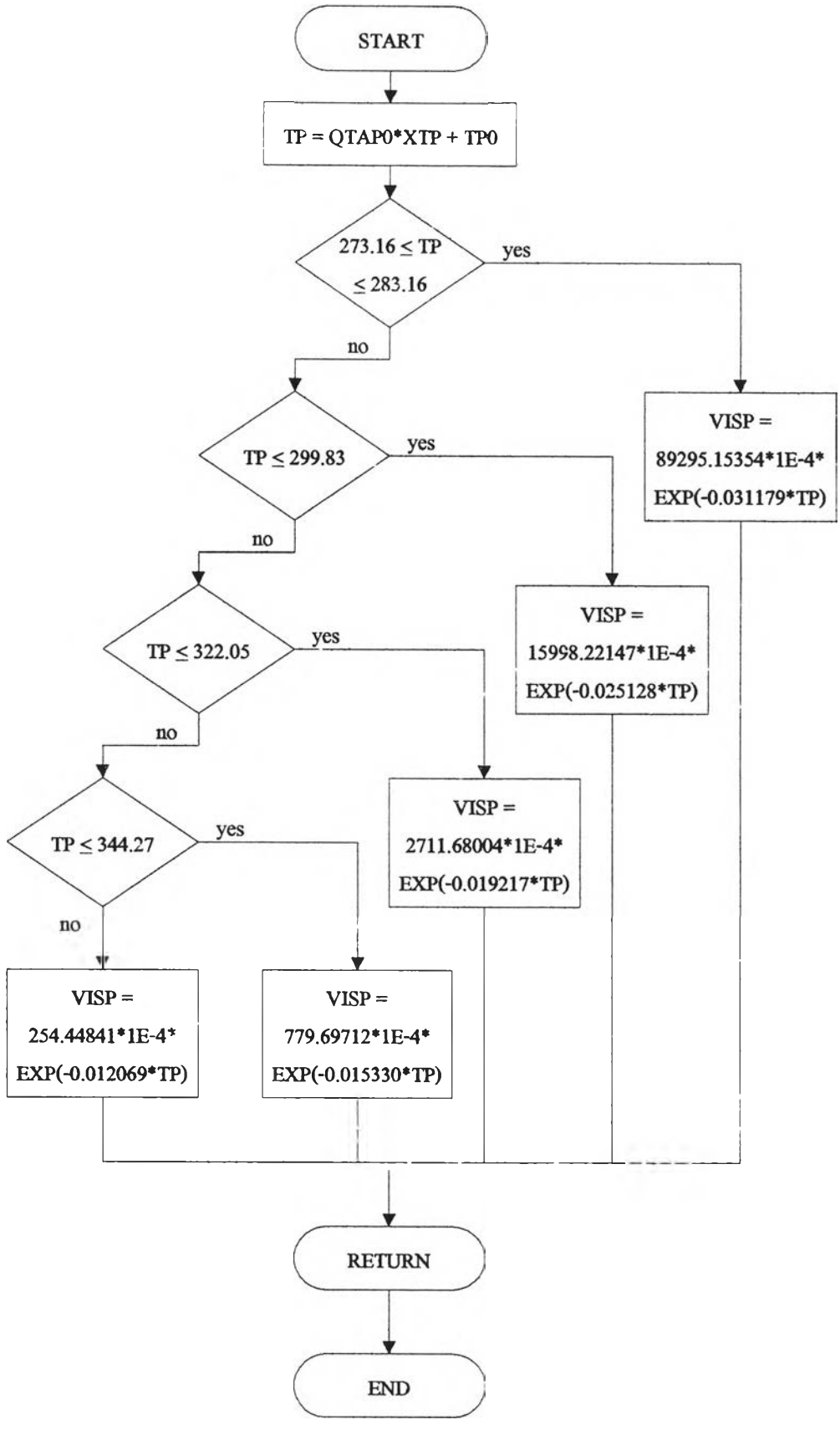
รูป ญ.15 ผังการคำนวณของฟังก์ชัน CH



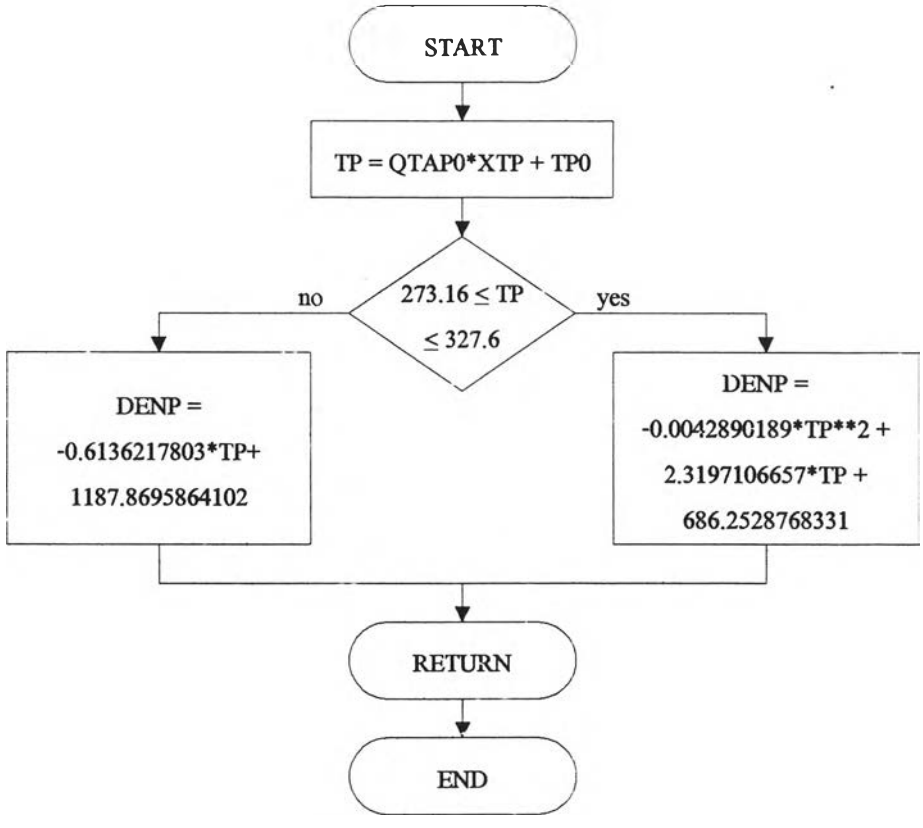
รูป ญ.16 ผังการคำนวณของฟังก์ชัน HVP



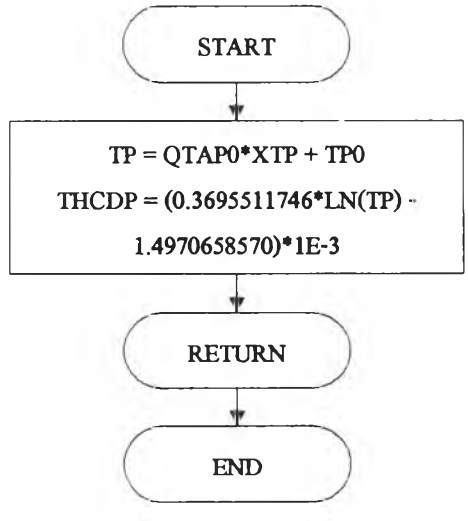
รูป ญ.17 ผังการคำนวณของฟังก์ชัน HSA



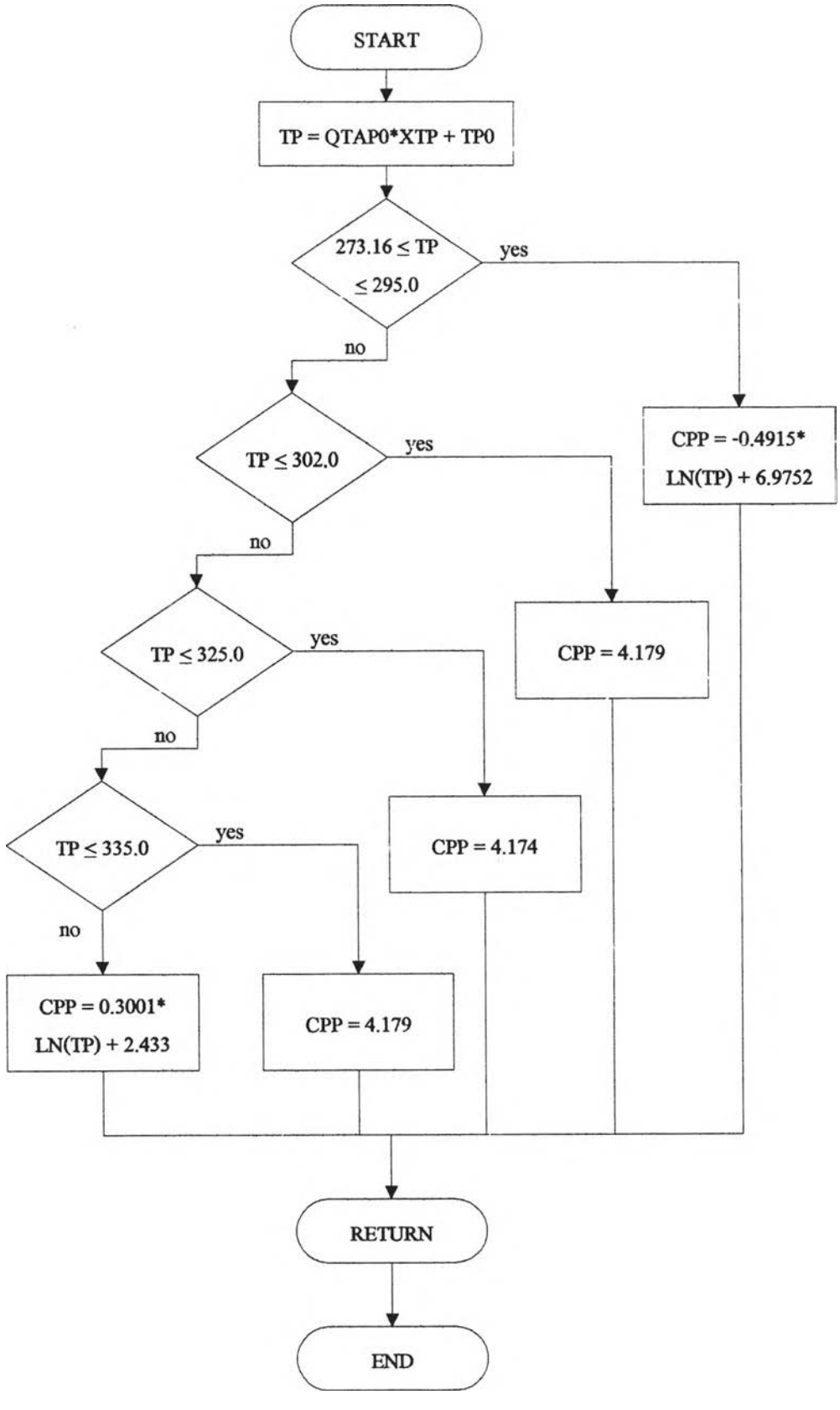
รูป ฌ.18 ผังการคำนวณของฟังก์ชัน VISP



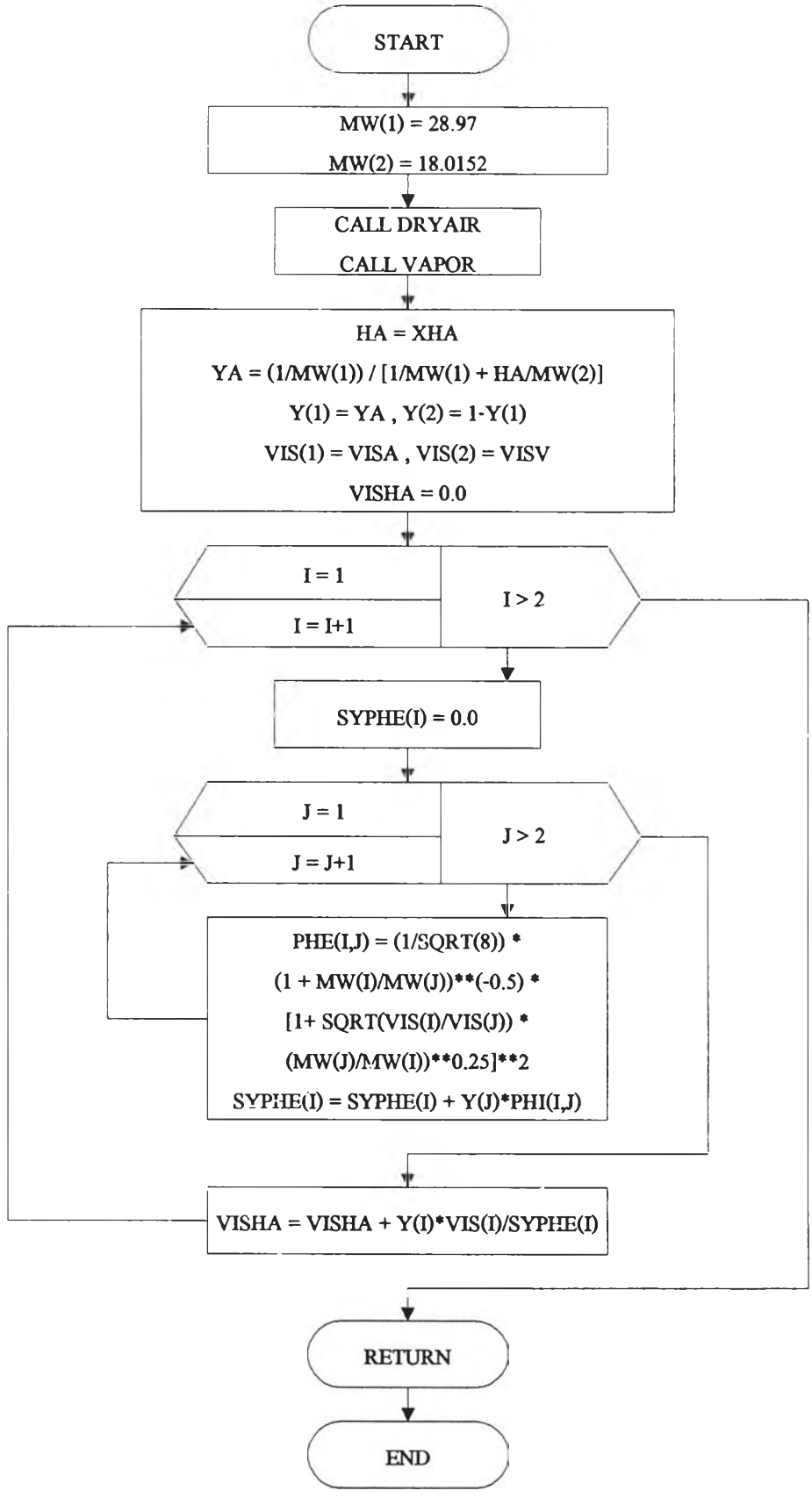
รูป ญ.19 ผังการคำนวณของฟังก์ชัน DENP



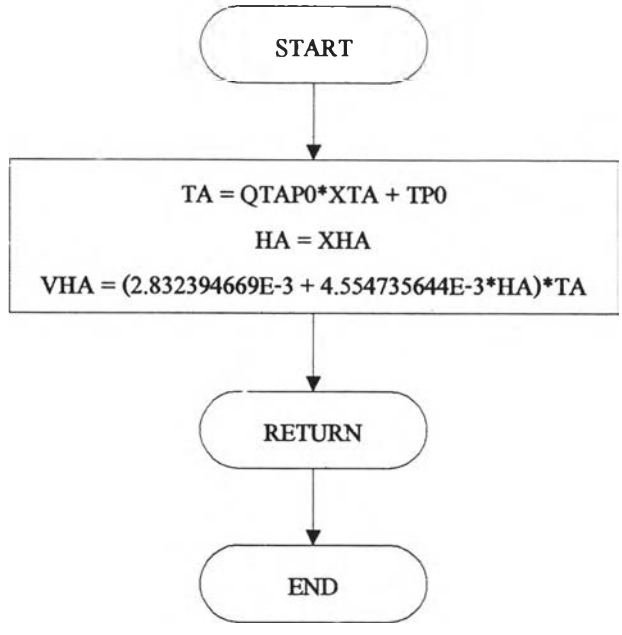
รูป ญ.20 ผังการคำนวณของฟังก์ชัน THCDP



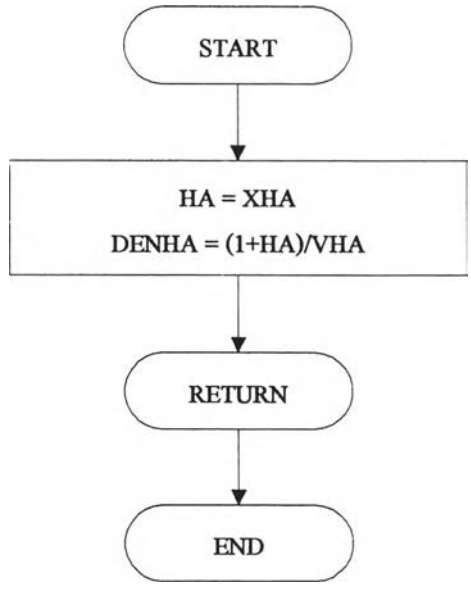
รูป ญ.21 ผังการคำนวณของฟังก์ชัน CPP



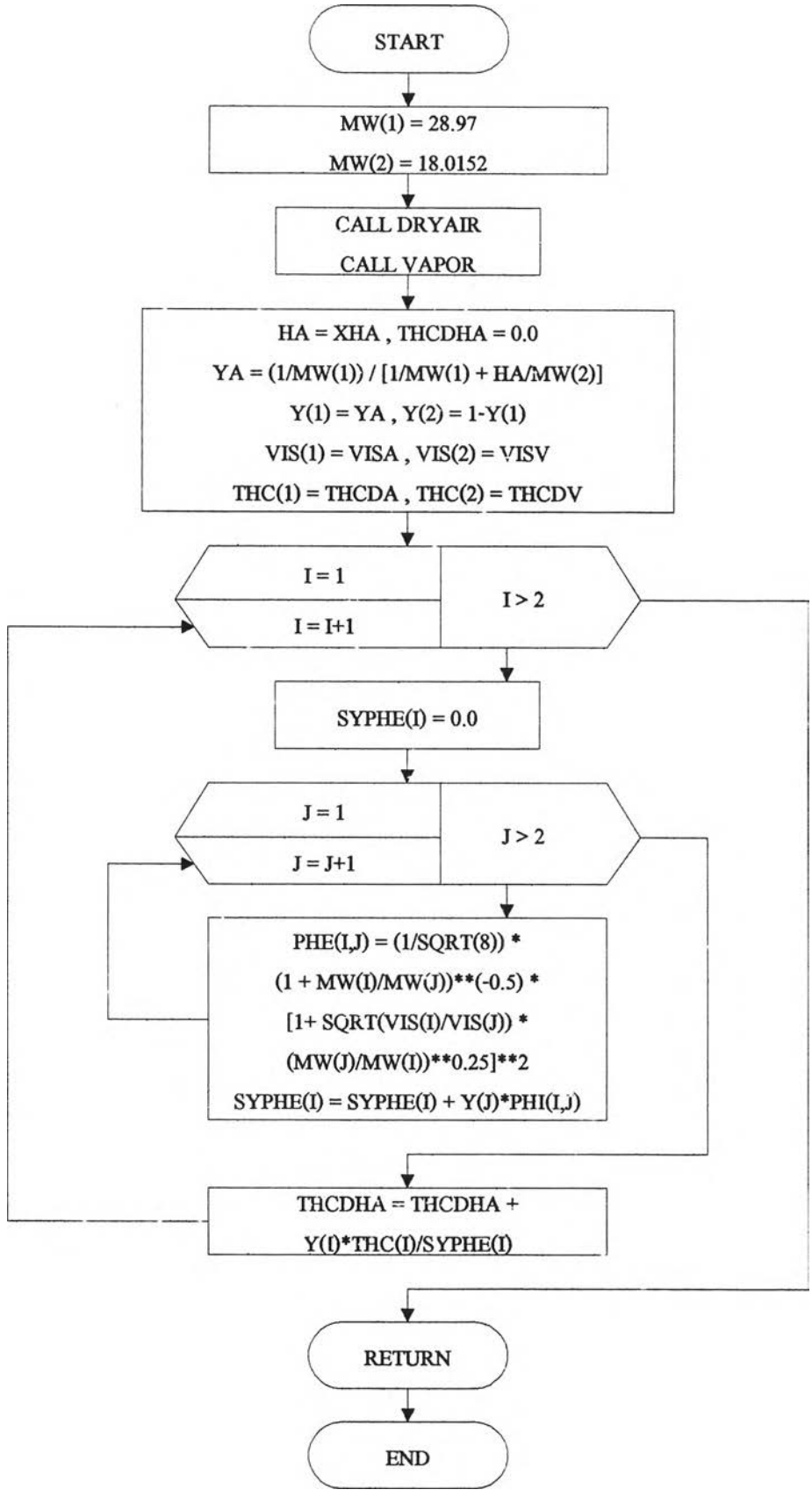
รูป ญ.22 ผังการคำนวณของฟังก์ชัน VISHA



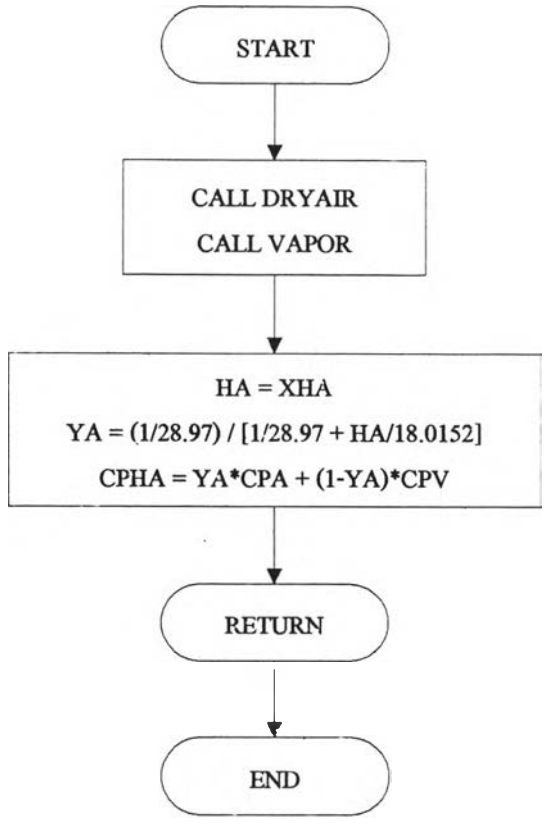
