การจำลองการทำงานของหอกลั่น
โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์

นายพรชัย จิตเกษมธรรม

นายเอกวิทย์ อำนวยพร

วัน เดือน ปี -4 ตค 2541
เลขทะเบียน 038650
เลขเรียกหนังสือ T 660.2842 จ 038ก

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต
สาขาวิชาวิศวกรรมเคมี
คณะวิศวกรรมศาสตร์
สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้า เจ้าคุณทหารลาดกระบัง
ปีการศึกษา 2540

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

038650

A ComputerProgram For

Distillation Column Simulation

Mr. Pornchai Jitkasamtum

Mr. Ekkawit Amnuayporn

A Report Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of Bachelor of Chemical Engineering

Faculty of Engineering

King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ปริญญานิพนธ์เรื่อง การจำลองการทำงานของหอกลั่นโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์

โดย นายพรชัย จิตเกษมธรรม

นายเอกวิทย์ อำนวยพร

ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

อาจารย์ที่ปรึกษา นางสาวสุธาสินี แก้วพวงงาม

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ดร.ไพศาล นาคพิพัฒน์

ปริญญานิพนธ์นี้ได้รับการพิจารณาอนุมัติให้นับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมเคมี

คณะกรรมการตรวจสอบปริญญานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ
(ดร.ไพศาล นาคพิพัฒน์)

..... กรรมการ
(นายบุญชัย โชติวิริยวาณิชย์)

..... กรรมการ
(นางสาวสุธาสินี แก้วพวงงาม)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เรื่อง การจำลองการทำงานของหอกลั่นโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์

โดย นายพรชัย จิตเกษมธรรม

นายเอกวิทย์ อำนวยพร

อาจารย์ที่ปรึกษา นางสาวสุธาสินี แก้วพวงงาม

อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ดร.ไพศาล นาคพิพัฒน์

ปริญญานิพนธ์ วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิศวกรรมเคมี

ภาควิชาวิศวกรรมเคมี คณะวิศวกรรมศาสตร์

สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์นี้เป็นการพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์เพื่อช่วยในการคำนวณสัดส่วนโมลขององค์ประกอบ พลังงาน และอุณหภูมิในแต่ละเพลตของหอกลั่นซึ่งเขียนด้วย Pascal รุ่น 7.0 การทำงานของโปรแกรมคอมพิวเตอร์เริ่มจากผู้ใช้ป้อนข้อมูลเพื่อให้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ทำการคำนวณโดยใช้วิธีการหาจุดเดือดผสมของสารและแก้ชุดสมการด้วยไตรไดอะโกนอลแมทริกซ์ ผลลัพธ์ที่ได้จะแสดงในรูปของกราฟ หรือ ตาราง นอกจากนี้ได้ทำการเปรียบเทียบผลลัพธ์ที่ได้จากการคำนวณกับผลการคำนวณของโชโซ โอเฮะ ซึ่งมีความแตกต่างกันในการคำนวณค่าคุณสมบัติของสารทางอุณหพลศาสตร์ ค่าความแตกต่างของอุณหภูมิที่ได้อยู่ในช่วง 0.01-12.3 เปอร์เซนต์ สำหรับสารประเภทแอลกอฮอล์ และ 0.25-7.45 เปอร์เซนต์ สำหรับสารประเภทไฮโดรคาร์บอน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

A COMPUTER PROGRAM FOR DISTILLATION COLUMN SIMULATION

By Mr Pornchai Jitkasemtam

Mr.Ekkawit Amnuayporn

Advisor Ms. Sutasinee Kaewpuang-ngam

Co-Advisor Dr. Paisal Nakpipat

Report for Bachelor Degree in Chemical Engineering

Department of Chemical Engineering, Faculty of Engineering

King Mongkut's Institute of Technology Ladkrabang

Abstract

A computer program for distillation column simulation is developed in Pascal version 7.0 that can calculate the mole fraction, the energy consumption and temperature in any plates. Practically, the user needs to input data for computational calculation using tridiagonal matrix algorithm and bubble point method. The simulated data could display in graphic, table or both. Additionally, they have been compared by the solutions of Shuzo Ohe which are difference in thermodynamics properties calculation method. The temperature deviation have been reported in range 0.01-12.3% and 0.25-7.45% for alcohol and hydrocarbon, respectively.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กิตติกรรมประกาศ

โครงงานพิเศษนี้สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดีด้วยความช่วยเหลือจากหลาย ๆ ท่าน ดังนี้

อาจารย์สุธาสินี แก้วพวงงาม อาจารย์ที่ปรึกษาโครงงานพิเศษ ผู้ให้คำปรึกษาและแนวทาง ทำให้โครงงานนี้สามารถสำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี

อาจารย์บุญชัย โชติวิริยวาณิชย์ อาจารย์ผู้เอื้อเฟื้อคอมพิวเตอร์ในการทำโครงงานพิเศษและตรวจสอบความถูกต้องของปริญญานิพนธ์ฉบับนี้

ดร. ประกอบ กิจไชยา อาจารย์ผู้ให้ความรู้ทางด้านวิศวกรรมการกลึงและให้คอยคำปรึกษา

ดร. อัญชลีพร วาริทสวัสดิ์ อาจารย์ผู้เอื้อเฟื้อคอมพิวเตอร์และเครื่องพิมพ์ในการทำโครงงานพิเศษ

นายสัมฤทธิ์ ลิ่มวงศ์สุวรรณ เพื่อนผู้ให้คำแนะนำต่าง ๆ เกี่ยวกับการเขียนโปรแกรมคอมพิวเตอร์

และเพื่อน ๆ น้อง ๆ ทุกคนที่คอยให้กำลังใจ ปริญญานิพนธ์นี้จึงสามารถสำเร็จลุล่วงไปได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
กิตติกรรมประกาศ	ฉ
สารบัญภาพ	ฌ
คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ	ฐ
ตัวห้อย	ฒ
บทที่	
1. บทนำ	1
2. แบบจำลองกระบวนการกลั่น	3
2.1 ทฤษฎีการคำนวณการกลั่นด้วยไตรไดอะโกนอลเมทริกซ์	7
2.2 ทฤษฎีการคำนวณการกลั่นด้วยวิธีการคำนวณจุดเดือดของสารผสม	12
2.2.1 ขั้นตอนการคำนวณการกลั่นด้วยวิธีการคำนวณจุดเดือดสารผสม	13
3. แผนภูมิและขั้นตอนในการเขียนโปรแกรม	19
3.1 การกำหนดค่าต่าง ๆ ที่ใช้ในการคำนวณ	20
3.2 การประมาณค่าอัตราการไหลของไอและของเหลว	20
3.3 การประมาณค่าอุณหภูมิเริ่มต้น	20
3.4 การคำนวณค่า $x_{i,j}$	22
3.5 การปรับค่า $x_{i,j}$ ในแต่ละเพลต	24
3.6 การคำนวณค่า T_j และ $y_{i,j}$ ใหม่	24
3.7 การคำนวณค่า V_j และ L_j ใหม่	27
3.8 การตรวจสอบค่าเพื่อตัดสินการจบการคำนวณ	27
4. รูปแบบของโปรแกรม	28

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่	หน้า
5. การทดสอบโปรแกรม	42
5.1 กรณีศึกษา	42
5.2 การวิเคราะห์ข้อมูล	44
6. บทสรุป	60
6.1 การพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์จำลองสถานการณ์	60
6.2 การทดสอบโปรแกรมคอมพิวเตอร์	60
6.3 การจำลองสถานการณ์การกลั่น	60
6.4 ข้อจำกัดของโปรแกรมคอมพิวเตอร์	61
6.5 ข้อเสนอแนะในการพัฒนาขั้นต่อไปของ	61
โปรแกรมคอมพิวเตอร์จำลองสถานการณ์การกลั่น	61
รายการอ้างอิง	62
ภาคผนวก ก	
ตารางแสดงผลการคำนวณจากโปรแกรมคอมพิวเตอร์	
ผลจากข้อมูลที่อ้างอิง และ ค่าความผิดพลาด	63
ภาคผนวก ข	
โปรแกรมคอมพิวเตอร์	76
ภาคผนวก ค	
ค่าคุณสมบัติของสาร	144

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สารบัญภาพ

	หน้า
รูปที่ 2.1 เพลตสมดุลทั่วไป	3
รูปที่ 2.2 เครื่องสูบที่ติดตั้งเข้ากับหอกลั่น	5
รูปที่ 2.3 การเคลื่อนที่สวนทางกันของไอและของเหลว ภายในหอกลั่น N เพลต	8
รูปที่ 2.4 ค่าสัมประสิทธิ์แมทริกซ์ของสมการดุลมวลสารแต่ละองค์ประกอบโดยใช้ขั้นตอนการคำนวณของโธมัสจำนวน 5 เพลต	10
รูปที่ 3.1 แผนภูมิการคำนวณโดยวิธีการหาจุดเดือดผสมของสารในการกลั่นโดยเวงค์และเฮงค์	19
รูปที่ 3.2 แผนภูมิขั้นตอนการคำนวณหาค่า $x_{i,j}$	23
รูปที่ 3.3 แผนภูมิขั้นตอนการคำนวณหาค่า T_j	26
รูปที่ 4.1 หน้าจอแรกของโปรแกรมคอมพิวเตอร์	31
รูปที่ 4.2 รายการหลักของโปรแกรมคอมพิวเตอร์	31
รูปที่ 4.3การเลือกสารที่จะป้อนเข้าสู่หอกลั่น	32
รูปที่ 4.4 การเลือกหน่วยในการคำนวณ	33
รูปที่ 4.5 การเลือกรายการสภาวะการทำงานของหอกลั่น	34
รูปที่ 4.6 รายละเอียดที่ต้องป้อนเข้าไปในเพลตป้อนวัตถุดิบ	35
รูปที่ 4.7 รายละเอียดที่ต้องป้อนเข้าไปในเพลตยอดหอ	35
รูปที่ 4.8 รายละเอียดที่ต้องป้อนในเพลตทั่ว ๆ ไป	36
รูปที่ 4.9 รายละเอียดของรูปแบบผลลัพธ์ที่จะแสดง	36
รูปที่ 4.10 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเพลตต่าง ๆ	38
รูปที่ 4.11 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างสัดส่วนโมลของสารในสถานะของเหลว (x) กับเพลตต่าง ๆ	39
รูปที่ 4.12 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลของของเหลวและไอ (V, L) กับเพลตต่าง ๆ	40

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

หน้า

รูปที่ 4.13 รายละเอียดผลลัพธ์ในรูปตารางความสัมพันธ์ 41
รูปที่ 5.1 การกระจายตัวของอุณหภูมิในกรณีศึกษาที่ 1 44
รูปที่ 5.2 สัดส่วนโมลของเมธานอลในวัฏภาคของเหลวในกรณีศึกษาที่ 1 45
รูปที่ 5.3 สัดส่วนโมลของเอธานอลในวัฏภาคของเหลวในกรณีศึกษาที่ 1 46
รูปที่ 5.4 สัดส่วนโมลของ2-โพรพานอลในวัฏภาคของเหลว
ในกรณีศึกษาที่ 1 46
รูปที่ 5.5 สัดส่วนโมลของน้ำในวัฏภาคของเหลวในกรณีศึกษาที่ 2 47
รูปที่ 5.6 การกระจายตัวของอุณหภูมิในกรณีศึกษาที่ 2 48
รูปที่ 5.7 สัดส่วนโมลของเมธานอลในวัฏภาคของเหลวในกรณีศึกษาที่ 2 49
รูปที่ 5.8 สัดส่วนโมลของ 2-โพรพานอลในวัฏภาคของเหลว
ในกรณีศึกษาที่ 2 50
รูปที่ 5.9 สัดส่วนโมลของน้ำในวัฏภาคของเหลวในกรณีศึกษาที่ 2 50
รูปที่ 5.10 การกระจายตัวของอุณหภูมิในกรณีศึกษาที่ 3 51
รูปที่ 5.11 สัดส่วนโมลของเบนซีนในวัฏภาคของเหลวในกรณีศึกษาที่ 3 52
รูปที่ 5.12 สัดส่วนโมลของเอธิลเบนซีนในวัฏภาคของเหลว
ในกรณีศึกษาที่ 3 53
รูปที่ 5.13 สัดส่วนโมลของพาราไซลีนในวัฏภาคของเหลว
ในกรณีศึกษาที่ 3 53
รูปที่ 5.14 เปรียบเทียบสัดส่วนโมลของเบนซีนในวัฏภาคของเหลว
ในกรณีศึกษาที่ 3 และ 4 55
รูปที่ 5.15 การกระจายตัวของอุณหภูมิในกรณีศึกษาที่ 3 และ 4 56
รูปที่ 5.16 เปรียบเทียบสัดส่วนโมลของเบนซีนในวัฏภาคของเหลว
ในกรณีศึกษาที่ 3 และ 5 57
รูปที่ 5.17 การกระจายตัวของอุณหภูมิในกรณีศึกษาที่ 3 และ 5 58
รูปที่ 5.18 เปรียบเทียบสัดส่วนโมลของเบนซีนในวัฏภาคของเหลว
ในกรณีศึกษาที่ 3 และ 6 59

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

คำอธิบายสัญลักษณ์และคำย่อ

A	ค่าคงที่ของสมการอองตวล
B	ค่าคงที่ของสมการอองตวล
b	ค่าคงที่ในการคำนวณเอนธาลปีของไอ
C	ค่าค่าคงที่ของสมการแอนโทอิน
c_L	ค่าความจุความร้อนของเหลว
D	อัตราไหลของวัตถุดิบยอดหอกลั่น
F	สายป้อนวัตถุดิบ
K	ค่าอัตราส่วนสมดุล
L	อัตราไหลของของเหลวภายในหอ
N	จำนวนเพลต
P	ความดันในหอกลั่น
Q	การถ่ายเทความร้อน
R	อัตราส่วนป้อนกลับ
T	อุณหภูมิสัมบูรณ์
U	อัตราของเหลวชักออกข้าง
V	อัตราไหลของไอภายในหอกลั่น
W	อัตราไอชักออกข้าง
x	สัดส่วนโมลในวัฏภาคของเหลว
y	สัดส่วนโมลในวัฏภาคไอ
z	สัดส่วนโมลของวัตถุดิบ
$\in$	ค่าที่กำหนดขึ้นเพื่อใช้เปรียบเทียบ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตัวห้อย

F	สายป้อนวัตถุดิบ
i	องค์ประกอบที่ i
j	เพลตที่ j
k	ครั้งที่ทำการปรับค่า
L	วัฏภาคของเหลว
N	จำนวนเพลต
V	วัฏภาคไอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่1
บทนำ

ความเป็นมา

ในการกลั่นจัดเป็นศาสตร์หนึ่งในสาขาวิศวกรรมเคมี เนื่องจากการกลั่นเป็นการแยกสารผสมตั้งแต่ 2 องค์ประกอบขึ้นไป โดยการให้พลังงานความร้อนเพื่อให้สารผสมเกิดการแยกตัวออกมา เนื่องจากจุดเดือดที่แตกต่างของแต่ละองค์ประกอบในสารผสมนั้น วิธีนี้มีความสามารถในการแยกสารผสมสูง และเป็นวิธีที่นิยมใช้กันทั่วไปในห้องปฏิบัติการและอุตสาหกรรมเคมี แต่การกลั่นมีข้อด้อยตรงที่ต้องใช้พลังงานความร้อนมาก ซึ่งก็คือค่าใช้จ่ายที่เพิ่มขึ้นนั่นเอง

