รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

ริชารด์ เอส, วีเนอร์ และ ลูอิส เจม พินสัน, หลักการโปรแกรม Object-Oriented และภาษา C^{++}, แปลโดย นพดล ตังควรรณวานิช และสรรค์ เสกขุนทด, บริษัทซีเอ็ดยูเคชัน จำกัด, 2535.

เรียวโซ โทเอ, อุปกรณ์อบแห้งในอุตสาหกรรม, แปลโดย วิวัฒน์ ตัณฑะพานิชกุล, พิมพ์ครั้งที่ 2, สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยีไทย-ญี่ปุ่น, 2529.

สมชาติ โสภณรณฤทธิ์, การอบแห้งเมล็ดธัญพืช , พิมพ์ครั้งที่ 5, สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าธนบุรี, 2535.

ภาษาอังกฤษ

Arnason, G. and Crowe, C.T., Assesment of numerical models for spray drying, Drying'80 Proceeding of the second international symposium, Vol.2, 1980.

Billic, Mate. and Glavas, Gordon., Spray drying simulation in spreadsheet, Drying Techno, Vol.10, No.2, 1992.

Cook, Edward M. and Dumont, Harman D., Process drying pratice, McGraw-Hill Co., 1991.

Donald B. Brooker, Fred W. Bakker-Arkema and Carl W. Hall., Drying and storage of grain and oilseeds , Van Nostrad Reinhold., 1992.

Foust, A.S., Principle of unit operation, 2 nd ed., John Wiley & Sons. Inc., 1980.

Herbert, Schildt., Turbo C++ for windows inside & out, McGraw-Hill, 1992.

Hostetter, G. H., Santina, M. S. and D'Carpio-Montalvo, P., Analytical, numerical, and computational methods for science and engineering, Prentice-Hall Inc., 1991.

Ikuro Shishido, Masaru Ogino, Mutsumi Suzuki and Shigemori Ohtani, Critical moisture content in a continuous dryer, Heat Transfer Jpn. Res., Vol.14, No.1, 1985.

Jumah, Rami Y. and Mujumdar, A.S., PC program for preliminary design of a continuous well mixed fluid bed dryer, Drying Technol, Vol.11, No.4, 1993.

Kamke, F.A. and Wilson, J.B., Computer simulation of a rotary dryer, AIchE Journal, Vol.32, No.2, 1986.

Kunii, D. and Levenspiel, O., Fluidization Engineering, 2nd ed., Butterworth-Heinemann, 1991.

Land, C.M.Van't., Industrial drying equipment selection and application, Marcel Dekker Inc., 1991.

McCabe, Warren L., Unit operation of chemical engineering, McGraw-Hill Inc., 1993.

Mujumdar, A.S., Handbook of industrial drying, Marcel Dekker Inc., 1987.

Parti, M., Heating and mass transfer in packed beds, Drying'80 Proceeding of the second international symposium, Vol.2, 1980.

Perry, R.H. and Green, D., Perry's Chemical Engineers' Handbook, 6th ed., McGraw-Hill Co., 1984.

Zbicinski, I.,Grabouski, S.,Strumillo, C.,Kiraly, L. and Kazanouski, W., Mathematic modelling of spray drying, Comput.Chem.Eng., Vol.12, No.2/3, 1988.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก.

คุณสมบัติของอากาศที่ใช้ในโปรแกรม

คุณสมบัติของอากาศชื้นที่ต้องใช้ในโปรแกรมการคำนวณต่างๆ จะมาจากแผนภูมิความชื้นแบบที่ใช้งานที่อุณหภูมิสูง ซึ่งจะแสดงคุณสมบัติต่างๆของอากาศชื้น (ระบบอากาศกับไอน้ำ) ในช่วง 0 - 400 องศาเซลเซียส โดยจะประยุกต์ใช้ถึงอุณหภูมิ 600 องศาเซลเซียส ความดันรวม 760 มิลลิเมตรปรอท (1 บรรยากาศ) ฐานที่ใช้ในการคำนวณคือ อากาศแห้ง 1 กิโลกรัม โดยประยุกต์มาจากฐานอากาศแห้ง 1 กิโลกรัมโมล

คุณสมบัติของอากาศชื้นที่อุณหภูมิต่างๆ ที่ใช้ในการคำนวณในโปรแกรม มีดังนี้

1. ความชื้นอิ่มตัวของอากาศชื้น
2. ปริมาตรจำเพาะชื้นของอากาศชื้น และความหนาแน่นของอากาศและอากาศชื้น
3. ความร้อนแฝงของการระเหยน้ำ
4. ความร้อนจำเพาะชื้นของอากาศชื้น
5. ความหนืดของอากาศ
6. ความนำความร้อนของอากาศ
7. อุณหภูมิกระเปาะเปียกของอากาศชื้น

ก.1 ความชื้นสัมบูรณ์อิ่มตัวของอากาศชื้น

โปรแกรมนี้ใช้สมการพื้นฐานที่ใช้ในการสร้างแผนภูมิความชื้น คำนวณหาค่าความชื้นสัมบูรณ์อิ่มตัว โดยสมการนี้ใช้สมมุติฐานว่าอากาศชื้นเป็นก๊าซอุดมคติ

$$H'_s = \frac{P_s}{(P_T - P_s)} = 1.61\, H_s \qquad \text{——— (ก1)}$$

โดยที่ P_T เป็นความดันรวมของระบบ เท่ากับ 760 มิลลิเมตรปรอท

P_S เป็นความดันไออิ่มตัวของไอน้ำภายในอากาศที่อุณหภูมิ t

H_S' เป็นโมลความชื้นอิ่มตัว (กิโลกรัมโมล ไอน้ำ/กิโลกรัมโมล อากาศแห้ง)

H_S เป็นความชื้นอิ่มตัว (กิโลกรัม ไอน้ำ/กิโลกรัม อากาศแห้ง)

ส่วนความชื้นและโมลความชื้น คือ

$$H' = \frac{P}{(P_T - P)} = 1.61\, H \qquad \text{——— (ก2)}$$

โดยที่ H เป็นความชื้นของอากาศ (กิโลกรัม ไอน้ำ/กิโลกรัม อากาศแห้ง)

H' เป็นโมลความชื้น (กิโลกรัมโมล ไอน้ำ/กิโลกรัมโมล อากาศแห้ง)

ก.2 ปริมาตรจำเพาะชื้นของอากาศชื้น และความหนาแน่นของอากาศและอากาศชื้น

โปรแกรมนี้ใช้สมการที่ได้จากสมมุติฐานที่ว่าอากาศชื้นเป็นก๊าซในอุดมคติ โดยปริมาตรจำเพาะชื้นของอากาศชื้นจะหาได้จาก

$$V_H = \frac{22.4 * (1 + (1.61 * H) * (273 + t)}{(273 * 29)} \qquad \text{---------- (ก3)}$$

โดยที่ t เป็นอุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)

H เป็นความชื้นของอากาศ (กิโลกรัม ไอน้ำ/กิโลกรัม อากาศแห้ง)

V_H มีหน่วยเป็น ลูกบาศก์เมตร/กิโลกรัม อากาศแห้ง

ค่าความหนาแน่นของอากาศชื้นหาได้จาก

$$\rho_{air} = \frac{(1 + H)}{V_H} \qquad \text{---------- (ก4)}$$

โดยที่ ρ_{air} มีหน่วยเป็น กิโลกรัม อากาศชื้น/ลูกบาศก์เมตร

ส่วนค่าความหนาแน่นของอากาศแห้งหาได้จาก

$$\rho = \frac{1}{V_H} \qquad \text{---------- (ก5)}$$

ก3. ความร้อนแฝงของการระเหยน้ำ

โปรแกรมนี้ใช้สมการคำนวณหาค่าความร้อนแฝงของการระเหยน้ำที่อุณหภูมิต่างๆ โดยใช้สมการของสมาคม ASAE ปี ค.ศ. 1976 ซึ่งสามารถใช้งานได้ในช่วง -17.78-260 องศาเซลเซียส (^{o}C) หรือ 459.69-959.69 องศาแรงกิล (^{o}R) ดังนี้

ช่วง -17.78 - 0 ^{o}องศาเซลเซียส (459.69 - 491.69 ^{o}R)

$$\lambda = 1220.844 - 0.05077 * (t_R - 459.69) \qquad \text{——— (ก6)}$$

ช่วง 0 - 65.56 ^{o}องศาเซลเซียส (491.69 - 609.69 ^{o}R)

$$\lambda = 1075.8965 - 0.56983 * (t_R - 491.69) \qquad \text{---------- (ก7)}$$

ช่วง 65.6 - 260 ^{o}องศาเซลเซียส (609.69 - 959.69 ^{o}R)

$$\lambda = (1354673.214 - 0.9125275587 * t_R^2)^{0.5} \qquad \text{---------- (ก8)}$$

โดยที่ λ เป็นความร้อนแฝงของการระเหยน้ำ (บีทียู/ปอนด์ ไอน้ำ)

t_R เป็นอุณหภูมิ มีหน่วยเป็น องศาแรงกิล

ก4. ความร้อนจำเพาะชื้นของอากาศชื้น

โปรแกรมนี้ใช้สมการของแผนภูมิความชื้นอุณหภูมิสูง หาค่าความร้อนจำเพาะชื้น ดังสมการ

$$C_H = (6.97 + (8.51 * (1.61 * H)) / 29 \qquad \text{——— (ก9)}$$

โดยที่ C_H มีหน่วยเป็น กิโลแคลอรี/กิโลกรัม อากาศแห้ง

ก5. ความหนืดของอากาศ

โปรแกรมนี้จะใช้สมการที่มีสมมุติฐานว่าอากาศเป็นของเหลวนิวโตเนียน(Newtonian fluid) จากหนังสือ Unit Operations of Chemical Engineering ดังนี้

$$\frac{\mu}{\mu_o} = \left(\frac{t_K}{273}\right)^{0.65} \qquad \text{---------- (ก9)}$$

โดยที่ μ_o เป็นความหนืดของอากาศที่อุณหภูมิ 273 เคลวิน
เท่ากับ 0.00017 กิโลกรัม/เมตร วินาที

t_K เป็นอุณหภูมิเคลวิน

ก6. ค่าความนำความร้อนของอากาศแห้ง

โปรแกรมนี้ใช้ข้อมูลจาก Perry Chemicals Engineers' Handbook มาทำการ regression แต่ละช่วง ดังสมการ

ช่วง ต่ำกว่า 37.8 องศาเซลเซียส	$k = 0.008019+7.1242832*10^{-5} (t + 173)$
ช่วง 37.8 - 65.6 องศาเซลเซียส	$k = 0.02323 + 6.9784*10^{-5} (t - 37.8)$
ช่วง 65.6 - 76.8 องศาเซลเซียส	$k = 0.02517 + 6.51786*10^{-5} (t - 65.6)$
ช่วง 76.8 - 93.3 องศาเซลเซียส	$k = 0.02590 + 5.45455*10^{-5} (t - 76.8)$
ช่วง 93.3 - 100 องศาเซลเซียส	$k = 0.0268 + 6.71642*10^{-5} (t - 93.3)$
ช่วง 100 - 121.1 องศาเซลเซียส	$k = 0.02725 + 6.3507*10^{-5} (t - 100)$
ช่วง 121.1 - 126.8 องศาเซลเซียส	$k = 0.02859 + 5.61404*10^{-5} (t - 121.1)$
ช่วง 126.8 - 148.9 องศาเซลเซียส	$k = 0.02891 + 6.65158*10^{-5} (t - 126.8)$
ช่วง 148.9 - 176.7 องศาเซลเซียส	$k = 0.03038 + 5.89928*10^{-5} (t - 148.9)$
ช่วง 176.7 - 200 องศาเซลเซียส	$k = 0.03202 + 6.99571*10^{-5} (t - 176.7)$
ช่วง 200 - 232.2 องศาเซลเซียส	$k = 0.03365 + 4.62733*10^{-5} (t - 200)$
ช่วง 232.2 - 260 องศาเซลเซียส	$k = 0.03514 + 5.39568*10^{-5} (t - 232.2)$
ช่วง 260 - 300 องศาเซลเซียส	$k = 0.03664 + 7.05*10^{-5} (t - 260)$
ช่วง 300 - 326.8 องศาเซลเซียส	$k = 0.03946 + 2.38806*10^{-5} (t - 300)$
ช่วง 326.8 - 526.8 องศาเซลเซียส	$k = 0.04010 + 4.77*10^{-5} (t - 326.8)$
ช่วง 526.8 - 726.8 องศาเซลเซียส	$k = 0.05859 + 4.39*10^{-5} (t - 526.8)$

โดยที่ k เป็นค่าความนำความร้อนของอากาศแห้ง (กิโลแคลอรี/ชม. ม. องศาเซลเซียส)

t เป็นอุณหภูมิ (องศาเซลเซียส)

ก.7 อุณหภูมิกระเปาะเปียกของลมร้อน

โปรแกรมนี้ใช้สมการพื้นฐานที่ใช้ในการสร้างแผนภูมิความชื้น คำนวณหาค่าอุณหภูมิกระเปาะเปียกของอากาศชื้น โดยสมการนี้ใช้สมมุติฐานว่าอากาศชื้นเป็นก๊าซอุดมคติ เป็นระบบอากาศกับไอน้ำ

$$\lambda_s(H_s' - H') = (6.97 + 8.51 * H')(t - t_w)$$

โดยที่ λ_s เป็นความร้อนแฝงของการระเหยน้ำที่อุณหภูมิ t_w (กิโลแคลอรี/กก.โมล ไอน้ำ)

t_w เป็นอุณหภูมิกระเปาะเปียก มีหน่วยเป็นองศาเซลเซียส

ภาคผนวก ข.

ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนเชิงปริมาตร

การประเมินค่าสัมประสทธิ์การถ่ายเทความร้อนเชิงปริมาตร ของเครื่องอบแห้งแต่ละชนิดในโปรแกรมที่สร้างขึ้นนี้ จะใช้สมการจากหนังสือหลายเล่มและเอกสารจากการวิจัยที่ผ่านมา ดังรายละเอียดต่อไปนี้

ข.1 เครื่องอบแห้งแบบหมุน

ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนเชิงปริมาตร ของเครื่องอบแห้งแบบหมุน จะใช้สมการของเรียวโซ โทเอ (2529) ซึ่งจากการทดลองพบว่าค่าของ ha จะอยู่ในช่วง 100 - 200 กิโลแคลอรี/ชั่วโมง ลูกบาศก์เมตร องศาเซลเซียส และลดลงเมื่อเส้นผ่าศูนย์กลางเครื่องใหญ่ขึ้น

$$haD = 19X^{0.5}G^{0.16} \qquad \text{---------- (ข1.1)}$$

$$haD = 0.5(n-1)G^{0.46} \qquad \text{---------- (ข1.2)}$$

กรณีเครื่องอบแห้งแบบหมุนแบบไหลขนาน ให้ใช้สมการที่ ข1.2 ส่วนกรณีเครื่องอบแห้งแบบหมุนแบบไหลสวนทาง ใช้ได้ทั้งสองสมการ โดยให้เลือกใช้ค่าที่น้อยที่สุดที่คำนวณได้ โดย

n คือจำนวนแผ่นยก ประมาณ 6-16 ถ้ามากกว่าใช้ n = 16

G คือความเร็วเชิงมวลของลมร้อนแห้ง (กก.อากาศแห้ง/ชม.ตรม.)