รูป ญ.23 ผังการคำนวณของฟังก์ชัน VHA



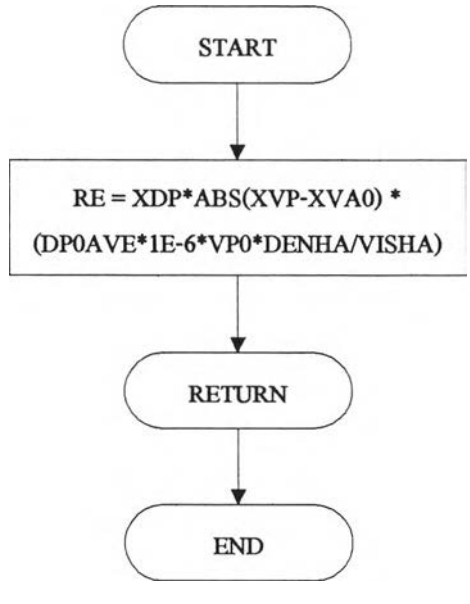
รูป ญ.24 ผังการคำนวณของฟังก์ชัน DENHA



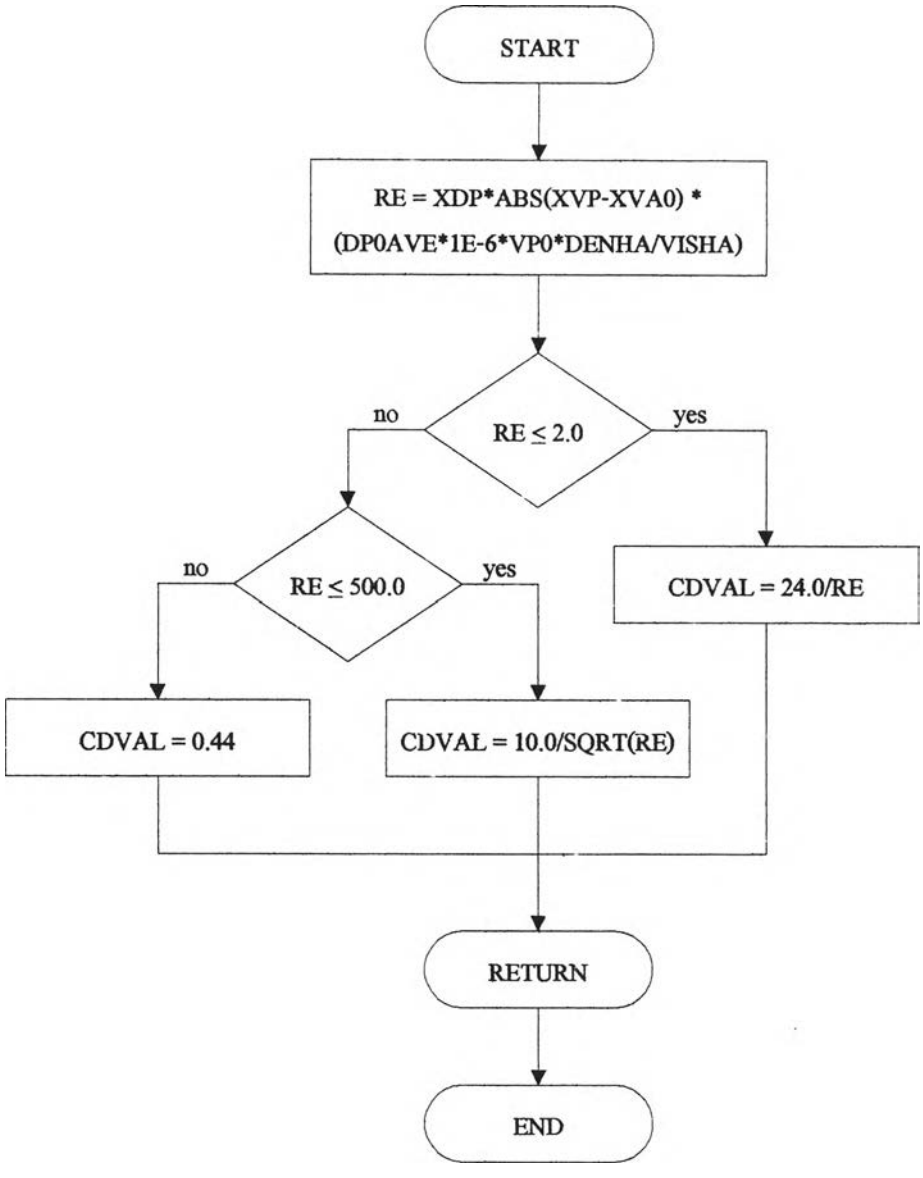
รูป ญ.25 ผังการคำนวณของฟังก์ชัน THCDHA



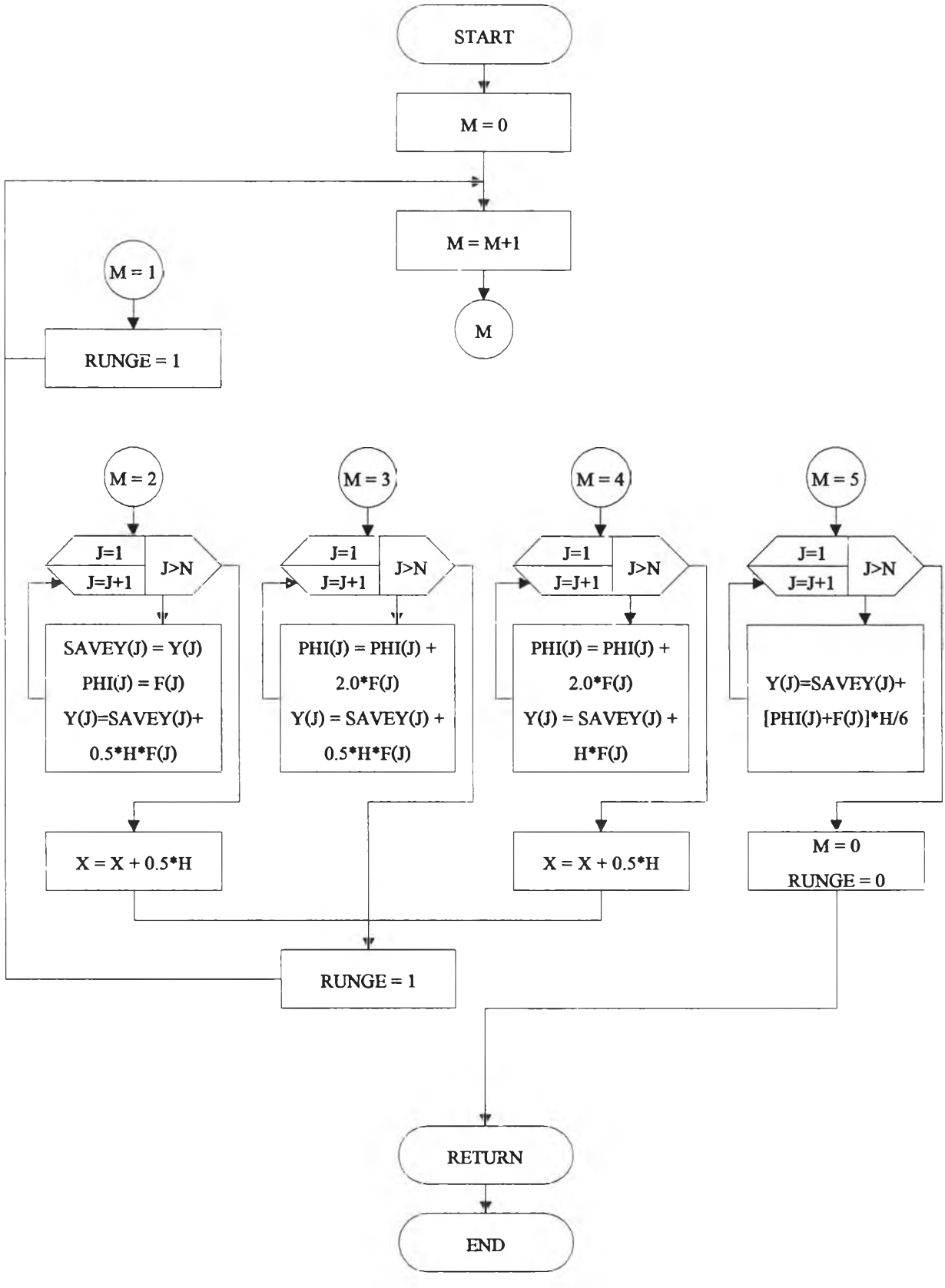
รูป ฌ.26 ผังการคำนวณของฟังก์ชัน CPHA



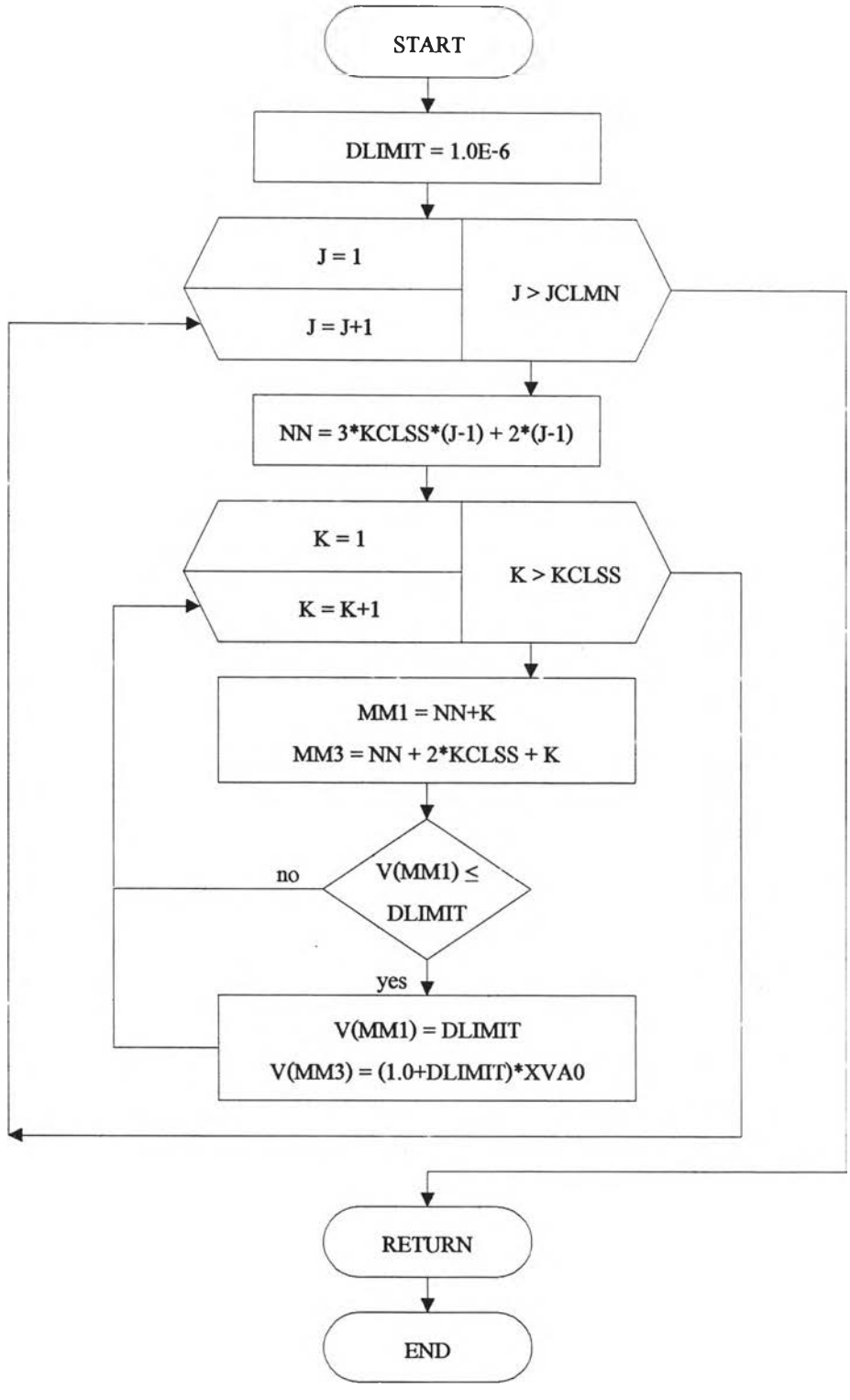
รูป ฌ.27 ผังการคำนวณของฟังก์ชัน RE



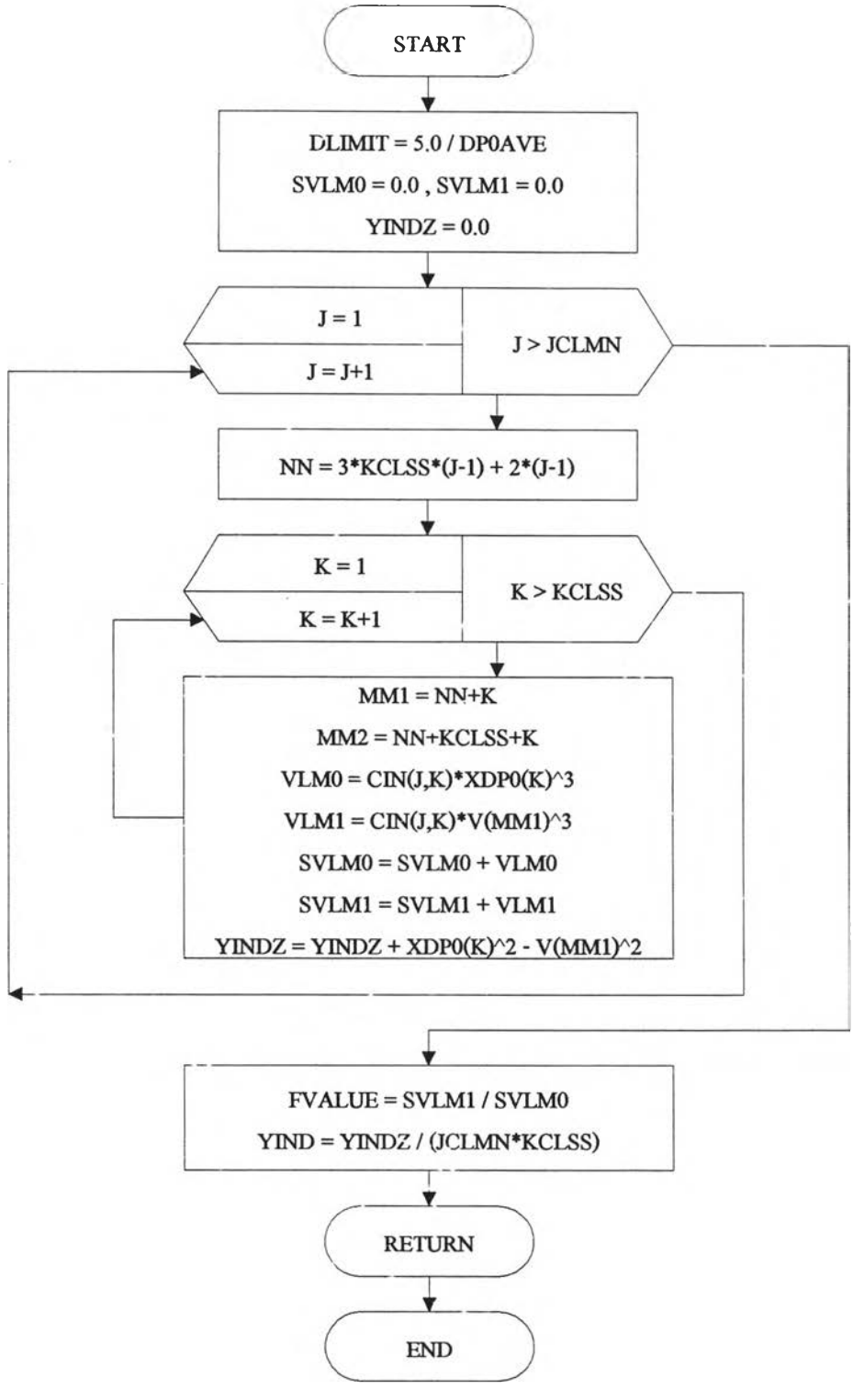
รูป ญ.28 ผังการคำนวณของฟังก์ชัน CDVAL



รูป ฌ.29 ผังการคำนวณของฟังก์ชัน RUNGE



รูป ญ.30 ผังการคำนวณของสับรูทีน CHECKV



รูป ญ.31 ผังการคำนวณของสับรูทีน YINDEX

ภาคผนวก ฐ

ตัวอย่างผลการจำลองเครื่องระเหยหยดน้ำ

ผลการจำลองเครื่องระเหยหยดน้ำ กรณีที่หยดน้ำมีหลายขนาดและมีการกระจายแบบ log-normal,σ=0.2 และ uniform spray