ในการคำนวณองค์ประกอบในเพลตต่าง ๆ และอุณหภูมิในหอกลั่น เป็นงานที่ค่อนข้างซับซ้อน เนื่องจากการกลั่นมีความสัมพันธ์กับการถ่ายเทมวลสารและพลังงาน โดยมีพื้นฐานการคำนวณมาจากทางอุณหพลศาสตร์วิศวกรรม ในการคำนวณ จำนวนสมการและตัวแปรที่ไม่ทราบค่าเป็นจำนวนมาก การคำนวณในหลาย ๆ วิธีต้องใช้การวนรอบเพื่อคำนวณซ้ำจนกระทั่งได้ค่าที่ถูกต้องทำให้ใช้เวลานาน โปรแกรมคอมพิวเตอร์จะช่วยในการคำนวณค่าองค์ประกอบและอุณหภูมิในแต่ละเพลต จะทำให้ประหยัดเวลาได้มาก และยังสามารถใช้โปรแกรมประมาณค่าสภาวะที่ใช้งานจริงเพื่อลดจำนวนครั้งในการทดลองการกลั่นซึ่งจะช่วยลดการใช้พลังงานในการลองผิดลองถูกในการปรับสภาพต่าง ๆ ในการกลั่นด้วย

วัตถุประสงค์ของโครงงานพิเศษ

โปรแกรมพัฒนาขึ้นเพื่อคำนวณองค์ประกอบและอุณหภูมิในแต่ละเพลตของหอกลั่นของการกลั่นแบบต่อเนื่องในระบบหลายองค์ประกอบ ซึ่งนำไปสู่การประมาณเพลตที่จะนำผลิตภัณฑ์ที่ต้องการออกจากหอกลั่นและสามารถจำลองการทำงานของหอกลั่นที่มีอยู่ได้

ขอบเขตของโครงงานพิเศษ

ศึกษาและออกแบบโปรแกรมการคำนวณองค์ประกอบและอุณหภูมิในเพลตต่าง ๆ ของการกลั่นในระบบหลายองค์ประกอบ โดยใช้หอกลั่นแบบเพลต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

โครงงานพิเศษนี้ แบ่งการทำงานเป็น 2 ส่วนใหญ่ ๆ คือ

1. แบบจำลองและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง
2. การพัฒนาโปรแกรม
3. การทดสอบผล

สำหรับแบบจำลองและทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง ได้ศึกษาแบบจำลองต่าง ๆ ในการกลั่นที่ใช้กันในปัจจุบันวิเคราะห์ถึงข้อดีและข้อเสียของแต่ละแบบจำลองรวมถึงข้อจำกัดต่าง ๆ และทฤษฎีที่เกี่ยวข้อง การคำนวณการกลั่น ใช้การคำนวณแบบ "ไตรไดอะโกนอลเมทริกซ์" (Tridiagonal matrix) ร่วมกับการคำนวณจุดเดือดของสารผสม (Bubble Point Method) สำหรับระบบการกลั่นที่มีองค์ประกอบไม่เกิน 10 องค์ประกอบ

การพัฒนาโปรแกรม นำแบบจำลองนั้นมาพัฒนาในรูปของโปรแกรมโดยใช้โปรแกรมภาษาปาสคาล เนื่องจากเป็นภาษาที่ค่อนข้างยืดหยุ่นและผู้ปฏิบัติมีความคุ้นเคยเป็นอย่างดี

การทดสอบผลจะใช้ผลการคำนวณที่ได้จากโปรแกรม เปรียบเทียบกับผลการคำนวณของหนังสือวิศวกรรมการกลั่นของ โชโซ โอเฮะ เพื่อตรวจสอบความถูกต้อง

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากโครงงานพิเศษ

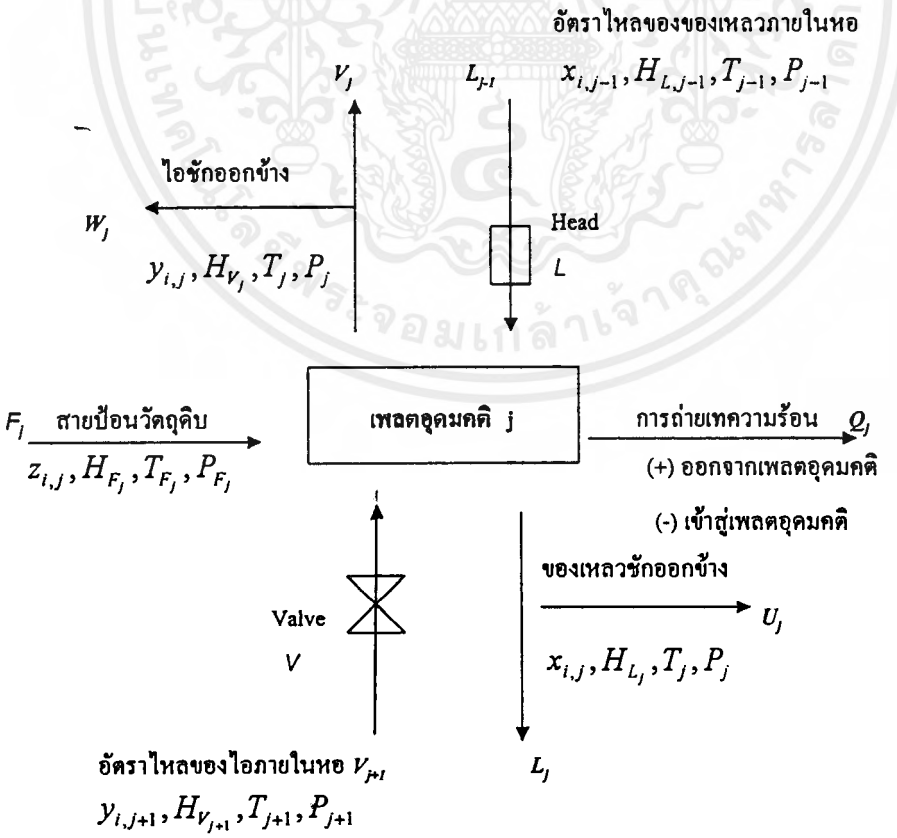
การคำนวณองค์ประกอบและอุณหภูมิในแต่ละเพลตของหอกลั่นด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์จะช่วยให้สามารถคำนวณหาองค์ประกอบ และอุณหภูมิในแต่ละเพลตของหอกลั่นได้ถูกต้องแม่นยำนำไปสู่การประมาณตำแหน่งที่จะนำผลิตภัณฑ์ที่ต้องการออกมาและช่วยลดเวลาในการคำนวณลงได้มาก และสามารถศึกษาแนวโน้มที่เกิดขึ้นในการปรับสภาพต่าง ๆ ในการกลั่นได้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 2
แบบจำลองกระบวนการกลั่น

คอลัมน์โดยทั่วไปไม่ว่าจะเป็นคอลัมน์สำหรับการกลั่น (หอกลั่น) คอลัมน์สำหรับการดูดซับ คอลัมน์สำหรับการสกัด ฯลฯ ภายในคอลัมน์ล้วนแต่ประกอบด้วยเพลตที่ถูกนำมาเรียงต่อกันเพื่อให้ไอและของเหลวหรือของเหลวและของเหลวเกิดการเคลื่อนที่สัมผัสกันในทิศสวนทางกัน นำไปสู่การแลกเปลี่ยนมวลสารและพลังงานในแต่ละเพลตจนเข้าสู่สมดุลโดยไม่เกิดปฏิกิริยาเคมีซึ่งกันและกัน

ปริญญานิพนธ์นี้จะศึกษาแบบจำลองสำหรับการกลั่นของผสมที่มีจำนวนหลายองค์ประกอบ (m) โดยใช้หอกลั่นแบบต่อเนื่องที่มีจำนวน N เพลต เพลตที่ 1 เป็นเครื่องควบแน่น เพลตที่ 2 เป็นเพลตบนสุดของหอกลั่น เพลตที่ 3 ถึงเพลตที่ N-1 เป็นเพลตสมดุลทั่วไป เพลตที่ N เป็นหม้อต้มซ้ำ ในแต่ละเพลตมีสายป้อนวัตถุดิบ ไอชักออกข้าง ของเหลวชักออกข้าง อัตราการไหลของไอภายในหอ อัตราการไหลของของเหลวภายในหอและการถ่ายเทความร้อน ดังรูปที่ 2.1



รูปที่ 2.1 เพลตสมดุลทั่วไป [1]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รูปที่ 2.1 เป็นเพลตที่ j โดยมีสายป้อนวัตถุดิบที่มีอัตราไหล F_j ถูกส่งเข้าไปในเพลตนั้น วัตถุดิบอาจมีสถานะของเหลวหรือมีทั้งของเหลวและไอก็ได้ มีสัดส่วนโมลรวมขององค์ประกอบ i เป็น $z_{i,j}$ สายป้อนมีอุณหภูมิ T_{F_j} และความดัน P_{F_j} และมีค่าเอนธาลปีของสายป้อน H_{F_j} ความดันของสายป้อน อาจมากกว่าหรือเท่ากับความดันภายในเพลต P_j แต่ความแตกต่างของความดัน จะหมดไป เมื่อสายป้อนเคลื่อนที่ผ่านวาล์วปรับความดัน ซึ่งจะทำหน้าที่ปรับความดัน โดยไม่มีการสูญเสียความร้อนออกไป

เมื่อสายป้อนเข้าไปในเพลต j บริเวณระหว่างเพลต จะมีของเหลวอัตราไหล L_{j-1} เคลื่อนที่ลงมาจากเพลต $j-1$ ซึ่งอยู่เหนือขึ้นไปจากเพลต j เข้าสู่เพลต j โดยมีสัดส่วนโมล $x_{i,j-1}$ เอนธาลปี $H_{L_{j-1}}$ อุณหภูมิ T_{j-1} และความดัน P_{j-1} ซึ่งความดันนี้ จะน้อยกว่าหรือเท่ากับความดันในเพลต j ความดันของเหลวจากเพลต $j-1$ จะค่อย ๆ เพิ่มขึ้น เนื่องจากแรงดันไฮโดรสแตติค

เช่นเดียวกัน สำหรับไอที่มาจากเพลต $j+1$ ที่อยู่ถัดลงไปจากเพลต j ซึ่งมีอัตราไหล V_{j+1} สัด-ส่วนโมล $y_{i,j+1}$, เอนธาลปี $H_{V_{j+1}}$, อุณหภูมิ T_{j+1} และความดัน P_{j+1} เข้าสู่เพลต j โดยความดันที่แตกต่างระหว่างเพลต j และ $j+1$ จะน้อยมากจนคิดว่าไม่แตกต่างกัน (จากรูปที่ 2.1 จะเปรียบเสมือนเคลื่อนที่ผ่านวาล์วที่ปรับความดันทำให้ความดันไม่แตกต่างกัน)

ไอที่ออกจากเพลต j ซึ่งมีค่า $y_{i,j}$, H_{V_j} , T_j และ P_j กระแสไอนี้แยกได้ออกเป็น 2 ทาง คือ กระแสที่ไหลออกด้านข้างหอกลั่นมีอัตราไหล W_j และกระแส V_j ที่เคลื่อนที่ผ่านจากเพลต j เข้าสู่เพลต $j-1$ ถ้า $j=1$ กระแสไอที่ออกมาก็คือผลิตภัณฑ์ที่ออกทางยอดหอกลั่นนั่นเอง

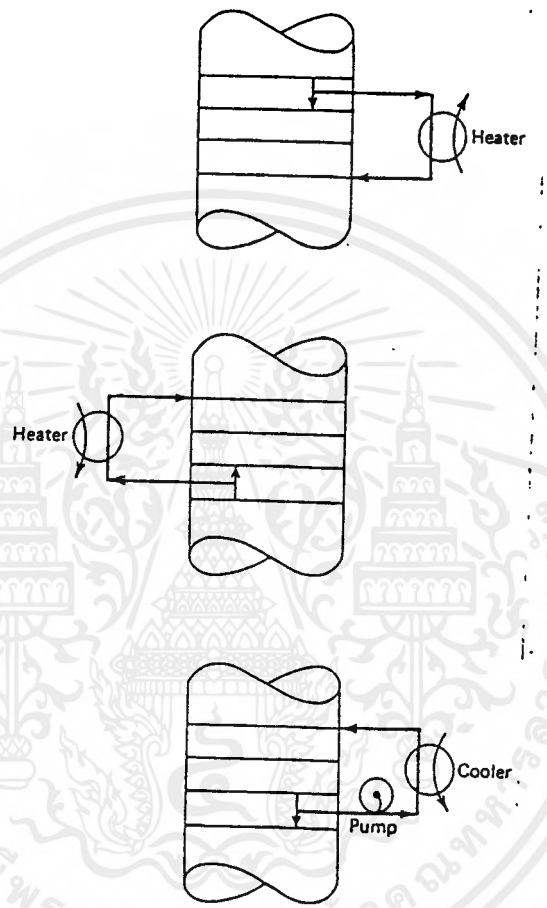
ของเหลวที่ออกจากเพลต j ซึ่งมีค่า $x_{i,j}$, H_{L_j} , T_j และ P_j จะสมดุลกับไอที่ออกจากเพลต j $\left(V_j+W_j\right)$ โดยของเหลวนี้แยกออกได้เป็น 2 กระแสเช่นเดียวกันคือ กระแสของเหลวที่ไหลออกด้านข้างหอกลั่น U_j และกระแส L_j ที่ไหลจากเพลต j เข้าสู่ $j+1$ ถ้า $j=N$ กระแสของเหลวที่ไหลออกมาก็คือผลิตภัณฑ์ที่ได้จากก้นหอ

ความร้อนสามารถถ่ายเทได้ในอัตรา Q_j ถ้าความร้อนเข้าสู่เพลตจะมีเครื่องหมายเป็น (-) ส่วนความร้อนออกจากเพลตจะมีเครื่องหมายเป็น (+) ในความเป็นจริง ความร้อนที่เกิดการถ่ายเท อาจเกิดจากสารเกิดการแลกเปลี่ยนความร้อนกับสารอื่นนอกระบบทำให้ร้อนขึ้นหรือเย็นลง อีกกรณีหนึ่งเกิดจากการกระทำของหม้อต้มซ้ำและเครื่องควบแน่น

จากรูปที่ 2.2 ปกติเครื่องสูบจะพบเห็นได้บ่อยในกรณีที่หอกลั่นมีการชักผลิตภัณฑ์ออกทางด้านข้างหอกลั่น ซึ่งตรงนี้จะมีผลต่อการรักษาระดับพลังงานและรักษาสมดุลของไอภายในหอกลั่น

จากรูปที่ 2.1 สามารถนำมาเขียนในรูปสมการที่ความสัมพันธ์หลักได้ 4 สมการหลักซึ่งนิยมเรียกว่า MESH ซึ่งเสนอโดย เวงค์และเฮงค์ (Wang and Henke)[1]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 2.2 เครื่องสูบที่ติดตั้งเข้ากับหอกลั่น [1]

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สมการดุลมวลสาร (M)

$$M_{i,j} = L_{j-1}x_{i,j-1} + V_{j+1}y_{i,j+1} + F_j z_{i,j} - (L_j + U_j)x_{i,j} - (V_j + W_j)y_{i,j} = 0 \quad (2\text{-}1)$$

สมการความสัมพันธ์ระหว่างวัฏภาค (E)

$$E_{i,j} = y_{i,j} - K_{i,j}x_{i,j} = 0 \quad (2\text{-}2)$$

$K_{i,j}$ = ค่าอัตราส่วนสมดุล

สมการรวมสัดส่วนโมล (S)

$$(S_y)_j = \sum_{j=1}^{c} y_{i,j} - 1.0 = 0 \quad (2\text{-}3)$$

$$(S_x)_j = \sum_{j=1}^{c} x_{i,j} - 1.0 = 0 \quad (2\text{-}4)$$

สมการดุลพลังงาน (H)

$$H_j = L_{j-1}H_{L_{j-1}} + V_{j+1}H_{V_{j+1}} + F_j H_{F_j} - (L_j + U_j)H_{L_j} - (V_j + W_j)H_{V_j} - Q_j = 0 \quad (2\text{-}5)$$