X คือสัดราส่วนของพื้นที่ภาคตัดขวางที่ถูกครอบครองโดยวัสดุ (X =10)

ข.2 เครื่องอบแห้งแบบพาหะลม

ค่าสัมประสทธิ์การถ่ายเทความร้อนเชิงปริมาตรของเครื่องอบแห้งแบบพาหะลม จะแยกเป็นการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนระหว่างอากาศกับอนุภาค (h) กับค่า a โดยค่า h จะคำนวณจากสมการของ Froessling's Equation ดังนี้

$$Nu = 2 + 0.522\,\mathrm{Re}_p^{1/2}\,\mathrm{Pr}^{1/3} \qquad \text{---------- (ข2.1)}$$

โดย $\mathrm{Re}_p = \dfrac{d_p u \rho}{\mu}$ = ตัวเลขเรย์โนลด์

$\mathrm{Pr} = C_p \mu / k$ = ตัวเลขแพรนดัล = 0.7 สำหรับอากาศ

$Nu = h d_p / k$ = ตัวเลขนัสเซลท์

k = ความนำความร้อนของอากาศ

μ = ความหนืดของอากาศแห้ง

ρ = ความหนาแน่นของอากาศแห้ง

ส่วนค่าของ a คือ พื้นที่ผิวของอนุภาคทั้งหมดที่มีอยู่ในหนึ่งหน่วยปริมาตรของเครื่องในกรณีอนุภาคทรงกลมหาได้จาก

$$a = \frac{6(1-\varepsilon)}{d_p} \qquad \text{---------- (ข2.2)}$$

ค่าของ ha จากการทดลอง (เรียวโซ โทเอ, 2529) พบว่า ถ้าขนาดของเส้นผ่าศูนย์กลางของอนุภาคยาวกว่า 3 มิลลิเมตร. ค่าที่หาได้จากสมการจะถูกต้อง แต่สำหรับอนุภาคที่มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 1.5 มิลลิเมตร. ค่าที่ได้จากการทดลองจะน้อยกว่าโดยเท่ากับ 1/3 ของค่าที่คำนวณได้และสำหรับอนุภาคที่มีเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.8 มิลลิเมตร ค่าจากการทดลองจะประมาณ 1/8 ของค่าที่คำนวณได้จึงต้องใช้ค่าที่คำนวณได้โดยความระมัดระวัง

ปกติจากการทดลอง เรียวโซ โทเอ(2529) พบว่าค่า ha ของเครื่องอบแห้งแบบพาหะลมประมาณ 2000 - 6000 กิโลแคลอรี/ชม. ลบ.ม. องศาเซลเซียส ที่อุณหภูมิลมร้อน 400 - 600 องศาเซลเซียส

ข3. เครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอย

ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนเชิงปริมาตรของเครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอย จะแยกเป็นการคำนวณค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อนระหว่างอากาศกับอนุภาค (h) กับค่า a โดยค่า h ได้จากสมการของ Ranz and Marshall ดังนี้

$$Nu = 2 + 0.6\,\mathrm{Re}_p^{1/2}\,\mathrm{Pr}^{1/3} \qquad \text{———— (ข3)}$$

การคำนวณค่า a เหมือนกับในกรณีของเครื่องอบแห้งแบบพาหะลม และการใช้ค่า ha ที่คำนวณได้ต้องใช้ด้วยความระมัดระวังเนื่องจากเครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอยจะมีเครื่องทำละออง ซึ่งขนาดของอนุภาคจะเล็กมาก 50 ไมโครเมตร ถึง 500 ไมโครเมตร และค่า ha ที่ได้จากการทดลองจะประมาณ 20 - 80 กิโลแคลอรี่/ชม.ลบ.ม. องศาเซลเซียส (เรียวโซ โทเอ, 2529)

ข4. เครื่องอบแห้งแบบไหลผ่าน

โปรแกรมนี้ใช้การคำนวณค่า ha ของเครื่องอบแห้งแบบไหลผ่าน จาก เรียวโซ โทเอ, 2529 โดยคำนวณ h จาก

$$\frac{h}{G'C_H} = 2.41\left(\frac{d_P G'}{\mu}\right)^{-0.51} \quad ; \quad \frac{d_P G'}{\mu} < 350 \qquad \text{——— (ข4.1)}$$

$$\frac{h}{G'C_H} = 1.31\left(\frac{d_P G'}{\mu}\right)^{-0.41} \quad ; \quad \frac{d_P G'}{\mu} > 350 \qquad \text{——— (ข4.2)}$$

โดย G' คือความเร็วเชิงมวลของลมร้อน (กก./ชม.ตร.ม.)

μ คือความหนืดของอากาศ (กก./ม. ชม.)

และการคำนวณค่า a และการใช้ค่า ha ที่คำนวณได้จะเหมือนกับในกรณีเครื่องอบแห้งแบบพาหะลม

ข5. เครื่องอบแห้งแบบฟลูอิดไดซ์เบด

โปรแกรมนี้การคำนวณค่า ha ของเครื่องอบแห้งแบบฟลูอิดไดซ์เบด ใช้สมการของเรียวโซ โทเอ ,2529 โดย คำนวณค่า h ได้จาก

$$Nu = 4 * 10^{-3} \, \mathrm{Re}_p^{1.5} \qquad \text{(ข5)}$$

เมื่อ $10 < \mathrm{Re}_p < 100$

ส่วนค่า a หาได้จากแบบเดียวกันกับเครื่องอบแห้งแบบพาหะลม และจากการทดลองพบว่าค่า ha ที่คำนวณได้กับการทดลองจะแตกต่างกัน โดยกรณีที่อนุภาคมีเส้นผ่าศูนย์กลาง 1 มิลลิเมตร ค่าที่ได้จากสมการจะมีค่าเท่ากับการทดลอง แต่ถ้ากรณีที่อนุภาคมีเส้นผ่าศูนย์กลางขนาด 0.5 มิลลิเมตร ค่าที่ทดลองได้เท่ากับ 0.5 ของค่าที่คำนวณได้ สำหรับอนุภาคขนาด 0.3 มิลลิเมตร ค่าที่ทดลองได้เท่ากับ 1/5 ของค่าที่คำนวณได้ และอนุภาคที่มีขนาด 0.2 มิลลิเมตร ค่าที่ทดลองได้เท่ากับ 1/12 ของค่าที่คำนวณได้

ภาคผนวก ค.

อุณหภูมิขาออกของลมร้อน

โปรแกรมนี้จะใช้สมการที่ได้จากการทดลองจากหนังสือ Industrial drying equipment selection and application โดย Land, C.M.Van't ซึ่งมีความสัมพันธ์จากการเก็บข้อมูลการทดลองระหว่างอุณหภูมิขาเข้าและอุณหภูมิขาออกของเครื่องอบแห้งต่างๆ ดังนี้

ค1. เครื่องอบแห้งแบบหมุน

$$t_{out} = 0.05 * t_{in} + 64.5 \qquad \text{(องศาเซลเซียส)}$$

ค2. เครื่องอบแห้งแบบพาหะลม

$$t_{out} = 0.1875 * t_{in} + 35 \qquad \text{(องศาเซลเซียส)}$$

ค3. เครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอย

$$t_{out} = 88.39 * \log_{10} t_{in} - 112.35 \qquad \text{(องศาเซลเซียส)}$$

ภาคผนวก ง.

ระเบียบวิธีของนิวตัน-ราฟสัน

ระเบียบวิธีของนิวตัน-ราฟสัน เป็นระเบียบวิธีในการหารากของสมการ ซึ่งเป็นการหาค่าของตัวแปรหนึ่งที่ทำให้สมการมีค่าเป็นศูนย์ โดยระเบียบวิธีของนิวตัน-ราฟสัน เป็นระเบียบวิธีที่เริ่มจากค่าเริ่มต้นที่นำไปสู่ผลลัพธ์ได้โดยรวดเร็ว

หลักการของระเบียบวิธีนิวตัน-ราฟสัน เริ่มจากการกำหนดค่าเริ่มต้น X_0 แล้วทำการคำนวณค่าฟังก์ชัน $f(X_0)$ และค่าอนุพันธ์ $f'(X_0)$ ที่ตำแหน่งนั้น แล้วนำค่าไปคำนวณตำหน่งที่จะทำต่อไป ดังมีขั้นตอนดังนี้

<u>ขั้นตอนที่ 1</u> คำนวณค่าฟังก์ชันและค่าอนุพันธ์ของฟังก์ชันที่ตำแหน่ง X_i

<u>ขั้นตอนที่ 2</u> คำนวณค่าการเปลี่ยนแปลงของผลลัพธ์จาก

$$\Delta X_{i+1} = \frac{f(X_i)}{f'(X_i)}$$

<u>ขั้นตอนที่ 3</u> คำนวณค่าตำแหน่งใหม่จาก

$$X_{i+1} = X_i + \Delta X_{i+1}$$

<u>ขั้นตอนที่ 4</u> ตรวจสอบผลลัพธ์ว่าเข้าสู่เกณฑ์ที่ยอมรับได้หรือไม่ ได้จากรูปแบบใดรูปแบบหนึ่ง ดังนี้

ก) $\left|\Delta X_{i+1}\right| < E_1$

ข) $$\left|\frac{\Delta X_{i+1}}{X_{i+1}}\right| < \mathrm{E}_2$$

ค่า E_1 และ E_2 เป็นค่าความผิดพลาดที่ยอมรับได้

การเข้าสู่ผลลัพธ์โดยระเบียบวิธีนี้จะเป็นไปอย่างรวดเร็ว แต่การเข้าสู่ผลลัพธ์อาจไม่เกิดขึ้นเสมอไป จะขึ้นอยู่กับองค์ประกอบหลายอย่างเช่นการเปลี่ยนแปลงฟังก์ชันหรือการกำหนดค่าเริ่มต้น

ภาคผนวก จ.

ระเบียบวิธี รุงเง-คุตตา อันดับสี่

ระเบียบวิธีรุงเง-คุตตา อันดับสี่ เป็นระเบียบวิธีการแก้สมการเชิงอนุพันธ์สามัญ ที่ได้รับความนิยมและใช้กันอย่างกว้างขวาง แนวคิดของระเบียบวิธีการนี้คือ การหาค่าความชันที่มีความเที่ยงตรงสูง เพื่อก็ให้เกิดผลลัพธ์ที่มีความเที่ยงตรงสูง โดยระเบียบวิธีนี้จะมีตั้งแต่อันดับหนึ่ง สอง สาม และสี่

ระเบียบวิธีรุงเง-คุตตา อันดับสี่ (fourth-order Runge-Kutta method) ในการแก้ระบบสมการเชิงอนุพันธ์อันดับหนึ่งหลายสมการที่เกี่ยวข้องสัมพันธ์กัน ที่ก่อให้เกิดระบบสมการ n สมการ ดังนี้

$$\frac{dY_1}{dX} = f_1(X_1, Y_1, \ldots, Y_n)$$
$$\frac{dY_2}{dX} = f_2(X_1, Y_1, \ldots, Y_n)$$
$$\circ$$
$$\circ$$
$$\circ$$
$$\frac{dY_n}{dX} = f_n(X_1, Y_1, \ldots, Y_n)$$

<u>ขั้นตอนที่ 1</u> คำนวณค่าฟังก์ชัน ดังนี้

$$k_{1Y1} = f_1(X_i, Y_{1i}, \ldots, Y_{ni})$$
$$k_{1Y2} = f_2(X_i, Y_{1i}, \ldots, Y_{ni})$$
$$\circ$$
$$\circ$$
$$\circ$$
$$k_{1Yn} = f_n(X_i, Y_{1i}, \ldots, Y_{ni})$$

ขั้นตอนที่ 2 นำค่าจากขั้นตอนหนึ่งมาทำการคำนวณค่าฟังก์ชันต่อ ดังนี้

$$k_{2Y1} = f_1(X_i + \frac{1}{2}h, Y_{1i} + \frac{1}{2}hk_{1Y1}, \ldots, Y_{ni} + \frac{1}{2}hk_{1Yn})$$

$$k_{2Y2} = f_2(X_i + \frac{1}{2}h, Y_{1i} + \frac{1}{2}hk_{1Y1}, \ldots, Y_{ni} + \frac{1}{2}hk_{1Yn})$$

o

o

o

$$k_{2Yn} = f_n(X_i + \frac{1}{2}h, Y_{1i} + \frac{1}{2}hk_{1Y1}, \ldots, Y_{ni} + \frac{1}{2}hk_{1Yn})$$

ขั้นตอนที่ 3 นำค่าจากขั้นตอนที่สอง มาทำการคำนวณต่อดังนี้

$$k_{3Y1} = f_1(X_i + \frac{1}{2}h, Y_{1i} + \frac{1}{2}hk_{2Y1}, \ldots, Y_{ni} + \frac{1}{2}hk_{2Yn})$$

$$k_{3Y2} = f_2(X_i + \frac{1}{2}h, Y_{1i} + \frac{1}{2}hk_{2Y1}, \ldots, Y_{ni} + \frac{1}{2}hk_{2Yn})$$

o

o

o

$$k_{3Yn} = f_n(X_i + \frac{1}{2}h, Y_{1i} + \frac{1}{2}hk_{2Y1}, \ldots, Y_{ni} + \frac{1}{2}hk_{2Yn})$$

ขั้นตอนที่ 4 นำค่าจากขั้นตอนที่สามมาคำนวณต่อดังนี้

$$k_{4Y1} = f_1(X_i + h, Y_{1i} + hk_{3Y1}, \ldots, Y_{ni} + hk_{3Yn})$$

$$k_{3Y2} = f_2(X_i + h, Y_{1i} + hk_{3Y1}, \ldots, Y_{ni} + hk_{3Yn})$$

o

o

o

$$k_{4Yn} = f_n(X_i + h, Y_{1i} + hk_{3Y1}, \ldots, Y_{ni} + hk_{3Yn})$$

<u>ขั้นตอนที่ 5</u> นำค่าที่หาได้จากทั้งสี่ขั้นตอน มาทำการหาจุดที่จะทำการคำนวณต่อไป

$$Y_{1i+1} = Y_{1i} + \left[\frac{1}{6}\left(k_{1Y1} + 2k_{2Y1} + 2k_{3Y1} + k_{4Y1}\right)\right] * h$$

$$Y_{2i+1} = Y_{2i} + \left[\frac{1}{6}\left(k_{1Y2} + 2k_{2Y2} + 2k_{3Y2} + k_{4Y2}\right)\right] * h$$

o

o

o

$$Y_{ni+1} = Y_{ni} + \left[\frac{1}{6}\left(k_{1Yn} + 2k_{2Yn} + 2k_{3Yn} + k_{4Yn}\right)\right] * h$$

ผลที่ได้จากรอบแรกจะทำการหาจุดต่อไป แล้วกลับไปทำซ้ำใหม่จากขั้นตอนที่ 1 ใหม่ ผลลัพธ์ที่ได้จะนำไปในการทำซ้ำรอบอื่นต่อไป

ผลลัพธ์ที่ได้ด้วยระเบียบวิธีรุงเง-คุตตา อันดับสี่ ถือว่ามีความเที่ยงตรงสูง มีความผิดพลาดร้อยละ 0.002 เท่านั้น ระเบียบวิธีนี้จึงนิยมใช้ในงานการคำนวณที่ต้องการผลลัพธ์ที่มีความเที่ยงตรงสูง

ภาคผนวก ฉ.

ตัวอย่างการคำนวณโปรแกรมการออกแบบ

ฉ.1 เครื่องอบแห้งแบบไหลขนาน

จากเครื่องอบแห้งแบบหมุนแบบไหลขนาน ได้ผลจากโปรแกรม การออกแบบดังนี้

อุณหภูมิขาเข้าของลมร้อน 250 องศาเซลเซียส

ความชื้นขาเข้าของลมร้อน 0.025 กก.ไอน้ำ/กก.อากาศแห้ง

อุณหภูมิขาออกของลมร้อน 77 องศาเซลเซียส

ความชื้นขาออกของลมร้อน 0.08365 กก.ไอน้ำ/กก.อากาศแห้ง

อุณหภูมิขาเข้าของวัสดุ 25 องศาเซลเซียส

อัตราส่วนความชื้นขาเข้าของวัสดุ 0.1 กก.น้ำ/กก.วัสดุแห้ง

อุณหภูมิขาออกของวัสดุ 68.683 องศาเซลเซียส

อัตราส่วนความชื้นขาออกของวัสดุ 0.003 กก.น้ำ/กก.วัสดุแห้ง

อัตราการป้อนวัสดุ 4000 กิโลกรัม วัสดุแห้ง/ชม.