FILE INPUT2,24/2/1998,LOG-NORMAL,ZIGMA=0.2,D=200 MICRON,5 COLUMN,20 CLASS

==========
========== NECCESSARY DATA INPUT ==========
==========

== DIMENSION OF CHAMBER ==

HEIGHT OF CHAMBER = 80.0000 (M)
DIAMETER OF CHAMBER = 4.0000 (M)

== SYSTEM CONFIGURATION ==

NUMBER OF COLUMN OF CHAMBER = 5 (COLUMN)
NUNBER OF CLASS OF DROPLETS SIZE = 20 (CLASS)
HEIGHT OF STARTING INTEGRATION = .0000 (M)
VOLUME FRACTION UNEVAPORATED TO STOP = .100000 (-)
STEP SIZE OF INTEGRATION = .000020 (M)
FREQUENCY OF INTERMEDIATE PRINTOUT = 5000 (STEP)
REFERENCE TEMPERATURE = 273.1600 (K)

%NUMBER OF INLET DROPLETS OF COLUMN 1 = 6.6667 (%)
%NUMBER OF INLET DROPLETS OF COLUMN 2 = 13.3333 (%)
%NUMBER OF INLET DROPLETS OF COLUMN 3 = 20.0000 (%)
%NUMBER OF INLET DROPLETS OF COLUMN 4 = 26.6667 (%)
%NUMBER OF INLET DROPLETS OF COLUMN 5 = 33.3333 (%)

CLASS NO.	%NO.DROPLET COLUMN 1	%NO.DROPLET COLUMN 2	%NO.DROPLET COLUMN 3	%NO.DROPLET COLUMN 4	%NO.DROPLET COLUMN 5
1	.53281E-12	.53281E-12	.53281E-12	.53281E-12	.53281E-12
2	.99757E-03	.99757E-03	.99757E-03	.99757E-03	.99757E-03
3	.12597E+01	.12597E+01	.12597E+01	.12597E+01	.12597E+01
4	.19934E+02	.19934E+02	.19934E+02	.19934E+02	.19934E+02
5	.41207E+02	.41207E+02	.41207E+02	.41207E+02	.41207E+02
6	.26620E+02	.26620E+02	.26620E+02	.26620E+02	.26620E+02
7	.86956E+01	.86956E+01	.86956E+01	.86956E+01	.86956E+01
8	.19000E+01	.19000E+01	.19000E+01	.19000E+01	.19000E+01
9	.32705E+00	.32705E+00	.32705E+00	.32705E+00	.32705E+00
10	.48919E-01	.48919E-01	.48919E-01	.48919E-01	.48919E-01
11	.67564E-02	.67564E-02	.67564E-02	.67564E-02	.67564E-02
12	.89553E-03	.89553E-03	.89553E-03	.89553E-03	.89553E-03
13	.11681E-03	.11681E-03	.11681E-03	.11681E-03	.11681E-03
14	.15242E-04	.15242E-04	.15242E-04	.15242E-04	.15242E-04
15	.20120E-05	.20120E-05	.20120E-05	.20120E-05	.20120E-05
16	.27063E-06	.27063E-06	.27063E-06	.27063E-06	.27063E-06
17	.37274E-07	.37274E-07	.37274E-07	.37274E-07	.37274E-07
18	.52735E-08	.52735E-08	.52735E-08	.52735E-08	.52735E-08
19	.76789E-09	.76789E-09	.76789E-09	.76789E-09	.76789E-09
20	.11521E-09	.11521E-09	.11521E-09	.11521E-09	.11521E-09
TOTAL %NO.	.10000E+03	.10000E+03	.10000E+03	.10000E+03	.10000E+03

== PROPERTY OF INLET DROPLETS ==

TOTAL NUMBER OF INLET DROPLETS = 8767245.0 (DROPS)
MAXIMUM INLET DROPLETS SIZE DIAMETER = 800.0 (MICRON)
MINIMUM INLET DROPLETS SIZE DIAMETER = .0 (MICRON)
TEMPERATURE = 333.1600 (K)
VELOCITY = 40.8000 (M/S)

== PROPERTY OF INLET HUMID AIR ==

TEMPERATURE = 533.16000 (K)
HUMIDITY = .00000E+00 (KG VAPOR/KG DRY AIR)
MASS FLOW RATE OF INLET AIR = .5298 (KG DRY AIR/M^2*SEC)

========== SHOW DATA FROM CALCULATION AT Z=Z0 ==========

== SYSTEM CONFIGURATION ==

RADIUS FROM CENTRE OF CHAMBER OF COLUMN 1 = .8944 (M)
RADIUS FROM CENTRE OF CHAMBER OF COLUMN 2 = 1.2649 (M)
RADIUS FROM CENTRE OF CHAMBER OF COLUMN 3 = 1.5492 (M)
RADIUS FROM CENTRE OF CHAMBER OF COLUMN 4 = 1.7889 (M)
RADIUS FROM CENTRE OF CHAMBER OF COLUMN 5 = 2.0000 (M)

DROPLET CLASS SIZE (MICRON)	DIAMETER REPRESENTING INTERVAL	NUMBER OF DROPLETS	%NUMBER OF DROPLETS
.0 - 40.0	20.0	.46713E-07	.53281E-12
40.0 - 80.0	60.0	.87459E+02	.99757E-03
80.0 - 120.0	100.0	.11044E+06	.12597E+01
120.0 - 160.0	140.0	.17477E+07	.19934E+02
160.0 - 200.0	180.0	.36127E+07	.41207E+02
200.0 - 240.0	220.0	.23338E+07	.26620E+02
240.0 - 280.0	260.0	.76236E+06	.86956E+01
280.0 - 320.0	300.0	.16658E+06	.19000E+01
320.0 - 360.0	340.0	.28673E+05	.32705E+00
360.0 - 400.0	380.0	.42888E+04	.48919E-01
400.0 - 440.0	420.0	.59235E+03	.67564E-02
440.0 - 480.0	460.0	.78513E+02	.89553E-03
480.0 - 520.0	500.0	.10241E+02	.11681E-03
520.0 - 560.0	540.0	.13363E+01	.15242E-04
560.0 - 600.0	580.0	.17640E+00	.20120E-05
600.0 - 640.0	620.0	.23727E-01	.27063E-06
640.0 - 680.0	660.0	.32679E-02	.37274E-07
680.0 - 720.0	700.0	.46234E-03	.52735E-08
720.0 - 760.0	740.0	.67323E-04	.76789E-09
760.0 - 800.0	780.0	.10101E-04	.11521E-09
TOTAL NO.		.87672E+07	.10000E+03

DROPLET CLASS SIZE (MICRON)	NO.DROPLET COLUMN 1	NO.DROPLET COLUMN 2	NO.DROPLET COLUMN 3	NO.DROPLET COLUMN 4	NO.DROPLET COLUMN 5
.0 - 40.0	.31142E-08	.62284E-08	.93426E-08	.12457E-07	.15571E-07
40.0 - 80.0	.58306E+01	.11661E+02	.17492E+02	.23323E+02	.29153E+02
80.0 - 120.0	.73627E+04	.14725E+05	.22088E+05	.29451E+05	.36814E+05
120.0 - 160.0	.11651E+06	.23302E+06	.34953E+06	.46604E+06	.58255E+06
160.0 - 200.0	.24085E+06	.48170E+06	.72254E+06	.96339E+06	.12042E+07
200.0 - 240.0	.15559E+06	.31110E+06	.46677E+06	.62236E+06	.77795E+06
240.0 - 280.0	.50824E+05	.10165E+06	.15247E+06	.20330E+06	.25412E+06
280.0 - 320.0	.11105E+05	.22210E+05	.33316E+05	.44421E+05	.55526E+05
320.0 - 360.0	.19116E+04	.38231E+04	.57347E+04	.76462E+04	.95578E+04
360.0 - 400.0	.28592E+03	.57185E+03	.85777E+03	.11437E+04	.14296E+04
400.0 - 440.0	.39490E+02	.78980E+02	.11847E+03	.15796E+03	.19745E+03
440.0 - 480.0	.52342E+01	.10468E+02	.15703E+02	.20937E+02	.26171E+02
480.0 - 520.0	.68273E+00	.13655E+01	.20482E+01	.27309E+01	.34137E+01
520.0 - 560.0	.89087E-01	.17817E+00	.26726E+00	.35635E+00	.44543E+00
560.0 - 600.0	.11760E-01	.23520E-01	.35279E-01	.47039E-01	.58799E-01
600.0 - 640.0	.15818E-02	.31636E-02	.47454E-02	.63271E-02	.79089E-02
640.0 - 680.0	.21786E-03	.43572E-03	.65358E-03	.87144E-03	.10893E-02
680.0 - 720.0	.30823E-04	.61645E-04	.92468E-04	.12329E-03	.15411E-03
720.0 - 760.0	.44882E-05	.89764E-05	.13465E-04	.17953E-04	.22441E-04
760.0 - 800.0	.67338E-06	.13468E-05	.20201E-05	.26935E-05	.33669E-05
TOTAL NO.	.58448E+06	.11690E+07	.17534E+07	.23379E+07	.29224E+07

DROPLET CLASS SIZE (MICRON)	XN(J,K) COLUMN 1	XN(J,K) COLUMN 2	XN(J,K) COLUMN 3	XN(J,K) COLUMN 4	XN(J,K) COLUMN 5
.0 - 40.0	.53640E-21	.10728E-20	.16092E-20	.21456E-20	.26820E-20
40.0 - 80.0	.10043E-11	.20086E-11	.30129E-11	.40172E-11	.50215E-11

80.0 -	120.0	.12682E-08	.25364E-08	.38046E-08	.50728E-08	.63410E-08
120.0 -	160.0	.20068E-07	.40137E-07	.60205E-07	.80274E-07	.10034E-06
160.0 -	200.0	.41485E-07	.82970E-07	.12445E-06	.16594E-06	.20742E-06
200.0 -	240.0	.26799E-07	.53599E-07	.80398E-07	.10720E-06	.13400E-06
240.0 -	280.0	.87542E-08	.17508E-07	.26263E-07	.35017E-07	.43771E-07
280.0 -	320.0	.19128E-08	.38256E-08	.57384E-08	.76512E-08	.95640E-08
320.0 -	360.0	.32925E-09	.65851E-09	.98776E-09	.13170E-08	.16463E-08
360.0 -	400.0	.49249E-10	.98498E-10	.14775E-09	.19700E-09	.24624E-09
400.0 -	440.0	.68019E-11	.13604E-10	.20406E-10	.27208E-10	.34010E-10
440.0 -	480.0	.90157E-12	.18031E-11	.27047E-11	.36063E-11	.45078E-11
480.0 -	520.0	.11760E-12	.23519E-12	.35279E-12	.47039E-12	.58799E-12
520.0 -	560.0	.15345E-13	.30690E-13	.46034E-13	.61379E-13	.76724E-13
560.0 -	600.0	.20256E-14	.40511E-14	.60767E-14	.81023E-14	.10128E-13
600.0 -	640.0	.27245E-15	.54491E-15	.81736E-15	.10898E-14	.13623E-14
640.0 -	680.0	.37525E-16	.75051E-16	.11258E-15	.15010E-15	.18763E-15
680.0 -	720.0	.53091E-17	.10618E-16	.15927E-16	.21236E-16	.26545E-16
720.0 -	760.0	.77307E-18	.15461E-17	.23192E-17	.30923E-17	.38653E-17
760.0 -	800.0	.11599E-18	.23197E-18	.34796E-18	.46395E-18	.57993E-18

CLASS NO.	DROPLET CLASS SIZE (MICRON)	Relative Re(-)	CD(-)	hc(KJ/M^2*S*K)
1	.0 - 40.0	18.9616	.22965E+01	8.5354
2	40.0 - 80.0	56.8848	.13259E+01	4.0506
3	80.0 - 120.0	94.8080	.10270E+01	2.9283
4	120.0 - 160.0	132.7312	.86799E+00	2.3808
5	160.0 - 200.0	170.6544	.76549E+00	2.0461
6	200.0 - 240.0	208.5775	.69241E+00	1.8163
7	240.0 - 280.0	246.5007	.63693E+00	1.6467
8	280.0 - 320.0	284.4240	.59295E+00	1.5152
9	320.0 - 360.0	322.3471	.55698E+00	1.4096
10	360.0 - 400.0	360.2703	.52685E+00	1.3225
11	400.0 - 440.0	398.1935	.50113E+00	1.2492
12	440.0 - 480.0	436.1167	.47885E+00	1.1864
13	480.0 - 520.0	474.0399	.45930E+00	1.1318
14	520.0 - 560.0	511.9631	.44000E+00	1.0839
15	560.0 - 600.0	549.8863	.44000E+00	1.0413
16	600.0 - 640.0	587.8095	.44000E+00	1.0032
17	640.0 - 680.0	625.7327	.44000E+00	.9689
18	680.0 - 720.0	663.6559	.44000E+00	.9377
19	720.0 - 760.0	701.5790	.44000E+00	.9093
20	760.0 - 800.0	739.5023	.44000E+00	.8832

== PROPERTY OF INLET DROPLETS ==

TEMPERATURE	= 333.16000	(K)
DENSITY	= 983.43540	(KG/M^3)
VISCOSITY	= .47194E-03	(KG/M*S)
HEAT CAPACITY	= 4.17900	(KJ/(KG*K))
VELOCITY	= 40.80000	(M/S)
LATENT HEAT OF VAPORIZATION	= 2358.88500	(KJ/KG WATER)
SATURATED HUMIDITY	= .15362E+00	(KG VAPOR/KG DRYAIR)
THERMAL CONDUCTIVITY	= .64952E-03	(KJ/(M*S*K))

== PROPERTY OF INLET HUMID AIR ==

TEMPERATURE	= 533.16000	(K)
DENSITY	= .66220	(KG/M^3)
VISCOSITY	= .27939E-04	(KG/M*S)
HEAT CAPACITY	= 1.03672	(KJ/(KG*K))
VELOCITY	= .80000	(M/S)
MASS FLOW RATE	= .52976E+00	(KG DRY AIR/M^2*SEC)
HUMIDITY	= .00000E+00	(KG VAPOR/KG DRYAIR)
SATURATED HUMIDITY	= .21287E+11	(KG VAPOR/KG DRYAIR)
THERMAL CONDUCTIVITY	= .42572E-04	(KJ/(M*S*K))

AT Z (M) = .0000

COLUMN 1	XDP0(-)	XTP0(-)	XVP0(-)	DP0(MICRON)	TP0(K)	VP0(M/S)
CLASS 1	.10441E+00	.00000E+00	.10000E+01	20.0000	333.1600	40.8000
CLASS 2	.31324E+00	.00000E+00	.10000E+01	60.0000	333.1600	40.8000
CLASS 3	.52207E+00	.00000E+00	.10000E+01	100.0000	333.1600	40.8000
CLASS 4	.73090E+00	.00000E+00	.10000E+01	140.0000	333.1600	40.8000
CLASS 5	.93973E+00	.00000E+00	.10000E+01	180.0000	333.1600	40.8000
CLASS 6	.11486E+01	.00000E+00	.10000E+01	220.0000	333.1600	40.8000
CLASS 7	.13574E+01	.00000E+00	.10000E+01	260.0000	333.1600	40.8000
CLASS 8	.15662E+01	.00000E+00	.10000E+01	300.0000	333.1600	40.8000
CLASS 9	.17750E+01	.00000E+00	.10000E+01	340.0000	333.1600	40.8000
CLASS 10	.19839E+01	.00000E+00	.10000E+01	380.0000	333.1600	40.8000
CLASS 11	.21927E+01	.00000E+00	.10000E+01	420.0000	333.1600	40.8000
CLASS 12	.24015E+01	.00000E+00	.10000E+01	460.0000	333.1600	40.8000
CLASS 13	.26104E+01	.00000E+00	.10000E+01	500.0000	333.1600	40.8000
CLASS 14	.28192E+01	.00000E+00	.10000E+01	540.0000	333.1600	40.8000
CLASS 15	.30280E+01	.00000E+00	.10000E+01	580.0000	333.1600	40.8000
CLASS 16	.32369E+01	.00000E+00	.10000E+01	620.0000	333.1600	40.8000
CLASS 17	.34457E+01	.00000E+00	.10000E+01	660.0000	333.1600	40.8000
CLASS 18	.36545E+01	.00000E+00	.10000E+01	700.0000	333.1600	40.8000
CLASS 19	.38633E+01	.00000E+00	.10000E+01	740.0000	333.1600	40.8000
CLASS 20	.40722E+01	.00000E+00	.10000E+01	780.0000	333.1600	40.8000