(ไม่คิดพลังงานจลน์และพลังงานศักย์ที่น้อยมาก)

สมการอัตราการไหลของของเหลวในเพลตอุดมคติ j จากการดุลมวลรวม

$$L_j = V_{j+1} + \sum_{m=1}^{j}(F_m - U_m - W_m) - V_1 \quad (2\text{-}6)$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับการคำนวณหาปริมาณองค์ประกอบและอุณหภูมิในเพลตต่าง ๆ จะใช้ค่าการระเหยเป็นเกณฑ์ดังนี้คือ

1. ค่าการระเหยสัมพัทธ์ของแต่ละองค์ประกอบมีค่าใกล้เคียงกัน ควรใช้วิธีการคำนวณหาจุดเดือดของสารผสม ซึ่งเสนอโดยฟรายเดย์และสมิธ (Friday and Smith) [1] และถูกพัฒนาต่อโดยเวงค์และเฮงค์ เนื่องจากเป็นการคำนวณโดยใช้วิธีหาจุดเดือด ซึ่งจะไวต่อองค์ประกอบในวัฏภาคและอุณหภูมิในเพลตมาก

2. ค่าการระเหยสัมพัทธ์ของแต่ละองค์ประกอบมีค่าต่างกันมากควรใช้วิธีผลรวมซึ่งเสนอโดย สุจาตา (Sujatha) [1] ซึ่งจะใช้กันมากในการดูดซึมและสติปเปอร์ ซึ่งรูปแบบจำลองนี้จะดีกว่าการใช้วิธีการคำนวณหาจุดดือดของสารผสมตรงที่เมื่อองค์ประกอบภายในวัฏภาคของเหลวเปลี่ยนไปหรืออุณหภูมิในเพลตเปลี่ยนไป จะไม่ส่งผลกระทบต่อการคำนวณเหมือนวิธีการคำนวณหาจุดเดือดของสารผสม

3. ค่าการระเหยสัมพัทธ์ต่างกันพอสมควร ควรใช้วิธีนิวตัน-ราฟสัน (Newton-Raphson method) ซึ่งเสนอโดย แนฟตาลีและ แซมโฮล (Naphalee and Samhole) [1]

2.1 ทฤษฎีการคำนวณการกลั่นด้วยไตรไดอะโกนอลแมทริกซ์

วิธีการคำนวณนี้เป็นพื้นฐานและเป็นต้นแบบให้กับแบบจำลองที่คำนวณโดยการใช้วิธีการคำนวณจุดเดือดของสารผสมและวิธีผลรวม ซึ่งดัดแปลงสมการดุลมวลสาร (2-1) จากนั้น โธมัส (Thomas) [1] ได้เสนอวิธีการแก้สมการดุลมวลสารอย่างมีประสิทธิภาพและได้ถูกพัฒนาต่อโดยเวงค์และเฮงค์ ซึ่งดัดแปลงสมการดุลมวลสารโดยใช้สมการ (2-2), (2-6) และ (2-1) จะได้

$$A_j x_{i,j-1} + B_j x_{i,j} + C_j x_{i,j+1} = D_j \qquad \text{(สำหรับแต่ละเพลต)} \tag{2.1-1}$$

$$A_j = V_j + \sum_{m=1}^{j-1}(F_m - W_m - U_m) - V_1 \quad 2 \le j \le \mathrm{N} \tag{2.1-2}$$

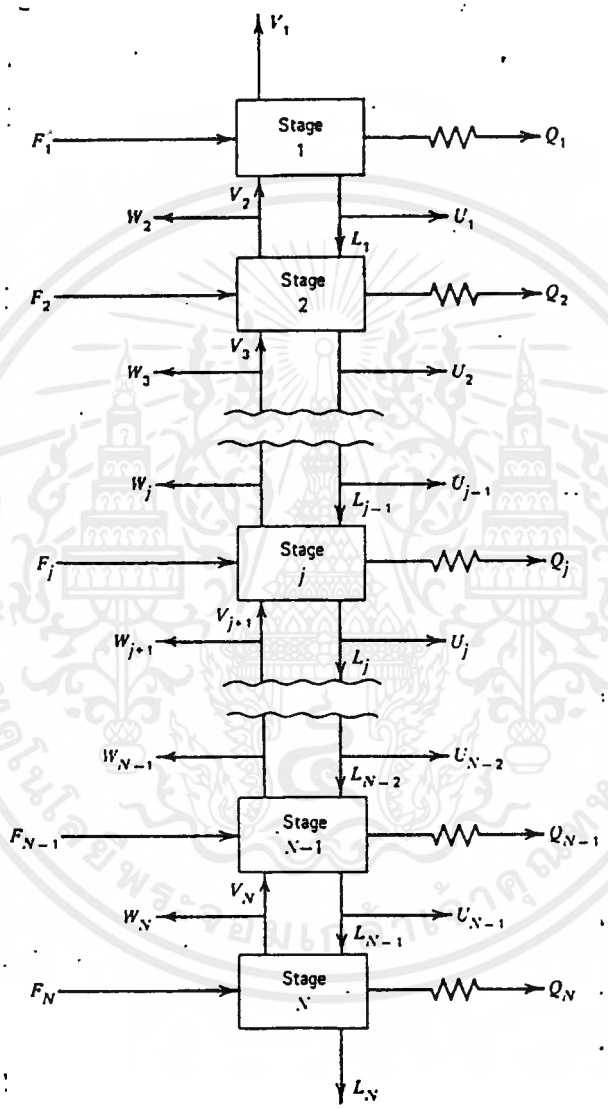
$$B_j = -\left[V_{j+1} + \sum_{m=1}^{j}(F_m - W_m - U_m) - V_1 + U_j + (V_j + W_j)K_{i,j}\right] \quad 1 \le j \le \mathrm{N} \tag{2.1-3}$$

$$C_j = V_{j+1}K_{i,j+1} \qquad 1 \le j \le \mathrm{N\text{-}1} \tag{2.1-4}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$D_j = -F_j z_{i,j} \qquad 1 \le j \le \mathrm{N} \qquad (2.1\text{-}5)$$

แต่ $x_{i,0} = 0$, $V_{N+1} = 0$, $W_1 = 0$, $U_N = 0$ โดยพิจารณาจากรูปที่ 2.3



รูปที่ 2.3 การเคลื่อนที่สวนทางกัน
ของไอและของเหลวภายในหอกลั่นจำนวน N เพลต

เมื่อสมการดุลมวลสารถูกเปลี่ยนไปอยู่ในรูปกลุ่มตัวแปร (A, B, C, D) นำมาจัดเรียงใหม่ในรูปของสมการ (2.1-1) ผลคำตอบจากรูปสมการนี้คือ x_i ตั้งแต่เพลตที่ 1 ถึง N

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

นำสมการ (2.1-1) มาเขียนในรูปแมทริกซ์

$$\begin{bmatrix} B_1 & C_1 & 0 & 0 & 0 & .. & .. & .. & 0 \\ A_2 & B_2 & C_2 & 0 & 0 & .. & .. & .. & 0 \\ 0 & A_3 & B_3 & C_3 & 0 & .. & .. & .. & 0 \\ .. & & & & & & & & \\ .. & & & & & & & & \\ .. & & & & & & & & \\ 0 & .. & .. & .. & 0 & A_{N-2} & B_{N-2} & C_{N-2} & 0 \\ 0 & .. & .. & .. & 0 & 0 & A_{N-1} & B_{N-1} & C_{N-1} \\ 0 & .. & .. & .. & 0 & 0 & 0 & A_N & B_N \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_{i,1} \\ x_{i,2} \\ x_{i,3} \\ .. \\ .. \\ .. \\ x_{i,N-2} \\ x_{i,N-1} \\ x_{i,N} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} D_1 \\ D_2 \\ D_3 \\ .. \\ .. \\ .. \\ D_{N-2} \\ D_{N-1} \\ D_N \end{bmatrix} \quad (2.1\text{-}6)$$

ค่าคงที่ B_j และ C_j ของแต่ละองค์ประกอบจะถูกควบคุมโดย การสุ่มค่าตัวแปร T และ V โดยมีเงื่อนไขว่า ค่า K เป็นอิสระจากสัดส่วนโมล ถ้าไม่เป็นเช่นนั้น สัดส่วนโมลจากการสุ่มค่าก่อนหน้านี้จะถูกนำมาใช้ประมาณค่า K

การคำนวณของโธมัส สำหรับการแก้ปัญหาสมการเชิงเส้น จะปรับให้สมการ (2.1-6) มาใช้วิธีการกำจัดของเกาส์ (Gaussain elimination method) ซึ่งจะกำจัดแบบไปข้างหน้า ตั้งแต่เพลตที่ 1 ถึงเพลตที่ N ค่าสุดท้ายคือ $x_{i,N}$

ค่าอื่นของ $x_{i,j}$ จะหาโดยทำการแทนค่าย้อนกลับตั้งแต่ $x_{i,N-1}$ ดังรูปที่ 2.4 ซึ่งจะมีรูปแบบการคำนวณของโธมัสในหอกลั่นที่มีจำนวน 5 เพลต ในการแก้ปัญหา

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

$$\begin{bmatrix} B_1 & C_1 & 0 & 0 & 0 \\ A_2 & B_2 & C_2 & 0 & 0 \\ 0 & A_3 & B_3 & C_3 & 0 \\ 0 & 0 & A_4 & B_4 & C_4 \\ 0 & 0 & 0 & A_5 & B_5 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \\ x_4 \\ x_5 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} D_1 \\ D_2 \\ D_3 \\ D_4 \\ D_5 \end{bmatrix} \quad \text{(A)}$$

$$\begin{bmatrix} 1 & p_1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & p_2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & p_3 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & p_4 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \\ x_4 \\ x_5 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} q_1 \\ q_2 \\ q_3 \\ q_4 \\ q_5 \end{bmatrix} \quad \text{(B)}$$

$$\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x_1 \\ x_2 \\ x_3 \\ x_4 \\ x_5 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} r_1 \\ r_2 \\ r_3 \\ r_4 \\ r_5 \end{bmatrix} \quad \text{(C)}$$

รูปที่ 2.4 ค่าสัมประสิทธิ์แมทริกซ์ของสมการดุลมวลสาร
แต่ละองค์ประกอบ โดยใช้ขั้นตอนการคำนวณของโธมัสจำนวน 5 เพลต
(A) แมทริกซ์เริ่มต้น
(B) แมทริกซ์หลังจากกำจัดไปข้างหน้า
(C) แมทริกซ์หลังจากแทนค่าย้อนกลับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สำหรับเพลตที่ 1 สมการ (2.1-1) คือ $B_1x_{i,1} + C_1x_{i,2} = D_1$ ค่า $x_{i,1}$ จะถูกแสดงออกมาในรูปของตัวแปรที่ไม่ทราบค่า $x_{i,2}$

เพลตที่ 1 $B_1x_{i,1} + C_1x_{i,2} = D_1$

$$x_{i,1} = \frac{D_1 - C_1x_{i,2}}{B_1}$$

ให้ $p_1 = \frac{C_1}{B_1}$, $q_1 = \frac{D_1}{B_1}$

ดังนั้น $x_{i,1} = q_1 - p_1x_{i,2}$ (2.1-7)

ค่าสัมประสิทธิ์ของแมทริกซ์ในแต่ละตำแหน่งจะถูกแทนที่โดย $B_1 \leftarrow 1$, $C_1 \leftarrow p_1$ และ $D_1 \leftarrow q_1$

เพลตที่ 2 สมการ (2.1-1) และ (2.1-7) จะนำไปสู่การหาค่า $x_{i,2}$

$$x_{i,2} = \frac{D_2 - A_2q_1}{B_2 - A_2P_1} - (\frac{C_2}{B_2 - A_2p_1})x_{i,3}$$

ให้ $q_2 = \frac{D_2 - A_2q_1}{B_2 - A_2p_1}$, $P_2 = \frac{C_2}{B_2 - A_2p_1}$

ดังนั้น $x_{i,2} = q_2 - p_2x_{i,3}$

ค่าสัมประสิทธิ์ของแมทริกซ์ในแต่ละตำแหน่งจะถูกแทนที่โดย $A_2 \leftarrow 0$, $B_2 \leftarrow 1$, $C_2 \leftarrow p_2$ และ $D_2 \leftarrow q_2$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ดังนั้น รูปทั่วไปของ p_j กับ q_j คือ

$$p_j = \frac{C_j}{B_j - A_j p_{j-1}} \tag{2.1-8}$$

$$q_j = \frac{D_j - A_j q_{j-1}}{B_j - A_j p_{j-1}} \tag{2.1-9}$$

และ $$x_{i,j} = q_j - p_j x_{i,j+1} \tag{2.1-10}$$

ค่าสัมประสิทธิ์ของแมทริกซ์ในแต่ละตำแหน่งจะถูกแทนที่โดย $A_j \leftarrow 0$, $B_j \leftarrow 1$, $C_j \leftarrow p_j$ และ $D_j \leftarrow q_j$

เพลตที่ N สามารถหา $x_{i,N}$ ได้จากสมการ (2.1-10) โดยที่ $x_{i,N+1} = 0$

$$x_{i,N} = q_N \tag{2.1-11}$$

ดังนั้นสามารถหา $x_{i,j}$ ได้โดยคำนวณแบบแทนค่าย้อนกลับ

$$x_{i,j-1} = q_{j-1} - p_{j-1} x_{i,j} = r_{j-1} \tag{2.1-12}$$

2.2ทฤษฎีการคำนวณการกลั่นด้วยวิธีการคำนวณจุดเดือดของสารผสม

วิธีการคำนวณการกลั่นด้วยวิธีการคำนวณจุดเดือดผสมของสาร ถูกเสนอโดยฟรายเดย์และสมิธ และได้รับการพัฒนาต่อมาโดย เวงค์และเฮงค์ วิธีนี้จะมีความสัมพันธ์กับการคำนวณหาจุดเดือด เนื่องจากในการปรับค่าอุณหภูมิในแต่ละเพลตใหม่ จะใช้วิธีการคำนวณหาจุดเดือด

ในการคำนวณด้วยวิธีการนี้ทุกสมการจะแยกเป็นส่วน ๆ และคำนวณสมการเป็นลำดับขั้น ยกเว้นสมการดุลมวลสาร ที่จะถูกแยกออกมาคำนวณสำหรับแต่ละองค์ประกอบ โดยใช้วิธีไตรไดอะโกนอลแมทริกซ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

2.2.1 ขั้นตอนการคำนวณการกลั่นด้วยวิธีการคำนวณจุดเดือดของสารผสม

การคำนวณต้องมีการกำหนดค่าตัวแปรในกระบวนการกลั่นและคุณลักษณะของหอกลั่น ดังนี้คือ

1. สภาวะแต่ละตำแหน่งของเพลตที่ป้อนวัตถุเข้า $\left(F, T_F, P_F, z_{i,J}\right)$

2. ความดันในแต่ละเพลต (P_J)

3. อัตราการไหลของสายที่ชักออกข้างทั้งหมด $\left(U_J, W_J\right)$

4. การถ่ายเทความร้อนของเพลต (Q_2 ถึง Q_{N-1}) ยกเว้นเพลตที่1 คือเครื่องควบแน่น (Condenser) และเพลตที่ N คือหม้อต้มซ้ำ (Reboiler)

5. จำนวนเพลต (N)

6. อัตราส่วนป้อนกลับ (R)

7. อัตราการไหลของไอที่เป็นผลิตภัณฑ์ยอดหอ $\left(V_1\right)$

การคำนวณต้องมีการสุ่มค่าตัวแปรที่ใช้เริ่มต้นเพื่อแก้ปัญหา ซึ่งมีค่าอัตราการไหลและอุณหภูมิ เริ่มจากการสุ่มค่า อัตราการไหลของไอและของเหลว โดยสมมติในตอนแรกว่า อัตราการไหลของไอและของเหลวผ่านระหว่างเพลตมีค่าคงที่ โดยคำนวณจากตัวแปรที่ทราบค่า เช่น อัตราส่วนป้อนกลับ R ส่วนที่ชักออกจากยอดหอ U_1, อัตราการไหลของวัตถุดิบ F, อัตราการไหลของสายก้นหอ L_N