อัตราการไหลของลมร้อน 6615.44 กิโลกรัม อากาศแห้ง/ชม.

ปริมาตรของเครื่อง 26.103 ลูกบาศก์เมตร

1. <u>สมการดุลมวลสารรวม</u>

$$W_O(w_1 - w_2) = G_O(H_2 - H_1)$$

$$4000 * (0.1 - 0.003) = 6615.44 * (0.08365 - 0.025)$$

$$388 = 387.995556$$

$$\text{Relative Error} = \frac{(388 - 387.995556) * 100\%}{388}$$

$$= -0.00114\ \%$$

2. สมการดุลพลังงานรวม

$$G_O i_1 + W_O (C_S + C_W w_1) tm_1 = G_O i_2 + W_O (C_S + C_W w_2) tm_2$$

i1 = 0.24*250 + (595 + 0.45*250) * 0.025 = 77.6875

i2 = 0.24*77 + (595 + 0.45*77) * 0.08365 = 71.1502225

LHS = (6615.44*77.6875) + (4000 * (0.3 + 0.1) * 25) = 553936.995

RHS = (6615.44*71.1502225)+(4000*(0.3+0.003)*68.683) = 553933.8239

$$\text{Relative Error} = \frac{(553936.995 - 553933.8239) * 100\ \%}{553936.995}$$

$$= -0.000572\ \%$$

3. คำนวณปริมาณความร้อนและขนาดของเครื่องที่ต้องใช้

3.1. ปริมาณความร้อนที่ต้องใช้ในการเพิ่มอุณหภูมิของวัสดุก่อนการระเหย

$$Q_1 = G_O C_{H1} (t_1 - t_1') = W_O (C_S + C_W w_1)(tmc - tm_1)$$

จากการคำนวณโดยการสุ่มพบว่า

$t_1' = 223\ ^{o}C$, tmc = 53.5 ^{o}C

$Q_1 = 6615.44 * 0.254 * (250 - 223) = 45368.69$ กิโลแคลอรี/ชม.

3.2 ปริมาณความร้อนที่ต้องใช้ในการระเหยความชื้น

$$G_O C_{H1,2}(t_1' - t_2') = W_O(w_1 - w_2)\,\lambda_{mc}$$

ได้ λ = 566 kcal/kg t_2' = 98.9 °C

$Q_2 = 4000 * (0.1 - 0.003) * 566 = 219608$ กิโลแคลอรี/ชม.

3.3 ปริมาณความร้อนที่ใช้ในการเพิ่มอุณหภูมิของวัสดุ หลังการระเหย

$$Q_3 = G_O C_{H2}(t_2' - t_2) = W_O(C_S + C_W w_2)(tm_2 - tmc)$$

$= 6615.44 * 0.281 * (98.9 - 77) = 40710.756$ กิโลแคลอรี/ชม.

3.4 ปริมาณตวามร้อนที่ต้องใช้ทั้งหมด

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3$$

Q = 305687.446 กิโลแคลอรี/ชม.

3.5 การคำนวณปริมาตรของเครื่องอบแห้ง

$$(t-t_m)_{lm1} = \frac{(250-25)-(223-53.5)}{\ln((250-25)/(223-53.5))} = 195.942$$

ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน 166.8 กิโลแคลอรี่/ชม. ลบ.ม. องศาเซลเซียส

$V_1 = 1.388$ ลบ.ม.

$$(t-t_m)_{lm2} = \frac{(223-98.9)}{\ln((223-53.5)/(98.9-53.5))} = 94.205$$

$V_2 = 13.976$ ลบ.ม.

$$(t-t_m)_{lm3} = \frac{(98.9-53.5)-(77-68.683)}{\ln((98.9-53.5)/(77-68.683))} = 21.849$$

$V_3 = 11.171$ ลบ.ม.

ปริมาตรเครื่องทั้งหมด = $V_1 + V_2 + V_3$

= 26.535 ลบ.ม.

Relative Error = (26.535-26.103)*100/26.103 = 1.655 %

ฉ. 2 เครื่องอบแห้งแบบไหลสวนทาง

จากเครื่องอบแห้งแบบหมุนแบบไหลสวนทาง ได้ผลจากโปรแกรมการออกแบบดังนี้

อุณหภูมิขาเข้าของลมร้อน 250 องศาเซลเซียส

ความชื้นขาเข้าของลมร้อน 0.025 กก.ไอน้ำ/กก.อากาศแห้ง

อุณหภูมิขาออกของลมร้อน 77 องศาเซลเซียส

ความชื้นขาออกของลมร้อน 0.07897 กก.ไอน้ำ/กก.อากาศแห้ง

อุณหภูมิขาเข้าของวัสดุ 25 องศาเซลเซียส

อัตราส่วนความชื้นขาเข้าของวัสดุ 0.1 กก.น้ำ/กก.วัสดุแห้ง

อุณหภูมิขาออกของวัสดุ 89.2419 องศาเซลเซียส

อัตราส่วนความชื้นขาออกของวัสดุ 0.003 กก.น้ำ/กก.วัสดุแห้ง

อัตราการป้อนวัสดุ 4000 กก. วัสดุแห้ง/ชม.

อัตราการไหลของลมร้อน 7188.689 กก. อากาศแห้ง/ชม.

ปริมาตรของเครื่อง 26.856 ลบ.ม.

1. <u>สมการดุลมวลสารรวม</u>

$$W_O(w_1 - w_2) = G_O(H_1 - H_2)$$

$$4000 * (0.1 - 0.003) = 7188.689 * (0.07897 - 0.025)$$

$$388 = 387.973545$$

$$\text{Relative Error} = \frac{(388 - 387.973545) * 100\%}{388}$$

$$= -0.006818\ \%$$

2. สมการดุลพลังงานรวม

$$G_O i_1 - W_O(C_S + C_W w_1)tm_1 = G_O i_2 - W_O(C_S + C_W w_2)tm_2$$

i1 = 0.24*77 + (595 + 0.45*77) * 0.07897 = 68.20346

i2 = 0.24*250 + (595 + 0.45*250) * 0.025 = 77.6875

LHS = (7188.689*68.20346) - (4000 * (0.3 + 0.1) * 25) = 450293.4627

RHS = (7188.689*77.6875) - (4000*(0.3+0.003)*89.2419) = 450310.0939

Relative Error = $\frac{(450293.4627 - 450310.0939) * 100\ \%}{450293.4627}$

= - 0.003693 %

3. คำนวณปริมาณความร้อนและขนาดของเครื่องที่ต้องใช้

3.1. ปริมาณความร้อนที่ต้องใช้ในการเพิ่มอุณหภูมิของวัสดุก่อนการระเหย

$$Q_1 = G_O C_{H1}(t_1' - t_1) = W_O(C_S + C_w w_1)(tmc - tm_1)$$

จากการคำนวณโดยการสุ่มพบว่า

$t_1' = 99\ ^\circ C$, tmc = 52.5 °C

$Q_1 = 7188.689 * 0.278 * (99 - 77) = 43966.02$ กิโลแคลอรี/ชม

3.2 ปริมาณความร้อนที่ต้องใช้ในการระเหยความชื้น

$$G_O C_{H1,2}(t_2' - t_1') = W_O(w_1 - w_2)\lambda_{mc}$$

ได้ λ = 566.5 กิโลแคลอรี/กก. t_2' = 213.95 °C

$Q_2 = 4000 * (0.1 - 0.003) * 566.5 = 219802$ กิโลแคลอรี่/ชม.

3.3 ปริมาณความร้อนที่ใช้ในการเพิ่มอุณหภูมิของวัสดุ หลังการระเหย

$$Q_3 = G_O C_{H2}(t_2 - t_2^{'}) = W_O(C_S + C_W w_2)(tm_2 - tmc)$$

$$= 7188.689 * 0.254 * (250 - 213.95) = 65824.669 \text{ กิโลแคลอรี/ชม.}$$

3.4 ปริมาณความร้อนที่ต้องใช้ทั้งหมด

$$Q = Q_1 + Q_2 + Q_3$$

Q = 329592.689 กิโลแคลอรี่/ชม.

3.5 การคำนวณปริมาตรของเครื่องอบแห้ง

$$(t - t_m)_{lm1} = \frac{(77 - 25) - (99 - 52.5)}{\ln((77 - 25)/(99 - 52.5))} = 49.199$$

ค่าสัมประสิทธิ์การถ่ายเทความร้อน 137.2 กิโลแคลอรี่/ชม.ลบ.ม. องศาเซลเซียส

$V_1 = 6.513$ ลบ.ม.

$$(t - t_m)_{lm2} = \frac{(213.95 - 99)}{\ln((213.95 - 52.5)/(99 - 52.5))} = 92.348$$

$V_2 = 17.348$ ลบ.ม.

$$(t - t_m)_{lm3} = \frac{(250 - 89.2419) - (213.95 - 52.5)}{\ln((250 - 89.2419)/(213.95 - 52.5))} = 161.104$$

$V_3 = 2.978$ ลบ.ม.

ปริมาตรเครื่องทั้งหมด = $V_1 + V_2 + V_3$

= 26.839 ลบ.ม.

Relative Error = (26.856-26.839)*100/26.839 = 0.063 %

ฉ. 3 เครื่องอบแห้งแบบฟลูอิดไดซ์เบด

จากเครื่องอบแห้งแบบฟลูอิดไดซ์เบด ที่มีห้องในแนวระดับหลายห้อง ได้ผลจากโปรแกรมการออกแบบดังนี้

อุณหภูมิของลมร้อน 100 องศาเซลเซียส
ความชื้นของลมร้อน 0.02 กก.ไอน้ำ/กก.อากาศแห้ง
อุณหภูมิขาเข้าของวัสดุ 25 องศาเซลเซียส
อัตราส่วนความชื้นขาเข้าของวัสดุ 0.1 กก.ไอน้ำ/กก.อากาศแห้ง
อุณหภูมิขาออกของวัสดุ 65.792 องศาเซลเซียส
อัตราส่วนความชื้นขาออกของวัสดุ 0.003 กก.น้ำ/กก.วัสดุแห้ง
อัตราการป้อนวัสดุ 2000 กก.วัสดุแห้ง/ชม.
พื้นที่ของเครื่อง 2.369 ลบ.ม.

1. <u>คำนวณความเร็วของลมร้อน</u>

ρ_f = 0.94 กก./ลบ.ม. μ_f = 0.000022 กก./ม. วินาที

k_f = 0.0275 กิโลแคลอรี/ชม. ม. องศาเซลเซียส

dp = 0.0005 เมตร

tw = 39 องศาเซลเซียส λw = 573.6 กิโลแคลอรี/กก.

C_{H1} = 0.249 กิโลแคลอรี/กก. องศาเซลเซียส

จากสมการ ที่ (4.21) และ (4.22) จะได้

$U_{mf} = 0.294$ เมตร/วินาที

$U_t = 2.85$ เมตร/วินาที

จากโปรแกรม เลือก u = 1.115 เมตร/วินาที ประมาณ 3.79 ของ Umf อยู่ในเกณฑ์เนื่องจาก u มักถูกเลือกให้เท่ากับ (3-8) เท่าของ Umf

2. <u>การคำนวณพื้นที่ช่วงการระเหยจากผิววัสดุ</u>

$G = 1.0275$ กก./วินาที ตร.ม. = 3699.18 กก./ชม. ตร.ม.

$$W_O(w_1 - w_2)\lambda_W = GC_{H1}(t_1 - t_W)(1 - e^{-haL/GC_{H1}})A_1$$

คำนวณ ha ได้จากภาคผนวก ข. ได้

h 27.71 กิโลแคลอรี/ชม. ตร.ม. องศาเซลเซียส

a = 5600 ตร.ม./ลบ.ม.

ha = 155176 กิโลแคลอรี/ชม. ลบ.ม. องศาเซลเซียส

เนื่องจาก ขนาดของวัสดุมีเส้นผ่าศูนย์กลาง 0.5 มิลลิเมตร จึงใช้ค่า ha เป็นครึ่งหนึ่งที่คำนวณได้ คือ 77588 กิโลแคลอรี/ชม.ลบ.ม. องศาเซลเซียส

$$2000*(0.1-0.003)*573.6 = 3699.18*0.249*(100-39)(1-e^{-12.63517})A_1$$

พื้นที่ช่วงการระเหยจากผิววัสดุ = 1.9805 ตร.ม.

3. <u>คำนวณพื้นที่ช่วงการพิ่มอุณหภูมิของวัสดุ</u>

ตามสมการที่ (4.1) ได้ tm_2 = 65.6 องศาเซลเซียส

$$W_O C_S \ln(\frac{t_1 - t_{m1}}{t_1 - t_{m2}}) = GC_{H1}(1 - e^{-haL/GC_{H1}}) A_2$$

พื้นที่ช่วงการเพิ่มอุณหภูมิของวัสดุ = 0.3508 ตร.ม.

4. พื้นที่ของเครื่องทั้งหมด = 2.4885 ตร.ม.

Relative Error = (2.4885 - 2.369)*100/2.369 = 5.04 %

จากเครื่องอบแห้งแบบฟลูอิดไดซ์เบดทรงกระบอกท่อเดียว ได้ผลจากโปรแกรมการออกแบบดังนี้

อุณหภูมิของลมร้อน 100 องศาเซลเซียส
ความชื้นของลมร้อน 0.02 กก.ไอน้ำ/กก.อากาศแห้ง
อุณหภูมิขาเข้าของวัสดุ 25 องศาเซลเซียส
อัตราส่วนความชื้นขาเข้าของวัสดุ 0.1 กก.น้ำ/กก.วัสดุแห้ง
อุณหภูมิขาออกของวัสดุ 65.792 องศาเซลเซียส
อัตราส่วนความชื้นขาออกของวัสดุ 0.003 กก.น้ำ/กก.วัสดุแห้ง
อัตราการป้อนวัสดุ 2000 กก.วัสดุแห้ง/ชม.
พื้นที่ของเครื่อง 2.502 ตร.ม.

1. <u>การคำนวณความเร็วที่ใช้ และ พื้นที่ช่วงการระเหยจากผิววัสดุ</u>
เหมือนกับกรณีเครื่องแบบที่มีห้องในแนวระดับหลายห้อง

2. <u>คำนวณพื้นที่ช่วงการเพิ่มอุณหภูมิของวัสดุ</u>
ตามสมการที่ (4.1) ได้ $tm_2 = 65.6$ องศาเซลเซียส

$$W_O C_S \left(\frac{t_{m2} - t_{m1}}{t_1 - t_{m2}}\right) = GC_{H1}\left(1 - e^{-haL/GC_{H1}}\right) A_2$$

พื้นที่ช่วงการเพิ่มอุณหภูมิของวัสดุ = 0.7688 ตร.ม.

3. พื้นที่ทั้งหมด = 1.9805+0.7688 = 2.7493 ตร.ม.

Relative Error = (2.7493 - 2.502)*100/2.502 = 9.884 %

ฉ. 4 เครื่องอบแห้งแบบไหลผ่าน

จากเครื่องอบแห้งแบบไหลผ่าน ได้ผลจากโปรแกรมการออกแบบดังนี้

อุณหภูมิของลมร้อน 80 องศาเซลเซียส

ความชื้นของลมร้อน 0.02 กก.ไอน้ำ/กก.อากาศแห้ง

อัตราส่วนความชื้นขาเข้าของวัสดุ 0.5 กก.น้ำ/กก.วัสดุแห้ง

อัตราส่วนความชื้นขาออกของวัสดุ 0.05 กก.น้ำ/กก.วัสดุแห้ง

อัตราการป้อนวัสดุ 2000 กก.วัสดุแห้ง/ชม.

พื้นที่ของเครื่อง 16.842 ตร.ม.

เวลาที่วัสดุอยู่ในเครื่อง 24.253 นาที

ที่ t = 80 องศาเซลเซียส H = 0.02 ได้

ρ_f = 0.989 กก./ลบ.ม. μ_f = 0.0000215 กก./เมตร วินาที

tw = 36.2 องศาเซลเซียส λw = 575.5 กิโลแคลอรี/กก.