AVERAGE OF DROPLETS DIAMETER OF COLUMN (MICRON) = 191.5441
AVERAGE OF DROPLETS TEMPERATURE OF COLUMN (K) = 333.1600

COLUMN 2	XDP0(-)	XTP0(-)	XVP0(-)	DP0(MICRON)	TP0(K)	VP0(M/S)
CLASS 1	.10441E+00	.00000E+00	.10000E+01	20.0000	333.1600	40.8000
CLASS 2	.31324E+00	.00000E+00	.10000E+01	60.0000	333.1600	40.8000
CLASS 3	.52207E+00	.00000E+00	.10000E+01	100.0000	333.1600	40.8000
CLASS 4	.73090E+00	.00000E+00	.10000E+01	140.0000	333.1600	40.8000
CLASS 5	.93973E+00	.00000E+00	.10000E+01	180.0000	333.1600	40.8000
CLASS 6	.11486E+01	.00000E+00	.10000E+01	220.0000	333.1600	40.8000
CLASS 7	.13574E+01	.00000E+00	.10000E+01	260.0000	333.1600	40.8000
CLASS 8	.15662E+01	.00000E+00	.10000E+01	300.0000	333.1600	40.8000
CLASS 9	.17750E+01	.00000E+00	.10000E+01	340.0000	333.1600	40.8000
CLASS 10	.19839E+01	.00000E+00	.10000E+01	380.0000	333.1600	40.8000
CLASS 11	.21927E+01	.00000E+00	.10000E+01	420.0000	333.1600	40.8000
CLASS 12	.24015E+01	.00000E+00	.10000E+01	460.0000	333.1600	40.8000
CLASS 13	.26104E+01	.00000E+00	.10000E+01	500.0000	333.1600	40.8000
CLASS 14	.28192E+01	.00000E+00	.10000E+01	540.0000	333.1600	40.8000
CLASS 15	.30280E+01	.00000E+00	.10000E+01	580.0000	333.1600	40.8000
CLASS 16	.32369E+01	.00000E+00	.10000E+01	620.0000	333.1600	40.8000
CLASS 17	.34457E+01	.00000E+00	.10000E+01	660.0000	333.1600	40.8000
CLASS 18	.36545E+01	.00000E+00	.10000E+01	700.0000	333.1600	40.8000
CLASS 19	.38633E+01	.00000E+00	.10000E+01	740.0000	333.1600	40.8000
CLASS 20	.40722E+01	.00000E+00	.10000E+01	780.0000	333.1600	40.8000

AVERAGE OF DROPLETS DIAMETER OF COLUMN (MICRON) = 191.5441
AVERAGE OF DROPLETS TEMPERATURE OF COLUMN (K) = 333.1601

COLUMN 3	XDP0(-)	XTP0(-)	XVP0(-)	DP0(MICRON)	TP0(K)	VP0(M/S)
CLASS 1	.10441E+00	.00000E+00	.10000E+01	20.0000	333.1600	40.8000
CLASS 2	.31324E+00	.00000E+00	.10000E+01	60.0000	333.1600	40.8000
CLASS 3	.52207E+00	.00000E+00	.10000E+01	100.0000	333.1600	40.8000
CLASS 4	.73090E+00	.00000E+00	.10000E+01	140.0000	333.1600	40.8000
CLASS 5	.93973E+00	.00000E+00	.10000E+01	180.0000	333.1600	40.8000
CLASS 6	.11486E+01	.00000E+00	.10000E+01	220.0000	333.1600	40.8000
CLASS 7	.13574E+01	.00000E+00	.10000E+01	260.0000	333.1600	40.8000
CLASS 8	.15662E+01	.00000E+00	.10000E+01	300.0000	333.1600	40.8000
CLASS 9	.17750E+01	.00000E+00	.10000E+01	340.0000	333.1600	40.8000
CLASS 10	.19839E+01	.00000E+00	.10000E+01	380.0000	333.1600	40.8000
CLASS 11	.21927E+01	.00000E+00	.10000E+01	420.0000	333.1600	40.8000
CLASS 12	.24015E+01	.00000E+00	.10000E+01	460.0000	333.1600	40.8000
CLASS 13	.26104E+01	.00000E+00	.10000E+01	500.0000	333.1600	40.8000
CLASS 14	.28192E+01	.00000E+00	.10000E+01	540.0000	333.1600	40.8000
CLASS 15	.30280E+01	.00000E+00	.10000E+01	580.0000	333.1600	40.8000
CLASS 16	.32369E+01	.00000E+00	.10000E+01	620.0000	333.1600	40.8000
CLASS 17	.34457E+01	.00000E+00	.10000E+01	660.0000	333.1600	40.8000
CLASS 18	.36545E+01	.00000E+00	.10000E+01	700.0000	333.1600	40.8000

CLASS 19	.38633E+01	.00000E+00	.10000E+01	740.0000	333.1600	40.8000
CLASS 20	.40722E+01	.00000E+00	.10000E+01	780.0000	333.1600	40.8000

AVERAGE OF DROPLETS DIAMETER OF COLUMN (MICRON) = 191.5441
AVERAGE OF DROPLETS TEMPERATURE OF COLUMN (K) = 333.1600

COLUMN 4	XDP0(-)	XTP0(-)	XVP0(-)	DP0(MICRON)	TP0(K)	VP0(M/S)
CLASS 1	.10441E+00	.00000E+00	.10000E+01	20.0000	333.1600	40.8000
CLASS 2	.31324E+00	.00000E+00	.10000E+01	60.0000	333.1600	40.8000
CLASS 3	.52207E+00	.00000E+00	.10000E+01	100.0000	333.1600	40.8000
CLASS 4	.73090E+00	.00000E+00	.10000E+01	140.0000	333.1600	40.8000
CLASS 5	.93973E+00	.00000E+00	.10000E+01	180.0000	333.1600	40.8000
CLASS 6	.11486E+01	.00000E+00	.10000E+01	220.0000	333.1600	40.8000
CLASS 7	.13574E+01	.00000E+00	.10000E+01	260.0000	333.1600	40.8000
CLASS 8	.15662E+01	.00000E+00	.10000E+01	300.0000	333.1600	40.8000
CLASS 9	.17750E+01	.00000E+00	.10000E+01	340.0000	333.1600	40.8000
CLASS 10	.19839E+01	.00000E+00	.10000E+01	380.0000	333.1600	40.8000
CLASS 11	.21927E+01	.00000E+00	.10000E+01	420.0000	333.1600	40.8000
CLASS 12	.24015E+01	.00000E+00	.10000E+01	460.0000	333.1600	40.8000
CLASS 13	.26104E+01	.00000E+00	.10000E+01	500.0000	333.1600	40.8000
CLASS 14	.28192E+01	.00000E+00	.10000E+01	540.0000	333.1600	40.8000
CLASS 15	.30280E+01	.00000E+00	.10000E+01	580.0000	333.1600	40.8000
CLASS 16	.32369E+01	.00000E+00	.10000E+01	620.0000	333.1600	40.8000
CLASS 17	.34457E+01	.00000E+00	.10000E+01	660.0000	333.1600	40.8000
CLASS 18	.36545E+01	.00000E+00	.10000E+01	700.0000	333.1600	40.8000
CLASS 19	.38633E+01	.00000E+00	.10000E+01	740.0000	333.1600	40.8000
CLASS 20	.40722E+01	.00000E+00	.10000E+01	780.0000	333.1600	40.8000

AVERAGE OF DROPLETS DIAMETER OF COLUMN (MICRON) = 191.5441
AVERAGE OF DROPLETS TEMPERATURE OF COLUMN (K) = 333.1600

COLUMN 5	XDP0(-)	XTP0(-)	XVP0(-)	DP0(MICRON)	TP0(K)	VP0(M/S)
CLASS 1	.10441E+00	.00000E+00	.10000E+01	20.0000	333.1600	40.8000
CLASS 2	.31324E+00	.00000E+00	.10000E+01	60.0000	333.1600	40.8000
CLASS 3	.52207E+00	.00000E+00	.10000E+01	100.0000	333.1600	40.8000
CLASS 4	.73090E+00	.00000E+00	.10000E+01	140.0000	333.1600	40.8000
CLASS 5	.93973E+00	.00000E+00	.10000E+01	180.0000	333.1600	40.8000
CLASS 6	.11486E+01	.00000E+00	.10000E+01	220.0000	333.1600	40.8000
CLASS 7	.13574E+01	.00000E+00	.10000E+01	260.0000	333.1600	40.8000
CLASS 8	.15662E+01	.00000E+00	.10000E+01	300.0000	333.1600	40.8000
CLASS 9	.17750E+01	.00000E+00	.10000E+01	340.0000	333.1600	40.8000
CLASS 10	.19839E+01	.00000E+00	.10000E+01	380.0000	333.1600	40.8000
CLASS 11	.21927E+01	.00000E+00	.10000E+01	420.0000	333.1600	40.8000
CLASS 12	.24015E+01	.00000E+00	.10000E+01	460.0000	333.1600	40.8000
CLASS 13	.26104E+01	.00000E+00	.10000E+01	500.0000	333.1600	40.8000
CLASS 14	.28192E+01	.00000E+00	.10000E+01	540.0000	333.1600	40.8000
CLASS 15	.30280E+01	.00000E+00	.10000E+01	580.0000	333.1600	40.8000
CLASS 16	.32369E+01	.00000E+00	.10000E+01	620.0000	333.1600	40.8000
CLASS 17	.34457E+01	.00000E+00	.10000E+01	660.0000	333.1600	40.8000
CLASS 18	.36545E+01	.00000E+00	.10000E+01	700.0000	333.1600	40.8000
CLASS 19	.38633E+01	.00000E+00	.10000E+01	740.0000	333.1600	40.8000
CLASS 20	.40722E+01	.00000E+00	.10000E+01	780.0000	333.1600	40.8000

AVERAGE OF DROPLETS DIAMETER OF COLUMN (MICRON) = 191.5441
AVERAGE OF DROPLETS TEMPERATURE OF COLUMN (K) = 333.1600

XTA0 (-) = .10000E+01	TA0 (K)	=	533.1600
XHA0 (-) = .00000E+00	HA0 (KG VAPOR/KG DRY AIR)	=	.00000E+00
TWB0 (K) = 323.4966	HWB0 (KG VAPOR/KG DRY AIR)	=	.88459E-01
QTAP0 (K) = 200.0000	HSA0 (KG VAPOR/KG DRY AIR)	=	.15362E+00
XVA0 (-) = .19608E-01	VA0 (M/S)	=	.8000
XTR (-) = -.30000E+00	TR (K)	=	273.1600
FVALUE (-) = .10000E+01	YIND (-)	=	.00000E+00

TOTAL AVERAGE OF DROPLETS DIAMETER = 191.5441 (MICRON)
TOTAL AVERAGE OF DROPLETS TEMPERATURE = 333.1600 (K)
TOTAL AVERAGE OF AIR TEMPERATURE = 533.1600 (K)
TOTAL AVERAGE OF AIR HUMIDITY = .00000E+00 (KG VAPOR/KG DRY AIR)

========== SHOW DATA FROM SIMULATION ==========

AT Z (M) = .0000

COLUMN 1	XDP(-)	XTP(-)	XVP(-)	DP(MICRON)	TP(K)	VP(M/S)
CLASS 1	.10441E+00	.00000E+00	.10000E+01	20.0000	333.1600	40.8000
CLASS 2	.31324E+00	.00000E+00	.10000E+01	60.0000	333.1600	40.8000
CLASS 3	.52207E+00	.00000E+00	.10000E+01	100.0000	333.1600	40.8000
CLASS 4	.73090E+00	.00000E+00	.10000E+01	140.0000	333.1600	40.8000
CLASS 5	.93973E+00	.00000E+00	.10000E+01	180.0000	333.1600	40.8000
CLASS 6	.11486E+01	.00000E+00	.10000E+01	220.0000	333.1600	40.8000
CLASS 7	.13574E+01	.00000E+00	.10000E+01	260.0000	333.1600	40.8000
CLASS 8	.15662E+01	.00000E+00	.10000E+01	300.0000	333.1600	40.8000
CLASS 9	.17750E+01	.00000E+00	.10000E+01	340.0000	333.1600	40.8000
CLASS 10	.19839E+01	.00000E+00	.10000E+01	380.0000	333.1600	40.8000
CLASS 11	.21927E+01	.00000E+00	.10000E+01	420.0000	333.1600	40.8000
CLASS 12	.24015E+01	.00000E+00	.10000E+01	460.0000	333.1600	40.8000
CLASS 13	.26104E+01	.00000E+00	.10000E+01	500.0000	333.1600	40.8000
CLASS 14	.28192E+01	.00000E+00	.10000E+01	540.0000	333.1600	40.8000
CLASS 15	.30280E+01	.00000E+00	.10000E+01	580.0000	333.1600	40.8000
CLASS 16	.32369E+01	.00000E+00	.10000E+01	620.0000	333.1600	40.8000
CLASS 17	.34457E+01	.00000E+00	.10000E+01	660.0000	333.1600	40.8000
CLASS 18	.36545E+01	.00000E+00	.10000E+01	700.0000	333.1600	40.8000
CLASS 19	.38633E+01	.00000E+00	.10000E+01	740.0000	333.1600	40.8000
CLASS 20	.40722E+01	.00000E+00	.10000E+01	780.0000	333.1600	40.8000

XTA (-) = .10000E+01 TA (K) = 533.1600
XHA (-) = .00000E+00 HA (KG VAPOR/KG DRY AIR) = .00000E+00
TWB (K) = 323.4966 HWB (KG VAPOR/KG DRY AIR) = .88459E-01
AVERAGE OF DROPLETS DIAMETER OF COLUMN (MICRON) = 200.0005 [BY VOLUME]
AVERAGE OF DROPLETS DIAMETER OF COLUMN (MICRON) = 191.5441 [BY NUMBER]
AVERAGE OF DROPLETS TEMPERATURE OF COLUMN (K) = 333.1600

COLUMN 2	XDP(-)	XTP(-)	XVP(-)	DP(MICRON)	TP(K)	VP(M/S)
CLASS 1	.10441E+00	.00000E+00	.10000E+01	20.0000	333.1600	40.8000
CLASS 2	.31324E+00	.00000E+00	.10000E+01	60.0000	333.1600	40.8000
CLASS 3	.52207E+00	.00000E+00	.10000E+01	100.0000	333.1600	40.8000
CLASS 4	.73090E+00	.00000E+00	.10000E+01	140.0000	333.1600	40.8000
CLASS 5	.93973E+00	.00000E+00	.10000E+01	180.0000	333.1600	40.8000
CLASS 6	.11486E+01	.00000E+00	.10000E+01	220.0000	333.1600	40.8000
CLASS 7	.13574E+01	.00000E+00	.10000E+01	260.0000	333.1600	40.8000
CLASS 8	.15662E+01	.00000E+00	.10000E+01	300.0000	333.1600	40.8000
CLASS 9	.17750E+01	.00000E+00	.10000E+01	340.0000	333.1600	40.8000
CLASS 10	.19839E+01	.00000E+00	.10000E+01	380.0000	333.1600	40.8000
CLASS 11	.21927E+01	.00000E+00	.10000E+01	420.0000	333.1600	40.8000
CLASS 12	.24015E+01	.00000E+00	.10000E+01	460.0000	333.1600	40.8000
CLASS 13	.26104E+01	.00000E+00	.10000E+01	500.0000	333.1600	40.8000
CLASS 14	.28192E+01	.00000E+00	.10000E+01	540.0000	333.1600	40.8000
CLASS 15	.30280E+01	.00000E+00	.10000E+01	580.0000	333.1600	40.8000
CLASS 16	.32369E+01	.00000E+00	.10000E+01	620.0000	333.1600	40.8000
CLASS 17	.34457E+01	.00000E+00	.10000E+01	660.0000	333.1600	40.8000
CLASS 18	.36545E+01	.00000E+00	.10000E+01	700.0000	333.1600	40.8000
CLASS 19	.38633E+01	.00000E+00	.10000E+01	740.0000	333.1600	40.8000
CLASS 20	.40722E+01	.00000E+00	.10000E+01	780.0000	333.1600	40.8000

XTA (-) = .10000E+01 TA (K) = 533.1600
XHA (-) = .00000E+00 HA (KG VAPOR/KG DRY AIR) = .00000E+00
TWB (K) = 323.4966 HWB (KG VAPOR/KG DRY AIR) = .88459E-01
AVERAGE OF DROPLETS DIAMETER OF COLUMN (MICRON) = 200.0004 [BY VOLUME]
AVERAGE OF DROPLETS DIAMETER OF COLUMN (MICRON) = 191.5441 [BY NUMBER]
AVERAGE OF DROPLETS TEMPERATURE OF COLUMN (K) = 333.1601

COLUMN 3	XDP(-)	XTP(-)	XVP(-)	DP(MICRON)	TP(K)	VP(M/S)
CLASS 1	.10441E+00	.00000E+00	.10000E+01	20.0000	333.1600	40.8000
CLASS 2	.31324E+00	.00000E+00	.10000E+01	60.0000	333.1600	40.8000

CLASS 3	.52207E+00	.00000E+00	.10000E+01	100.0000	333.1600	40.8000
CLASS 4	.73090E+00	.00000E+00	.10000E+01	140.0000	333.1600	40.8000
CLASS 5	.93973E+00	.00000E+00	.10000E+01	180.0000	333.1600	40.8000
CLASS 6	.11486E+01	.00000E+00	.10000E+01	220.0000	333.1600	40.8000
CLASS 7	.13574E+01	.00000E+00	.10000E+01	260.0000	333.1600	40.8000
CLASS 8	.15662E+01	.00000E+00	.10000E+01	300.0000	333.1600	40.8000
CLASS 9	.17750E+01	.00000E+00	.10000E+01	340.0000	333.1600	40.8000
CLASS 10	.19839E+01	.00000E+00	.10000E+01	380.0000	333.1600	40.8000
CLASS 11	.21927E+01	.00000E+00	.10000E+01	420.0000	333.1600	40.8000
CLASS 12	.24015E+01	.00000E+00	.10000E+01	460.0000	333.1600	40.8000
CLASS 13	.26104E+01	.00000E+00	.10000E+01	500.0000	333.1600	40.8000
CLASS 14	.28192E+01	.00000E+00	.10000E+01	540.0000	333.1600	40.8000
CLASS 15	.30280E+01	.00000E+00	.10000E+01	580.0000	333.1600	40.8000
CLASS 16	.32369E+01	.00000E+00	.10000E+01	620.0000	333.1600	40.8000
CLASS 17	.34457E+01	.00000E+00	.10000E+01	660.0000	333.1600	40.8000
CLASS 18	.36545E+01	.00000E+00	.10000E+01	700.0000	333.1600	40.8000
CLASS 19	.38633E+01	.00000E+00	.10000E+01	740.0000	333.1600	40.8000
CLASS 20	.40722E+01	.00000E+00	.10000E+01	780.0000	333.1600	40.8000

XTA (-) = .10000E+01 TA (K) = 533.1600
XHA (-) = .00000E+00 HA (KG VAPOR/KG DRY AIR) = .00000E+00
TWB (K) = 323.4966 HWB (KG VAPOR/KG DRY AIR) = .88459E-01
AVERAGE OF DROPLETS DIAMETER OF COLUMN (MICRON) = 200.0005 [BY VOLUME]
AVERAGE OF DROPLETS DIAMETER OF COLUMN (MICRON) = 191.5441 [BY NUMBER]
AVERAGE OF DROPLETS TEMPERATURE OF COLUMN (K) = 333.1600