สำหรับการสุ่มอุณหภูมิ โดยพิจารณาผลิตภัณฑ์จากเครื่องควบแน่นดังนี้

— ถ้าผลิตภัณฑ์ยอดหอเป็นไออิ่มตัว สมมติให้อุณหภูมิยอดหอเท่ากับ อุณหภูมิจุดน้ำค้างของผลิตภัณฑ์ยอดหอ

— ถ้าผลิตภัณฑ์ยอดหอเป็นของเหลวอิ่มตัว สมมติให้อุณหภูมิยอดหอเท่ากับจุดเดือดของผลิตภัณฑ์ยอดหอ

— ถ้าผลิตภัณฑ์ยอดหอมีสองวัฏภาค สมมติให้อุณหภูมิยอดหอเท่ากับอุณหภูมิระหว่างจุดเดือดกับจุดน้ำค้าง

อุณหภูมิที่ได้เป็นอุณหภูมิของเพลตแรก ส่วนอุณหภูมิของเพลตถัดลงมาจะทำการประมาณลงมาจากอุณหภูมิของเพลตแรกเป็นแบบเชิงเส้น โดยอุณหภูมิที่หม้อต้มซ้ำต้องเท่ากับที่จุดเดือดของสารที่หนักที่สุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ขั้นต่อมาจะคำนวณสัดส่วนโมลของแต่ละองค์ประกอบของของเหลวในแต่ละเพลตโดยสมการ (2.1-6) โดยต้องคำนวณค่าอัตราส่วนสมดุลของสาร i ในเพลต j ซึ่ง $K_{i,j}$ เป็นฟังก์ชันของอุณหภูมิ ดังนั้นการคำนวณค่า $K_{i,j}$ จะคำนวณเมื่อแก้สมการ (2.1-6) แล้วโดยใช้อุณหภูมิในแต่ละเพลตทำการรวม x_i ในเพลตใด ๆ จากนั้นทำการปรับค่าสัดส่วนโมลให้ถูกต้องโดยทำการนอร์มอลไลซ์ (Normalized) ค่าสัดส่วนโมลของแต่ละองค์ประกอบใหม่นี้ จะนำไปใช้ในการปรับอุณหภูมิแต่ละเพลตใหม่โดยวิธีการหาจุดเดือดของผสมของสาร

สมการสำหรับการนอร์มอลไลซ์สัดส่วนโมลคือ

$$\left(x_{i,j}\right)_{normalized} = \frac{x_{i,j}}{\sum_{i=1}^{C} x_{i,j}} \qquad (2.2.1\text{-}1)$$

การคำนวณหาจุดเดือดผสมของสาร จะเหมาะกับสารที่มีค่า K อยู่ในช่วงแคบ ๆ เพราะว่าอุณหภูมิจะไม่เปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็วต่อการเปลี่ยนแปลงสัดส่วนโมลของของเหลวของสารผสม ถ้าองค์ประกอบต่าง ๆ ภายในสารผสมมีค่า K ใกล้กันมากจนประมาณว่ามีค่าเท่ากัน จุดเดือดของสารผสมตรงกรณีนี้จะอยู่ในเงื่อนไขที่ว่า $K_{i,j} = 1$ และไม่ขึ้นกับค่า $x_{i,j}$ แต่ถ้าเป็นกรณีที่ค่า K ของแต่ละองค์ประกอบในสารต่างกันมาก ๆ การเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิจะไวต่อสัดส่วนโมลมาก ดังตัวอย่างที่ สาร 2 องค์ประกอบ ที่ตัวหนึ่งมีค่า K มาก และมีการเปลี่ยนแปลงเล็กน้อยเมื่ออุณหภูมิเปลี่ยนไปกับอีกสายหนึ่งที่ค่า K น้อย และมีการเปลี่ยนแปลงเร็วเมื่ออุณหภูมิเปลี่ยน เช่น สารผสมมีเทนและนอร์มอลบิวเทนที่ 400 Psia โดยมีค่า K 6.646 และ 0.1953 ตามลำดับ ที่ 97.5 ^{0}F

ผลจากการละลาย มีเทนปริมาณเล็กน้อยใน นอร์มอลบิวเทนปรากฏดังตารางข้างล่าง

ตารางที่ 2.1 ความสัมพันธ์ระหว่างสัดส่วนโมลของมีเทนในวัฏภาคของเหลวกับจุดเดือด (^{0}F)

สัดส่วนโมลของมีเทน	จุดเดือด $(^\circ F)$
0.000	275
0.018	250
0.054	200
0.093	150

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากตารางข้างบนจะพบว่าเมื่อสัดส่วนโมลของมีเทนในสารผสมเปลี่ยนไปเล็กน้อย จุดเดือดจะต่าง ๆ กันมาก ดังนั้นการใช้วิธีคำนวณหาจุดเดือดของสารผสมจึงเหมาะกับสารที่มีค่า K ในช่วงแคบ ๆ

การคำนวณหาจุดเดือดจะหาได้จากสมการ

$$\sum_{j=1}^{c} K_{i,j} x_{i,j} - 1 = 0 \qquad (2.2.1\text{-}2)$$

การคำนวณนี้ จะต้องมีการสุ่มอุณหภูมิขึ้นมา จนกระทั่งได้ค่าอุณหภูมิที่ทำให้สมการ (2.2.1-2) เป็นจริง

เมื่อคำนวณหาจุดเดือดได้แล้ว จะนำมาคำนวณหาสัดส่วนโมลของไอจากสมการ (2.2) เมื่อทราบจุดเดือดของทุกเพลต และสัดส่วนโมลของไอและของเหลวทุกองค์ประกอบและทุกเพลต จากนั้นนำค่าเหล่านี้มาคำนวณหาเอนธัลปีของไอและของเหลว โดยใช้สมมติฐานว่าเป็นสารละลายอุดมคตินั่นคือเป็นสารละลายที่ไม่เกิดปฏิกิริยาระหว่างกันและแรงระหว่างโมเลกุลต่าง ๆ กันมีค่าเท่ากันภายในสายละลาย

สมการเอนธัลปีของไอ

$$H_{v_j} = \sum_{j=1}^{m} y_{i,j} \left(H_0 + b_{1i}\left(T_j - T_{bi}\right) + \frac{b_{2i}\left(T_j - T_{bi}\right)^2}{2} + b_{3i}\frac{\left(T_j - T_{bi}\right)^3}{3} + b_{4i}\frac{\left(T_j - T_{bi}\right)^4}{4} + b_{5i}\frac{\left(T_j - T_{bi}\right)^5}{5}\right.$$

$$1 \le j \le N \qquad (2.2.1\text{-}3)$$

H_0 คือค่าเอนธัลปีของสารในช่วงอุณหภูมิอ้างอิงจนถึงจุดเดือดของสารนั้น (แต่ยังเป็นของเหลวอยู่) รวมกับ ค่าความร้อนที่ทำให้กลายเป็นไอ (Heat of vaporization)

T_b คือจุดเดือดของสารบริสุทธิ์ที่ความดัน 1 บรรยากาศ

$b_{1i} - b_{5i}$ คือค่าคงที่ในการคำนวณเอนธัลปีของไอตัวที่ 1 ถึง 5 ตามลำดับ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

สมการเอนธัลปีของของเหลว

$$H_{L_j} = \sum_{j=1}^{m} x_{i,j} c_{Li} (T_j - T_0) \qquad 1 \le j \le N \tag{2.2.1-4}$$

T_0 คือ อุณหภูมิอ้างอิง

c_{Li} คือค่าความจุความร้อนของเหลว

เมื่อคำนวณ H_{V_j} และ H_{L_j} ได้ จะนำมาใช้คำนวณหา Q_j จากสมการ (2-5) และคำนวณ Q_N จากสมการ

$$Q_N = \sum_{j=1}^{N} (F_j H_{F_j} - U_j H_{L_j} - W_j H_{V_j}) - \sum_{j=1}^{N-1} Q_j - V_1 H_{V_1} - L_N H_{L_N} \tag{2.2.1-5}$$

(เครื่องควบแน่นทำงานโดยนำความร้อนออก (+) หม้อต้มซ้ำทำงานโดยนำความร้อนเข้า (-))

เนื่องจากในครั้งแรกสุดได้มีการสมมุติไว้ว่าอัตราการไหลของไอและของเหลวภายในหอคงที่ แต่ในความเป็นจริงจะมีค่าแตกต่างกันบ้าง ซึ่งถ้ามีความแตกต่างมาก จะทำให้การคำนวณผิดพลาดไปบ้าง ดังนั้นจึงต้องมีการปรับแก้ค่าอัตราการไหลภายในหอ ในแต่ละเพลตโดยใช้สมการ (2-5) และ (2-6) ซึ่งจะอยู่ในรูปของแมทริกซ์

$$\alpha_j V_j + \beta_j V_{j+1} = \gamma_j \tag{2.2.1-6}$$

$$\alpha_j = H_{L_{j-1}} - H_{V_j} \tag{2.2.1-7}$$

$$\beta_j = H_{V_{j+1}} - H_{L_j} \tag{2.2.1-8}$$

$$\gamma_j = \left[\sum_{m=1}^{j-1} (F_m - W_m - U_m) - V_1\right](H_{L_j} - H_{L_{j-1}}) + F_j(H_{L_j} - H_{F_j}) + W_j(H_{V_j} - H_{L_j}) + Q_j \tag{2.2.1-9}$$

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การแก้สมการ (2.2.1-6) ซึ่งอยู่ในรูปของแมทริกซ์จะเริ่มตั้งแต่เพลตที่ 2 ถึง เพลตที่ $N-1$

$$\begin{bmatrix} \beta_2 & 0 & 0 & 0 & .. & & & 0 \\ \alpha_3 & \beta_3 & 0 & 0 & .. & & & 0 \\ 0 & \alpha_4 & \beta_4 & 0 & .. & & & 0 \\ .. & .. & & & & & & .. \\ .. & .. & & & & & & .. \\ 0 & .. & & 0 & \alpha_{N-3} & \beta_{N-3} & 0 & 0 \\ 0 & .. & & 0 & 0 & \alpha_{N-2} & \beta_{N-2} & 0 \\ 0 & .. & & 0 & 0 & 0 & \alpha_{N-1} & \beta_{N-1} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} V_3 \\ V_4 \\ V_5 \\ \\ \\ V_{N-2} \\ V_{N-1} \\ V_N \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \gamma_2 - \alpha_2 V_2 \\ \gamma_3 \\ \gamma_4 \\ .. \\ .. \\ \gamma_{N-3} \\ \gamma_{N-2} \\ \gamma_{N-1} \end{bmatrix} \quad (2.2.1\text{-}10)$$

สมการแมทริกซ์ (2.2.1-10) สามารถคำนวณหาค่า V_j จาก

$$V_3 = \frac{\gamma_2 - \alpha_2 V_2}{\beta_2} \quad (2.2.1\text{-}11)$$

$$V_4 = \frac{\gamma_3 - \alpha_3 V_3}{\beta_3} \quad (2.2.1\text{-}12)$$

ซึ่งเขียนให้อยู่ในรูปทั่วไปได้คือ

$$V_j = \frac{\gamma_{j-1} - \alpha_{j-1} V_{j-1}}{\beta_{j-1}} \quad (2.2.1\text{-}13)$$

จากสมการ (2.2.1-11) จะเห็นว่า การแก้ปัญหาค่า V_3 เพื่อนำไปสู่การแก้ปัญหา V_4 และเป็นเช่นนี้จนถึงเพลตที่ N จะต้องทราบค่า V_2 ซึ่งได้มาจากการคำนวณสมการ (2-6) ซึ่งทราบค่า F_1, V_1, W_1 และ L_1 แล้ว

เมื่อคำนวณค่าอัตราการไหลของไอทุก ๆ เพลตแล้ว นำค่าไปคำนวณหาอัตราการไหลของของเหลวที่เคลื่อนที่ผ่านในแต่ละเพลตจากสมการ (2-6)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อได้จุดเดือดและอัตราการไหลของไอแล้ว จะนำค่าทั้ง 2 มาคำนวณค่าสัดส่วนโมลของแต่ละองค์ประกอบในแต่ละเพลตและอุณหภูมิในแต่ละเพลต (จุดเดือด) ซึ่งเป็นค่าใหม่

การตรวจสอบว่าค่าที่ได้เป็นค่าที่เหมาะสมที่จะหยุดการคำนวณหรือไม่ โดยใช้สมการเปรียบเทียบ คือ

$$\sum_{j=1}^{N}\left[\frac{T_j^{(k)}-T_j^{(k-1)}}{T_j^{(k)}}\right]^2+\sum_{j=1}^{N}\left[\frac{V_j^{(k)}-V_j^{(k-1))}}{V_j^{(k)}}\right]^2\leq\in \qquad (2.2.1\text{-}14)$$

เมื่อ T คือ อุณหภูมิสัมบูรณ์

$\in$ คือ ค่าที่กำหนดขึ้นมาเพื่อใช้เป็นค่าเปรียบเทียบ

เวงค์และเฮงค์ ได้เสนอวิธีการตรวจสอบค่าที่ง่ายและเหมาะสมโดยอยู่ในรูปของอุณหภูมิแต่ละเพลตเพียงอย่างเดียวจะได้

$$\tau=\sum_{j=1}^{N}\left[T_j^{(k)}-T_j^{(k-1)}\right]^2\leq 0.01N \qquad (2.2.1\text{-}15)$$

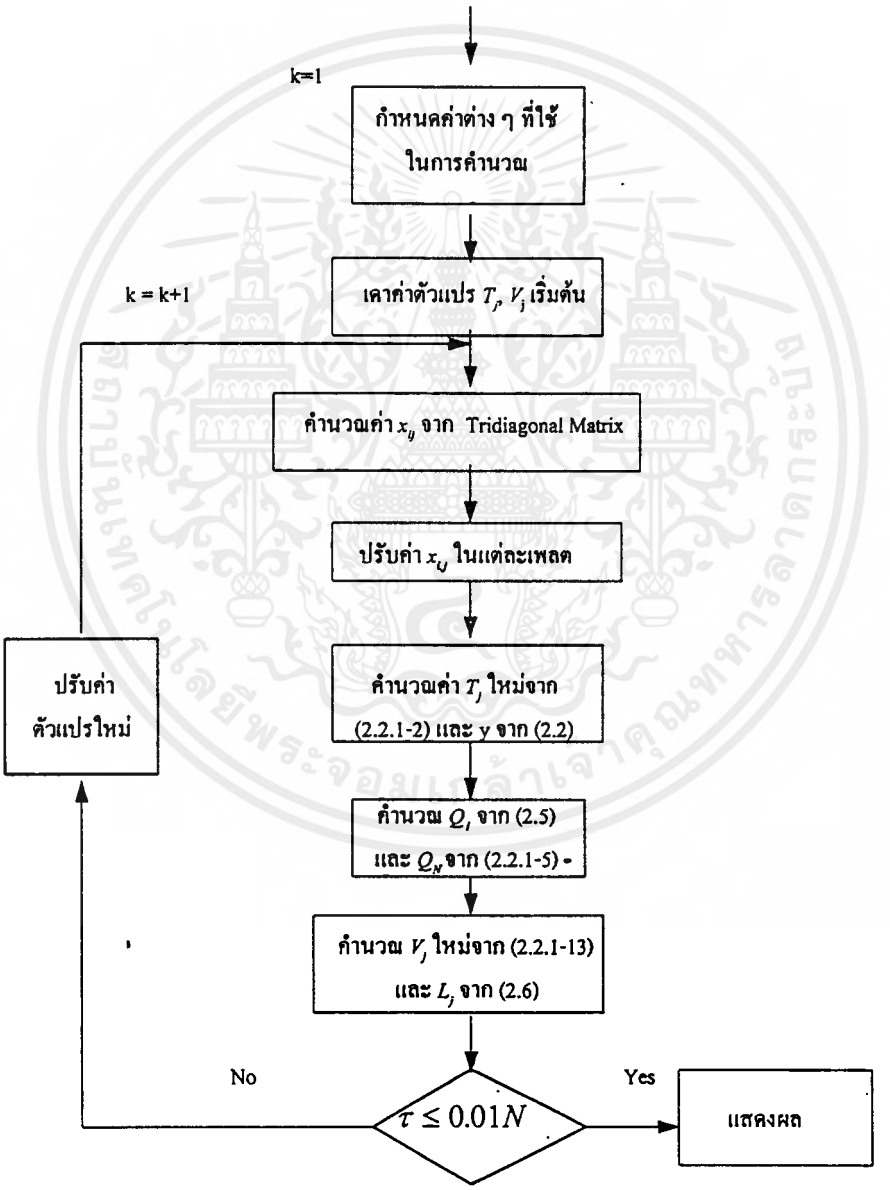
k = ครั้งที่ทำการปรับ

N = จำนวนเพลต

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 3
แผนภูมิและขั้นตอนการเขียนโปรแกรม