C_{H1} = 0.251 กิโลแคลอรี/กก. องศาเซลเซียส

G' = 3565 กก./ชม. ตร.ม.

จากสมการ ที่ (ข4.1) จะได้

$$\frac{d_P G'}{\mu_f} = 276$$

h = 122.7 กิโลแคลอรี/ชม.ตร.ม. องศาเซลเซียส

a = 500 ตร.ม./ลบ.ม.

ha = 61360 กิโลแคลอรี/ชม. ลบ.ม. องศาเซลเซียส

G = 3495.1 กก./ชม.

จากสมการ (4.23) ได้

N_t = 4.197

จากสมการ (4.25) ได้

R_C = 65.76 กก./ซม. ตร.ม.

จากสมการ (4.26) ได้

θ_1 = 0.069 ชั่วโมง

$w_c^{/}$ = 0.405

$\frac{w_2^{/}}{w_c^{/}}$ = 0.123

จากความสัมพันธ์ระหว่าง R_d / R_c กับ $w^{/} / w_c^{/}$ ที่ N_t 4.2 จะได้

$w_2^{/}/w_c^{/}$	1	0.8	0.6	0.4	0.2	0.123
R_d/R_c	1	0.95	0.89	0.77	0.57	0.37
$-(d\theta/dw^{/})$	0.72	0.76	0.81	0.93	1.26	1.94
$w^{/}$	0.405	0.324	0.243	0.162	0.081	0.05

จากสมการที่ (4.29) จะได้

θ_d = 0.315 ชั่วโมง

ดังนั้น เวลาที่วัสดุอยู่ในเครื่อง = 0.384 ชั่วโมง = 23.04 นาที

Relative Error = (24.253 - 23.04)*100/ 23.04 = 5.265 %

ภาคผนวก ช.

ตัวอย่างผลการคำนวณจากโปรแกรมการออกแบบ

ตารางที่ ช. 1 ผลการคำนวณจากโปรแกรมการออกแบบเครื่องอบแห้งแบบหมุน (แบบไหลขนาน)

Tin (องศาเซลเซียส)	Hin (กก.ไอน้ำ/กก.อากาศแห้ง)	win (กก.น้ำ/กก.วัสดุแห้ง)	wout (กก.น้ำ/กก.วัสดุแห้ง)	tmin (องศาเซลเซียส)	tmout (องศาเซลเซียส)	Tout (องศาเซลเซียส)	Hout (กก.ไอน้ำ/กก.อากาศแห้ง)	Wo (กก./ชม.)	GV (ลบ.ม./ชม.)	V (ลบ.ม.)	L (เมตร)	D (เมตร)	u (เมตร/วินาที)	Time (นาที)	no.of lift
250	0.025	0.06	0.003	25	68.0487	77	0.07715	4000	6729.9	16.90	13.03	1.285	1.5	16.74	10
250	0.025	0.08	0.003	25	68.472	77	0.08103	4000	8512.3	19.68	12.04	1.443	1.5	19.13	12
250	0.025	0.1	0.003	25	68.683	77	0.08365	4000	10183.2	26.1	13.24	1.584	1.5	24.916	12
250	0.025	0.12	0.003	25	68.865	77	0.08552	4000	11904.1	28.01	12.14	1.714	1.5	26.26	14
250	0.025	0.14	0.003	25	68.983	77	0.08692	4000	13622.2	34.35	12.99	1.835	1.5	31.635	14
250	0.025	0.16	0.003	25	69.115	77	0.08801	4000	15340.9	35.66	11.97	1.948	1.5	32.279	16
250	0.025	0.18	0.003	25	69.188	77	0.08889	4000	17057.1	41.89	12.64	2.054	1.5	37.271	16
250	0.025	0.2	0.003	25	69.228	77	0.08962	4000	18771.8	48.39	13.26	2.156	1.5	42.338	18
150	0.025	0.1	0.003	25	64.583	77	0.05018	4000	19181.2	28.39	7.839	2.147	1.5	27.096	18
175	0.025	0.1	0.003	25	65.835	77	0.05863	4000	15213.8	24.48	8.468	1.919	1.5	23.365	16
200	0.025	0.1	0.003	25	66.411	77	0.0671	4000	12829.4	25.11	10.24	1.777	1.5	23.967	14
225	0.025	0.1	0.003	25	67.858	77	0.07535	4000	11294.9	23.47	10.8	1.663	1.5	22.406	14
275	0.025	0.1	0.003	25	69.42	77	0.09192	4000	9351.7	24.9	13.67	1.523	1.5	23.772	12
300	0.025	0.1	0.003	25	70.098	77	0.10025	4000	8706.8	24.02	14.08	1.474	1.5	22.929	12
250	0.01	0.1	0.003	25	66.9586	77	0.06749	4000	10148.3	24.33	12.38	1.582	1.5	23.227	12
250	0.015	0.1	0.003	25	67.5934	77	0.07287	4000	10161.6	24.93	12.67	1.583	1.5	23.792	12
250	0.02	0.1	0.003	25	68.195	77	0.07825	4000	10174.7	25.54	12.97	1.584	1.5	24.377	12

ตารางที่ ซ. 1 ผลการคำนวณจากโปรแกรมการออกแบบเครื่องอบแห้งแบบหมุน (แบบไหลขนาน) (ต่อ)

Tin (องศาเซลเซียส)	Hin (กก.ไอน้ำ/กก.อากาศแห้ง)	win (กก.น้ำ/กก.วัสดุแห้ง)	wout (กก.น้ำ/กก.วัสดุแห้ง)	tmin (องศาเซลเซียส)	tmout (องศาเซลเซียส)	Tout (องศาเซลเซียส)	Hout (กก.ไอน้ำ/กก.อากาศแห้ง)	Wo (กก./ชม.)	GV (ลบ.ม./ชม.)	V (ลบ.ม.)	L (เมตร)	D (เมตร)	u (เมตร/วินาที)	Time (นาที)	no.of lift
250	0.03	0.1	0.003	25	69.194	77	0.08905	4000	10192.9	26.69	13.53	1.585	1.5	25.473	12
250	0.035	0.1	0.003	25	69.644	77	0.09446	4000	10200.0	27.28	13.82	1.586	1.5	26.041	12
250	0.04	0.1	0.003	25	70.051	77	0.09988	4000	10205.5	27.84	14.09	1.586	1.5	26.576	12
250	0.025	0.1	0.001	25	73.808	77	0.08272	4000	10560.7	32.45	15.88	1.613	1.5	30.974	14
250	0.025	0.1	0.006	25	62.882	77	0.08471	4000	9693.4	22.17	11.81	1.546	1.5	21.162	12
250	0.025	0.1	0.009	25	58.618	77	0.08547	4000	9265.9	19.9	11.08	1.512	1.5	18.998	12
250	0.025	0.1	0.012	25	55.619	77	0.0859	4000	8890.6	18.31	10.62	1.482	1.5	17.482	12
250	0.025	0.1	0.015	25	53.639	77	0.08615	4000	8558.4	17.09	10.3	1.454	1.5	16.317	12
250	0.025	0.1	0.02	25	52.343	77	0.08588	4000	8091.6	15.59	9.934	1.413	1.5	14.879	12
250	0.025	0.1	0.003	25	68.683	77	0.08365	3000	7637.4	20.72	14.02	1.372	1.5	26.373	10
250	0.025	0.1	0.003	25	68.683	77	0.08365	3400	8655.7	20.46	12.21	1.461	1.5	22.972	12
250	0.025	0.1	0.003	25	68.683	77	0.08365	3600	9164.9	22.29	12.56	1.503	1.5	23.638	12
250	0.025	0.1	0.003	25	68.683	77	0.08365	3800	9674.1	24.17	12.91	1.544	1.5	24.286	12
250	0.025	0.1	0.003	25	68.683	77	0.08365	4200	10692.4	28.09	13.57	1.623	1.5	25.532	14
250	0.025	0.1	0.003	25	68.683	77	0.08365	4400	11201.5	25.48	11.75	1.616	1.5	22.112	14
250	0.025	0.1	0.003	25	68.683	77	0.08365	4600	11710.7	27.24	12.01	1.699	1.5	22.609	14

ตารางที่ ช. 1 ผลการคำนวณจากโปรแกรมการออกแบบเครื่องอบแห้งแบบหมุน (แบบไหลขนาน) (ต่อ)

Tin (องศาเซลเซียส)	Hin (กก.ไอน้ำ/กก.อากาศแห้ง)	win (กก.น้ำ/กก.วัสดุแห้ง)	wout (กก.น้ำ/กก.วัสดุแห้ง)	tmin (องศาเซลเซียส)	tmout (องศาเซลเซียส)	Tout (องศาเซลเซียส)	Hout (กก.ไอน้ำ/กก.อากาศแห้ง)	Wo (กก./ชม.)	GV (ลบ.ม./ชม.)	V (ลบ.ม.)	L (เมตร)	D (เมตร)	u (เมตร/วินาที)	Time (นาที)	no.of lift
250	0.025	0.1	0.003	28	68.806	77	0.08461	4000	10018.5	25.69	13.24	1.572	1.5	24.525	12
250	0.025	0.1	0.003	30	68.841	77	0.08529	4000	9906.7	25.39	13.22	1.564	1.5	24.233	12
250	0.025	0.1	0.003	32	68.919	77	0.08596	4000	9796.7	25.11	13.22	1.553	1.5	23.968	12
250	0.025	0.1	0.003	34	68.967	77	0.08666	4000	9685.4	24.82	13.21	1.547	1.5	23.695	12
250	0.025	0.1	0.003	36	69.043	77	0.08737	4000	9575.4	24.54	13.2	1.538	1.5	23.428	12
250	0.025	0.1	0.003	38	69.136	77	0.08809	4000	9466.1	24.28	13.21	1.53	1.5	23.177	12
250	0.025	0.1	0.003	40	69.172	77	0.08885	4000	9354.3	23.98	13.19	1.521	1.5	22.892	12
250	0.025	0.1	0.003	25	68.683	77	0.08365	4000	10183.2	28.25	9.554	1.94	1	26.967	16
250	0.025	0.1	0.003	25	68.683	77	0.08365	4000	10183.2	27.36	11.1	1.771	1.2	26.12	14
250	0.025	0.1	0.003	25	68.683	77	0.08365	4000	10183.2	23.6	11.17	1.64	1.4	22.527	14
250	0.025	0.1	0.003	25	68.683	77	0.08365	4000	10183.2	24.53	13.28	1.534	1.6	23.42	12
250	0.025	0.1	0.003	25	68.683	77	0.08365	4000	10183.2	21.91	13.34	1.446	1.8	20.916	12
250	0.025	0.1	0.003	25	68.683	77	0.08365	4000	10183.2	24.21	16.37	1.372	2	23.104	10

ตารางที่ ข.2 ผลการคำนวณจากโปรแกรมการออกแบบเครื่องอบแห้งแบบหมุน (แบบไหลสวนทาง)

Tin (องศาเซลเซียส)	Hin (กก.ไอน้ำ/กก.อากาศแห้ง)	win (กก.น้ำ/กก.วัสดุแห้ง)	wout (กก.น้ำ/กก.วัสดุแห้ง)	tmin (องศาเซลเซียส)	tmout (องศาเซลเซียส)	Tout (องศาเซลเซียส	Hout (กก.ไอน้ำ/กก.อากาศแห้ง)	Wo (กก./ชม.)	GV (ลบ.ม./ชม.)	V (ลบ.ม.)	L (เมตร)	D (เมตร)	u (เมตร/วินาที)	Time (นาที)
250	0.025	0.06	0.003	25	89.242	77	0.07094	4000	7639.5	15.042	10.399	1.3571	1.5	14.8998
250	0.025	0.08	0.003	25	89.242	77	0.07569	4000	9352.6	20.588	11.6003	1.5032	1.5	20.016
250	0.025	0.1	0.003	25	89.242	77	0.07897	4000	11065.6	26.856	12.769	1.6364	1.5	25.635
250	0.025	0.12	0.003	25	89.242	77	0.0814	4000	12778.7	33.675	13.85	1.7595	1.5	31.57
250	0.025	0.14	0.003	25	89.242	77	0.08321	4000	14491.1	41.016	14.8613	1.8746	1.5	37.77
250	0.025	0.16	0.003	25	89.242	77	0.08465	4000	16316.9	48.796	15.8008	1.9829	1.5	44.169
250	0.025	0.18	0.003	25	89.242	77	0.08582	4000	17917.8	57.078	16.7064	2.0857	1.5	50.79
250	0.025	0.2	0.003	25	89.242	77	0.08679	4000	19630.9	65.751	17.5573	2.1836	1.5	57.532
150	0.025	0.1	0.003	25	77.646	77	0.0885	4000	20255.9	46.838	12.343	2.1981	1.5	44.709
175	0.025	0.1	0.003	25	80.4238	77	0.05666	4000	16160.7	38.588	12.698	1.967	1.5	36.834
200	0.025	0.1	0.003	25	83.38	77	0.06411	4000	13810.5	33.503	12.8547	1.8217	1.5	31.98
225	0.025	0.1	0.003	25	86.929	77	0.07159	4000	12206.1	29.697	12.846	1.7156	1.5	28.347
275	0.025	0.1	0.003	25	91.258	77	0.08629	4000	10209.8	24.614	12.64	1.5746	1.5	23.495
300	0.025	0.1	0.003	25	93.077	77	0.09355	4000	9545.2	22.817	12.494	1.525	1.5	21.78
250	0.025	0.1	0.001	25	116.677	77	0.0742	4000	12388.5	32.074	13.653	1.7295	1.5	30.617
250	0.025	0.1	0.006	25	73.196	77	0.08232	4000	10097.1	23.4	12.174	1.5644	1.5	22.337
250	0.025	0.1	0.009	25	63.57	77	0.08409	4000	9482.6	21.297	11.7878	1.5167	1.5	20.329

ตารางที่ ข.2 ผลการคำนวณจากโปรแกรมการออกแบบเครื่องอบแห้งแบบหมุน (แบบไหลสวนทาง) (ต่อ)

Tin (องศาเซลเซียส)	Hin (กก.ไอน้ำ/กก.อากาศแห้ง)	win (กก.น้ำ/กก.วัสดุแห้ง)	wout (กก.น้ำ/กก.วัสดุแห้ง)	tmin (องศาเซลเซียส)	tmout (องศาเซลเซียส)	Tout (องศาเซลเซียส	Hout (กก.ไอน้ำ/กก.อากาศแห้ง)	Wo (กก./ชม.)	GV (ลบ.ม./ชม.)	V (ลบ.ม.)	L (เมตร)	D (เมตร)	u (เมตร/วินาที)	Time (นาที)
250	0.025	0.1	0.012	25	58.723	77	0.08502	4000	9027.8	19.775	11.492	1.478	1.5	18.876
250	0.025	0.1	0.015	25	56.073	77	0.08539	4000	8667.0	18.586	11.249	1.45	1.5	17.741
250	0.025	0.1	0.02	25	53.676	77	0.08509	4000	8197.4	17.02	10.893	1.41	1.5	16.246
250	0.01	0.1	0.003	25	86.597	77	0.06307	4000	10992.7	25.771	12.335	1.631	1.5	24.599
250	0.015	0.1	0.003	25	87.572	77	0.06837	4000	11018.6	26.146	12.486	1.6329	1.5	24.958
250	0.02	0.1	0.003	25	88.462	77	0.0736	4000	11045.7	26.726	12.73	1.635	1.5	25.511
250	0.03	0.1	0.003	25	90.044	77	0.08429	4000	11086.7	27.189	12.903	1.638	1.5	25.954
250	0.035	0.1	0.003	25	90.805	77	0.08961	4000	11106.1	27.503	13.0287	1.6394	1.5	26.243
250	0.04	0.1	0.003	25	91.537	77	0.09493	4000	11124.5	27.828	13.161	1.641	1.5	26.563
250	0.025	0.1	0.003	25	89.242	77	0.07897	3000	8453.2	17.444	11.059	1.4172	1.5	22.201
250	0.025	0.1	0.003	25	89.242	77	0.07897	3400	9508.1	20.518	11.524	1.5056	1.5	23.041
250	0.025	0.1	0.003	25	89.242	77	0.07897	3600	9959.1	22.93	12.114	1.552	1.5	24.32
250	0.025	0.1	0.003	25	89.242	77	0.07897	3800	10512.3	24.867	12.446	1.595	1.5	24.986
250	0.025	0.1	0.003	25	89.242	77	0.07897	4200	11618.9	28.895	13.085	1.6768	1.5	26.268
250	0.025	0.1	0.003	25	89.242	77	0.07897	4400	12172.2	30.984	13.393	1.7163	1.5	26.887
250	0.025	0.1	0.003	25	89.242	77	0.07897	4600	12725.5	33.12	13.694	1.755	1.5	27.491