COLUMN 4	XDP(-)	XTP(-)	XVP(-)	DP(MICRON)	TP(K)	VP(M/S)
CLASS 1	.10441E+00	.00000E+00	.10000E+01	20.0000	333.1600	40.8000
CLASS 2	.31324E+00	.00000E+00	.10000E+01	60.0000	333.1600	40.8000
CLASS 3	.52207E+00	.00000E+00	.10000E+01	100.0000	333.1600	40.8000
CLASS 4	.73090E+00	.00000E+00	.10000E+01	140.0000	333.1600	40.8000
CLASS 5	.93973E+00	.00000E+00	.10000E+01	180.0000	333.1600	40.8000
CLASS 6	.11486E+01	.00000E+00	.10000E+01	220.0000	333.1600	40.8000
CLASS 7	.13574E+01	.00000E+00	.10000E+01	260.0000	333.1600	40.8000
CLASS 8	.15662E+01	.00000E+00	.10000E+01	300.0000	333.1600	40.8000
CLASS 9	.17750E+01	.00000E+00	.10000E+01	340.0000	333.1600	40.8000
CLASS 10	.19839E+01	.00000E+00	.10000E+01	380.0000	333.1600	40.8000
CLASS 11	.21927E+01	.00000E+00	.10000E+01	420.0000	333.1600	40.8000
CLASS 12	.24015E+01	.00000E+00	.10000E+01	460.0000	333.1600	40.8000
CLASS 13	.26104E+01	.00000E+00	.10000E+01	500.0000	333.1600	40.8000
CLASS 14	.28192E+01	.00000E+00	.10000E+01	540.0000	333.1600	40.8000
CLASS 15	.30280E+01	.00000E+00	.10000E+01	580.0000	333.1600	40.8000
CLASS 16	.32369E+01	.00000E+00	.10000E+01	620.0000	333.1600	40.8000
CLASS 17	.34457E+01	.00000E+00	.10000E+01	660.0000	333.1600	40.8000
CLASS 18	.36545E+01	.00000E+00	.10000E+01	700.0000	333.1600	40.8000
CLASS 19	.38633E+01	.00000E+00	.10000E+01	740.0000	333.1600	40.8000
CLASS 20	.40722E+01	.00000E+00	.10000E+01	780.0000	333.1600	40.8000

XTA (-) = .10000E+01 TA (K) = 533.1600
XHA (-) = .00000E+00 HA (KG VAPOR/KG DRY AIR) = .00000E+00
TWB (K) = 323.4966 HWB (KG VAPOR/KG DRY AIR) = .88459E-01
AVERAGE OF DROPLETS DIAMETER OF COLUMN (MICRON) = 200.0004 [BY VOLUME]
AVERAGE OF DROPLETS DIAMETER OF COLUMN (MICRON) = 191.5441 [BY NUMBER]
AVERAGE OF DROPLETS TEMPERATURE OF COLUMN (K) = 333.1600

COLUMN 5	XDP(-)	XTP(-)	XVP(-)	DP(MICRON)	TP(K)	VP(M/S)
CLASS 1	.10441E+00	.00000E+00	.10000E+01	20.0000	333.1600	40.8000
CLASS 2	.31324E+00	.00000E+00	.10000E+01	60.0000	333.1600	40.8000
CLASS 3	.52207E+00	.00000E+00	.10000E+01	100.0000	333.1600	40.8000
CLASS 4	.73090E+00	.00000E+00	.10000E+01	140.0000	333.1600	40.8000
CLASS 5	.93973E+00	.00000E+00	.10000E+01	180.0000	333.1600	40.8000
CLASS 6	.11486E+01	.00000E+00	.10000E+01	220.0000	333.1600	40.8000
CLASS 7	.13574E+01	.00000E+00	.10000E+01	260.0000	333.1600	40.8000
CLASS 8	.15662E+01	.00000E+00	.10000E+01	300.0000	333.1600	40.8000
CLASS 9	.17750E+01	.00000E+00	.10000E+01	340.0000	333.1600	40.8000
CLASS 10	.19839E+01	.00000E+00	.10000E+01	380.0000	333.1600	40.8000
CLASS 11	.21927E+01	.00000E+00	.10000E+01	420.0000	333.1600	40.8000
CLASS 12	.24015E+01	.00000E+00	.10000E+01	460.0000	333.1600	40.8000
CLASS 13	.26104E+01	.00000E+00	.10000E+01	500.0000	333.1600	40.8000
CLASS 14	.28192E+01	.00000E+00	.10000E+01	540.0000	333.1600	40.8000

CLASS 15	.30280E+01	.00000E+00	.10000E+01	580.0000	333.1600	40.8000
CLASS 16	.32369E+01	.00000E+00	.10000E+01	620.0000	333.1600	40.8000
CLASS 17	.34457E+01	.00000E+00	.10000E+01	660.0000	333.1600	40.8000
CLASS 18	.36545E+01	.00000E+00	.10000E+01	700.0000	333.1600	40.8000
CLASS 19	.38633E+01	.00000E+00	.10000E+01	740.0000	333.1600	40.8000
CLASS 20	.40722E+01	.00000E+00	.10000E+01	780.0000	333.1600	40.8000

XTA (-) = .10000E+01 TA (K) = 533.1600
XHA (-) = .00000E+00 HA (KG VAPOR/KG DRY AIR) = .00000E+00
TWB (K) = 323.4966 HWB (KG VAPOR/KG DRY AIR) = .88459E-01
AVERAGE OF DROPLETS DIAMETER OF COLUMN (MICRON) = 200.0005 [BY VOLUME]
AVERAGE OF DROPLETS DIAMETER OF COLUMN (MICRON) = 191.5441 [BY NUMBER]
AVERAGE OF DROPLETS TEMPERATURE OF COLUMN (K) = 333.1600

FVALUE (-) = .10000E+01 YIND (-) = .00000E+00
TOTAL AVERAGE OF DROPLETS DIAMETER = 200.0005 (MICRON),[BY VOLUME]
TOTAL AVERAGE OF DROPLETS DIAMETER = 191.5441 (MICRON),[BY NUMBER]
TOTAL AVERAGE OF DROPLETS TEMPERATURE = 333.1600 (K)
TOTAL AVERAGE OF AIR TEMPERATURE = 533.1600 (K)
TOTAL AVERAGE OF AIR HUMIDITY = .00000E+00 (KG VAPOR/KG DRY AIR)

AT Z (M) = .1000

COLUMN 1	XDP(-)	XTP(-)	XVP(-)	DP(MICRON)	TP(K)	VP(M/S)
CLASS 1	.00000E+00	-.51217E-01	.19608E-01	.0000	322.9166	.8000
CLASS 2	.00000E+00	-.90109E-01	.19608E-01	.0000	315.1383	.8000
CLASS 3	.41329E+00	-.54336E-01	.24200E-01	79.1637	322.2927	.9874
CLASS 4	.69384E+00	-.54259E-01	.17091E+00	132.9015	322.3081	6.9732
CLASS 5	.91454E+00	-.52397E-01	.35102E+00	175.1752	322.6807	14.3214
CLASS 6	.11284E+01	-.48523E-01	.48680E+00	216.1423	323.4554	19.8614
CLASS 7	.13402E+01	-.43980E-01	.58470E+00	256.7008	324.3640	23.8559
CLASS 8	.15509E+01	-.39542E-01	.65645E+00	297.0748	325.2515	26.7830
CLASS 9	.17612E+01	-.35507E-01	.71037E+00	337.3497	326.0586	28.9831
CLASS 10	.19711E+01	-.31940E-01	.75191E+00	377.5570	326.7719	30.6779
CLASS 11	.21809E+01	-.28825E-01	.78463E+00	417.7297	327.3950	32.0130
CLASS 12	.23904E+01	-.26139E-01	.81088E+00	457.8595	327.9322	33.0841
CLASS 13	.25998E+01	-.23813E-01	.83230E+00	497.9731	328.3975	33.9579
CLASS 14	.28092E+01	-.21776E-01	.85028E+00	538.0833	328.8047	34.6915
CLASS 15	.30185E+01	-.20004E-01	.86430E+00	578.1733	329.1593	35.2633
CLASS 16	.32275E+01	-.18452E-01	.87374E+00	618.1991	329.4695	35.6488
CLASS 17	.34369E+01	-.17078E-01	.88103E+00	658.3150	329.7445	35.9462
CLASS 18	.36462E+01	-.15856E-01	.88754E+00	698.4016	329.9887	36.2114
CLASS 19	.38550E+01	-.14766E-01	.89337E+00	738.4016	330.2068	36.4496
CLASS 20	.40650E+01	-.13787E-01	.89866E+00	778.6299	330.4027	36.6654

XTA (-) = .98497E+00 TA (K) = 533.1600
XHA (-) = .14137E-02 HA (KG VAPOR/KG DRY AIR) = .00000E+00
TWB (K) = 323.5667 HWB (KG VAPOR/KG DRY AIR) = .88812E-01
AVERAGE OF DROPLETS DIAMETER OF COLUMN (MICRON) = 195.7793 [BY VOLUME]
AVERAGE OF DROPLETS DIAMETER OF COLUMN (MICRON) = 186.4984 [BY NUMBER]
AVERAGE OF DROPLETS TEMPERATURE OF COLUMN (K) = 323.5099

COLUMN 2	XDP(-)	XTP(-)	XVP(-)	DP(MICRON)	TP(K)	VP(M/S)
CLASS 1	.00000E+00	-.51582E-01	.19608E-01	.0000	322.8437	.8000
CLASS 2	.00000E+00	-.47454E-01	.19608E-01	.0000	323.6692	.8000
CLASS 3	.41470E+00	-.53690E-01	.24305E-01	79.4337	322.4220	.9916
CLASS 4	.69413E+00	-.53668E-01	.17094E+00	132.9557	322.4265	6.9742
CLASS 5	.91471E+00	-.51898E-01	.35101E+00	175.2077	322.7805	14.3213
CLASS 6	.11285E+01	-.48107E-01	.48679E+00	216.1669	323.5387	19.8610
CLASS 7	.13403E+01	-.43628E-01	.58469E+00	256.7223	324.4345	23.8554
CLASS 8	.15510E+01	-.39240E-01	.65643E+00	297.0935	325.3120	26.7825
CLASS 9	.17613E+01	-.35243E-01	.71036E+00	337.3660	326.1113	28.9827
CLASS 10	.19712E+01	-.31708E-01	.75190E+00	377.5700	326.8184	30.6775
CLASS 11	.21810E+01	-.28618E-01	.78462E+00	417.7542	327.4363	32.0126
CLASS 12	.23904E+01	-.25956E-01	.81088E+00	457.8755	327.9687	33.0837
CLASS 13	.25998E+01	-.23648E-01	.83229E+00	497.9743	328.4305	33.9575
CLASS 14	.28093E+01	-.21626E-01	.85028E+00	538.1053	328.8347	34.6914

CLASS 15	.30185E+01	-.19867E-01	.86428E+00	578.1733	329.1866	35.2627
CLASS 16	.32275E+01	-.18327E-01	.87353E+00	618.2006	329.4946	35.6401
CLASS 17	.34371E+01	-.16962E-01	.88084E+00	658.3518	329.7677	35.9381
CLASS 18	.36462E+01	-.15749E-01	.88735E+00	698.4016	330.0101	36.2037
CLASS 19	.38550E+01	-.14667E-01	.89319E+00	738.4016	330.2267	36.4423
CLASS 20	.40650E+01	-.13694E-01	.89849E+00	778.6299	330.4212	36.6584

XTA (-) = .97020E+00 TA (K) = 533.1600
XHA (-) = .28088E-02 HA (KG VAPOR/KG DRY AIR) = .00000E+00
TWB (K) = 323.6367 HWB (KG VAPOR/KG DRY AIR) = .89166E-01
AVERAGE OF DROPLETS DIAMETER OF COLUMN (MICRON) = 195.8077 [BY VOLUME]
AVERAGE OF DROPLETS DIAMETER OF COLUMN (MICRON) = 186.5349 [BY NUMBER]
AVERAGE OF DROPLETS TEMPERATURE OF COLUMN (K) = 323.5955

COLUMN 3

	XDP(-)	XTP(-)	XVP(-)	DP(MICRON)	TP(K)	VP(M/S)
CLASS 1	.00000E+00	-.62164E-01	.19608E-01	.0000	320.7272	.8000
CLASS 2	.00000E+00	-.51115E-01	.19608E-01	.0000	322.9370	.8000
CLASS 3	.41609E+00	-.53063E-01	.24415E-01	79.6988	322.5474	.9961
CLASS 4	.69441E+00	-.53091E-01	.17096E+00	133.0093	322.5417	6.9751
CLASS 5	.91488E+00	-.51410E-01	.35101E+00	175.2398	322.8781	14.3211
CLASS 6	.11287E+01	-.47698E-01	.48678E+00	216.1910	323.6203	19.8605
CLASS 7	.13404E+01	-.43202E-01	.58468E+00	256.7414	324.5036	23.8548
CLASS 8	.15511E+01	-.38943E-01	.65642E+00	297.1105	325.3714	26.7820
CLASS 9	.17614E+01	-.34985E-01	.71035E+00	337.3804	326.1631	28.9822
CLASS 10	.19713E+01	-.31480E-01	.75189E+00	377.5883	326.8640	30.6771
CLASS 11	.21810E+01	-.28415E-01	.78461E+00	417.7601	327.4770	32.0122
CLASS 12	.23906E+01	-.25776E-01	.81087E+00	457.9003	328.0047	33.0834
CLASS 13	.25998E+01	-.23486E-01	.83228E+00	497.9757	328.4629	33.9571
CLASS 14	.28095E+01	-.21479E-01	.85028E+00	538.1506	328.8643	34.6914
CLASS 15	.30185E+01	-.19733E-01	.86427E+00	578.1733	329.2135	35.2621
CLASS 16	.32275E+01	-.18204E-01	.87332E+00	618.2023	329.5192	35.6315
CLASS 17	.34373E+01	-.16848E-01	.88064E+00	658.4017	329.7904	35.9300
CLASS 18	.36462E+01	-.15644E-01	.88716E+00	698.4016	330.0312	36.1960
CLASS 19	.38550E+01	-.14569E-01	.89301E+00	738.4016	330.2462	36.4349
CLASS 20	.40650E+01	-.13603E-01	.89832E+00	778.6299	330.4395	36.6513

XTA (-) = .95569E+00 TA (K) = 533.1600
XHA (-) = .41855E-02 HA (KG VAPOR/KG DRY AIR) = .00000E+00
TWB (K) = 323.7068 HWB (KG VAPOR/KG DRY AIR) = .89523E-01
AVERAGE OF DROPLETS DIAMETER OF COLUMN (MICRON) = 195.8354 [BY VOLUME]
AVERAGE OF DROPLETS DIAMETER OF COLUMN (MICRON) = 186.5706 [BY NUMBER]
AVERAGE OF DROPLETS TEMPERATURE OF COLUMN (K) = 323.6792

COLUMN 4

	XDP(-)	XTP(-)	XVP(-)	DP(MICRON)	TP(K)	VP(M/S)
CLASS 1	.00000E+00	-.47882E-01	.19608E-01	.0000	323.5835	.8000
CLASS 2	.00000E+00	-.49327E-01	.19608E-01	.0000	323.2947	.8000
CLASS 3	.41743E+00	-.52455E-01	.24523E-01	79.9572	322.6690	1.0005
CLASS 4	.69468E+00	-.52530E-01	.17098E+00	133.0623	322.6540	6.9761
CLASS 5	.91505E+00	-.50932E-01	.35100E+00	175.2717	322.9735	14.3210
CLASS 6	.11288E+01	-.47298E-01	.48676E+00	216.2157	323.7003	19.8600
CLASS 7	.13405E+01	-.42943E-01	.58466E+00	256.7626	324.5715	23.8542
CLASS 8	.15512E+01	-.38652E-01	.65641E+00	297.1277	325.4297	26.7814
CLASS 9	.17615E+01	-.34730E-01	.71034E+00	337.3991	326.2139	28.9817
CLASS 10	.19713E+01	-.31255E-01	.75188E+00	377.5995	326.9089	30.6767
CLASS 11	.21810E+01	-.28215E-01	.78460E+00	417.7622	327.5170	32.0117
CLASS 12	.23908E+01	-.25600E-01	.81086E+00	457.9449	328.0401	33.0830
CLASS 13	.25998E+01	-.23326E-01	.83227E+00	497.9774	328.4948	33.9567
CLASS 14	.28097E+01	-.21334E-01	.85027E+00	538.1733	328.8933	34.6912
CLASS 15	.30185E+01	-.19600E-01	.86426E+00	578.1733	329.2399	35.2617
CLASS 16	.32275E+01	-.18083E-01	.87311E+00	618.2045	329.5435	35.6230
CLASS 17	.34373E+01	-.16736E-01	.88044E+00	658.4017	329.8128	35.9219
CLASS 18	.36462E+01	-.15540E-01	.88697E+00	698.4016	330.0519	36.1882
CLASS 19	.38550E+01	-.14473E-01	.89283E+00	738.4016	330.2655	36.4276
CLASS 20	.40650E+01	-.13513E-01	.89815E+00	778.6299	330.4575	36.6443

XTA (-) = .94143E+00 TA (K) = 533.1600
XHA (-) = .55443E-02 HA (KG VAPOR/KG DRY AIR) = .00000E+00
TWB (K) = 323.7769 HWB (KG VAPOR/KG DRY AIR) = .89880E-01
AVERAGE OF DROPLETS DIAMETER OF COLUMN (MICRON) = 195.8635 [BY VOLUME]
AVERAGE OF DROPLETS DIAMETER OF COLUMN (MICRON) = 186.6064 [BY NUMBER]

AVERAGE OF DROPLETS TEMPERATURE OF COLUMN (K) = 323.7612

COLUMN 5	XDP(-)	XTP(-)	XVP(-)	DP(MICRON)	TP(K)	VP(M/S)
CLASS 1	.00000E+00	-.55766E-01	.19608E-01	.0000	322.0068	.8000
CLASS 2	.00000E+00	-.38891E-01	.19608E-01	.0000	325.3817	.8000
CLASS 3	.41876E+00	-.51864E-01	.24634E-01	80.2105	322.7871	1.0050
CLASS 4	.69496E+00	-.51983E-01	.17101E+00	133.1146	322.7634	6.9770
CLASS 5	.91521E+00	-.50466E-01	.35100E+00	175.3033	323.0668	14.3208
CLASS 6	.11289E+01	-.46906E-01	.48675E+00	216.2390	323.7787	19.8595
CLASS 7	.13406E+01	-.42610E-01	.58465E+00	256.7813	324.6381	23.8537
CLASS 8	.15513E+01	-.38365E-01	.65639E+00	297.1459	325.4869	26.7809
CLASS 9	.17615E+01	-.34481E-01	.71032E+00	337.4114	326.2639	28.9812
CLASS 10	.19714E+01	-.31035E-01	.75187E+00	377.6118	326.9531	30.6762
CLASS 11	.21810E+01	-.28018E-01	.78459E+00	417.7646	327.5563	32.0113
CLASS 12	.23908E+01	-.25426E-01	.81085E+00	457.9449	328.0748	33.0825
CLASS 13	.25998E+01	-.23169E-01	.83226E+00	497.9793	328.5262	33.9563
CLASS 14	.28097E+01	-.21191E-01	.85027E+00	538.1733	328.9218	34.6910
CLASS 15	.30185E+01	-.19470E-01	.86426E+00	578.1733	329.2659	35.2617
CLASS 16	.32275E+01	-.17963E-01	.87290E+00	618.2074	329.5674	35.6145
CLASS 17	.34373E+01	-.16626E-01	.88024E+00	658.4017	329.8348	35.9138
CLASS 18	.36462E+01	-.15438E-01	.88678E+00	698.4016	330.0723	36.1806
CLASS 19	.38550E+01	-.14378E-01	.89265E+00	738.4016	330.2845	36.4202
CLASS 20	.40650E+01	-.13424E-01	.89797E+00	778.6299	330.4751	36.6373