การคำนวณเพื่อหาอุณหภูมิและสัดส่วนโมลของสารในแต่ละเพลต สามารถเขียนเป็นแผนภูมิได้ดังนี้



รูปที่ 3.1 แผนภูมิการคำนวณโดยวิธีการหาจุดเดือดผสมของสารในการกลั่นโดยเวงค์และเฮงค์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้
038650

3.1 การกำหนดค่าต่าง ๆ ที่ใช้ในการคำนวณ

ขั้นตอนนี้เป็นการกำหนดค่าต่าง ๆ ที่ทราบแน่นอนแล้ว เช่น F_j, x_{iF}, สภาพของสารป้อน (T_{F_j}, P_{F_j}, หรือ H_{F_j}), P_j, U_j, W_j, N, L_N, R, V_1, ทุกค่า ของ Q_j ยกเว้น Q_1 และ Q_N

สำหรับค่าอุณหภูมิของสารป้อน จะกำหนดให้เป็นอุณหภูมิที่จุดเดือดของสารผสมในสารป้อน (สารป้อนจะเป็นของเหลวอิ่มตัว) เนื่องจากโปรแกรมคอมพิวเตอร์ได้พัฒนาขึ้นมาใช้สำหรับสารป้อนที่เป็นของเหลวอิ่มตัวเท่านั้น ซึ่งจะทำการคำนวณเพื่อหาค่าอุณหภูมิที่จุดเดือดของสารผสมในสารป้อนจากสภาพของสารป้อน โดยรายละเอียดในการคำนวณจะกล่าวอีกครั้งในส่วนของการคำนวณหาอุณหภูมิจุดเดือดของสารผสมในแต่ละเพลต

สำหรับความดันในแต่ละเพลตจะมีค่าไม่เท่ากัน เนื่องจากแรงดันสแตติกในแต่ละเพลต ในการคำนวณเราสามารถทำการประมาณค่าความดันทั้งหมดในแต่ละเพลตโดยการคำนวณจากความดันที่แตกต่างกันระหว่าง เครื่องควบแน่นและหม้อต้มซ้ำ

3.2. การประมาณค่าอัตราการไหลของไอและของเหลว

ค่า V_j ที่ใช้สุ่มครั้งแรกจะใช้จากการคำนวณสมดุลมวลสาร โดยเริ่มต้น จะสมมติให้ทุก ๆ เพลตมีอัตราการไหลของไอ V_j คงที่ทุกเพลต และสมมติให้อัตราการไหลของของเหลวภายในหอ L_j คงที่ด้วย โดย V_j และ L_j มีลักษณะการไหลดังแสดงในรูป 2.3

3.3 การประมาณค่าอุณหภูมิเริ่มต้น (T_j)

เริ่มพิจารณาจากวัฏภาคของสารที่สายยอดหอซึ่งมาจากเครื่องควบแน่นก่อน โดย

— ถ้าเป็นไออิ่มตัว ให้ใช้อุณหภูมิจุดน้ำค้าง

— ถ้าเป็นของเหลวอิ่มตัว ให้ใช้อุณหภูมิที่จุดเดือด

— ถ้าเป็น 2 วัฏภาคผสมกัน ให้ใช้อุณหภูมิระหว่าง อุณหภูมิจุดน้ำค้างกับจุดเดือด

เมื่อวิเคราะห์ได้ว่าอัตราการไหลของสายที่ยอดหอออกมาในสถานะใดแล้ว เริ่มคำนวณหา T_1 นั้น ๆ ซึ่งในโปรแกรมคอมพิวเตอร์จะกำหนดให้สายยอดหอเป็นของเหลวอิ่มตัว ดังนั้นต้องคำนวณหาอุณหภูมิจุดเดือดจากสมการ (2.2.1-2)

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากสมการข้างต้นจะเห็นว่าต้องสุ่ม T_i หลาย ๆ ครั้งเพื่อให้ได้ค่า $K_{i,j}$ ที่ทำให้สมการข้างต้นเป็นจริง แต่จากสมการนี้ ตัวแปรที่ยังไม่ทราบค่าคือ ค่าสัดส่วนโมลของของเหลวของแต่ละองค์-ประกอบในผลิตภัณฑ์ยอดหอ ดังนั้นจึงต้องประมาณค่า x_i โดยใช้หลักการขององค์ประกอบกุญแจ (Key Component)[5] โดยเริ่มจากการวิเคราะห์องค์ประกอบกุญแจจุดเดือดต่ำและสูง (Light key and Heavy key) คือ

1. กำหนดสัดส่วนโมลของแต่ละองค์ประกอบในสายป้อนวัตถุดิบและอัตราการป้อนวัตถุดิบ

2. วิเคราะห์ค่าจุดเดือดของสารแต่ละตัวโดยตัวที่มีจุดเดือดน้อย ๆ จะมีโอกาสเป็นไปได้สูงที่จะพบมากบริเวณช่วงบนของคอลัมน์ ในขณะที่จุดเดือดสูง ๆ จะพบที่ด้านล่างของคอลัมน์

3. เรียงลำดับตามอุณหภูมิจุดเดือดของแต่ละองค์ประกอบจากจุดเดือดต่ำไปสูง

4. การวิเคราะห์ค่าสัดส่วนโมลของของเหลวในผลิตภัณฑ์ยอดหอ (x_D) เริ่มจากการเลือกองค์ประกอบกุญแจจุดเดือดต่ำ สำหรับองค์ประกอบอื่น พิจารณาโดย

- องค์ประกอบที่มีจุดเดือดต่ำกว่าองค์ประกอบกุญแจจุดเดือดต่ำ จะถือว่าอยู่ในส่วนผลิตภัณฑ์ยอดหอทั้งหมด
- ตัวองค์ประกอบกุญแจจุดเดือดต่ำ สมมติว่าอยู่ในส่วนผลิตภัณฑ์ยอดหอ 98 % ของปริมาณทั้งหมดที่ป้อนเข้าหอกลั่น
- องค์ประกอบที่มีจุดเดือดสูงกว่าองค์ประกอบกุญแจจุดเดือดต่ำถัดมา 1 องค์ประกอบ สมมติว่าอยู่ในส่วนผลิตภัณฑ์ยอดหอ 1 % ของปริมาณทั้งหมด

5. คำนวณ x_b จากการดุลมวลสารของแต่ละองค์ประกอบในสายป้อนวัตถุดิบ และเปอร์เซ็นต์ขององค์ประกอบกุญแจในส่วนผลิตภัณฑ์ที่ยอดหอ

6. คำนวณ T_1 จากการหาค่าเฉลี่ยแบบถ่วงน้ำหนักจากสมการ

$$T_1 = \sum_{i=1}^{n} x_{Di} T_{bi} \qquad (3.3\text{-}1)$$

เมื่อ T_{bi} เป็นจุดเดือดของสารองค์ประกอบ i ที่เป็นผลิตภัณฑ์ยอดหอ ค่า T_1 นี้จะถูกนำมาใช้ในการคำนวณขั้นต่อไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.4. การคำนวณหาค่า $x_{i,J}$

หลังจากได้ T_1 ของส่วนยอดหอหรือเพลตที่ 1 แล้ว สมมติค่าอุณหภูมิของเพลตถัดลงมามีความสัมพันธ์เป็นแบบเชิงเส้น โดยใช้อุณหภูมิจุดเดือดขององค์ประกอบหนักสุดที่เข้ามาในสายป้อน (T_b) ร่วมในการหา

$$\text{อัตราการเพิ่มของอุณหภูมิต่อจำนวนเพลต } (r) = \frac{(T_{b\ \text{ขององค์ประกอบหนักที่สุด}} - T_{\text{initial}})}{N} \qquad (3.4\text{-}1)$$

จะได้ว่า

$$T_2 = T_1 + r \qquad (3.4\text{-}2)$$

$$T_3 = T_2 + r \qquad (3.4\text{-}3)$$

$\therefore$ รูปแบบทั่วไปคือ

$$T_N = T_{N-1} + r \qquad (3.4\text{-}4)$$

เมื่อประมาณ T_j ได้ครบทุกเพลต ต่อมาจะนำมาคำนวณค่า K_{ij} ของแต่ละองค์ประกอบในทุก ๆ เพลต โดยใช้สมการอองตวล (Antoine Equation)

$$\ln\frac{P_i}{P_c} = A_i - \frac{B_i}{T_J + C_i} \qquad (3.4\text{-}5)$$

A_i, B_i, C_i คือค่าคงที่ของอองตวล

P_i คือค่าความดันไอของสาร

P_c คือค่าความดันวิกฤติของสาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

เมื่อรวมกฎของราอูลท์และกฎของดาลตัน (Raoult's law, Dalton's law) โดยถือว่าสารละลายเป็นสารละลายอุดมคติ จะได้

$$y_{ij} P = x_{ij} P_i \tag{3.4-6}$$

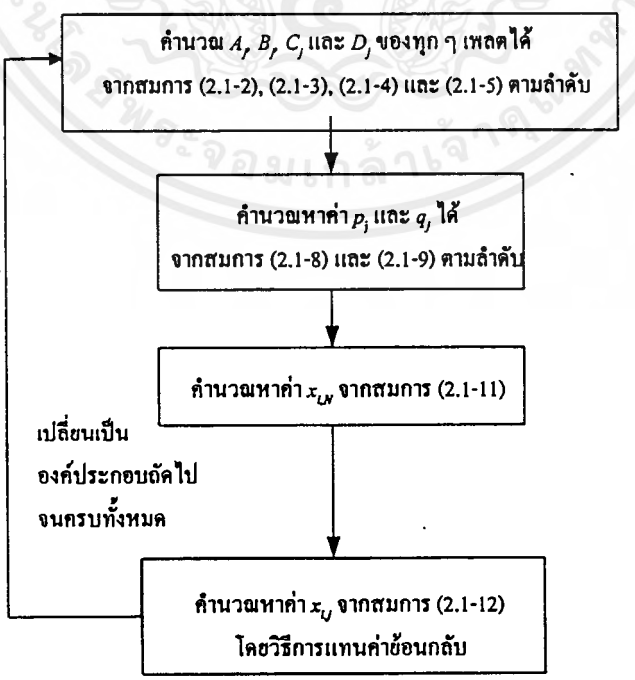
จากสมการ (3.4-6) สามารถเขียนในรูปของอัตราส่วนสมดุล (K_{ij}) ได้เป็น

$$K_{ij} = \frac{y_{ij}}{x_{ij}} = \frac{P_i}{P} \tag{3.4-7}$$

เมื่อทราบค่า K_{ij} ของแต่ละองค์ประกอบในแต่ละเพลตแล้ว จะคำนวณหา $x_{i,j}$ ได้จากสมการ (2.1-6) และเมื่อคำนวณ A_j, B_j, C_j และ D_j ของทุก ๆ เพลตแล้ว นำมาแทนค่าในสมการ (2.1-1) ก็จะได้สมการในรูปแมทริกซ์ของสมการ (2.1-6) จากนั้นใช้วิธีการกำจัดของเกาส์ดังแสดงไว้ในรูปที่ 2.4 ซึ่งค่า p_j และ q_j สามารถหาได้จากสมการ (2.1-8) และ (2.1-9)

จากสมการ (2.1-11) จะได้ค่า $x_{i,N}$ ก่อนและจะคำนวณหาค่า $x_{i,j}$ ได้ตามสมการ (2.1-12)

ทั้งหมดที่กล่าวอาจเขียนเป็นแผนภูมิสั้น ๆ ได้ดังนี้



รูปที่ 3.2 แผนภูมิการคำนวณหาค่า x_{ij}

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.5. การปรับค่า $x_{i,j}$ ในแต่ละเพลต

เมื่อได้ $x_{i,j}$ ของทุกองค์ประกอบในทุก ๆ เพลตแล้ว จะทำการปรับค่า $x_{i,j}$ โดยใช้สมการ (2.2.1-1)

3.6. การคำนวณค่า T_j และ y_{ij} ใหม่

ค่า $x_{i,j}$ ที่ปรับค่าแล้วจะถูกนำมาคำนวณหา T_j ใหม่ จากสมการ (2.2.1-2) ซึ่งในการคำนวณนี้จะกำหนดว่า อุณหภูมิในทุก ๆ เพลตเป็นอุณหภูมิจุดเดือดของสารผสม วิธีการคำนวณหาอุณหภูมิจุดเดือดของสารผสมมีขั้นตอนการคำนวณดังนี้[4]

1. คำนวณ T_i^{sat} ของแต่ละองค์ประกอบในเพลตโดยคำนวณจากสมการ

$$T_i^{sat} = \frac{B_i}{A_i - \ln\frac{P}{P_c}} - C_i \qquad (3.6\text{-}1)$$

2. คำนวณ T_j ในแต่ละเพลต โดยประมาณค่าจากสมการ

$$T_j = \sum_{i=1}^{C} x_i T_i \qquad (3.6\text{-}2)$$

3. คำนวณหา P_i^{sat} จาก T_j ดังแสดงในสมการ

$$\ln\frac{P_i^{sat}}{P_c} = A_i - \frac{B_i}{T_j + C_i} \qquad (3.6\text{-}3)$$

4. คำนวณหา P_j^{sat} จากสมการ

$$P_j^{sat} = \frac{P}{\sum x_i \left(P_i^{sat} / P_j^{sat}\right)} \qquad (3.6\text{-}4)$$

เมื่อ P_j^{sat} เป็นค่าความดันไอขององค์ประกอบใด ๆ ที่สุ่มขึ้นมาใช้

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5. คำนวณหา T_j จากสมการ

$$T_j = \frac{B_j}{A_j - \ln\frac{P_j^{sat}}{P_c}} - C_j \qquad (3.6\text{-}5)$$

6. แทนค่า T_j ลงในสมการ (3.6-3) เพื่อหาค่า P_i^{sat} ของแต่ละองค์ประกอบ

7. คำนวณหาค่า y_{ij} จาก P_i^{sat} ที่คำนวณได้จากข้อ 6

$$y_{ij} = \frac{x_i P_i^{sat}}{P} \qquad (3.6\text{-}6)$$

8. คำนวณหาผลรวมทั้งหมดของ y_{ij} แล้วทำการนอร์มอลไลซ์ เพื่อให้ได้ค่า y_{ij} ค่าใหม่ แล้วนำมาคำนวณหาค่า x_{ij} ใหม่จากสมการ (3.4-7)