ตารางที่ ช.2 ผลการคำนวณจากโปรแกรมการออกแบบเครื่องอบแห้งแบบหมุน (แบบไหลสวนทาง) (ต่อ)

Tin (องศาเซลเซียส)	Hin (กก.ไอน้ำ/กก.อากาศแห้ง)	win (กก.น้ำ/กก.วัสดุแห้ง)	wout (กก.น้ำ/กก.วัสดุแห้ง)	tmin (องศาเซลเซียส)	tmout (องศาเซลเซียส)	Tout (องศาเซลเซียส	Hout (กก.ไอน้ำ/กก.อากาศแห้ง)	Wo (กก./ซม.)	GV (ลบ.ม./ซม.)	V (ลบ.ม.)	L (เมตร)	D (เมตร)	u (เมตร/วินาที)	Time (นาที)
250	0.025	0.1	0.003	20	89.242	77	0.07763	4000	11349.0	27.255	12.644	1.657	1.5	26.016
250	0.025	0.1	0.003	28	89.242	77	0.07982	4000	10895.7	26.59	12.835	1.624	1.5	25.381
250	0.025	0.1	0.003	30	89.242	77	0.08039	4000	10782.3	26.427	12.887	1.616	1.5	25.226
250	0.025	0.1	0.003	32	89.242	77	0.08098	4000	10669.0	26.248	12.932	1.6076	1.5	25.055
250	0.025	0.1	0.003	34	89.242	77	0.08158	4000	10555.7	26.063	12.975	1.5992	1.5	24.878
250	0.025	0.1	0.003	36	89.242	77	0.0822	4000	10442.4	25.845	13.002	1.5909	1.5	24.67
250	0.025	0.1	0.003	38	89.242	77	0.08282	4000	10329.0	25.644	13.039	1.5824	1.5	24.478
250	0.025	0.1	0.003	40	89.242	77	0.08346	4000	10215.7	25.432	13.071	1.574	1.5	24.276
250	0.025	0.1	0.003	25	89.242	77	0.07897	4000	11065.7	35.097	11.125	2.004	1	33.501
250	0.025	0.1	0.003	25	89.242	77	0.07897	4000	11065.7	31.117	11.836	1.8296	1.2	29.703
250	0.025	0.1	0.003	25	89.242	77	0.07897	4000	11065.7	28.107	12.474	1.694	1.4	26.83
250	0.025	0.1	0.003	25	89.242	77	0.07897	4000	11065.7	25.736	13.053	1.5844	1.6	24.566
250	0.025	0.1	0.003	25	89.242	77	0.07897	4000	11065.7	23.811	13.586	1.4938	1.8	22.729
250	0.025	0.1	0.003	25	89.242	77	0.07897	400ย	11065.7	22.212	14.082	1.4172	2	21.202

ตารางที่ ช.3 ผลการคำนวณจากโปรแกรมการออกแบบเครื่องอบแห้งแบบฟลูอิดไดซ์เบดทรงกระบอกท่อเดียว

Tin (องศาเซลเซียส)	Hin (กก.ไอน้ำ/กก.อากาศแห้ง)	win (กก.น้ำ/กก.วัสดุแห้ง)	wout (กก.น้ำ/กก.วัสดุแห้ง)	tmout (องศาเซลเซียส)	Wo (กก./ซม.)	L (เมตร)	dp (มิลลิเมตร)	Q (กิโลแคลอรี/ซม.)	A (ตร.ม.)	U_{mf} (เมตร/วินาที)	U_t (เมตร/วินาที)	u (เมตร/วินาที)	P drop มิลลิเมตรน้ำ	time (นาที)
100	0.02	0.1	0.003	65.792	2000	0.3	0.5	127627.7	2.502	0.319	2.667	1.115	210	15.76
100	0.02	0.12	0.003	65.792	2000	0.3	0.5	150648.2	2.913	0.319	2.667	1.115	210	18.35
100	0.02	0.14	0.003	65.792	2000	0.3	0.5	173668.8	3.324	0.319	2.667	1.115	210	20.94
100	0.02	0.16	0.003	65.792	2000	0.3	0.5	196689.27	3.735	0.319	2.667	1.115	210	23.531
100	0.02	0.18	0.003	65.792	2000	0.3	0.5	219709.8	4.146	0.319	2.667	1.115	210	26.121
100	0.02	0.2	0.003	65.792	2000	0.3	0.5	242730.3	4.557	0.319	2.667	1.115	210	28.711
80	0.02	0.1	0.003	53.395	2000	0.3	0.5	125910.8	3.206	0.33	2.65	1.155	210	20.199
120	0.02	0.1	0.003	70.743	2000	0.3	0.5	128704.2	2.104	0.308	2.683	1.078	210	13.257
140	0.02	0.1	0.003	74.782	2000	0.3	0.5	129406.5	1.852	0.298	2.698	1.043	210	11.669
160	0.02	0.1	0.003	78.094	2000	0.3	0.5	129891.2	1.678	0.289	2.713	1.012	210	10.576
180	0.02	0.1	0.003	80.942	2000	0.3	0.5	130227.4	1.554	0.281	2.727	0.983	210	9.788
100	0.01	0.1	0.003	65.738	2000	0.3	0.5	128418.4	2.372	0.319	2.662	1.115	210	14.944
100	0.015	0.1	0.003	64.379	2000	0.3	0.5	127998	2.44	0.319	2.664	1.115	210	15.371
100	0.025	0.1	0.003	67.199	2000	0.3	0.5	127249	2.568	0.319	2.669	1.115	210	16.175
100	0.03	0.1	0.003	68.409	2000	0.3	0.5	126916.7	2.627	0.319	2.672	1.115	210	16.552
100	0.035	0.1	0.003	69.528	2000	0.3	0.5	126602.7	2.686	0.319	2.674	1.115	210	16.919

ตารางที่ ช.3 ผลการคำนวณจากโปรแกรมการออกแบบเครื่องอบแห้งแบบฟลูอิดไดซ์เบดทรงกระบอกท่อเดียว(ต่อ)

Tin (องศาเซลเซียส)	Hin (กก.ไอน้ำ/กก.อากาศแห้ง)	win (กก.น้ำ/กก.วัสดุแห้ง)	wout (กก.น้ำ/กก.วัสดุแห้ง)	tmout (องศาเซลเซียส)	Wo (กก./ชม.)	L (เมตร)	dp (มิลลิเมตร)	Q (กิโลแคลอรี่/ชม.)	A (ตร.ม.)	U_{mf} (เมตร/วินาที)	U_t (เมตร/วินาที)	u (เมตร/วินาที)	P drop มิลลิเมตรน้ำ	time (นาที)
100	0.02	0.1	0.001	80.313	2000	0.3	0.5	138629.4	3.396	0.319	2.667	1.115	210	21.393
100	0.02	0.1	0.005	57.28	2000	0.3	0.5	120203.5	2.229	0.319	2.667	1.115	210	14.042
100	0.02	0.1	0.007	51.423	2000	0.3	0.5	114388	2.076	0.319	2.667	1.115	210	13.079
100	0.02	0.1	0.009	47.219	2000	0.3	0.5	109564.2	1.97	0.319	2.667	1.115	210	12.41
100	0.02	0.1	0.011	44.176	2000	0.3	0.5	105436.8	1.888	0.319	2.667	1.115	210	11.894
100	0.02	0.1	0.003	65.792	2000	0.2	0.5	127627.7	2.502	0.319	2.667	1.115	140	10.507
100	0.02	0.1	0.003	65.792	2000	0.4	0.5	127627.7	2.502	0.319	2.667	1.115	280	21.013
100	0.02	0.1	0.003	65.792	2000	0.5	0.5	127627.7	2.502	0.319	2.667	1.115	350	26.266
100	0.02	0.1	0.003	65.792	2000	0.6	0.5	127627.7	2.502	0.319	2.667	1.115	420	31.52
100	0.02	0.1	0.003	65.792	1500	0.3	0.5	95720.8	1.876	0.319	2.667	1.115	210	15.76
100	0.02	0.1	0.003	65.792	1750	0.3	0.5	111674.2	2.189	0.319	2.667	1.115	210	15.76
100	0.02	0.1	0.003	65.792	2250	0.3	0.5	143581.2	2.814	0.319	2.667	1.115	210	15.76
100	0.02	0.1	0.003	65.792	2500	0.3	0.5	159534.6	3.127	0.319	2.667	1.115	210	15.76
100	0.02	0.1	0.003	65.792	2750	0.3	0.5	175488.1	3.44	0.319	2.667	1.115	210	15.76
100	0.02	0.1	0.003	65.792	3000	0.3	0.5	191441.6	3.752	0.319	2.667	1.115	210	15.76

ตารางที่ ช.3 ผลการคำนวณจากโปรแกรมการออกแบบเครื่องอบแห้งแบบฟลูอิดไดซ์เบดทรงกระบอกท่อเดียว (ต่อ)

Tin (องศาเซลเซียส)	Hin (กก.ไอน้ำ/กก.อากาศแห้ง)	win (กก.น้ำ/กก.วัสดุแห้ง)	wout (กก.น้ำ/กก.วัสดุแห้ง)	tmout (องศาเซลเซียส)	Wo (กก./ชม.)	L (เมตร)	dp (มิลลิเมตร)	Q (กิโลแคลอรี/ชม.)	A (ตร.ม.)	U_{mf} (เมตร/วินาที)	U_t (เมตร/วินาที)	u (เมตร/วินาที)	P drop มิลลิเมตรน้ำ	time (นาที)
100	0.02	0.1	0.003	65.792	2000	0.3	0.2	127627.7	16.85	0.051	1.067	0.178	210	106.13
100	0.02	0.1	0.003	65.792	2000	0.3	0.3	127627.7	6.953	0.115	1.6	0.401	210	43.797
100	0.02	0.1	0.003	65.792	2000	0.3	0.4	127627.7	3.909	0.204	2.133	0.714	210	24.628
100	0.02	0.1	0.003	65.792	2000	0.3	0.6	127627.7	1.737	0.459	3.2	1.605	210	10.944
100	0.02	0.1	0.003	65.792	2000	0.3	0.7	127627.7	1.276	0.624	3.733	2.185	210	8.041

ตารางที่ ซ.4 ผลการคำนวณจากโปรแกรมการออกแบบเครื่องอบแห้งแบบฟลูอิดไดซ์เบดที่มีห้องในแนวระดับหลายห้อง

Tin (องศาเซลเซียส)	Hin (กก.ไอน้ำ/กก.อากาศแห้ง)	win (กก.น้ำ/กก.วัสดุแห้ง)	wout (กก.น้ำ/กก.วัสดุแห้ง)	tmout (องศาเซลเซียส)	Wo (กก./ชม.)	L (เมตร)	dp (มิลลิเมตร)	Q (กิโลแคลอรี/ชม.)	A (ตร.ม.)	U_{mf} (เมตร/วินาที)	U_t (เมตร/วินาที)	u (เมตร/วินาที)	P drop มิลลิเมตรน้ำ	time (นาที)
100	0.02	0.1	0.003	65.792	2000	0.15	0.5	127627.7	2.369	0.319	2.667	1.115	105	7.464
100	0.02	0.12	0.003	65.792	2000	0.15	0.5	150648.2	2.781	0.319	2.667	1.115	105	8.759
100	0.02	0.14	0.003	65.792	2000	0.15	0.5	173668.8	3.192	0.319	2.667	1.115	105	10.054
100	0.02	0.16	0.003	65.792	2000	0.15	0.5	196689.27	3.603	0.319	2.667	1.115	105	11.349
100	0.02	0.18	0.003	65.792	2000	0.15	0.5	219709.8	4.01	0.319	2.667	1.115	105	12.644
100	0.02	0.2	0.003	65.792	2000	0.15	0.5	242730.3	4.425	0.319	2.667	1.115	105	13.939
80	0.02	0.1	0.003	53.396	2000	0.15	0.5	125910.8	2.985	0.33	2.65	1.155	105	9.401
120	0.02	0.1	0.003	70.746	2000	0.15	0.5	128704.2	2.015	0.308	2.683	1.078	105	6.48
140	0.02	0.1	0.003	74.78	2000	0.15	0.5	129406.5	1.787	0.298	2.698	1.043	105	5.63
160	0.02	0.1	0.003	78.103	2000	0.15	0.5	129891.2	1.629	0.289	2.713	1.012	105	5.131
180	0.02	0.1	0.003	80.943	2000	0.15	0.5	130227.4	1.514	0.281	2.727	0.983	105	4.768
100	0.01	0.1	0.003	62.743	2000	0.15	0.5	128418.4	2.253	0.319	2.662	1.115	105	7.096
100	0.015	0.1	0.003	64.382	2000	0.15	0.5	127998	2.314	0.319	2.664	1.115	105	7.288
100	0.025	0.1	0.003	67.201	2000	0.15	0.5	127249	2.429	0.319	2.669	1.115	105	7.65
100	0.03	0.1	0.003	68.41	2000	0.15	0.5	126916.7	2.482	0.319	2.672	1.115	105	7.819
100	0.035	0.1	0.003	69.528	2000	0.15	0.5	126602.7	2.534	0.319	2.674	1.115	105	7.984

ตารางที่ ช.4 ผลการคำนวณจากโปรแกรมการออกแบบเครื่องอบแห้งแบบฟลูอิดไดซ์เบดที่มีห้องในแนวระดับหลายห้อง (ต่อ)

Tin (องศาเซลเซียส)	Hin (กก.ไอน้ำ/กก.อากาศแห้ง)	win (กก.น้ำ/กก.วัสดุแห้ง)	wout (กก.น้ำ/กก.วัสดุแห้ง)	tmout (องศาเซลเซียส)	Wo (กก./ชม.)	L (เมตร)	dp (มิลลิเมตร)	Q (กิโลแคลอรี/ชม.)	A (ตร.ม.)	U_{mf} (เมตร/วินาที)	U_t (เมตร/วินาที)	u (เมตร/วินาที)	P drop มิลลิเมตรน้ำ	time (นาที)
100	0.02	0.1	0.001	80.291	2000	0.15	0.5	138629.4	2.77	0.319	2.667	1.115	105	8.726
100	0.02	0.1	0.005	57.255	2000	0.15	0.5	120203.5	2.183	0.319	2.667	1.115	105	6.877
100	0.02	0.1	0.007	51.399	2000	0.15	0.5	114388	2.058	0.319	2.667	1.115	105	6.483
100	0.02	0.1	0.009	47.196	2000	0.15	0.5	109564.2	1.963	0.319	2.667	1.115	105	6.184
100	0.02	0.1	0.011	44.154	2000	0.15	0.5	105436.8	1.885	0.319	2.667	1.115	105	5.939
100	0.02	0.1	0.003	65.792	2000	0.1	0.5	127627.7	2.37	0.319	2.667	1.115	70	4.977
100	0.02	0.1	0.003	65.792	2000	0.2	0.5	127627.7	2.369	0.319	2.667	1.115	140	9.952
100	0.02	0.1	0.003	65.792	2000	0.25	0.5	127627.7	2.369	0.319	2.667	1.115	175	12.439
100	0.02	0.1	0.003	65.792	2000	0.3	0.5	127627.7	2.369	0.319	2.667	1.115	210	14.927
100	0.02	0.1	0.003	65.792	2000	0.35	0.5	127627.7	2.369	0.319	2.667	1.115	245	17.415
100	0.02	0.1	0.003	65.792	1500	0.15	0.5	95720.8	1.777	0.319	2.667	1.115	105	7.464
100	0.02	0.1	0.003	65.792	1750	0.15	0.5	111674.2	2.073	0.319	2.667	1.115	105	7.464
100	0.02	0.1	0.003	65.792	2250	0.15	0.5	143581.2	2.666	0.319	2.667	1.115	105	7.464
100	0.02	0.1	0.003	65.792	2500	0.15	0.5	159534.6	2.962	0.319	2.667	1.115	105	7.464
100	0.02	0.1	0.003	65.792	2750	0.15	0.5	175488.1	3.258	0.319	2.667	1.115	105	7.464
100	0.02	0.1	0.003	65.792	3000	0.15	0.5	191441.6	3.554	0.319	2.667	1.115	105	7.464