XTA (-) = .92741E+00 TA (K) = 533.1600
XHA (-) = .68853E-02 HA (KG VAPOR/KG DRY AIR) = .00000E+00
TWB (K) = 323.8369 HWB (KG VAPOR/KG DRY AIR) = .90188E-01
AVERAGE OF DROPLETS DIAMETER OF COLUMN (MICRON) = 195.8906 [BY VOLUME]
AVERAGE OF DROPLETS DIAMETER OF COLUMN (MICRON) = 186.6412 [BY NUMBER]
AVERAGE OF DROPLETS TEMPERATURE OF COLUMN (K) = 323.8414

FVALUE (-) = .93908E+00 YIND (-) = .55838E-01
TOTAL AVERAGE OF DROPLETS DIAMETER = 195.8539 (MICRON),[BY VOLUME]
TOTAL AVERAGE OF DROPLETS DIAMETER = 186.5941 (MICRON),[BY NUMBER]
TOTAL AVERAGE OF DROPLETS TEMPERATURE = 323.7328 (K)
TOTAL AVERAGE OF AIR TEMPERATURE = 524.3483 (K)
TOTAL AVERAGE OF AIR HUMIDITY = .41675E-02 (KG VAPOR/KG DRY AIR)

AT Z (M) = .2000

COLUMN 1	XDP(-)	XTP(-)	XVP(-)	DP(MICRON)	TP(K)	VP(M/S)
CLASS 1	.00000E+00	-.51217E-01	.19608E-01	.0000	322.9166	.8000
CLASS 2	.00000E+00	-.90109E-01	.19608E-01	.0000	315.1383	.8000
CLASS 3	.00000E+00	-.62436E-01	.19608E-01	.0000	320.6728	.8000
CLASS 4	.51175E+00	-.53587E-01	.24534E-01	98.0230	322.4427	1.0010
CLASS 5	.85141E+00	-.53644E-01	.63631E-01	163.0825	322.4312	2.5961
CLASS 6	.10939E+01	-.53606E-01	.16864E+00	209.5225	322.4388	6.8805
CLASS 7	.13154E+01	-.52695E-01	.28638E+00	251.9498	322.6209	11.6842
CLASS 8	.15310E+01	-.50760E-01	.38864E+00	293.2525	323.0080	15.8567
CLASS 9	.17442E+01	-.48185E-01	.47263E+00	334.0878	323.5230	19.2834
CLASS 10	.19561E+01	-.45337E-01	.54093E+00	374.6758	324.0927	22.0698
CLASS 11	.21672E+01	-.42449E-01	.59671E+00	415.1187	324.6702	24.3457
CLASS 12	.23779E+01	-.39656E-01	.64266E+00	455.4666	325.2289	26.2207
CLASS 13	.25881E+01	-.37024E-01	.68090E+00	495.7410	325.7553	27.7809
CLASS 14	.27985E+01	-.34572E-01	.71328E+00	536.0282	326.2456	29.1018
CLASS 15	.30081E+01	-.32326E-01	.73978E+00	576.1786	326.6948	30.1832
CLASS 16	.32179E+01	-.30285E-01	.76045E+00	616.3724	327.1031	31.0264
CLASS 17	.34273E+01	-.28423E-01	.77628E+00	656.4883	327.4755	31.6723
CLASS 18	.36370E+01	-.26733E-01	.78787E+00	696.6552	327.8133	32.1450
CLASS 19	.38467E+01	-.25192E-01	.79823E+00	736.8033	328.1216	32.5678
CLASS 20	.40565E+01	-.23768E-01	.80769E+00	777.0049	328.4063	32.9537

XTA (-) = .94385E+00 TA (K) = 530.1541
XHA (-) = .44314E-02 HA (KG VAPOR/KG DRY AIR) = .14137E-02
TWB (K) = 323.5767 HWB (KG VAPOR/KG DRY AIR) = .88862E-01
AVERAGE OF DROPLETS DIAMETER OF COLUMN (MICRON) = 186.1164 [BY VOLUME]
AVERAGE OF DROPLETS DIAMETER OF COLUMN (MICRON) = 171.3053 [BY NUMBER]

AVERAGE OF DROPLETS TEMPERATURE OF COLUMN (K) = 322.5476

COLUMN 2	XDP(-)	XTP(-)	XVP(-)	DP(MICRON)	TP(K)	VP(M/S)
CLASS 1	.00000E+00	-.51582E-01	.19608E-01	.0000	322.8437	.8000
CLASS 2	.00000E+00	-.47454E-01	.19608E-01	.0000	323.6692	.8000
CLASS 3	.00000E+00	-.49369E-01	.19608E-01	.0000	323.2861	.8000
CLASS 4	.52153E+00	-.52325E-01	.24795E-01	99.8964	322.6949	1.0117
CLASS 5	.85405E+00	-.52426E-01	.63710E-01	163.5887	322.6748	2.5994
CLASS 6	.10952E+01	-.52496E-01	.16860E+00	209.7818	322.6608	6.8787
CLASS 7	.13163E+01	-.51707E-01	.28626E+00	252.1319	322.8185	11.6794
CLASS 8	.15318E+01	-.49881E-01	.38850E+00	293.3978	323.1838	15.8508
CLASS 9	.17448E+01	-.47398E-01	.47248E+00	334.2102	323.6803	19.2774
CLASS 10	.19566E+01	-.44628E-01	.54078E+00	374.7831	324.2345	22.0639
CLASS 11	.21679E+01	-.41805E-01	.59657E+00	415.2424	324.7990	24.3401
CLASS 12	.23785E+01	-.39069E-01	.64234E+00	455.5921	325.3463	26.2155
CLASS 13	.25887E+01	-.36484E-01	.68079E+00	495.8469	325.8632	27.7764
CLASS 14	.27986E+01	-.34075E-01	.71317E+00	536.0502	326.3450	29.0974
CLASS 15	.30089E+01	-.31865E-01	.73969E+00	576.3466	326.7871	30.1792
CLASS 16	.32179E+01	-.29858E-01	.76020E+00	616.3738	327.1885	31.0161
CLASS 17	.34275E+01	-.28024E-01	.77518E+00	656.5251	327.5551	31.6272
CLASS 18	.36378E+01	-.26366E-01	.78670E+00	696.8033	327.8868	32.0973
CLASS 19	.38467E+01	-.24847E-01	.79710E+00	736.8033	328.1905	32.5218
CLASS 20	.40579E+01	-.23443E-01	.80662E+00	777.2599	328.4714	32.9100

XTA ( ) = .89160E+00 TA (K) = 527.2006
XHA (-) = .86302E-02 HA (KG VAPOR/KG DRY AIR) = .28088E-02
TWB (K) = 323.6468 HWB (KG VAPOR/KG DRY AIR) = .89217E-01
AVERAGE OF DROPLETS DIAMETER OF COLUMN (MICRON) = 186.5069 [BY VOLUME]
AVERAGE OF DROPLETS DIAMETER OF COLUMN (MICRON) = 171.9754 [BY NUMBER]
AVERAGE OF DROPLETS TEMPERATURE OF COLUMN (K) = 322.7657

COLUMN 3	XDP(-)	XTP(-)	XVP(-)	DP(MICRON)	TP(K)	VP(M/S)
CLASS 1	.00000E+00	-.62164E-01	.19608E-01	.0000	320.7272	.8000
CLASS 2	.00000E+00	-.51115E-01	.19608E-01	.0000	322.9370	.8000
CLASS 3	.00000E+00	-.60389E-01	.19608E-01	.0000	321.0822	.8000
CLASS 4	.53056E+00	-.51197E-01	.25053E-01	101.6256	322.9207	1.0221
CLASS 5	.85655E+00	-.51329E-01	.63785E-01	164.0675	322.8941	2.6024
CLASS 6	.10965E+01	-.51484E-01	.16855E+00	210.0290	322.8631	6.8769
CLASS 7	.13172E+01	-.50798E-01	.28615E+00	252.3064	323.0005	11.6747
CLASS 8	.15325E+01	-.49066E-01	.38836E+00	293.5374	323.3468	15.8451
CLASS 9	.17454E+01	-.46665E-01	.47234E+00	334.3300	323.8269	19.2714
CLASS 10	.19572E+01	-.43965E-01	.54064E+00	374.8940	324.3671	22.0581
CLASS 11	.21681E+01	-.41202E-01	.59643E+00	415.2858	324.9196	24.3344
CLASS 12	.23787E+01	-.38518E-01	.64240E+00	455.6169	325.4565	26.2101
CLASS 13	.25891E+01	-.35978E-01	.68066E+00	495.9207	325.9644	27.7711
CLASS 14	.27990E+01	-.33606E-01	.71308E+00	536.1384	326.4388	29.0935
CLASS 15	.30089E+01	-.31431E-01	.73957E+00	576.3466	326.8738	30.1744
CLASS 16	.32180E+01	-.29455E-01	.75995E+00	616.3828	327.2690	31.0060
CLASS 17	.34290E+01	-.27648E-01	.77400E+00	656.8033	327.6304	31.5792
CLASS 18	.36378E+01	-.26020E-01	.78555E+00	696.8033	327.9560	32.0503
CLASS 19	.38467E+01	-.24522E-01	.79600E+00	736.8033	328.2556	32.4767
CLASS 20	.40579E+01	-.23137E-01	.80555E+00	777.2599	328.5326	32.8666

XTA (-) = .84291E+00 TA (K) = 524.2981
XHA (-) = .12612E-01 HA (KG VAPOR/KG DRY AIR) = .41855E-02
TWB (K) = 323.7168 HWB (KG VAPOR/KG DRY AIR) = .89574E-01
AVERAGE OF DROPLETS DIAMETER OF COLUMN (MICRON) = 186.8781 [BY VOLUME]
AVERAGE OF DROPLETS DIAMETER OF COLUMN (MICRON) = 172.6015 [BY NUMBER]
AVERAGE OF DROPLETS TEMPERATURE OF COLUMN (K) = 322.9646

COLUMN 4	XDP(-)	XTP(-)	XVP(-)	DP(MICRON)	TP(K)	VP(M/S)
CLASS 1	.00000E+00	-.47882E-01	.19608E-01	.0000	323.5835	.8000
CLASS 2	.00000E+00	-.49327E-01	.19608E-01	.0000	323.2947	.8000
CLASS 3	.00000E+00	-.54104E-01	.19608E-01	.0000	322.3392	.8000
CLASS 4	.53897E+00	-.50183E-01	.25372E-01	103.2365	323.1235	1.0352
CLASS 5	.85893E+00	-.50338E-01	.63990E-01	164.5236	323.0924	2.6108
CLASS 6	.10977E+01	-.50559E-01	.16874E+00	210.2653	323.0483	6.8847
CLASS 7	.13181E+01	-.49957E-01	.28629E+00	252.4724	323.1686	11.6806
CLASS 8	.15332E+01	-.48308E-01	.38847E+00	293.6705	323.4984	15.8495
CLASS 9	.17460E+01	-.45981E-01	.47242E+00	334.4399	323.9639	19.2748

```
    CLASS 10  .19577E+01 -.43343E-01  .54071E+00   374.9905   324.4914   22.0608
    CLASS 11  .21691E+01 -.40634E-01  .59651E+00   415.4788   325.0332   24.3376
    CLASS 12  .23793E+01 -.37998E-01  .64247E+00   455.7499   325.5605   26.2126
    CLASS 13  .25891E+01 -.35501E-01  .68069E+00   495.9223   326.0598   27.7720
    CLASS 14  .28001E+01 -.33161E-01  .71315E+00   536.3466   326.5277   29.0965
    CLASS 15  .30090E+01 -.31021E-01  .73959E+00   576.3509   326.9557   30.1753
    CLASS 16  .32186E+01 -.29074E-01  .75987E+00   616.5027   327.3452   31.0025
    CLASS 17  .34290E+01 -.27299E-01  .77282E+00   656.8033   327.7002   31.5310
    CLASS 18  .36379E+01 -.25693E-01  .78442E+00   696.8093   328.0215   32.0041
    CLASS 19  .38470E+01 -.24214E-01  .79491E+00   736.8763   328.3171   32.4325
    CLASS 20  .40579E+01 -.22847E-01  .80451E+00   777.2599   328.5906   32.8241
================================================================================
    XTA (-)     =  .79748E+00              TA (K)                      =   521.4458
    XHA (-)     =  .16391E-01              HA (KG VAPOR/KG DRY AIR)    =  .55443E-02
    TWB (K)     =    323.7769              HWB (KG VAPOR/KG DRY AIR)   =  .89880E-01
    AVERAGE OF DROPLETS DIAMETER OF COLUMN (MICRON) =  187.2327 [BY VOLUME]
    AVERAGE OF DROPLETS DIAMETER OF COLUMN (MICRON) =  173.1908 [BY NUMBER]
    AVERAGE OF DROPLETS TEMPERATURE OF COLUMN (K)   =  323.1465
================================================================================
 COLUMN  5      XDP(-)      XTP(-)      XVP(-)    DP(MICRON)   TP(K)      VP(M/S)
    CLASS  1  .00000E+00 -.55766E-01  .19608E-01      .0000   322.0068     .8000
    CLASS  2  .00000E+00 -.38891E-01  .19608E-01      .0000   325.3817     .8000
    CLASS  3  .00000E+00  .14056E-02  .19608E-01      .0000   333.4411     .8000
    CLASS  4  .54699E+00 -.49268E-01  .25656E-01   104.7729   323.3065    1.0468
    CLASS  5  .86121E+00 -.49438E-01  .64169E-01   164.9589   323.2724    2.6181
    CLASS  6  .10989E+01 -.49709E-01  .16892E+00   210.4915   323.2182    6.8919
    CLASS  7  .13189E+01 -.49178E-01  .28642E+00   252.6324   323.3245   11.6859
    CLASS  8  .15338E+01 -.47601E-01  .38856E+00   293.7953   323.6399   15.8534
    CLASS  9  .17467E+01 -.45339E-01  .47250E+00   334.5709   324.0923   19.2779
    CLASS 10  .19583E+01 -.42758E-01  .54077E+00   375.1001   324.6084   22.0634
    CLASS 11  .21691E+01 -.40102E-01  .59653E+00   415.4813   325.1397   24.3385
    CLASS 12  .23801E+01 -.37506E-01  .64253E+00   455.8899   325.6588   26.2153
    CLASS 13  .25895E+01 -.35049E-01  .68071E+00   496.0067   326.1501   27.7731
    CLASS 14  .28001E+01 -.32744E-01  .71317E+00   536.3466   326.6112   29.0974
    CLASS 15  .30094E+01 -.30633E-01  .73962E+00   576.4310   327.0334   30.1763
    CLASS 16  .32191E+01 -.28714E-01  .75867E+00   616.5903   327.4173   30.9538
    CLASS 17  .34291E+01 -.26969E-01  .77166E+00   656.8199   327.7663   31.4838
    CLASS 18  .36382E+01 -.25382E-01  .78331E+00   696.8755   328.0836   31.9589
    CLASS 19  .38474E+01 -.23922E-01  .79385E+00   736.9402   328.3756   32.3892
    CLASS 20  .40579E+01 -.22572E-01  .80349E+00   777.2599   328.6456   32.7824
================================================================================
    XTA (-)     =  .75510E+00              TA (K)                      =   518.6428
    XHA (-)     =  .19974E-01              HA (KG VAPOR/KG DRY AIR)    =  .68853E-02
    TWB (K)     =    323.8470              HWB (KG VAPOR/KG DRY AIR)   =  .90239E-01
    AVERAGE OF DROPLETS DIAMETER OF COLUMN (MICRON) =  187.5742 [BY VOLUME]
    AVERAGE OF DROPLETS DIAMETER OF COLUMN (MICRON) =  173.7534 [BY NUMBER]
    AVERAGE OF DROPLETS TEMPERATURE OF COLUMN (K)   =  323.3133
================================================================================
    FVALUE (-) =  .81878E+00              YIND (-)                    =  .12417E+00
    TOTAL AVERAGE OF DROPLETS DIAMETER    =   187.1056 (MICRON),[BY VOLUME]
    TOTAL AVERAGE OF DROPLETS DIAMETER    =   172.9727 (MICRON),[BY NUMBER]
    TOTAL AVERAGE OF DROPLETS TEMPERATURE =   323.0767 (K)
    TOTAL AVERAGE OF AIR TEMPERATURE      =   502.3976 (K)
    TOTAL AVERAGE OF AIR HUMIDITY         = .12408E-01 (KG VAPOR/KG DRY AIR)
================================================================================


================================================================================
    AT Z (M) =     .3000
================================================================================
 COLUMN  1      XDP(-)      XTP(-)      XVP(-)    DP(MICRON)   TP(K)      VP(M/S)
    CLASS  1  .00000E+00 -.51217E-01  .19608E-01      .0000   322.9166     .8000
    CLASS  2  .00000E+00 -.90109E-01  .19608E-01      .0000   315.1383     .8000
    CLASS  3  .00000E+00 -.62436E-01  .19608E-01      .0000   320.6728     .8000
    CLASS  4  .00000E+00 -.31029E-01  .19608E-01      .0000   326.9542     .8000
    CLASS  5  .70068E+00 -.52591E-01  .34954E-01   134.2118   322.6418    1.4261
    CLASS  6  .10204E+01 -.52642E-01  .51048E-01   195.4489   322.6315    2.0828
    CLASS  7  .12754E+01 -.52756E-01  .11086E+00   244.2964   322.6088    4.5232
    CLASS  8  .15037E+01 -.52611E-01  .19935E+00   288.0296   322.6378    8.1335
    CLASS  9  .17230E+01 -.51831E-01  .28814E+00   330.0291   322.7938   11.7560
```

CLASS 10	.19384E+01	-.50434E-01	.36776E+00	371.2937	323.0732	15.0047
CLASS 11	.21519E+01	-.48603E-01	.43664E+00	412.1871	323.4384	17.8148
CLASS 12	.23642E+01	-.46540E-01	.49555E+00	452.8460	323.8521	20.2183
CLASS 13	.25757E+01	-.44368E-01	.54587E+00	493.3625	324.2864	22.2715
CLASS 14	.27868E+01	-.42181E-01	.58922E+00	533.7917	324.7237	24.0401
CLASS 15	.29973E+01	-.40058E-01	.62566E+00	574.1236	325.1484	25.5269
CLASS 16	.32081E+01	-.38038E-01	.65540E+00	614.4847	325.5524	26.7402
CLASS 17	.34178E+01	-.36132E-01	.67940E+00	654.6616	325.9336	27.7196
CLASS 18	.36275E+01	-.34340E-01	.69835E+00	694.8285	326.2920	28.4928
CLASS 19	.38383E+01	-.32654E-01	.71260E+00	735.2049	326.6292	29.0743
CLASS 20	.40470E+01	-.31064E-01	.72530E+00	775.1782	326.9471	29.5921