9. คำนวณหาค่า P_j^{sat} จากสมการ (3.6-4) โดยใช้ x_{ij} ที่ปรับแก้ใหม่

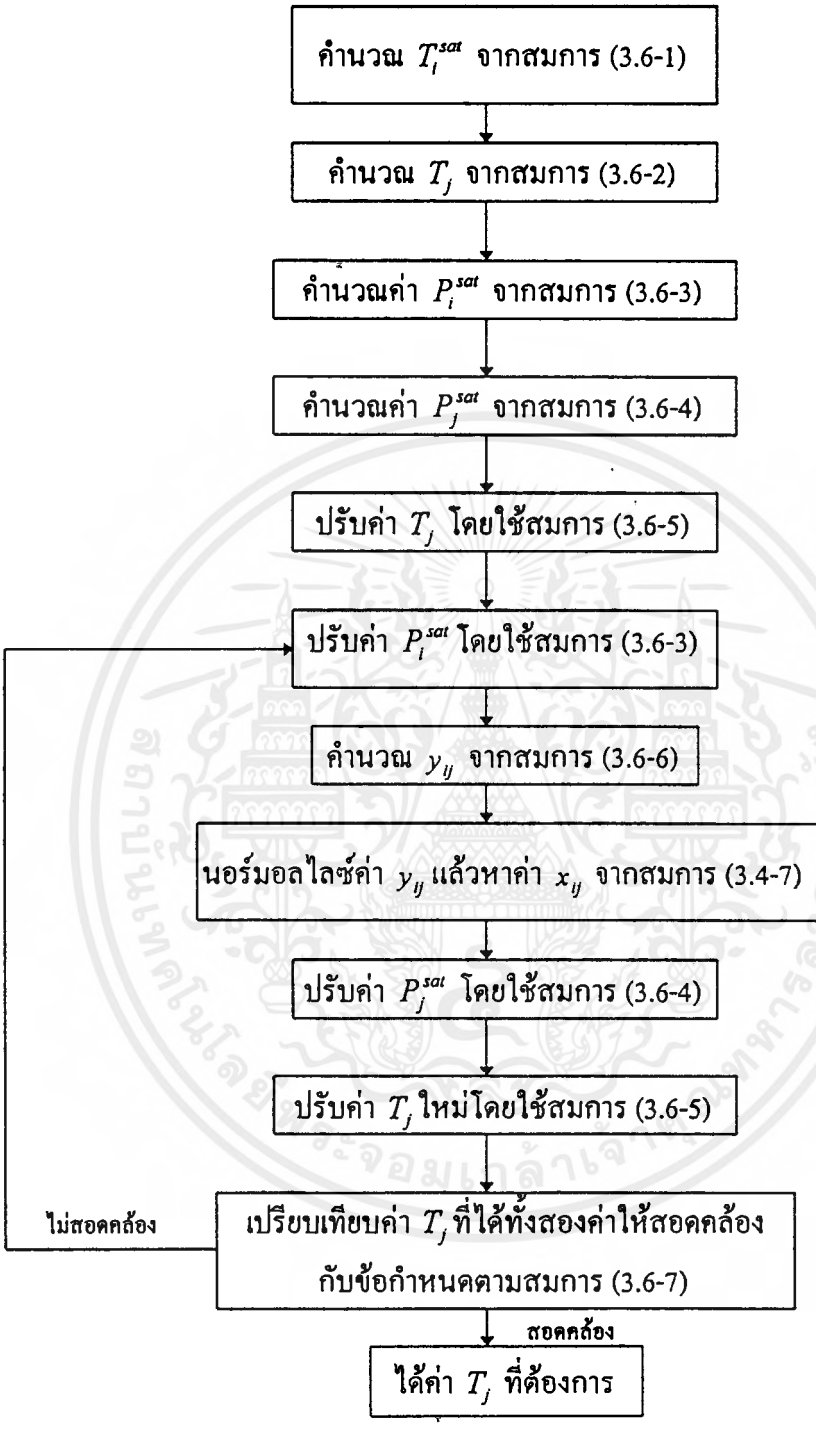
10. คำนวณหาค่า T_j ใหม่จากสมการ (3.6-5) โดยใช้ค่า P_j^{sat} ค่าใหม่

11. เปรียบเทียบ T_j ที่ได้จากการคำนวณในข้อ 5. และ 10. ว่ามีความแตกต่างกันหรือไม่ ตามสมการ

$$T_{NEW} - T_{OLD} < 0.01 \qquad (3.6\text{-}7)$$

ถ้าเป็นไปตามข้อกำหนดดังกล่าว อุณหภูมิที่คำนวณได้นี้จะจุดเดือดผสมของสารที่ถูกต้อง แต่ถ้าไม่เป็นไปตามสมการดังกล่าว ค่า T_j ที่ได้จากการคำนวณในข้อ 10. จะถูกนำมาใช้เป็นค่าใหม่ แล้วทำซ้ำตั้งแต่ข้อ 6. ทำซ้ำเช่นนี้จนกว่าจะได้ค่า T_j ที่ทำให้สมการ (3.6-7) เป็นจริง ขั้นตอนการคำนวณที่กล่าวมาสามารถเขียนเป็นแผนภูมิได้ดังรูป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 3.3 แผนภูมิการคำนวณหาค่า T

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

3.7. การคำนวณค่า V_j และ L_j ใหม่

1.) คำนวณหาค่า V_2 ก่อนจากการดุลมวลสารดังสมการ (2-6) เพื่อใช้คำนวณหาค่า V_3 ต่อไป

2.) คำนวณ H_{V_j} และ H_{L_j} จากสมการ (2.2.1-3) และ (2.2.1-4) ตามลำดับ

3.) คำนวณ V_j และ L_j จากสมการ (2.2.1-13) และ (2-6)

3.8 การตรวจสอบค่าเพื่อตัดสินการจบการคำนวณ

จากสมการ (2.2.1-15) ถ้าค่าที่ได้อยู่ในช่วงที่ยอมรับได้ก็จบการคำนวณ แสดงผล แต่ถ้าค่าที่ได้ยังไม่เป็นไปตามเงื่อนไขการตัดสินใจให้เริ่มต้นคำนวณตั้งแต่ข้อ 3.4 ใหม่โดยใช้ค่าต่าง ๆ ที่ได้ในครั้งหลังสุด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 4
รูปแบบโปรแกรม

โปรแกรมการคำนวณปริมาณองค์ประกอบและอุณหภูมิในเพลตต่าง ๆ นี้ เขียนขึ้นด้วยโปรแกรมภาษาปาสคาล มีความสามารถในการคำนวณหาสัดส่วนโมลของสารและค่าอุณหภูมิในเพลตต่าง ๆ รวมถึงพลังงานที่ต้องให้แก่หม้อต้มซ้ำและที่ต้องถ่ายเทออกจากเครื่องควบแน่น โดยโปรแกรมนี้สามารถคำนวณกับสายป้อนที่มีได้หลายองค์ประกอบ แต่จะใช้จำนวน 14 องค์ประกอบสำหรับอ้าง-อิงกับการทดลองที่มีกับผลที่ได้จากกการคำนวณของโปรแกรมในการตรวจสอบ องค์ประกอบ 14 ชนิดที่กล่าวมี

1. อะเซตาลดีไฮด์ (Acetaldehyde)
2. เอธิล แอลกอฮอล์ (Ethyl alcohol)
3. ไอโซโพรพิล แอลกอฮอล์ (i-Propyl alcohol)
4. ไอโซบิวทิล แอลกอฮอล์ (i-Butyl alcohol)
5. นอร์มอลบิวทิล แอลกอฮอล์ (n-Butyl alcohol)
6. เมธิล แอลกอฮอล์ (Methyl alcohol)
7. อะซีโดน (Acetone)
8. น้ำ (Water)
9. เบนซีน (Benzene)
10. เอธิลเบนซีน (Ethylbenzene)
11. โทลูอีน (Toluene)
12. พาราไซลีน (p-Xylene)
13. ออโธไซลีน (o-Xylene)
14. เมตาไซลีน (p-Xylene)

โดยโปรแกรมคอมพิวเตอร์แบ่งเป็น 2 ชุด คือ

ชุดที่ 1 จะใช้คำนวณสารจำพวกแอลกอฮอล์ คือสารชนิดที่ 1-8

ชุดที่ 2 จะใช้คำนวณสารจำพวกไฮโดรคาร์บอน คือสารชนิดที่ 9-14

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภายในฐานข้อมูลของโปรแกรมคอมพิวเตอร์จะมีข้อมูลที่เก็บไว้อย่างถาวร ดังนี้

1. อุณหภูมิจุดเดือดของสารทั้ง 14 ชนิด
2. ค่าคงที่ออองตวล (A, B, C) ของสารทั้ง 14 ชนิด
3. ค่าคงที่ b, c ที่ใช้คำนวณค่าเอนธาลปีของวัฏภาคไอและของเหลวของสารทั้ง 14 ชนิด
4. ค่าความร้อนแฝงของการกลายเป็นไอ (Heat of vaporization) ของสารทั้ง 14 ชนิด
5. ค่าคงที่ความดันวิกฤตของสารทั้ง 14 ชนิด

ส่วนข้อมูลที่ต้องป้อนให้แก่โปรแกรมคอมพิวเตอร์ในตอนเริ่มต้น มีดังนี้

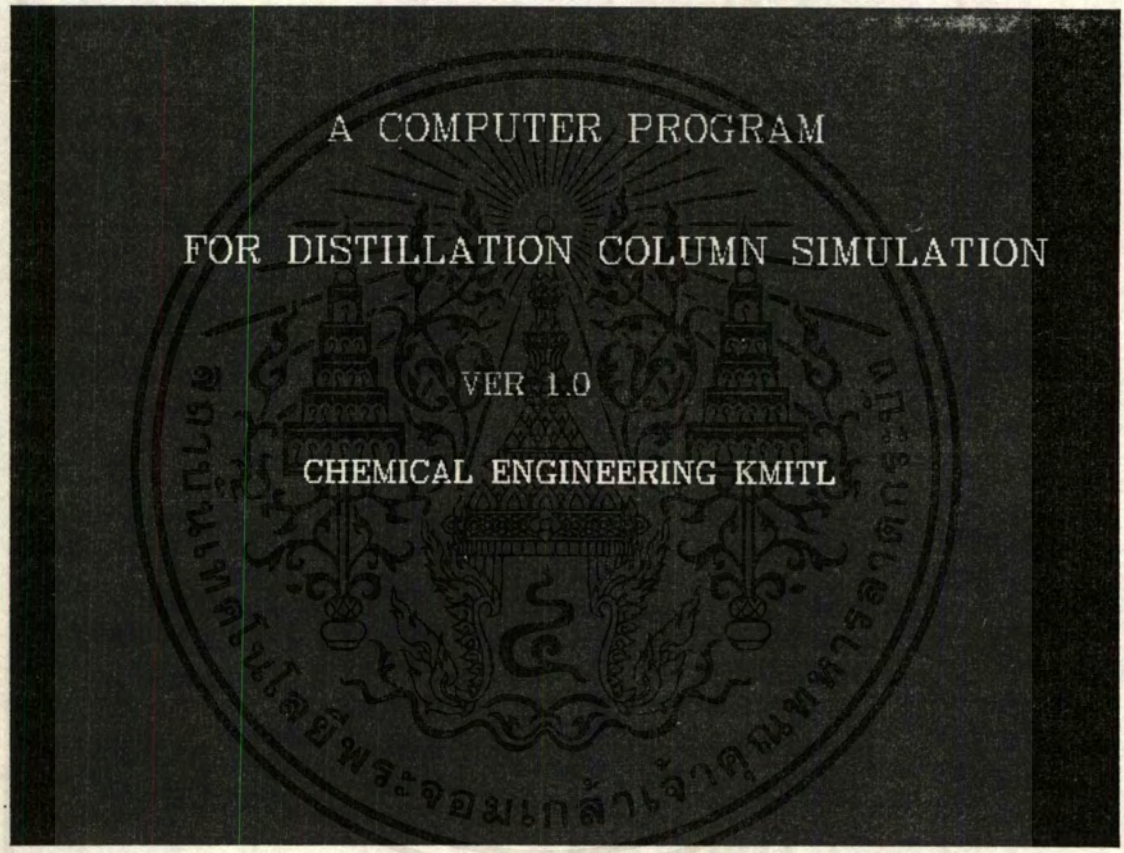
1. สภาวะและตำแหน่งของเพลตที่สายป้อนวัตถุดิบเข้า (F, T_{Fj}, x_{iF}, P_{Fj})
2. ความดันที่ยอดหอและหม้อต้มซ้ำ $\left(P_1, P_N\right)$
3. อัตราการไหลของสายที่ชักออกข้าง (U_j,W_j)
4. การถ่ายเทความร้อนระหว่างเพลต (Q_2 ถึง Q_{N-1})
5. จำนวนเพลต (N)
6. อัตราส่วนป้อนกลับ (R)
7. กำหนดองค์ประกอบกุญแจจุดเดือดต่ำ (LK)

โปรแกรมคอมพิวเตอร์นี้มีขอบเขตการทำงานดังต่อไปนี้

1. สารป้อนที่จะส่งเข้ามาในหอกลั่น จะถูกกำหนด ให้มีอุณหภูมิเท่ากับอุณหภูมิจุดเดือดของสารผสม
2. เครื่องควบแน่นจะถูกกำหนดให้เป็นเครื่องควบแน่นแบบควบแน่นหมด
3. สามารถใช้ได้กับหอกลั่นที่มีจำนวนเพลตสูงสุด 40 เพลต

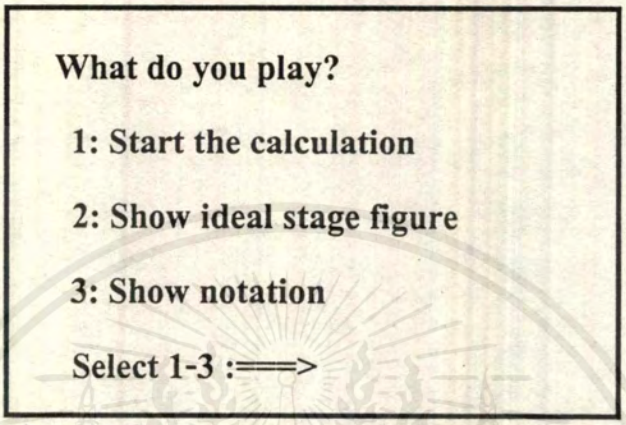
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

การใช้งานโปรแกรมคอมพิวเตอร์



รูปที่ 4.1 หน้าจอแรกของโปรแกรมคอมพิวเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.2 รายการหลักของโปรแกรมคอมพิวเตอร์

จากรูปที่ 4.2 จะแสดงให้ผู้ใช้เลือกได้ 4 หัวข้อ โดยที่

ข้อ 1. เข้าสู่ส่วนการคำนวณของโปรแกรมคอมพิวเตอร์

ข้อ 2 แสดงภาพเพลตอุดมคติ

ข้อ 3 แสดงถึงหน่วยที่สามารถใช้ในการคำนวณได้

ข้อ4 แสดงรายละเอียดเกี่ยวกับโปรแกรมคอมพิวเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

A COMPUTER PROGRAM FOR DISTILLATION COLUMN SIMULATION

Please select components in feed stock. (Select y/n)

1. Acetaldehyde n

2. Ethyl alcohol y

3. i-Propyl alcohol y

4. i-Butyl alcohol n

5. n-Butyl alcohol n

6. Methanol y

7. Acetone n

8. Water y

รูปที่ 4.3 การเลือกสารที่จะป้อนเข้าสู่หอกลั่น

จากรูปที่ 4.3 เป็นการแสดงให้ผู้ใช้เลือกสารที่มีในฐานข้อมูล โดยจะป้อนค่า "y" สำหรับสารที่มีในสายป้อน และป้อนค่า "n" สำหรับสารที่ไม่มีในสายป้อน

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

The basic unit of your input data is :