ตารางที่ ซ.4 ผลการคำนวณจากโปรแกรมการออกแบบเครื่องอบแห้งแบบฟลูอิดไดซ์เบดที่มีห้องในแนวระดับหลายห้อง (ต่อ)

Tin (องศาเซลเซียส)	Hin (กก.ไอน้ำ/กก.อากาศแห้ง)	win (กก.น้ำ/กก.วัสดุแห้ง)	wout (กก.น้ำ/กก.วัสดุแห้ง)	tmout (องศาเซลเซียส)	Wo (กก./ชม.)	L (เมตร)	dp (มิลลิเมตร)	Q (กิโลแคลอรี/ชม.)	A (ตร.ม.)	U_{mf} (เมตร/วินาที)	U_t (เมตร/วินาที)	u (เมตร/วินาที)	P drop มิลลิเมตรน้ำ	time (นาที)
100	0.02	0.1	0.003	65.792	2000	0.15	0.2	127627.7	20.24	0.051	1.067	0.178	105	63.745
100	0.02	0.1	0.003	65.792	2000	0.15	0.3	127627.7	6.722	0.115	1.6	0.401	105	21.175
100	0.02	0.1	0.003	65.792	2000	0.15	0.4	127627.7	3.745	0.204	2.133	0.714	105	11.797
100	0.02	0.1	0.003	65.792	2000	0.15	0.6	127627.7	1.645	0.459	3.2	1.605	105	5.183
100	0.02	0.1	0.003	65.792	2000	0.15	0.7	127627.7	1.209	0.624	3.733	2.185	105	3.808

ตารางที่ ช. 5 ผลการคำนวณจากโปรแกรมการออกแบบเครื่องอบแห้งแบบพาหะลม

Tin (องศาเซลเซียส)	Hin (กก.ไอน้ำ/กก. อากาศแห้ง)	win (กก.น้ำ/กก. วัสดุแห้ง)	wout (กก.น้ำ/กก. วัสดุแห้ง)	tmin (องศาเซลเซียส)	tmout (องศาเซลเซียส)	Tout (องศาเซลเซียส)	Hout (กก.ไอน้ำ/กก. อากาศแห้ง)	Wo (กก./ชม.)	GV (ลบ.ม./ชม.)	V (ลบ.ม.)	L (เมตร)	D (เมตร)	U (เมตร/วินาที)	dp (มิลลิเมตร)
250	0.02	0.32	0.02	25	52.784	81.875	0.08577	3000	20900.09	2.804	9.0345	0.6286	20	0.2
250	0.02	0.3	0.02	25	52.709	81.875	0.08556	3000	19569.02	2.624	9.0314	0.6082	20	0.2
250	0.02	0.28	0.02	25	52.628	81.875	0.08532	3000	18237.77	2.4421	9.0211	0.5871	20	0.2
250	0.02	0.26	0.02	25	52.629	81.875	0.08504	3000	16909.3	2.2612	9.0114	0.5652	20	0.2
250	0.02	0.24	0.02	25	52.598	81.875	0.0847	3000	15579.73	2.081	9.0039	0.55425	20	0.2
210	0.02	0.3	0.02	25	49.919	81.875	0.07022	3000	23596.08	2.8552	8.2735	0.6629	20	0.2
230	0.02	0.3	0.02	25	51.365	81.875	0.0779	3000	21310.49	2.7303	8.694	0.6323	20	0.2
270	0.02	0.3	0.02	25	53.972	81.875	0.0932	3000	18198.4	2.5292	9.2922	0.5887	20	0.2
290	0.02	0.3	0.02	25	55.045	81.875	0.10082	3000	17088.19	2.4375	9.468	0.5725	20	0.2
250	0.01	0.3	0.02	25	50.782	81.875	0.0746	3000	19550.7	2.5245	8.6953	0.608	20	0.2
250	0.03	0.3	0.02	25	54.422	81.875	0.09654	3000	19581.31	2.7205	9.3597	0.6083	20	0.2
250	0.04	0.3	0.02	25	56.011	81.875	0.10753	3000	19590.66	2.8161	9.6859	0.6084	20	0.2
250	0.05	0.3	0.02	25	57.529	81.875	0.11853	3000	19598.84	2.9117	10.012	0.6085	20	0.2

ตารางที่ ช. 5 ผลการคำนวณจากโปรแกรมการออกแบบเครื่องอบแห้งแบบพาหะลม (ต่อ)

Tin (องศาเซลเซียส)	Hin (กก.ไอน้ำ/กก. อากาศแห้ง)	win (กก.น้ำ/กก. วัสดุแห้ง)	wout (กก.น้ำ/กก. วัสดุแห้ง)	tmin (องศาเซลเซียส)	tmout (องศาเซลเซียส)	Tout (องศาเซลเซียส)	Hout (กก.ไอน้ำ/กก. อากาศแห้ง)	Wo (กก./ชม.)	GV (ลบ.ม./ชม.)	V (ลบ.ม.)	L (เมตร)	D (เมตร)	U (เมตร/วินาที)	dp (มิลลิเมตร)
250	0.02	0.3	0.02	20	52.59	81.875	0.0845	3000	19893.23	2.6538	8.9945	0.6129	20	0.2
250	0.02	0.3	0.02	30	52.89	81.875	0.08666	3000	19246.99	2.5444	9.0693	0.6035	20	0.2
250	0.02	0.3	0.02	35	53.031	81.875	0.0878	3000	18923.58	2.5646	9.1083	0.5987	20	0.2
250	0.02	0.3	0.02	40	53.284	81.875	0.08896	3000	18603.95	2.5355	9.1496	0.594	20	0.2
250	0.02	0.3	0.02	25	52.709	81.875	0.08556	2500	16307.52	2.1866	9.0314	0.5552	20	0.2
250	0.02	0.3	0.02	25	52.709	81.875	0.08556	3500	22830.53	3.0613	9.0314	0.6569	20	0.2
250	0.02	0.3	0.02	25	52.709	81.875	0.08556	4000	26092.03	3.4986	9.0314	0.7023	20	0.2
250	0.02	0.3	0.02	25	52.709	81.875	0.08556	4500	29353.54	3.936	9.0314	0.7449	20	0.2
250	0.02	0.3	0.02	25	52.709	81.875	0.08556	3000	19569.02	2.906	7.5015	0.7023	15	0.2
250	0.02	0.3	0.02	25	52.709	81.875	0.08556	3000	19569.02	2.4173	10.4	0.544	25	0.2
250	0.02	0.3	0.02	25	52.709	81.875	0.08556	3000	19569.02	2.2566	11.651	0.4966	30	0.2
250	0.02	0.3	0.02	25	52.709	81.875	0.08556	3000	19569.02	0.8326	2.8658	0.6082	20	0.1
250	0.02	0.3	0.02	25	52.709	81.875	0.08556	3000	19569.02	1.904	6.5534	0.6082	20	0.3
250	0.02	0.3	0.02	25	52.709	81.875	0.08556	3000	19569.02	2.0184	6.9471	0.6082	20	0.4
250	0.02	0.3	0.02	25	52.709	81.875	0.08556	3000	19569.02	2.0198	6.9518	0.6082	20	0.5

ตารางที่ ช. 6 ผลการคำนวณจากโปรแกรมการออกแบบเครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอย (แบบจานหมุน)

Tin (องศาเซลเซียส)	Hin (กก.ไอน้ำ/กก.อากาศแห้ง)	win (กก.น้ำ/กก วัสดุแห้ง)	wout (กก.น้ำ/กก. วัสดุแห้ง)	tmin (องศาเซลเซียส)	tmout (องศาเซลเซียส)	Tout (องศาเซลเซียส)	Hout (กก.ไอน้ำ/กก.อากาศแห้ง)	Wo (กก./ชม.)	GV (ลบ.ม./ชม.)	V (ลบ.ม.)	L (เมตร)	D (เมตร)	รัศมีจานหมุน (มิลลิเมตร)	ความสูงของจาน (เซนติเมตร)	จำนวนใบ (ใบ)	รอบการหมุนของจาน (รอบ/นาที)	ขนาดวัสดุ (มิลลิเมตร)
250	0.02	1.7	0.05	40	69.953	99.604	0.08178	1,000	40,794.27	288.485	6.6712	7.3953	173.286	5	16	25,000	0.08
250	0.02	1.5	0.05	40	69.98	99.604	0.08169	1,000	35,901.73	254.064	6.2046	7.2205	169.47	5	16	25,000	0.08
250	0.02	1.3	0.05	40	69.92	99.604	0.08157	1,000	31,008.00	219.372	5.6423	7.0359	165.43	5	16	25,000	0.08
250	0.02	1.5	0.05	35	69.884	99.604	0.08107	1,000	36,267.45	255.8	6.247	7.2205	169.472	5	16	25,000	0.08
250	0.02	1.5	0.05	30	69.827	99.604	0.08046	1,000	36,633.71	257.58	6.2906	7.2205	169.472	5	16	25,000	0.08
250	0.02	1.5	0.05	25	69.747	99.604	0.07986	1,000	36,999.64	259.29	6.3324	7.2205	169.472	5	16	25,000	0.08
300	0.02	1.5	0.05	40	72.336	99.604	0.10212	1,000	29,547.62	226.8	5.5389	7.2205	169.472	5	16	25,000	0.08
200	0.02	1.5	0.05	40	67.085	99.604	0.06123	1,000	48,584.18	289.423	7.0681	7.2205	169.472	5	16	25,000	0.08
150	0.02	1.5	0.05	40	63.475	99.604	0.04072	1,000	86,431.06	344.85	8.4218	7.2205	169.472	5	16	25,000	0.08
250	0.02	1.5	0.05	40	69.98	99.604	0.08169	1,200	43,082.09	304.876	6.6479	7.6414	178.648	5	16	25,000	0.08
250	0.02	1.5	0.05	40	69.98	99.604	0.08169	1,400	50,262.43	355.689	7.0474	8.0163	186.792	5	16	25,000	0.08
250	0.02	1.5	0.05	40	69.98	99.604	0.08169	1,600	57,442.78	406.502	7.4128	8.3559	194.157	5	16	25,000	0.08
250	0.02	1.5	0.05	40	69.98	99.604	0.08169	1,000	35,901.73	254.064	5.4531	7.7017	201.75	5	16	21,000	0.08
250	0.02	1.5	0.05	40	69.98	99.604	0.08169	1,000	35,901.73	254.064	5.8333	7.4468	184.208	5	16	23,000	0.08
250	0.02	1.5	0.05	40	69.98	99.604	0.08169	1,000	35,901.73	254.064	6.7474	6.924	151.31	5	16	28,000	0.08
250	0.02	1.5	0.05	40	69.98	99.604	0.08169	1,000	35,901.73	254.064	6.0151	7.3334	182.46	3	16	25,000	0.08
250	0.02	1.5	0.05	40	69.98	99.604	0.08169	1,000	35,901.73	254.064	6.3327	7.147	161.42	7	16	25,000	0.08

ตารางที่ ช. 6 ผลการคำนวณจากโปรแกรมการออกแบบเครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอย (แบบจานหมุน) (ต่อ)

Tin (องศาเซลเซียส)	Hin (กก.ไอน้ำ/กก.อากาศแห้ง)	win (กก.น้ำ/กก วัสดุแห้ง)	wout (กก.น้ำ/กก. วัสดุแห้ง)	tmin (องศาเซลเซียส)	tmout (องศาเซลเซียส)	Tout (องศาเซลเซียส)	Hout (กก.ไอน้ำ/กก.อากาศแห้ง)	Wo (กก./ชม.)	GV (ลบ.ม./ชม.)	V (ลบ.ม.)	L (เมตร)	D (เมตร)	รัศมีจานหมุน (มิลลิเมตร)	ความสูงของจาน (เซนติเมตร)	จำนวนใบ (ใบ)	รอบการหมุนของจาน (รอบ/นาที)	ขนาดวัสดุ (มิลลิเมตร)
250	0.02	1.5	0.05	40	69.98	99.604	0.08169	1,000	35,901.73	254.064	6.4301	7.0928	155.66	9	16	25,000	0.08
250	0.02	1.5	0.05	40	69.98	99.604	0.08169	1,000	35,901.73	104.24	2.007	8.1325	298.58	5	16	25,000	0.05
250	0.02	1.5	0.05	40	69.98	99.604	0.08169	1,000	35,901.73	322.095	8.8065	6.8241	129.516	5	16	25,000	0.1
250	0.02	1.5	0.05	40	69.98	99.604	0.08169	1,000	35,901.73	291.915	11.335	5.7263	56.1798	5	16	25,000	0.2
250	0.02	1.5	0.05	40	69.98	99.604	0.08169	1,000	35,901.73	343.142	16.359	5.1679	34.46	5	16	25,000	0.3
250	0.02	1.5	0.05	40	69.98	99.604	0.08169	1,000	35,901.73	254.064	6.0971	7.2839	176.671	5	12	25,000	0.08
250	0.02	1.5	0.05	40	69.98	99.604	0.08169	1,000	35,901.73	254.064	6.2893	7.1718	164.0911	5	20	25,000	0.08

ตารางที่ ช.7 ผลการคำนวณจากโปรแกรมการออกแบบเครื่องอบแห้งแบบไหลผ่าน

Tin (องศาเซลเซียส)	Hin (กก.ไอน้ำ/กก.อากาศแห้ง)	win (กก.น้ำ/กก.วัสดุแห้ง)	wout (กก.น้ำ/กก.วัสดุแห้ง)	Wo (กก./ชม.)	U (เมตร/วินาที)	A (ตร.ม.)	Time (นาที)	P drop (มิลลิเมตรน้ำ)	dp (เมตร)	L (เมตร)
80	0.02	0.5	0.05	2000	1.00	16.842	24.253	8.092	0.006	0.06
80	0.02	0.6	0.05	2000	1.00	20.933	30.143	8.092	0.006	0.06
80	0.02	0.7	0.05	2000	1.00	25.095	36.137	8.092	0.006	0.06
80	0.02	0.8	0.05	2000	1.00	29.317	42.217	8.092	0.006	0.06
80	0.02	0.9	0.05	2000	1.00	33.592	48.372	8.092	0.006	0.06
80	0.02	1	0.05	2000	1.00	37.913	54.594	8.092	0.006	0.06
70	0.02	0.5	0.05	2000	1.00	20.260	29.175	8.279	0.006	0.06
90	0.02	0.5	0.05	2000	1.00	14.498	20.876	7.916	0.006	0.06
100	0.02	0.5	0.05	2000	1.00	12.782	18.406	7.751	0.006	0.06
110	0.02	0.5	0.05	2000	1.00	11.487	16.541	7.894	0.006	0.06
120	0.02	0.5	0.05	2000	1.00	10.458	15.059	7.447	0.006	0.06
80	0.01	0.5	0.05	2000	1.00	15.47	22.277	8.134	0.006	0.06
80	0.015	0.5	0.05	2000	1.00	16.152	23.258	8.113	0.006	0.06
80	0.025	0.5	0.05	2000	1.00	17.535	25.251	8.072	0.006	0.06
80	0.03	0.5	0.05	2000	1.00	18.211	26.223	8.052	0.006	0.06