XTA (-) = .88210E+00 TA (K) = 521.9293
XHA (-) = .89789E-02 HA (KG VAPOR/KG DRY AIR) = .44314E-02
TWB (K) = 323.5667 HWB (KG VAPOR/KG DRY AIR) = .88812E-01
AVERAGE OF DROPLETS DIAMETER OF COLUMN (MICRON) = 169.3149 [BY VOLUME]
AVERAGE OF DROPLETS DIAMETER OF COLUMN (MICRON) = 135.3423 [BY NUMBER]
AVERAGE OF DROPLETS TEMPERATURE OF COLUMN (K) = 322.6355

COLUMN 2	XDP(-)	XTP(-)	XVP(-)	DP(MICRON)	TP(K)	VP(M/S)
CLASS 1	.00000E+00	-.51582E-01	.19608E-01	.0000	322.8437	.8000
CLASS 2	.00000E+00	-.47454E-01	.19608E-01	.0000	323.6692	.8000
CLASS 3	.00000E+00	-.49369E-01	.19608E-01	.0000	323.2861	.8000
CLASS 4	.00000E+00	-.30604E-01	.19608E-01	.0000	327.0392	.8000
CLASS 5	.71936E+00	-.50710E-01	.35314E-01	137.7888	323.0181	1.4408
CLASS 6	.10299E+01	-.50790E-01	.51350E-01	197.0767	323.0019	2.0951
CLASS 7	.12800E+01	-.50993E-01	.11114E+00	245.1740	322.9614	4.5346
CLASS 8	.15069E+01	-.50980E-01	.19952E+00	288.6329	322.9639	8.1402
CLASS 9	.17255E+01	-.50335E-01	.28821E+00	330.5037	323.0930	11.7591
CLASS 10	.19405E+01	-.49061E-01	.36778E+00	371.6932	323.3477	15.0055
CLASS 11	.21536E+01	-.47344E-01	.43662E+00	412.5164	323.6912	17.8141
CLASS 12	.23659E+01	-.45370E-01	.49553E+00	453.1811	324.0861	20.2178
CLASS 13	.25768E+01	-.43283E-01	.54581E+00	493.5635	324.5035	22.2692
CLASS 14	.27878E+01	-.41171E-01	.58914E+00	533.9952	324.9259	24.0371
CLASS 15	.29994E+01	-.39110E-01	.62564E+00	574.5198	325.3380	25.5263
CLASS 16	.32084E+01	-.37155E-01	.65516E+00	614.5472	325.7291	26.7307
CLASS 17	.34191E+01	-.35301E-01	.67883E+00	654.9003	326.0998	27.6961
CLASS 18	.36295E+01	-.33559E-01	.69540E+00	695.2049	326.4482	28.3723
CLASS 19	.38383E+01	-.31918E-01	.70933E+00	735.2049	326.7764	28.9406
CLASS 20	.40507E+01	-.30359E-01	.72219E+00	775.8899	327.0882	29.4654

XTA (-) = .77903E+00 TA (K) = 511.4802
XHA (-) = .17105E-01 HA (KG VAPOR/KG DRY AIR) = .86302E-02
TWB (K) = 323.6367 HWB (KG VAPOR/KG DRY AIR) = .89166E-01
AVERAGE OF DROPLETS DIAMETER OF COLUMN (MICRON) = 171.0304 [BY VOLUME]
AVERAGE OF DROPLETS DIAMETER OF COLUMN (MICRON) = 137.3392 [BY NUMBER]
AVERAGE OF DROPLETS TEMPERATURE OF COLUMN (K) = 322.9963

COLUMN 3	XDP(-)	XTP(-)	XVP(-)	DP(MICRON)	TP(K)	VP(M/S)
CLASS 1	.00000E+00	-.62164E-01	.19608E-01	.0000	320.7272	.8000
CLASS 2	.00000E+00	-.51115E-01	.19608E-01	.0000	322.9370	.8000
CLASS 3	.00000E+00	-.60389E-01	.19608E-01	.0000	321.0822	.8000
CLASS 4	.16173E+00	-.49173E-01	.20128E-01	30.9782	323.3254	.8212
CLASS 5	.73560E+00	-.49232E-01	.35589E-01	140.9007	323.3136	1.4520
CLASS 6	.10365E+01	-.49328E-01	.51593E-01	198.5282	323.2945	2.1050
CLASS 7	.12841E+01	-.49579E-01	.11139E+00	245.9663	323.2442	4.5448
CLASS 8	.15097E+01	-.49648E-01	.19968E+00	289.1815	323.2305	8.1468
CLASS 9	.17277E+01	-.49093E-01	.28830E+00	330.9347	323.3413	11.7627
CLASS 10	.19424E+01	-.47908E-01	.36782E+00	372.0498	323.5785	15.0069
CLASS 11	.21550E+01	-.46272E-01	.43660E+00	412.7740	323.9056	17.8131
CLASS 12	.23669E+01	-.44372E-01	.49546E+00	453.3669	324.2856	20.2148
CLASS 13	.25784E+01	-.42349E-01	.54579E+00	493.8681	324.6902	22.2682
CLASS 14	.27895E+01	-.40296E-01	.58914E+00	534.3116	325.1008	24.0370
CLASS 15	.29999E+01	-.38294E-01	.62556E+00	574.6185	325.5013	25.5228
CLASS 16	.32096E+01	-.36385E-01	.65498E+00	614.7844	325.8829	26.7231
CLASS 17	.34209E+01	-.34570E-01	.67677E+00	655.2459	326.2444	27.6122
CLASS 18	.36301E+01	-.32881E-01	.69216E+00	695.3310	326.5839	28.2402
CLASS 19	.38394E+01	-.31274E-01	.70621E+00	735.4116	326.9053	28.8132
CLASS 20	.40507E+01	-.29747E-01	.71916E+00	775.8899	327.2105	29.3418

```
    XTA (-)     =  .68888E+00              TA (K)                        =    501.7419
    XHA (-)     =  .24443E-01              HA (KG VAPOR/KG DRY AIR)      =  .12612E-01
    TWB (K)     =    323.6968              HWB (KG VAPOR/KG DRY AIR)     =  .89472E-01
    AVERAGE OF DROPLETS DIAMETER OF COLUMN (MICRON) =  172.6290 [BY VOLUME]
    AVERAGE OF DROPLETS DIAMETER OF COLUMN (MICRON) =  145.2640 [BY NUMBER]
    AVERAGE OF DROPLETS TEMPERATURE OF COLUMN (K)   =  323.2837
================================================================================
 COLUMN  4      XDP(-)       XTP(-)       XVP(-)     DP(MICRON)    TP(K)      VP(M/S)
    CLASS  1  .00000E+00 -.47882E-01  .19608E-01       .0000    323.5835      .8000
    CLASS  2  .00000E+00 -.49327E-01  .19608E-01       .0000    323.2947      .8000
    CLASS  3  .00000E+00 -.54104E-01  .19608E-01       .0000    322.3392      .8000
    CLASS  4  .24294E+00 -.48003E-01  .20809E-01     46.5337    323.5595      .8490
    CLASS  5  .74984E+00 -.43063E-01  .35829E-01    143.6267    323.5475     1.4618
    CLASS  6  .10432E+01 -.48161E-01  .51790E-01    199.8180    323.5277     2.1130
    CLASS  7  .12878E+01 -.48432E-01  .11156E+00    246.6800    323.4735     4.5515
    CLASS  8  .15123E+01 -.48546E-01  .19974E+00    289.6778    323.4508     8.1493
    CLASS  9  .17298E+01 -.48050E-01  .28829E+00    331.3261    323.5499    11.7621
    CLASS 10  .19440E+01 -.46927E-01  .36776E+00    372.3646    323.7746    15.0045
    CLASS 11  .21572E+01 -.45350E-01  .43660E+00    413.1954    324.0900    17.8133
    CLASS 12  .23687E+01 -.43508E-01  .49542E+00    453.7193    324.4585    20.2130
    CLASS 13  .25794E+01 -.41540E-01  .54565E+00    494.0782    324.8520    22.2626
    CLASS 14  .27912E+01 -.39532E-01  .58911E+00    534.6461    325.2536    24.0356
    CLASS 15  .30007E+01 -.37578E-01  .62544E+00    574.7754    325.6444    25.5179
    CLASS 16  .32108E+01 -.35707E-01  .65557E+00    615.0120    326.0186    26.7471
    CLASS 17  .34215E+01 -.33948E-01  .67357E+00    655.3764    326.3703    27.4816
    CLASS 18  .36308E+01 -.32282E-01  .68907E+00    695.4593    326.7035    28.1142
    CLASS 19  .38403E+01 -.30704E-01  .70323E+00    735.5782    327.0192    28.6917
    CLASS 20  .40508E+01 -.29207E-01  .71627E+00    775.9062    327.3187    29.2239
================================================================================
    XTA (-)     =  .61044E+00              TA (K)                        =    492.6567
    XHA (-)     =  .31021E-01              HA (KG VAPOR/KG DRY AIR)      =  .16391E-01
    TWB (K)     =    323.7669              HWB (KG VAPOR/KG DRY AIR)     =  .89829E-01
    AVERAGE OF DROPLETS DIAMETER OF COLUMN (MICRON) =  174.1523 [BY VOLUME]
    AVERAGE OF DROPLETS DIAMETER OF COLUMN (MICRON) =  149.9044 [BY NUMBER]
    AVERAGE OF DROPLETS TEMPERATURE OF COLUMN (K)   =  323.5146
--------------------------------------------------------------------------------
 COLUMN  5      XDP(-)       XTP(-)       XVP(-)     DP(MICRON)    TP(K)      VP(M/S)
    CLASS  1  .00000E+00 -.55766E-01  .19608E-01       .0000    322.0068      .8000
    CLASS  2  .00000E+00 -.38891E-01  .19608E-01       .0000    325.3817      .8000
    CLASS  3  .00000E+00  .14056E-02  .19608E-01       .0000    333.4411      .8000
    CLASS  4  .29796E+00 -.47107E-01  .21452E-01     57.0728    323.7386      .8753
    CLASS  5  .76238E+00 -.47160E-01  .36043E-01    146.0295    323.7281     1.4706
    CLASS  6  .10492E+01 -.47248E-01  .51968E-01    200.9700    323.7105     2.1203
    CLASS  7  .12912E+01 -.47509E-01  .11169E+00    247.3258    323.6582     4.5570
    CLASS  8  .15147E+01 -.47635E-01  .19977E+00    290.1310    323.6330     8.1507
    CLASS  9  .17318E+01 -.47172E-01  .28828E+00    331.7166    323.7256    11.7616
    CLASS 10  .19458E+01 -.46090E-01  .36769E+00    372.7029    323.9420    15.0019
    CLASS 11  .21581E+01 -.44559E-01  .43643E+00    413.3783    324.2483    17.8064
    CLASS 12  .23702E+01 -.42757E-01  .49535E+00    454.0049    324.6086    20.2104
    CLASS 13  .25806E+01 -.40832E-01  .54553E+00    494.3050    324.9935    22.2576
    CLASS 14  .27920E+01 -.38866E-01  .58897E+00    534.7965    325.3868    24.0300
    CLASS 15  .30017E+01 -.36947E-01  .62533E+00    574.9642    325.7706    25.5133
    CLASS 16  .32118E+01 -.35118E-01  .65327E+00    615.2101    326.1364    26.6536
    CLASS 17  .34223E+01 -.33391E-01  .67052E+00    655.5251    326.4818    27.3573
    CLASS 18  .36317E+01 -.31752E-01  .68613E+00    695.6233    326.8096    27.9943
    CLASS 19  .38410E+01 -.30198E-01  .70039E+00    735.7278    327.1204    28.5759
    CLASS 20  .40518E+01 -.28725E-01  .71352E+00    776.1028    327.4149    29.1116
================================================================================
    XTA (-)     =  .54187E+00              TA (K)                        =    484.1803
    XHA (-)     =  .36931E-01              HA (KG VAPOR/KG DRY AIR)      =  .19974E-01
    TWB (K)     =    323.8269              HWB (KG VAPOR/KG DRY AIR)     =  .90136E-01
    AVERAGE OF DROPLETS DIAMETER OF COLUMN (MICRON) =  175.5606 [BY VOLUME]
    AVERAGE OF DROPLETS DIAMETER OF COLUMN (MICRON) =  153.3683 [BY NUMBER]
    AVERAGE OF DROPLETS TEMPERATURE OF COLUMN (K)   =  323.6976
================================================================================
    FVALUE (-) =  .65396E+00              YIND (-)                      =  .19459E+00
    TOTAL AVERAGE OF DROPLETS DIAMETER    =   173.5993 (MICRON),[BY VOLUME]
    TOTAL AVERAGE OF DROPLETS DIAMETER    =   147.4848 (MICRON),[BY NUMBER]
    TOTAL AVERAGE OF DROPLETS TEMPERATURE =   323.4118 (K)
    TOTAL AVERAGE OF AIR TEMPERATURE      =   473.2531 (K)
```

ภาคผนวก ฑ

ตัวอย่างการคำนวณ

ในการหาค่าขนาด อุณหภูมิและความเร็วของหยดน้ำ อุณหภูมิและความชื้นของอากาศที่ความสูงถัดไป ($D^{\bullet}_{p11,i=1}, T^{\bullet}_{p11,i=1}, V^{\bullet}_{p11,i=1}$, $T^{\bullet}_{a1,i=1}$ และ $H^{\bullet}_{a1,i=1}$) ตามลำดับ กรณีที่จำนวนวงแหวนของเครื่อง, $j = 1$ และจำนวนช่วงขนาดของหยดน้ำ, $k = 1$ จะต้องแก้สมการ 5 สมการ, $n = 5$ จากสมการ(3.9),(3.10),(3.11),(3.12)และ(3.13) พร้อมกับข้อมูลแรกเริ่ม ณ ตำแหน่ง $Z^{\bullet} = Z^{\bullet}_0$ คือ

$$D^{\bullet}_{p11,i=0} = D^{\bullet}_{p0}$$
$$T^{\bullet}_{p11,i=0} = T^{\bullet}_{p0}$$
$$V^{\bullet}_{p11,i=0} = V^{\bullet}_{p0}$$
$$T^{\bullet}_{a1,i=0} = T^{\bullet}_{a0}$$
$$H^{\bullet}_{a1,i=0} = H^{\bullet}_{a0}$$

ซึ่งมีวิธีการคำนวณดังต่อไปนี้

$$D^{\bullet}_{p11,i=1} = D^{\bullet}_{p11,i=0} + h\left(k_{11} + 2k_{12} + 2k_{13} + k_{14}\right)/6 \qquad (ฑ.1)$$

$$T^{\bullet}_{p11,i=1} = T^{\bullet}_{p11,i=0} + h\left(k_{21} + 2k_{22} + 2k_{23} + k_{24}\right)/6 \qquad (ฑ.2)$$

$$V^{\bullet}_{p11,i=1} = V^{\bullet}_{p11,i=0} + h\left(k_{31} + 2k_{32} + 2k_{33} + k_{34}\right)/6 \qquad (ฑ.3)$$

$$T^{\bullet}_{a1,i=1} = T^{\bullet}_{a1,i=0} + h\left(k_{41} + 2k_{42} + 2k_{43} + k_{44}\right)/6 \qquad (ฑ.4)$$

$$H^{\bullet}_{a1,i=1} = H^{\bullet}_{a1,i=0} + h\left(k_{51} + 2k_{52} + 2k_{53} + k_{54}\right)/6 \qquad (ฑ.5)$$

โดยที่

$$k_{11} = -2\left(\frac{D_t}{D_{p0ave}}\right)\left(\frac{h_{c0}\left(T_{a0} - T_{p0}\right)}{\rho_{p0}\lambda_{p0}V_{p0}}\right)\left(\frac{T^{\bullet}_{a0} - T^{\bullet}_{p0}}{V^{\bullet}_{p0}}\right)$$

$$k_{21} = -6\left(\frac{D_t}{D_{p0ave}}\right)\left(\frac{h_{c0}}{\rho_{p0}C_{pp}V_{p0}}\right)\left(\frac{1}{D^{\bullet}_{p0}V^{\bullet}_{p0}}\right)$$
$$\left[\begin{array}{l}\beta^{\bullet}_0\left(H^{\bullet}_{p0} - H^{\bullet}_{a0}\right) + \left(\frac{C_v}{C_h}\right)\left(T^{\bullet}_{a0} - T^{\bullet}_{p0}\right)\left(H^{\bullet}_{p0} - H^{\bullet}_{a0}\right) \\ -\left(T^{\bullet}_{a0} - T^{\bullet}_{p0}\right) - \alpha^{\bullet}_0\left(T^{\bullet}_{a0} - T^{\bullet}_{p0}\right)\left(T^{\bullet}_{p0} - T^{\bullet}_{r}\right)\end{array}\right]$$

$$k_{31} = \left(\frac{\rho_{p0} - \rho_{a0}}{\rho_{p0}}\right)\left(\frac{gD_t}{V^2_{p0}}\right)\left(\frac{1}{V^{\bullet}_{p0}}\right) - \left(\frac{3C_D}{4}\right)\left(\frac{D_t}{D_{p0ave}}\right)\left(\frac{\rho_{a0}}{\rho_{p0}}\right)\frac{\left(V^{\bullet}_{p0} - V^{\bullet}_{a0}\right)^2}{V^{\bullet}_{p0}D^{\bullet}_{p0}}$$

$$k_{41} = \pi\left(\frac{D_t}{D_{p0ave}}\right)\left\{\begin{bmatrix}\beta_0^{\bullet}\left(H_{p0}^{\bullet} - H_{a0}^{\bullet}\right) + \left(\frac{C_v}{C_h}\right)\left(T_{a0}^{\bullet} - T_{p0}^{\bullet}\right)\left(H_{p0}^{\bullet} - H_{a0}^{\bullet}\right) \\ -\left(T_{a0}^{\bullet} - T_{p0}^{\bullet}\right) - \alpha_0^{\bullet}\left(T_{a0}^{\bullet} - T_{p0}^{\bullet}\right)\left(T_{p0}^{\bullet} - T_r^{\bullet}\right)\end{bmatrix}\right.$$
$$\left.\left[\beta_0^{\bullet}\gamma_0^{\bullet}\left(\frac{n_0^{\bullet}D_{p0}^{\bullet 2}}{V_{p0}^{\bullet}}\right)\right]\right\}$$
$$+\pi\left(\frac{D_t}{D_{p0ave}}\right)\left[\gamma_0^{\bullet}\left(\frac{C_{pp}}{C_h}\right)\left(\frac{n_0^{\bullet}D_{p0}^{\bullet 2}}{V_{p0}^{\bullet}}\right)\left(T_{a0}^{\bullet} - T_{p0}^{\bullet}\right)\left(T_{p0}^{\bullet} - T_r^{\bullet}\right)\right]$$
$$-\pi\left(\frac{D_t}{D_{p0ave}}\right)\left[\left(\frac{4.1868 * 0.46}{C_h}\right)\left(T_{a0}^{\bullet} - T_r^{\bullet}\right) + \frac{\lambda_r\left(T_{a0} - T_{p0}\right)}{C_h}\right]$$
$$\left[\gamma_0^{\bullet}\left(\frac{n_0^{\bullet}D_{p0}^{\bullet 2}}{V_{p0}^{\bullet}}\right)\left(T_{a0}^{\bullet} - T_{p0}^{\bullet}\right)\right]$$

$$k_{51} = \pi\left(\frac{D_t}{D_{p0ave}}\right)\left[\gamma_0^{\bullet}\left(\frac{n_0^{\bullet}D_{p0}^{\bullet 2}}{V_{p0}^{\bullet}}\right)\left(T_{a0}^{\bullet} - T_{p0}^{\bullet}\right)\right]$$