1: British Unit

2: SI Unit

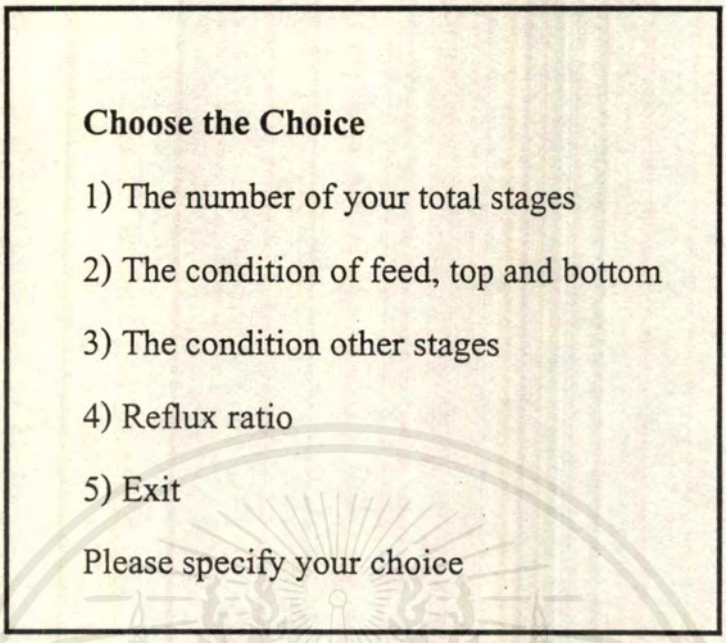
Please select 1 or 2 ==> 2

The pressure in your column is 1 atm or not? Yes/No :

รูปที่ 4.4 การเลือกหน่วยในการคำนวณ

จากรูปที่ 4.4 จะแสดงให้ผู้ใช้เลือกหน่วยที่ใช้ในการคำนวณ โดยป้อนค่า 1 สำหรับหน่วยทางอังกฤษ และ 2 สำหรับหน่วยสากล ต่อมาโปรแกรมคอมพิวเตอร์จะถามผู้ใช้ถึงสภาวะความดันในหอกลั่นว่าเป็นที่ความดันบรรยากาศหรือไม่ ถ้าผู้ใช้ตอบ 'y' โปรแกรมคอมพิวเตอร์จะกำหนดให้ทุกเพลตในหอกลั่นมีความดันเท่ากับความดันบรรยากาศ แต่ถ้าผู้ใช้ตอบ 'n' โปรแกรมคอมพิวเตอร์จะให้ผู้ใช้ป้อนค่าความดันที่ยอดหอ และก้นหอในส่วนถัดไป

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.5 การเลือกรายการสภาวะการทำงานของหอกลั่น

จากรูปที่ 4.5

ข้อ 1 จะให้ผู้ใช้ป้อนจำนวนเพลตที่ใช้ในการคำนวณ

ข้อ 2 จะให้ผู้ใช้ป้อนสภาวะการทำงานของเพลตที่ป้อนสารวัตถุดิบเข้า, เครื่องควบแน่น และหม้อต้มซ้ำ ดังรูปที่ 4.6 และ 4.7

ข้อ 3. จะให้ผู้ใช้ป้อนสภาวะการทำงานของเพลตอื่น ๆ ดังรูปที่ 4.8

ข้อ 4 จะให้ผู้ใช้ป้อนอัตราส่วนป้อนกลับที่ใช้ในการคำนวณ

ข้อ 5 จะเป็นการออกจากเมนูเพื่อให้โปรแกรมคอมพิวเตอร์เริ่มต้นทำการคำนวณ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Please specify the order of stage : 11

Stage 11

F = 100.00 lbmol/hr

Pressure of the feed (Psia) : Pf = 14.7

Mole fraction of Ethyl alcohol ,x = 0.05

Mole fraction of i-Propyl alcohol ,x = 0.08

Mole fraction of Methanol ,x = 0.5

Mole fraction of Water ,x = 0.37

Q = 0

U = 0

W = 0

Do you have other feed stage(s). (y/n) : y

รูปที่ 4.6 รายละเอียดที่ต้องป้อนเข้าไปในเพลตป้อนวัตถุดิบ

Please specify the order of stage : 1

Top of the column

F = 0

U (Distillate) = 50 lbmol/hr

Do you have other feed stage(s). (y/n) : y

รูปที่ 4.7 รายละเอียดที่ต้องป้อนเข้าไปในเพลตยอดหอ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Please specify the order of stage : 19

Stage 19

U = 50 lbmol/hr

W = 0

Q = 0

Do you have other condition stage(s). (y/n) : y

รูปที่ 4.8 รายละเอียดที่ต้องป้อนในเพลตทั่ว ๆ ไป

Do you want to show the condition in form

1.) Show condition in graph forms.

2.) Show condition in lists forms.

3.) Save in file.

4.) Exit.

Please select 1, 2, 3 or 4 ====>

รูปที่ 4.9 รายละเอียดของรูปแบบผลลัพธ์ที่จะแสดง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 4.9 เป็นส่วนที่แสดงรายละเอียดของผลลัพธ์ที่ได้ โดยแบ่งการแสดงผลลัพธ์ได้ 3 แบบใหญ่ ๆ คือ

ข้อ 1. เป็นการแสดงผลลัพธ์ในลักษณะของกราฟ ซึ่งแสดงได้อีก 3 แบบ คือ

รูปที่ 4.10 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเพลตต่าง ๆ

รูปที่ 4.11 กราฟแสดงความสัมพันธ์ระหว่างสัดส่วนโมลของสารในสถานะของเหลว (x) กับเพลตต่าง ๆ

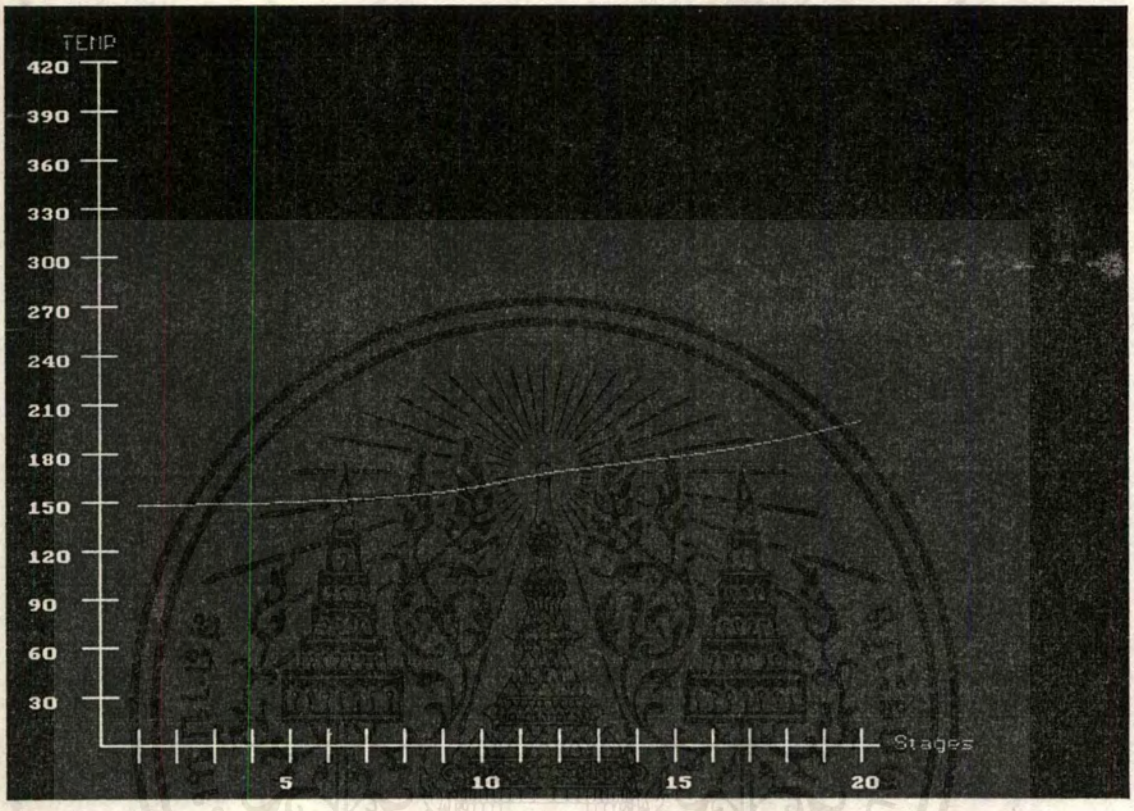
รูปที่ 4.12 กราฟแสดงความ สัมพันธ์ระหว่างอัตราการไหลของของเหลวและไอ (V, L) กับเพลตต่าง ๆ

ข้อ 2. เป็นการแสดงผลลัพธ์ในลักษณะของตารางซึ่งแสดงรายละเอียดต่าง ๆ คือ อัตราส่วนป้อนกลับ, ความดัน, อุณหภูมิ, อัตราการไหลของของไหล, อัตราการไหลเข้าของสารป้อน, อัตราการชักออกข้างของของไหล และพลังงานความร้อนที่เกี่ยวข้องในระบบในแต่ละเพลต และอีกตารางแสดงรายละเอียดเกี่ยวกับสัดส่วนโมลทั้งในวัฏภาคของเหลวและไอของสารผสมในแต่ละเพลต

ข้อ 3 เป็นการบันทึกผลลัพธ์ในลักษณะของแฟ้มข้อมูล

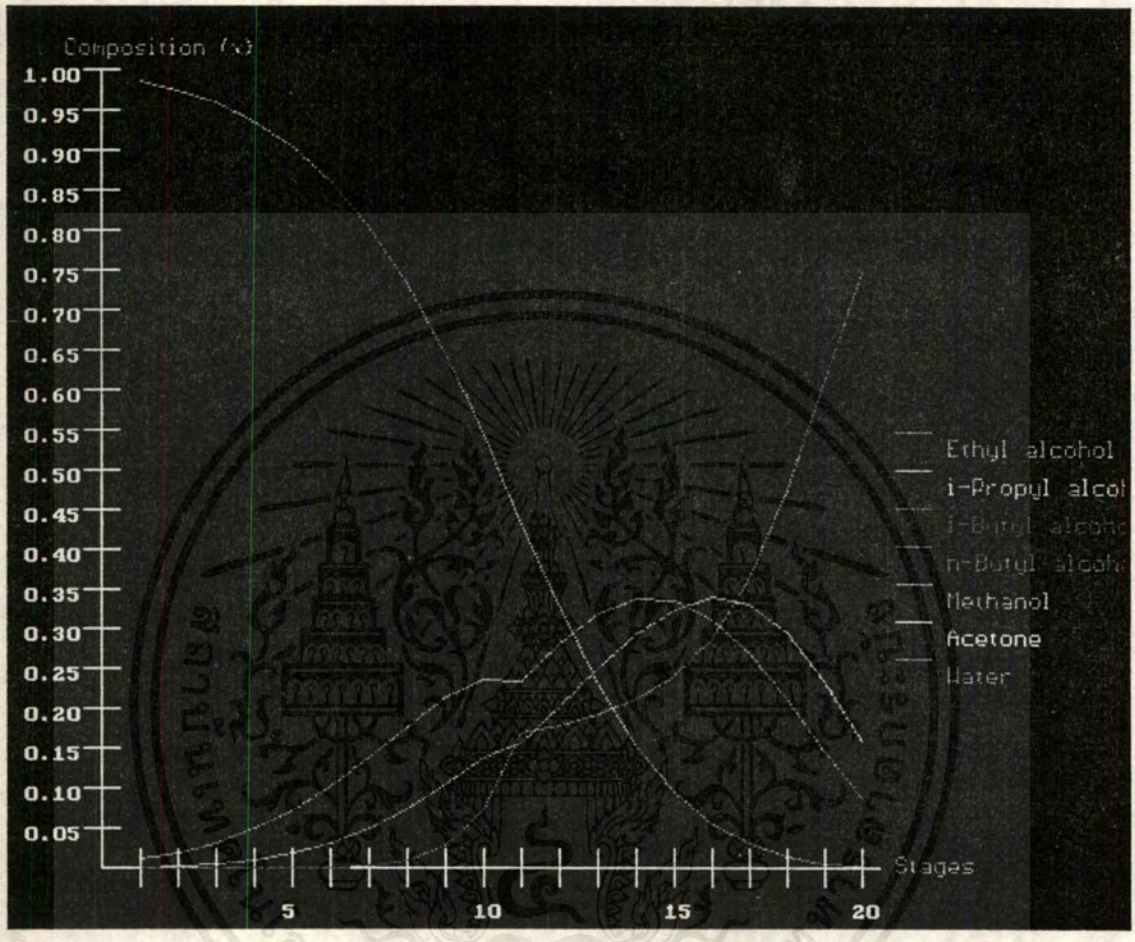
เมื่อทำการแสดงผลลัพธ์ในรูปแบบใดรูปแบบหนึ่งแล้ว โปรแกรมจะย้อนกลับมาที่เมนูดังกล่าวถ้าผู้ใช้ต้องการให้แสดงผลลัพธ์ในรูปแบบอื่น ๆ ที่เหลือก็สามารถทำได้ ถ้าไม่ต้องการ ให้เลือกข้อ 4.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



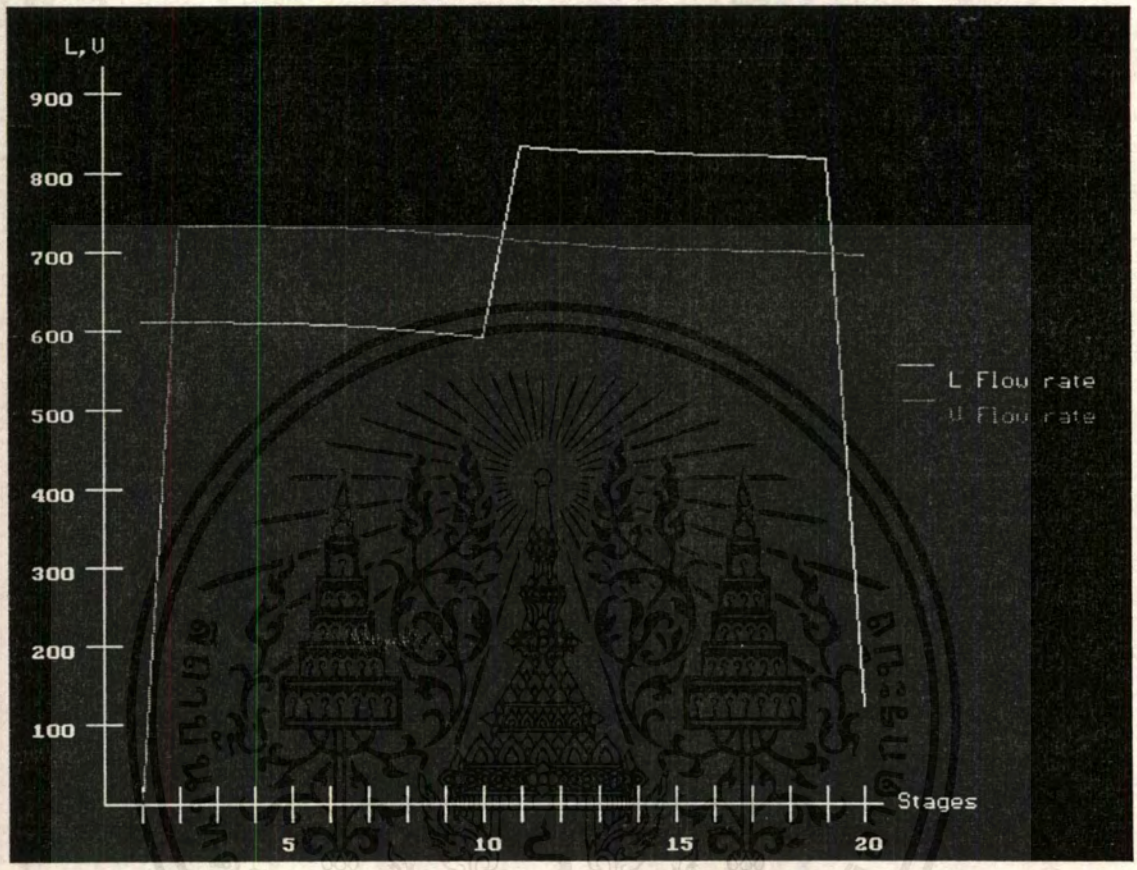
รูปที่ 4.10 กราฟความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับเพลตต่าง ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.11 กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง
สัดส่วนโมลของสารในสถานะของเหลว (x) กับเพลตต่าง ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 4.12 กราฟความสัมพันธ์ระหว่าง
อัตราการไหลของของเหลวและไอ (V, L) กับเพลตต่าง ๆ