ตารางที่ ช.7 ผลการคำนวณจากโปรแกรมการออกแบบเครื่องอบแห้งแบบไหลผ่าน (ต่อ)

Tin (องศาเซลเซียส)	Hin (กก.ไอน้ำ/กก.อากาศแห้ง)	win (กก.น้ำ/กก.วัสดุแห้ง)	wout (กก.น้ำ/กก.วัสดุแห้ง)	Wo (กก./ชม.)	U (เมตร/วินาที)	A (ตร.ม.)	Time (นาที)	P drop (มิลลิเมตรน้ำ)	dp (เมตร)	L (เมตร)
80	0.035	0.5	0.05	2000	1.00	18.856	27.152	8.032	0.006	0.06
80	0.04	0.5	0.05	2000	1.00	19.54	28.137	8.013	0.006	0.06
80	0.02	0.5	0.08	2000	1.00	14.942	21.17	8.092	0.006	0.06
80	0.02	0.5	0.07	2000	1.00	15.516	22.343	8.092	0.006	0.06
80	0.02	0.5	0.06	2000	1.00	16.143	23.246	8.092	0.006	0.06
80	0.02	0.5	0.04	2000	1.00	17.643	25.406	8.092	0.006	0.06
80	0.02	0.5	0.03	2000	1.00	18.595	26.777	8.092	0.006	0.06
80	0.02	0.5	0.02	2000	1.00	19.824	28.546	8.092	0.006	0.06
80	0.02	0.5	0.05	1600	1.00	13.474	24.253	8.092	0.006	0.06
80	0.02	0.5	0.05	2400	1.00	20.211	24.253	8.092	0.006	0.06
80	0.02	0.5	0.05	2800	1.00	23.579	24.253	8.092	0.006	0.06
80	0.02	0.5	0.05	3200	1.00	26.948	24.253	8.092	0.006	0.06
80	0.02	0.5	0.05	3600	1.00	30.316	24.253	8.092	0.006	0.06
80	0.02	0.5	0.05	4000	1.00	33.685	24.253	8.092	0.006	0.06

ตารางที่ ช.7 ผลการคำนวณจากโปรแกรมการออกแบบเครื่องอบแห้งแบบไหลผ่าน (ต่อ)

Tin (องศาเซลเซียส)	Hin (กก.ไอน้ำ/กก.อากาศแห้ง)	win (กก.น้ำ/กก.วัสดุแห้ง)	wout (กก.น้ำ/กก.วัสดุแห้ง)	Wo (กก./ชม.)	U (เมตร/วินาที)	A (ตร.ม.)	Time (นาที)	P drop (มิลลิเมตรน้ำ)	dp (เมตร)	L (เมตร)
80	0.02	0.5	0.05	2000	0.70	23.355	33.631	4.180*	0.006	0.06
80	0.02	0.5	0.05	2000	0.80	20.421	29.407	5.343*	0.006	0.06
80	0.02	0.5	0.05	2000	0.90	18.716	26.951	6.647	0.006	0.06
80	0.02	0.5	0.05	2000	1.10	15.317	22.056	9.679	0.006	0.06
80	0.02	0.5	0.05	2000	1.20	14.058	20.244	11.407	0.006	0.06
80	0.02	0.5	0.05	2000	1.00	17.479	20.975	6.744	0.006	0.05
80	0.02	0.5	0.05	2000	1.00	16.343	27.456	9.441	0.006	0.07
80	0.02	0.5	0.05	2000	1.00	16.382	31.454	10.79	0.006	0.08
80	0.02	0.5	0.05	2000	1.00	16.434	35.497	12.138	0.006	0.09
80	0.02	0.5	0.05	2000	1.00	16.487	39.569	13.487	0.006	0.1
80	0.02	0.5	0.05	2000	1.00	16.513	23.779	30.427	0.002	0.06
80	0.02	0.5	0.05	2000	1.00	16.54	23.818	12.907	0.004	0.06
80	0.02	0.5	0.05	2000	1.00	17.79	25.618	5.877*	0.008	0.06
80	0.02	0.5	0.05	2000	1.00	19.655	28.303	4.609*	0.01	0.06

* หมายถึง ค่าความดันลดไม่เหมาะสม ปกติ ค่าความดันลดของเครื่องอบแห้งแบบไหลผ่านจะประมาณ 6 - 50 kgf/m2

ภาคผนวก ซ.

ตัวอย่างการคำนวณโปรแกรมการจำลองการทำงาน

ซ.1 เครื่องอบแห้งแบบไหลขนาน

จากเครื่องอบแห้งแบบหมุนแบบไหลขนาน ได้ผลจากโปรแกรมการจำลองการทำงาน ดังนี้

อุณหภูมิขาเข้าของลมร้อน 250 องศาเซลเซียส
ความชื้นขาเข้าของลมร้อน 0.02
อุณหภูมิขาออกของลมร้อน 89.94931 องศาเซลเซียส
ความชื้นขาออกของลมร้อน 0.07418
อุณหภูมิขาเข้าของวัสดุ 28 องศาเซลเซียส
อัตราส่วนความชื้นขาเข้าของวัสดุ 0.1
อุณหภูมิขาออกของวัสดุ 68.38509 องศาเซลเซียส
อัตราส่วนความชื้นขาออกของวัสดุ 0.00371
อัตราการป้อนวัสดุ 4000 กก. วัสดุแห้ง/ชม.
ความเร็วของลมร้อน 1.5 เมตร/วินาที
ขนาดเครื่อง D 1.6 เมตร L 8 เมตร

1. <u>อัตราการไหลของลมร้อน</u>

ที่ 250 องศาเซลเซียส H 0.02 ได้ V_H 1.5274 กก./ลบ.ม.

G_O = 7108.3830 กก./ชม.

2. <u>สมการดุลมวลสารรวม</u>

$$W_O(w_1 - w_2) = G_O(H_2 - H_1)$$

$$4000 * (0.1 - 0.00371) = 7108.383 * (0.07418 - 0.02)$$

$$385.16 = 385.132$$

$$\text{Relative Error} = \frac{(385.16 - 385.132) * 100\%}{385.132}$$

$$= 0.0073\ \%$$

3. สมการดุลพลังงานรวม

$$G_O i_1 + W_O (C_S + C_W w_1) tm_1 = G_O i_2 + W_O (C_S + C_W w_2) tm_2$$

i1 = 0.24*250 + (595 + 0.45*250) * 0.02 = 74.15

i2 = 0.24*89.94931+(595 + 0.45*89.94931) * 0.07418 =68.72753

LHS = (7108.383*74.15) + (4000 * (0.3 + 0.1) * 28) = 571886.5995

RHS = (7108.383*68.72753)+(4000*(0.3+0.00371)*68.38509)=571626.755

$$\text{Relative Error} = \frac{(571886.5995 - 571626.755) * 100\ \%}{571626.755}$$

$$= -0.0454\ \%$$

ซ.2 เครื่องอบแห้งแบบไหลสวนทาง

จากเครื่องอบแห้งแบบหมุนแบบไหลสวนทาง ได้ผลจากโปรแกรมการจำลองการทำงานดังนี้

อุณหภูมิขาเข้าของลมร้อน 250 องศาเซลเซียส

ความชื้นขาเข้าของลมร้อน 0.02

อุณหภูมิขาออกของลมร้อน 82.8466 องศาเซลเซียส

ความชื้นขาออกของลมร้อน 0.07328

อุณหภูมิขาเข้าของวัสดุ 28 องศาเซลเซียส

อัตราส่วนความชื้นขาเข้าของวัสดุ 0.1

อุณหภูมิขาออกของวัสดุ 62.17394 องศาเซลเซียส

อัตราส่วนความชื้นขาออกของวัสดุ 0.00553

อัตราการป้อนวัสดุ 4000 กก. วัสดุแห้ง/ชม.

ความเร็วของลมร้อน 1.5 เมตร/วินาที

ขนาดเครื่อง D 1.6 เมตร L 8 เมตร

1. <u>อัตราการไหลของลมร้อน</u>

ที่ 250 องศาเซลเซียส H 0.02 ได้ V_H 1.5274 กก./ลบ.ม.

G_O = 7108.3830 กก./ชม.

2. <u>สมการดุลมวลสารรวม</u>

$$W_O(w_1 - w_2) = G_O(H_1 - H_2)$$

$$4000 * (0.1 - 0.00553) = 7108.383 * (0.07328 - 0.02)$$

$$377.88 = 377.88164$$

$$\text{Relative Error} = \frac{(377.88164 - 377.88) * 100\%}{377.88}$$

$$= 0.00043\ \%$$

3. สมการดุลพลังงานรวม

$$G_O i_1 - W_O(C_S + C_W w_1)tm_1 = G_O i_2 - W_O(C_S + C_W w_2)tm_2$$

i2 = 0.24*250 + (595 + 0.45*250) * 0.02 = 74.15

i1 = 0.24*95.99773+(595 + 0.45*95.997773) * 0.07328 =69.80667

LHS = (7108.383*69.80667) - (4000 * (0.3 + 0.1) * 28) = 451412.2463

RHS = (7108.383*74.15)-(4000*(0.3+0.00553)*62.17394)=451102.5839

$$\text{Relative Error} = \frac{(451412.2463 - 451102.5839) * 100\ \%}{451102.5839}$$

$$= 0.0687\ \%$$

ตารางที่ ซ.1 ผลการคำนวณจากโปรแกรมการจำลองการทำงานเครื่องอบแห้งแบบหมุน(ไหลขนาน)

win (กก.น้ำ/กก.วัสดุแห้ง)	tmin (องศาเซลเซียส)	Tin (องศาเซลเซียส)	Hin (กก.ไอน้ำ/กก.อากาศแห้ง)	Wo (กก./ชม.)	u (เมตร/วินาที)	Tout (องศาเซลเซียส)	Hout (กก.ไอน้ำ/กก.อากาศแห้ง)	wout (กก.น้ำ/กก.วัสดุแห้ง)	tmout (องศาเซลเซียส)
0.1	20	250	0.02	5000	1.5	79.026	0.08048	0.01401	45.594
0.1	20	250	0.02	4500	1.5	81.597	0.07795	0.00846	53.049
0.1	20	250	0.02	4000	1.5	86.562	0.07378	0.00443	64.670
0.1	20	250	0.02	3500	1.5	94.550	0.06828	0.00195	79.695
0.1	20	250	0.02	3000	1.5	105.891	0.06185	0.00084	97.260
0.1	25	250	0.02	4000	1.5	88.746	0.07395	0.00413	67.162
0.1	30	250	0.02	4000	1.5	90.942	0.07411	0.00385	69.679
0.1	35	250	0.02	4000	1.5	93.151	0.07425	0.00359	72.219
0.1	40	250	0.02	4000	1.5	95.370	0.07438	0.00336	74.781
0.15	20	250	0.02	4000	1.5	79.595	0.08147	0.04076	45.264
0.2	20	250	0.02	4000	1.5	78.732	0.08128	0.0911	43.630
0.25	20	250	0.02	4000	1.5	77.986	0.08113	0.14137	42.163
0.3	20	250	0.02	4000	1.5	77.338	0.08099	0.19161	40.851

wc : 0.02 we : 0.0005 Cs : 0.3 กิโลแคลอรี่/กก. องศาเซลเซียส void: 0.533

ขนาดเครื่อง ความยาว 8 เมตร เส้นผ่าศูนย์กลาง 1.6 เมตร ขนาดวัสดุ 5 มิลลิเมตร

ตารางที่ ซ.1 ผลการคำนวณจากโปรแกรมการจำลองการทำงานเครื่องอบแห้งแบบหมุน(ไหลขนาน) (ต่อ)

win (กก.น้ำ/กก.วัสดุแห้ง)	tmin (องศาเซลเซียส)	Tin (องศาเซลเซียส)	Hin (กก.ไอน้ำ/กก.อากาศแห้ง)	Wo (กก./ชม.)	u (เมตร/วินาที)	Tout (องศาเซลเซียส)	Hout (กก.ไอน้ำ/กก.อากาศแห้ง)	wout (กก.น้ำ/กก.วัสดุแห้ง)	tmout (องศาเซลเซียส)
0.1	20	150	0.02	4000	1.5	62.963	0.05052	0.03294	41.300
0.1	20	200	0.02	4000	1.5	73.318	0.06459	0.01238	47.645
0.1	20	300	0.02	4000	1.5	101.978	0.08054	0.0018	82.951
0.1	20	350	0.02	4000	1.5	117.728	0.0864	0.00094	100.107
0.1	20	250	0.01	4000	1.5	85.674	0.063616	0.00404	64.558
0.1	20	250	0.015	4000	1.5	86.122	0.06847	0.00423	64.613
0.1	20	250	0.025	4000	1.5	87.000	0.07909	0.00462	64.724
0.1	20	250	0.03	4000	1.5	87.430	0.0844	0.00481	64.777
0.1	20	250	0.02	4000	1	69.978	0.08469	0.02337	44.493
0.1	20	250	0.02	4000	1.2	73.077	0.08199	0.01187	48.911
0.1	20	250	0.02	4000	1.8	100.271	0.06601	0.00188	81.653
0.1	20	250	0.02	4000	2	108.692	0.0617	0.0012	91.982

wc : 0.02 we : 0.0005 Cs : 0.3 กิโลแคลอรี/กก. องศาเซลเซียส void: 0.533

ขนาดเครื่อง ความยาว 8 เมตร เส้นผ่าศูนย์กลาง 1.6 เมตร ขนาดวัสดุ 5 มิลลิเมตร

ตารางที่ ซ.2 ผลการคำนวณจากโปรแกรมการจำลองการทำงานเครื่องอบแห้งแบบหมุน(ไหลสวนทาง)

ค่าที่ป้อนเข้าโปรแกรม						ค่าที่ได้จากโปรแกรม					
win	tmin	Tin	Hin	Wo	u	Tin	Hin	Tout	Hout	wout	tmout
(กก.น้ำ/กก.วัสดุแห้ง)	(องศาเซลเซียส)	(องศาเซลเซียส)	(กก.ไอน้ำ/กก.อากาศแห้ง	(กก./ชม.)	(เมตร/วินาที)	(องศาเซลเซียส)	กก.ไอน้ำ/กก.อากาศแห้ง	(องศาเซลเซียส)	(กก.ไอน้ำ/กก.อากาศแห้ง	(กก.น้ำ/กก.วัสดุแห้ง	(องศาเซลเซียส)
0.1	20	250	0.02	3000	1.5	247.8663	0.02008	95.2613	0.06199	0.00068	115.342
0.1	20	250	0.02	3500	1.5	249.9491	0.02042	93.6842	0.06846	0.00243	82.295
0.1	20	250	0.02	4000	1.5	248.491	0.02019	92.319	0.07298	0.00619	56.733
0.1	20	250	0.02	5000	1.5	249.9987	0.02071	92.279	0.07829	0.01814	36.952
0.1	25	250	0.02	4000	1.5	247.734	0.02002	94.067	0.07289	0.00604	59.036
0.1	30	250	0.02	4000	1.5	248.993	0.02002	96.4808	0.07315	0.00558	62.659
0.1	35	250	0.02	4000	1.5	249.487	0.02017	98.688	0.07348	0.00527	65.874
0.1	20	225	0.02	4000	1.5	223.321	0.02	87.6896	0.06792	0.01058	45.847
0.1	20	275	0.02	4000	1.5	274.826	0.02018	96.774	0.07708	0.0035	71.075

wc : 0.02 we : 0.0 Cs : 0.3 กิโลแคลอรี/กก. องศาเซลเซียส void : 0.533

ขนาดเครื่อง เส้นผ่าศูนย์กลาง 1.6 เมตร ความยาว 8 เมตร

ตารางที่ ซ.2 ผลการคำนวณจากโปรแกรมการจำลองการทำงานเครื่องอบแห้งแบบหมุน(ไหลสวนทาง) (ต่อ)