เมื่อ $D_{p0}^{\bullet\bullet} = D_{p0}^{\bullet} + \frac{1}{2}hk_{11}$

$$T_{p0}^{\bullet\bullet} = T_{p0}^{\bullet} + \frac{1}{2}hk_{21}$$

$$V_{p0}^{\bullet\bullet} = V_{p0}^{\bullet} + \frac{1}{2}hk_{31}$$

$$T_{a0}^{\bullet\bullet} = T_{a0}^{\bullet} + \frac{1}{2}hk_{42}$$

$$H_{a0}^{\bullet\bullet} = H_{a0}^{\bullet} + \frac{1}{2}hk_{52}$$

$$k_{12} = -2\left(\frac{D_t}{D_{p0ave}}\right)\left(\frac{h_{c0}\left(T_{a0} - T_{p0}\right)}{\rho_{p0}\lambda_{p0}V_{p0}}\right)\left(\frac{T_{a0}^{\bullet\bullet} - T_{p0}^{\bullet\bullet}}{V_{p0}^{\bullet\bullet}}\right)$$

$$k_{22} = -6\left(\frac{D_t}{D_{p0ave}}\right)\left(\frac{h_{c0}}{\rho_{p0}C_{pp}V_{p0}}\right)\left(\frac{1}{D_{p0}^{\bullet\bullet}V_{p0}^{\bullet\bullet}}\right)$$
$$\begin{bmatrix}\beta_0^{\bullet}\left(H_{p0}^{\bullet} - H_{a0}^{\bullet\bullet}\right) + \left(\frac{C_v}{C_h}\right)\left(T_{a0}^{\bullet\bullet} - T_{p0}^{\bullet\bullet}\right)\left(H_{p0}^{\bullet} - H_{a0}^{\bullet\bullet}\right) \\ -\left(T_{a0}^{\bullet\bullet} - T_{p0}^{\bullet\bullet}\right) - \alpha_0^{\bullet}\left(T_{a0}^{\bullet\bullet} - T_{p0}^{\bullet\bullet}\right)\left(T_{p0}^{\bullet\bullet} - T_r^{\bullet}\right)\end{bmatrix}$$

$$k_{32} = \left(\frac{\rho_{p0} - \rho_{a0}}{\rho_{p0}}\right)\left(\frac{gD_t}{V_{p0}^2}\right)\left(\frac{1}{V_{p0}^{\bullet\bullet}}\right) - \left(\frac{3C_D}{4}\right)\left(\frac{D_t}{D_{p0ave}}\right)\left(\frac{\rho_{a0}}{\rho_{p0}}\right)\frac{\left(V_{p0}^{\bullet\bullet} - V_{a0}^{\bullet\bullet}\right)^2}{V_{p0}^{\bullet\bullet}D_{p0}^{\bullet\bullet}}$$

$$k_{42} = \pi\left(\frac{D_t}{D_{p0ave}}\right)\left\{\begin{bmatrix}\beta_0^{\bullet}\left(H_{p0}^{\bullet}-H_{a0}^{\bullet\bullet}\right)+\left(\frac{C_v}{C_h}\right)\left(T_{a0}^{\bullet\bullet}-T_{p0}^{\bullet\bullet}\right)\left(H_{p0}^{\bullet}-H_{a0}^{\bullet\bullet}\right)\\ -\left(T_{a0}^{\bullet\bullet}-T_{p0}^{\bullet\bullet}\right)-\alpha_0^{\bullet}\left(T_{a0}^{\bullet\bullet}-T_{p0}^{\bullet\bullet}\right)\left(T_{p0}^{\bullet\bullet}-T_r^{\bullet}\right)\end{bmatrix}\right.$$
$$\left.\left[\beta_0^{\bullet}\gamma_0^{\bullet}\left(\frac{n_0^{\bullet}D_{p0}^{\bullet\bullet 2}}{V_{p0}^{\bullet\bullet}}\right)\right]\right\}$$
$$+\pi\left(\frac{D_t}{D_{p0ave}}\right)\left[\gamma_0^{\bullet}\left(\frac{C_{pp}}{C_h}\right)\left(\frac{n_0^{\bullet}D_{p0}^{\bullet\bullet 2}}{V_{p0}^{\bullet\bullet}}\right)\left(T_{a0}^{\bullet\bullet}-T_{p0}^{\bullet\bullet}\right)\left(T_{p0}^{\bullet\bullet}-T_r^{\bullet}\right)\right]$$
$$-\pi\left(\frac{D_t}{D_{p0ave}}\right)\left[\left(\frac{4.1868*0.46}{C_h}\right)\left(T_{a0}^{\bullet\bullet}-T_r^{\bullet}\right)+\frac{\lambda_r\left(T_{a0}-T_{p0}\right)}{C_h}\right]$$
$$\left[\gamma_0^{\bullet}\left(\frac{n_0^{\bullet}D_{p0}^{\bullet\bullet 2}}{V_{p0}^{\bullet\bullet}}\right)\left(T_{a0}^{\bullet\bullet}-T_{p0}^{\bullet\bullet}\right)\right]$$

$$k_{52} = \pi\left(\frac{D_t}{D_{p0ave}}\right)\left[\gamma_0^{\bullet}\left(\frac{n_0^{\bullet}D_{p0}^{\bullet\bullet 2}}{V_{p0}^{\bullet\bullet}}\right)\left(T_{a0}^{\bullet\bullet}-T_{p0}^{\bullet\bullet}\right)\right]$$

เมื่อ $\overline{D}_{p0}^{\bullet} = D_{p0}^{\bullet}+\frac{1}{2}hk_{12}$

$$\overline{T}_{p0}^{\bullet} = T_{p0}^{\bullet}+\frac{1}{2}hk_{22}$$

$$\overline{V}_{p0}^{\bullet} = V_{p0}^{\bullet}+\frac{1}{2}hk_{32}$$

$$\overline{T}_{a0}^{\bullet} = T_{a0}^{\bullet}+\frac{1}{2}hk_{42}$$

$$\overline{H}_{a0}^{\bullet} = H_{a0}^{\bullet}+\frac{1}{2}hk_{52}$$

$$k_{13} = -2\left(\frac{D_t}{D_{p0ave}}\right)\left(\frac{h_{c0}\left(T_{a0}-T_{p0}\right)}{\rho_{p0}\lambda_{p0}V_{p0}}\right)\left(\frac{\overline{T}_{a0}^{\bullet}-\overline{T}_{p0}^{\bullet}}{\overline{V}_{p0}^{\bullet}}\right)$$

$$k_{23} = -6\left(\frac{D_t}{D_{p0ave}}\right)\left(\frac{h_{c0}}{\rho_{p0}C_{pp}V_{p0}}\right)\left(\frac{1}{\overline{D}_{p0}^{\bullet}\overline{V}_{p0}^{\bullet}}\right)$$
$$\left[\begin{bmatrix}\beta_0^{\bullet}\left(H_{p0}^{\bullet}-\overline{H}_{a0}^{\bullet}\right)+\left(\frac{C_v}{C_h}\right)\left(\overline{T}_{a0}^{\bullet}-\overline{T}_{p0}^{\bullet}\right)\left(H_{p0}^{\bullet}-\overline{H}_{a0}^{\bullet}\right)\\ -\left(\overline{T}_{a0}^{\bullet}-\overline{T}_{p0}^{\bullet}\right)-\alpha_0^{\bullet}\left(\overline{T}_{a0}^{\bullet}-\overline{T}_{p0}^{\bullet}\right)\left(\overline{T}_{p0}^{\bullet}-T_r^{\bullet}\right)\end{bmatrix}\right.$$

$$k_{33} = \left(\frac{\rho_{p0}-\rho_{a0}}{\rho_{p0}}\right)\left(\frac{gD_t}{V_{p0}^2}\right)\left(\frac{1}{\overline{V}_{p0}^{\bullet}}\right)-\left(\frac{3C_D}{4}\right)\left(\frac{D_t}{D_{p0ave}}\right)\left(\frac{\rho_{a0}}{\rho_{p0}}\right)\frac{\left(\overline{V}_{p0}^{\bullet}-\overline{V}_{a0}^{\bullet}\right)^2}{\overline{V}_{p0}^{\bullet}\overline{D}_{p0}^{\bullet}}$$

$$k_{43} = \pi\left(\frac{D_t}{D_{p0ave}}\right)\left\{\begin{bmatrix}\beta_0^{\bullet}\left(H_{p0}^{\bullet}-\overline{H}_{a0}^{\bullet}\right)+\left(\frac{C_v}{C_h}\right)\left(\overline{T}_{a0}^{\bullet}-\overline{T}_{p0}^{\bullet}\right)\left(H_{p0}^{\bullet}-\overline{H}_{a0}^{\bullet}\right)\\ -\left(\overline{T}_{a0}^{\bullet}-\overline{T}_{p0}^{\bullet}\right)-\alpha_0^{\bullet}\left(\overline{T}_{a0}^{\bullet}-\overline{T}_{p0}^{\bullet}\right)\left(\overline{T}_{p0}^{\bullet}-T_r^{\bullet}\right)\end{bmatrix}\right.$$
$$\left.\left[\beta_0^{\bullet}\gamma_0^{\bullet}\left(\frac{n_0^{\bullet}\overline{D}_{p0}^{\bullet 2}}{\overline{V}_{p0}^{\bullet}}\right)\right]\right\}$$

$$+\pi\left(\frac{D_t}{D_{p0ave}}\right)\left[\gamma_0^{\bullet}\left(\frac{C_{pp}}{C_h}\right)\left(\frac{n_0^{\bullet}\overline{D}_{p0}^{\bullet 2}}{\overline{V}_{p0}^{\bullet}}\right)\left(\overline{T}_{a0}^{\bullet}-\overline{T}_{p0}^{\bullet}\right)\left(\overline{T}_{p0}^{\bullet}-T_r^{\bullet}\right)\right]$$

$$-\pi\left(\frac{D_t}{D_{p0ave}}\right)\left[\left(\frac{4.1868*0.46}{C_h}\right)\left(\overline{T}_{a0}^{\bullet}-T_r^{\bullet}\right)+\frac{\lambda_r\left(T_{a0}-T_{p0}\right)}{C_h}\right]$$

$$\left[\gamma_0^{\bullet}\left(\frac{n_0^{\bullet}\overline{D}_{p0}^{\bullet 2}}{\overline{V}_{p0}^{\bullet}}\right)\left(\overline{T}_{a0}^{\bullet}-\overline{T}_{p0}^{\bullet}\right)\right]$$

$$k_{53} = \pi\left(\frac{D_t}{D_{p0ave}}\right)\left[\gamma_0^{\bullet}\left(\frac{n_0^{\bullet}\overline{D}_{p0}^{\bullet 2}}{\overline{V}_{p0}^{\bullet}}\right)\left(\overline{T}_{a0}^{\bullet}-\overline{T}_{p0}^{\bullet}\right)\right]$$

เมื่อ $\overline{D}_{p0}^{\bullet\bullet} = D_{p0}^{\bullet} + hk_{13}$

$\overline{T}_{p0}^{\bullet\bullet} = T_{p0}^{\bullet} + hk_{23}$

$\overline{V}_{p0}^{\bullet\bullet} = V_{p0}^{\bullet} + hk_{33}$

$\overline{T}_{a0}^{\bullet\bullet} = T_{a0}^{\bullet} + hk_{43}$

$\overline{H}_{a0}^{\bullet\bullet} = H_{a0}^{\bullet} + hk_{53}$

$$k_{14} = -2\left(\frac{D_t}{D_{p0ave}}\right)\left(\frac{h_{c0}\left(T_{a0}-T_{p0}\right)}{\rho_{p0}\lambda_{p0}V_{p0}}\right)\left(\frac{\overline{T}_{a0}^{\bullet\bullet}-\overline{T}_{p0}^{\bullet\bullet}}{\overline{V}_{p0}^{\bullet\bullet}}\right)$$

$$k_{24} = -6\left(\frac{D_t}{D_{p0ave}}\right)\left(\frac{h_{c0}}{\rho_{p0}C_{pp}V_{p0}}\right)\left(\frac{1}{\overline{D}_{p0}^{\bullet\bullet}\overline{V}_{p0}^{\bullet\bullet}}\right)$$

$$\begin{bmatrix}\beta_0^{\bullet}\left(H_{p0}^{\bullet}-\overline{H}_{a0}^{\bullet\bullet}\right)+\left(\frac{C_v}{C_h}\right)\left(\overline{T}_{a0}^{\bullet\bullet}-\overline{T}_{p0}^{\bullet\bullet}\right)\left(H_{p0}^{\bullet}-\overline{H}_{a0}^{\bullet\bullet}\right)\\ -\left(\overline{T}_{a0}^{\bullet\bullet}-\overline{T}_{p0}^{\bullet\bullet}\right)-\alpha_0^{\bullet}\left(\overline{T}_{a0}^{\bullet\bullet}-\overline{T}_{p0}^{\bullet\bullet}\right)\left(\overline{T}_{p0}^{\bullet\bullet}-T_r^{\bullet}\right)\end{bmatrix}$$

$$k_{34} = \left(\frac{\rho_{p0}-\rho_{a0}}{\rho_{p0}}\right)\left(\frac{gD_t}{V_{p0}^2}\right)\left(\frac{1}{\overline{V}_{p0}^{\bullet\bullet}}\right)-\left(\frac{3C_D}{4}\right)\left(\frac{D_t}{D_{p0ave}}\right)\left(\frac{\rho_{a0}}{\rho_{p0}}\right)\frac{(\overline{V}_{p0}^{\bullet\bullet}-\overline{V}_{a0}^{\bullet\bullet})^2}{\overline{V}_{p0}^{\bullet\bullet}\overline{D}_{p0}^{\bullet\bullet}}$$

$$k_{44} = \pi\left(\frac{D_t}{D_{p0ave}}\right)\left\{\begin{bmatrix}\beta_0^{\bullet}\left(H_{p0}^{\bullet} - \bar{H}_{a0}^{\bullet\bullet}\right) + \left(\frac{C_v}{C_h}\right)\left(\bar{T}_{a0}^{\bullet\bullet} - \bar{T}_{p0}^{\bullet\bullet}\right)\left(H_{p0}^{\bullet} - \bar{H}_{a0}^{\bullet\bullet}\right) \\ -\left(\bar{T}_{a0}^{\bullet\bullet} - \bar{T}_{p0}^{\bullet\bullet}\right) - \alpha_0^{\bullet}\left(\bar{T}_{a0}^{\bullet\bullet} - \bar{T}_{p0}^{\bullet\bullet}\right)\left(\bar{T}_{p0}^{\bullet\bullet} - T_r^{\bullet}\right)\end{bmatrix}\right.$$
$$\left.\left[\beta_0^{\bullet}\gamma_0^{\bullet}\left(\frac{n_0^{\bullet}\bar{D}_{p0}^{\bullet\bullet 2}}{\bar{V}_{p0}^{\bullet\bullet}}\right)\right]\right\}$$

$$+\pi\left(\frac{D_t}{D_{p0ave}}\right)\left[\gamma_0^{\bullet}\left(\frac{C_{pp}}{C_h}\right)\left(\frac{n_0^{\bullet}\bar{D}_{p0}^{\bullet\bullet 2}}{\bar{V}_{p0}^{\bullet\bullet}}\right)\left(\bar{T}_{a0}^{\bullet\bullet} - \bar{T}_{p0}^{\bullet\bullet}\right)\left(\bar{T}_{p0}^{\bullet\bullet} - T_r^{\bullet}\right)\right]$$

$$-\pi\left(\frac{D_t}{D_{p0ave}}\right)\left[\left(\frac{4.1868 * 0.46}{C_h}\right)\left(\bar{T}_{a0}^{\bullet\bullet} - T_r^{\bullet}\right) + \frac{\lambda_r\left(T_{a0} - T_{p0}\right)}{C_h}\right]$$

$$\left[\gamma_0^{\bullet}\left(\frac{n_0^{\bullet}\bar{D}_{p0}^{\bullet\bullet 2}}{\bar{V}_{p0}^{\bullet\bullet}}\right)\left(\bar{T}_{a0}^{\bullet\bullet} - \bar{T}_{p0}^{\bullet\bullet}\right)\right]$$

$$k_{54} = \pi\left(\frac{D_t}{D_{p0ave}}\right)\left[\gamma_0^{\bullet}\left(\frac{n_0^{\bullet}\bar{D}_{p0}^{\bullet\bullet 2}}{\bar{V}_{p0}^{\bullet\bullet}}\right)\left(\bar{T}_{a0}^{\bullet\bullet} - \bar{T}_{p0}^{\bullet\bullet}\right)\right]$$

สำหรับการคำนวณหาค่าขนาด อุณหภูมิและความเร็วของหยดน้ำ อุณหภูมิและความชื้นของอากาศที่ความสูงถัดขึ้นไปอีก ($D_{p11,i=2}^{\bullet}, T_{p11,i=2}^{\bullet}, V_{p11,i=2}^{\bullet}, T_{a1,i=2}^{\bullet}$ และ $H_{a1,i=2}^{\bullet}$) ตามลำดับจะต้องแก้สมการ 5 สมการ, $n = 5$ จากสมการ(3.9),(3.10),(3.11),(3.12)และ(3.13) เช่นกันพร้อมกับข้อมูลที่คำนวณได้จากตำแหน่ง $Z^{\bullet} = Z_1^{\bullet}$ คือ $D_{p11,i=1}^{\bullet}, T_{p11,i=1}^{\bullet}, V_{p11,i=1}^{\bullet}, T_{a1,i=1}^{\bullet}$ และ $H_{a1,i=1}^{\bullet}$ ซึ่งจะคำนวณเช่นนี้เรื่อยไปจนกระทั่งถึงความสูงของเครื่องตามที่ต้องการ

ประวัติผู้เขียน

นาย ประธาน วงศ์ศริเวช เกิดวันที่ 29 มีนาคม พ.ศ. 2512 ที่อำเภอหาดใหญ่ จังหวัดสงขลา สำเร็จการศึกษาปริญญาตรีวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต (เกียรตินิยมอันดับ 1) ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ ในปีการศึกษา 2534 และเข้าศึกษาต่อในหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต ที่จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อ พ.ศ. 2537