ค่าที่ป้อนเข้าโปรแกรม						ค่าที่ได้จากโปรแกรม					
win	tmin	Tin	Hin	Wo	u	Tin	Hin	Tout	Hout	wout	tmout
(กก.น้ำ/กก.วัสดุแห้ง)	(องศาเซลเซียส)	(องศาเซลเซียส)	(กก.ไอน้ำ/กก.อากาศแห้ง	(กก./ชม.)	(เมตร/วินาที)	(องศาเซลเซียส)	กก.ไอน้ำ/กก.อากาศแห้ง	(องศาเซลเซียส)	(กก.ไอน้ำ/กก.อากาศแห้ง	(กก.น้ำ/กก.วัสดุแห้ง	(องศาเซลเซียส)
0.12	20	250	0.02	4000	1.5	249.0098	0.02006	92.668	0.07767	0.01762	38.867
0.14	20	250	0.02	4000	1.5	249.9815	0.02	92.753	0.07787	0.03716	38.06
0.15	20	250	0.02	4000	1.5	249.9802	0.02075	92.7923	0.07857	0.04726	37.93
0.1	20	250	0.03	4000	1.5	247.843	0.03011	92.993	0.08343	0.00671	56.408
0.1	20	250	0.04	4000	1.5	247.986	0.04013	93.883	0.09405	0.00708	56.622
0.1	20	250	0.05	4000	1.5	249.894	0.05037	95.339	0.10458	0.00708	57.888

wc : 0.02 we : 0.0 Cs : 0.3 กิโลแคลอรี/กก. องศาเซลเซียส void : 0.533

ขนาดเครื่อง เส้นผ่าศูนย์กลาง 1.6 เมตร ความยาว 8 เมตร

ตารางที่ ซ.3 ผลการคำนวณจากโปรแกรมการจำลองการทำงานเครื่องอบแห้งแบบพาหะลม

win (กก.น้ำ/กก.วัสดุแห้ง)	tmin (องศาเซลเซียส)	Tin (องศาเซลเซียส)	Hin (กก.ไอน้ำ/กก.อากาศแห้ง)	Wo (กก./ชม.)	u (เมตร/วินาที)	Tout (องศาเซลเซียส)	Hout (กก.ไอน้ำ/กก.อากาศแห้ง)	wout (กก.น้ำ/กก.วัสดุแห้ง)	tmout (องศาเซลเซียส)
0.15	20	300	0.01	4000	20	73.507	0.08707	0.01607	66.530
0.2	20	300	0.01	4000	20	62.361	0.09589	0.05073	50.949
0.25	20	300	0.01	4000	20	61.273	0.09538	0.10163	49.726
0.3	20	300	0.01	4000	20	60.276	0.09493	0.15241	48.528
0.35	20	300	0.01	4000	20	59.365	0.09454	0.20309	47.371
0.25	25	300	0.01	4000	20	62.762	0.09699	0.09882	50.702
0.25	30	300	0.01	4000	20	64.249	0.09861	0.09601	51.680
0.25	35	300	0.01	4000	20	65.734	0.10023	0.09319	52.657
0.25	40	300	0.01	4000	20	67.222	0.10185	0.09038	53.637
0.25	20	300	0.01	4500	20	59.926	0.09478	0.11904	48.087
0.25	20	300	0.01	3500	20	62.791	0.09611	0.07898	51.407
0.25	20	300	0.01	3000	20	64.498	0.09698	0.04848	53.080
0.25	20	300	0.01	2500	20	72.067	0.09311	0.01891	65.114

wc : 0.05 we:0.001 Cs :0.3 กิโลแคลอรี/กก. องศาเซลเซียส void: 0.8

ขนาดเครื่อง ความยาว 20 เมตร เส้นผ่าศูนย์กลางท่อ 0.45 เมตร

ตารางที่ ซ.3 ผลการคำนวณจากโปรแกรมการจำลองการทำงานเครื่องอบแห้งแบบพาหะลม (ต่อ)

win (กก.น้ำ/กก.วัสดุแห้ง)	tmin (องศาเซลเซียส)	Tin (องศาเซลเซียส)	Hin (กก.ไอน้ำ/กก.อากาศแห้ง)	Wo (กก./ชม.)	u (เมตร/วินาที)	Tout (องศาเซลเซียส)	Hout (กก.ไอน้ำ/กก.อากาศแห้ง)	wout (กก.น้ำ/กก.วัสดุแห้ง)	tmout (องศาเซลเซียส)
0.25	20	200	0.01	4000	20	55.197	0.0607	0.14326	43.435
0.25	20	250	0.01	4000	20	58.859	0.07769	0.12112	46.947
0.25	20	350	0.01	4000	20	62.812	0.11362	0.08438	51.935
0.25	20	400	0.01	4000	20	63.700	0.1323	0.06904	53.686
0.25	20	300	0.15	4000	20	62.024	0.10053	0.10253	50.518
0.25	20	300	0.02	4000	20	62.747	0.1057	0.10339	51.277
0.25	20	300	0.025	4000	20	63.438	0.11089	0.1042	51.998
0.25	20	300	0.03	4000	20	64.106	0.11609	0.10498	52.688
0.25	20	300	0.01	4000	16	55.436	0.09506	0.13174	48.108
0.25	20	300	0.01	4000	18	58.390	0.09535	0.11651	48.962
0.25	20	300	0.01	4000	22	64.079	0.09523	0.08707	50.416
0.25	20	300	0.01	4000	24	66.805	0.09495	0.07285	51.056

wc : 0.05 we:0.001 Cs :0.3 กิโลแคลอรี/กก. องศาเซลเซียส void: 0.8

ขนาดเครื่อง ความยาว 20 เมตร เส้นผ่าศูนย์กลางท่อ 0.45 เมตร

ตารางที่ ซ.4 ผลการคำนวณจากโปรแกรมการจำลองการทำงานเครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอย

win	tmin	Tin	Hin	Wo	u	Tout	Hout	wout	tmout
(กก.น้ำ/กก.วัสดุแห้ง)	(องศาเซลเซียส)	(องศาเซลเซียส)	(กก.ไอน้ำ/กก.อากาศแห้ง)	(กก./ชม.)	(เมตร/วินาที	(องศาเซลเซียส)	(กก.ไอน้ำ/กก.อากาศแห้ง)	(กก.น้ำ/กก.วัสดุแห้ง)	(องศาเซลเซียส)
1.5	40	200	0.02	1000	0.5	128.566	0.04865	0.06352	63.418
1.5	35	200	0.02	1000	0.5	128.119	0.04857	0.06725	61.083
1.5	30	200	0.02	1000	0.5	127.666	0.0485	0.07092	58.890
1.5	25	200	0.02	1000	0.5	127.221	0.04842	0.07494	57.006
1.5	20	200	0.02	1000	0.5	126.790	0.04833	0.07937	55.329
1.1	30	200	0.02	1000	0.5	141.971	0.04182	0.00567	141.107
1.3	30	200	0.02	1000	0.5	133.009	0.04568	0.01241	123.572
1.7	30	200	0.02	1000	0.5	127.361	0.04858	0.26701	51.697
1.9	30	200	0.02	1000	0.5	127.130	0.04855	0.40843	51.149
1.5	30	300	0.02	1000	0.5	199.675	0.05612	0.005	199.671
1.5	30	250	0.02	1000	0.5	161.765	0.05295	0.00546	160.972

wc: 0.1 we:0.005 dp: 0.08 มิลลิเมตร void : 0.7

ขนาดเครื่อง เส้นผ่าศูนย์กลาง 7 เมตร ความยาว 8 เมตร

ตารางที่ ซ.4 ผลการคำนวณจากโปรแกรมการจำลองการทำงานเครื่องอบแห้งแบบพ่นฝอย (ต่อ)

win	tmin	Tin	Hin	Wo	u	Tout	Hout	wout	tmout
(กก.น้ำ/กก.วัสดุแห้ง)	(องศาเซลเซียส)	(องศาเซลเซียส)	(กก.ไอน้ำ/กก.อากาศแห้ง)	(กก./ชม.)	(เมตร/วินาที	(องศาเซลเซียส)	(กก.ไอน้ำ/กก.อากาศแห้ง)	(กก.น้ำ/กก.วัสดุแห้ง)	(องศาเซลเซียส)
1.5	30	150	0.02	1000	0.5	105.347	0.0377	0.50766	47.020
1.5	30	100	0.02	1000	0.5	77.720	0.02888	0.93535	40.492
1.5	30	200	0.01	1000	0.5	126.685	0.03831	0.05776	64.543
1.5	30	200	0.03	1000	0.5	128.623	0.05865	0.08544	56.174
1.5	30	200	0.04	1000	0.5	129.533	0.06876	0.10129	56.821
1.5	30	200	0.05	1000	0.5	130.372	0.07888	0.11673	58.754
1.5	30	200	0.02	1200	0.5	127.176	0.04855	0.30683	51.274
1.5	30	200	0.02	1100	0.5	127.384	0.04858	0.19712	51.733
1.5	30	200	0.02	900	0.5	131.099	0.04662	0.0167	116.080
1.5	30	200	0.02	800	0.5	137.702	0.04383	0.00617	136.264
1.5	30	200	0.02	1000	0.9	155.953	0.03655	0.00651	153.160
1.5	30	200	0.02	1000	0.7	144.395	0.04118	0.0128	131.585
1.5	30	200	0.02	400	0.3	105.182	0.05765	0.36721	52.134

wc: 0.1 we:0.005 dp: 0.08 มิลลิเมตร void : 0.7

ขนาดเครื่อง เส้นผ่าศูนย์กลาง 7 เมตร ความยาว 8 เมตร

ตารางที่ ซ.5 ผลการคำนวณจากโปรแกรมการจำลองการทำงานเครื่องอบแห้งแบบไหลผ่าน

win (กก.น้ำ/กก.วัสดุแห้ง)	Tin (องศาเซลเซียส)	Hin (กก.ไอน้ำ/กก.อากาศแห้ง)	Wo (กก./ชม.)	u (เมตร/วินาที)	dp (มิลลิเมตร)	wout(ผิวบน) (กก.น้ำ/กก.วัสดุแห้ง)	wout(ผิวล่าง) (กก.น้ำ/กก.วัสดุแห้ง)
0.5	90	0.02	500	1	10	0.0827	0.1264
0.5	90	0.02	550	1	10	0.120605	0.16036
0.5	90	0.02	600	1	10	0.1522	0.1887
0.5	90	0.02	650	1	10	0.17897	0.20262
0.35	90	0.02	600	1	10	0.13669	0.16654
0.4	90	0.02	600	1	10	0.0522	0.0887
0.55	90	0.02	600	1	10	0.20222	0.23867
0.6	90	0.02	600	1	10	0.2522	0.2887
0.5	90	0.01	600	1	10	0.131151	0.16957
0.5	90	0.015	600	1	10	0.14217	0.17955
0.5	90	0.025	600	1	10	0.16175	0.1973
0.5	90	0.03	600	1	10	0.17004	0.20482
0.5	70	0.02	600	1	10	0.26047	0.28468
0.5	80	0.02	600	1	10	0.2062	0.2365
0.5	100	0.02	600	1	10	0.0982	0.141
0.5	110	0.02	600	1	10	0.04476	0.09414

wc : 0.1 we: 0.002 void : 0.5 ขนาดเครื่อง ความกว้าง 3.5 เมตร ความยาว 7 เมตร ความสูงของชั้นวัสดุ 0.1 เมตร

ตารางที่ ซ.6 ผลการคำนวณจากโปรแกรมการจำลองการทำงานเครื่องอบแห้งแบบฟลูอิดไดซ์เบด

win	tmin	Tin	Hin	Wo	u	wout	tmout
(กก.น้ำ/กก.วัสดุแห้ง)	(องศาเซลเซียส)	(องศาเซลเซียส)	(กก.ไอน้ำ/กก.อากาศแห้ง)	(กก./ชม.)	(เมตร/วินาที)	(กก.น้ำ/กก.วัสดุแห้ง)	(องศาเซลเซียส)
0.1	20	80	0.02	4000	1	0.00015	77.6224
0.15	20	80	0.02	4000	1	0.00186	65.3706
0.2	20	80	0.02	4000	1	0.02249	37.4824
0.25	20	80	0.02	4000	1	0.07249	37.386
0.3	20	80	0.02	4000	1	0.12249	37.262
0.15	20	80	0.02	3000	1	0.0001	78.3496
0.15	20	80	0.02	3500	1	0.00052	74.0008
0.15	20	80	0.02	4500	1	0.00724	45.505
0.15	20	80	0.02	5000	1	0.01098	41.9173
0.15	20	70	0.02	4000	1	0.00724	45.505
0.15	20	90	0.02	4000	1	0.00055	80.4702
0.15	20	100	0.02	4000	1	0.00017	93.057
0.15	20	110	0.02	4000	1	0.00006	104.266

wc : 0.02 we : 0.0 Cs : 0.3 กิโลแคลอรี/กิโลกรัม องศาเซลเซียส void : 0.533 ขนาดอนุภาค 0.5 มิลลิเมตร

ขนาดเครื่อง ความกว้าง 0.5 เมตร ความยาว 3.6 เมตร ความสูงของชั้นวัสดุเวลาหยุดนิ่ง 0.15 เมตร

ตารางที่ ซ.6 ผลการคำนวณจากโปรแกรมการจำลองการทำงานเครื่องอบแห้งแบบฟลูอิดไดซ์เบด (ต่อ)

win	tmin	Tin	Hin	Wo	u	wout	tmout
(กก.น้ำ/กก.วัสดุแห้ง)	(องศาเซลเซียส)	(องศาเซลเซียส)	(กก.ไอน้ำ/กก.อากาศแห้ง)	(กก./ชม.)	(เมตร/วินาที)	(กก.น้ำ/กก.วัสดุแห้ง)	(องศาเซลเซียส)
0.15	25	80	0.02	4000	1	0.00186	65.3871
0.15	30	80	0.02	4000	1	0.00186	65.404
0.15	35	80	0.02	4000	1	0.000186	65.42
0.15	40	80	0.02	4000	1	0.000186	65.436
0.15	20	80	0.01	4000	1	0.00065	71.228
0.15	20	80	0.03	4000	1	0.00449	57.9376
0.15	20	80	0.04	4000	1	0.00936	50.776
0.15	20	80	0.05	4000	1	0.01777	47.397
0.15	20	80	0.02	4000	1.2	0.00011	78.1191
0.15	20	80	0.02	4000	1.1	0.00047	74.416
0.15	20	80	0.02	4000	0.9	0.0068	48.746
0.15	20	80	0.02	4000	0.8	0.02299	37.1777

wc : 0.02 we : 0.0 Cs : 0.3 กิโลแคลอรี่/กิโลกรัม องศาเซลเซียส void : 0.533 ขนาดอนุภาค 0.5 มิลลิเมตร

ขนาดเครื่อง ความกว้าง 0.5 เมตร ความยาว 3.6 เมตร ความสูงของชั้นวัสดุเวลาหยุดนิ่ง 0.15 เมตร

ประวัติผู้เขียน

นางสาวสุภาพร กำปั่นทอง เกิดเมื่อวันที่ 13 ตุลาคม พศ. 2511 ที่จังหวัดกรุงเทพมหานคร สำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี วิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาเคมี จากจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เมื่อ พศ. 2533 เริ่มทำงานที่ฝ่ายเคมีและวิเคราะห์ การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย เมื่อ พศ. 2534 และได้รับทุนการศึกษาต่อในระดับปริญญาโทสาขาวิศวกรรมศาสตร์ เมื่อปี พศ. 2536 จากการไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย ปัจจุบันทำงานในตำแหน่งนักวิทยาศาสตร์ระดับ 5 กองเดินเครื่อง1 โรงไฟฟ้าพระนครใต้ การไฟฟ้าฝ่ายผลิตแห่งประเทศไทย