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

Stage	Pressure	Temp	Flowrate lbmole/hr		Feed	Draws		Duty
No.	Psia	Fahrenheit	V	L	F	V	L	B.t.u./hr
1	14.70	148.65	0.00	551.15	0.00	0.00	110.23	10841680
2	14.70	148.87	661.38	550.77	0.00	0.00	0.00	0
3	14.70	149.19	661.00	550.21	0.00	0.00	0.00	0
4	14.70	149.67	660.44	549.39	0.00	0.00	0.00	0
5	14.70	150.36	659.62	548.23	0.00	0.00	0.00	0
6	14.70	151.33	658.46	546.61	0.00	0.00	0.00	0
7	14.70	152.67	656.84	544.44	0.00	0.00	0.00	0
8	14.70	154.49	654.67	541.62	0.00	0.00	0.00	0
9	14.70	156.98	651.85	537.99	0.00	0.00	0.00	0
10	14.70	160.51	648.22	533.35	0.00	0.00	0.00	0
11	14.70	165.65	643.58	750.35	220.46	0.00	0.00	0
12	14.70	169.08	640.12	747.55	0.00	0.00	0.00	0
13	14.70	172.58	637.32	745.52	0.00	0.00	0.00	0
14	14.70	175.86	635.29	744.19	0.00	0.00	0.00	0
15	14.70	178.88	633.96	743.13	0.00	0.00	0.00	0
16	14.70	181.89	632.90	741.96	0.00	0.00	0.00	0
17	14.70	185.35	631.73	740.48	0.00	0.00	0.00	0
18	14.70	189.68	630.25	738.80	0.00	0.00	0.00	0
19	14.70	194.93	628.57	737.18	0.00	0.00	0.00	0
20	14.70	200.52	626.95	110.23	0.00	0.00	0.00	-10891531

รูปที่ 4.13 รายละเอียดผลลัพธ์ในรูปตารางความสัมพันธ์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 5
การทดสอบโปรแกรม

โปรแกรมคอมพิวเตอร์นี้ ได้รับการพัฒนาโดยใช้ภาษาปาสคาล ซึ่งสามารถทำการจำลองสถานการณ์การกลั่นแบบหลายองค์ประกอบได้ การทดสอบโปรแกรมคอมพิวเตอร์นี้ ได้แสดงรายละเอียดไว้ภายในบทนี้ โดยเปรียบเทียบกับแหล่งข้อมูลที่เชื่อถือได้

ภายในบทนี้ จะแสดงรายละเอียดออกมาในรูปของ กรณีศึกษา ผลลัพธ์ที่ได้ ความถูกต้องของผลลัพธ์ ดังต่อไปนี้

5.1 กรณีศึกษา

กรณีศึกษาที่ 1 [10]

กลั่นเมธานอล เอธานอล 2-โพรพานอล และน้ำ ด้วยหอกลั่นที่มีจำนวนเพลตทางทฤษฎี 20 เพลต (รวมหม้อต้มซ้ำและเครื่องควบแน่น) โดยใช้อัตราส่วนป้อนกลับ 5.0 ภายใต้ความดันบรรยากาศ

อัตราป้อนวัตถุดิบ 100 kmole/hr ป้อนเข้าหอกลั่นที่เพลตที่ 11 นับจากเครื่องควบแน่น สัดส่วนโมลในวัตถุดิบของเมธานอล 0.5 ของเอธานอล 0.05 ของ 2-โพรพานอล 0.08 และของน้ำ 0.37 วัตถุดิบเป็นของเหลวอิ่มตัว อัตราไหลของสายกลั่นและสายก้นหอ 50 kmole/hr

ผลจากการเปรียบเทียบที่ได้ระหว่างแหล่งข้อมูลกับโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่พัฒนาและเปอร์เซนต์ความผิดพลาดแสดงไว้ในภาคผนวก ก

กรณีศึกษาที่ 2 [10]

กลั่นเมธานอล 2-โพรพานอล และน้ำ ด้วยหอกลั่นที่มีจำนวนเพลตทางทฤษฎี 20 เพลต (รวมหม้อต้มซ้ำและเครื่องควบแน่น) โดยใช้อัตราส่วนป้อนกลับ 5.0 ภายใต้ความดันบรรยากาศ อัตราป้อนวัตถุดิบ 100 kmole/hr ป้อนเข้าหอกลั่นที่เพลตที่ 11 นับจากเครื่องควบแน่น สัดส่วนโมลในวัตถุดิบของเมธานอล 0.5 ของ 2-โพรพานอล และของน้ำ 0.25 วัตถุดิบเป็นของเหลวอิ่มตัว อัตราไหลของสายกลั่นและสายก้นหอ 50 kmole/hr

จากการเปรียบเทียบผลที่ได้ระหว่างแหล่งข้อมูลกับโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่พัฒนาและเปอร์เซนต์ความผิดพลาดแสดงไว้ในภาคผนวก ก

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

กรณีศึกษาที่ 3 [10]

กลั่นเบนซีน เอธิลเบนซีน และพาราไซลีน ด้วยหอกลั่นที่มีจำนวนเพลตทางทฤษฎี 8 เพลต (รวมหม้อต้มซ้ำและเครื่องควบแน่น) โดยใช้อัตราส่วนป้อนกลับ 3.0 ภายใต้ความดันบรรยากาศ อัตราป้อนวัตถุดิบ 100 kmole/hr อัตราไหลสายกลั่น 52.1 kmole/hr อัตราไหลสายก้นหอ 47.9 kmole/hr ป้อนวัตถุดิบเข้าหอกลั่นเพลตที่ 4 นับจากเครื่องควบแน่น สัดส่วนโมลในวัตถุดิบของเบนซีน 0.5 ของเอธิลเบนซีนและพาราไซลีน 0.25 วัตถุดิบเป็นของเหลวอิ่มตัว

จากการเปรียบเทียบผลที่ได้ระหว่างแหล่งข้อมูลกับโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่พัฒนาและเปอร์เซนต์ความผิดพลาดแสดงไว้ในภาคผนวก ก

กรณีศึกษาที่ 4

จากกรณีศึกษาที่ 3 เมื่อมีการปรับสภาวะการทำงานโดยอัตราการไหลสายกลั่นเพิ่มขึ้นเป็น 60 kmole/hr และ อัตราการไหลสายก้นหอลดลงเป็น 40 kmole/hr ผลลัพธ์ที่ได้จากการคำนวณโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่พัฒนาขึ้นแสดงไว้ในภาคผนวก ก

กรณีศึกษาที่ 5

จากกรณีศึกษาที่ 3 เมื่อมีการปรับสภาวะการทำงาน โดยอัตราการไหลสายกลั่นลดลงเป็น 40 kmole/hr และ อัตราการไหลสายก้นหอเพิ่มขึ้นเป็น 60 kmole/hr ผลลัพธ์ที่ได้จากการคำนวณโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่พัฒนาขึ้นแสดงไว้ในภาคผนวก ก

กรณีศึกษาที่ 6

จากกรณีศึกษาที่ 3 เมื่อมีการปรับสภาวะการทำงานบางอย่าง โดยอัตราส่วนป้อนกลับเพิ่มขึ้นเป็น 6.0 ผลลัพธ์ที่ได้จากการคำนวณโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่พัฒนาขึ้นแสดงไว้ในภาคผนวก ก

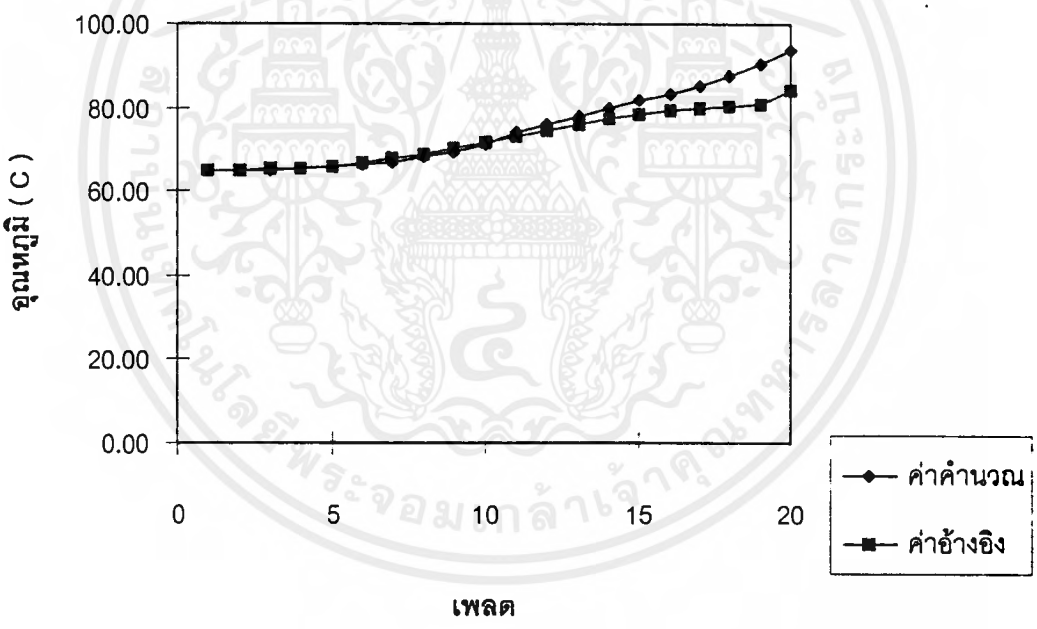
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

5.2 การวิเคราะห์ข้อมูล

แหล่งข้อมูลที่นำมาเปรียบเทียบกับโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่พัฒนานี้ ได้ใช้วิธีการคำนวณแบบไตรไดอะโกนอลแมทริกซ์เช่นกัน แต่ในส่วนของการคำนวณคุณสมบัติของสาร จะเพิ่มการคำนวณโดยใช้สมการวิลสัน (Wilson equation) มาช่วยในการคำนวณ

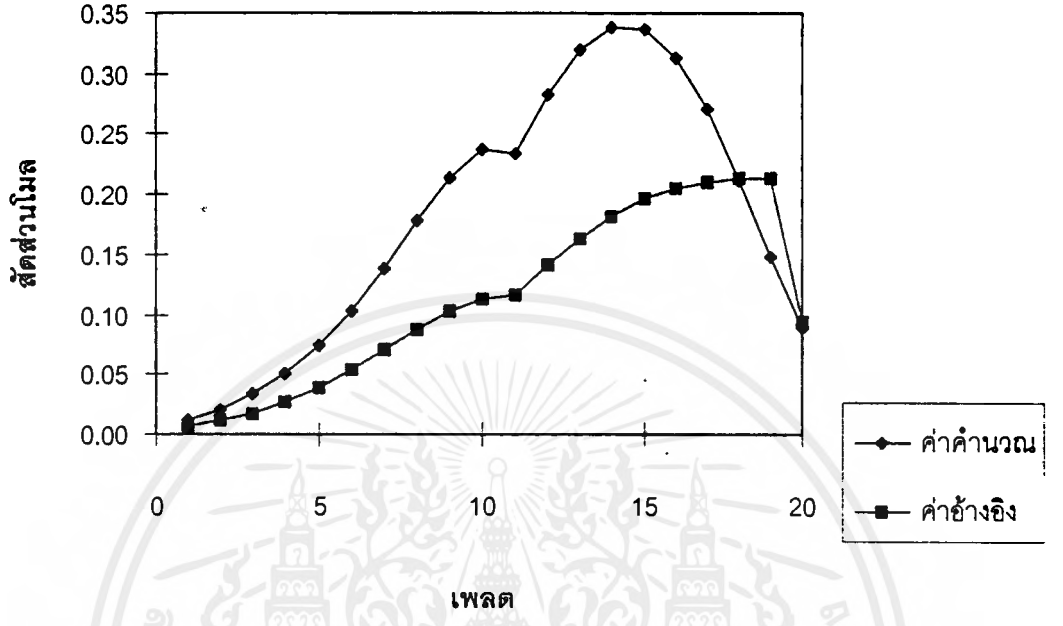
ในส่วนของโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่ได้พัฒนาขึ้นมาจะต่างกับแหล่งข้อมูลที่นำมาเปรียบเทียบในส่วนการคำนวณคุณสมบัติทางอุณหพลศาสตร์คือไม่มีการใช้สมการวิลสันมาช่วยในการคำนวณ และกำหนดให้ระบบเป็นแบบสารละลายอุดมคติ

การเปรียบเทียบผลเป็นการเปรียบเทียบของสัดส่วนโมลในวัฏภาคของเหลว, สัดส่วนโมลในวัฏภาคไอ และอุณหภูมิในเพลตต่าง ๆ โดยจะขอแสดงรายละเอียดทั้งหมดไว้ในภาคผนวก ก ในบทนี้จะแสดงกราฟ สัดส่วนโมลในวัฏภาคของเหลว และอุณหภูมิในเพลตต่าง ๆ

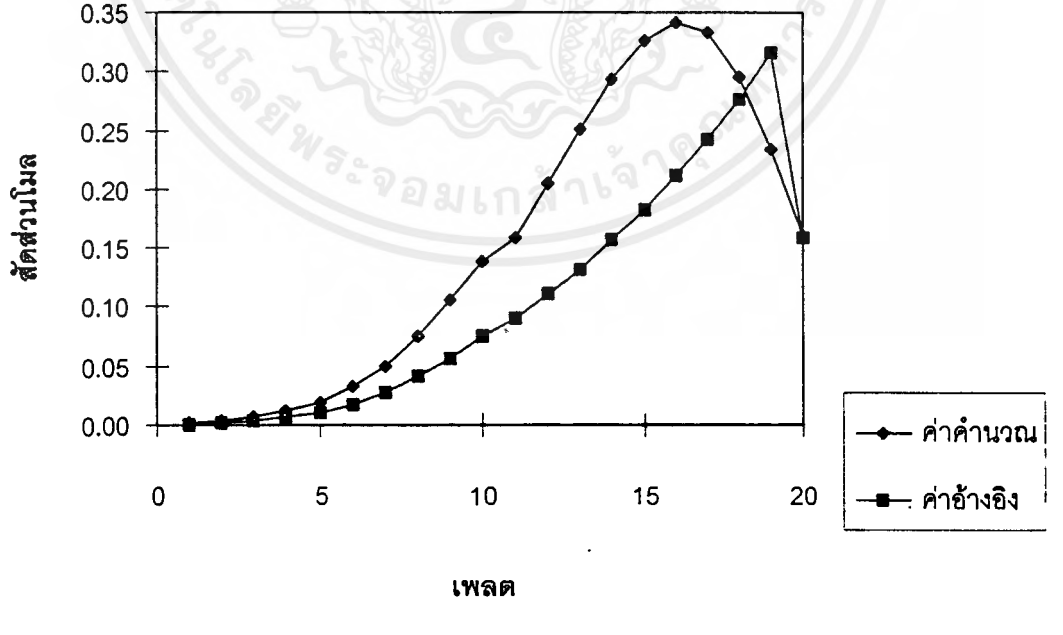


รูปที่ 5.1 การกระจายตัวของอุณหภูมิในกรณีศึกษาที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

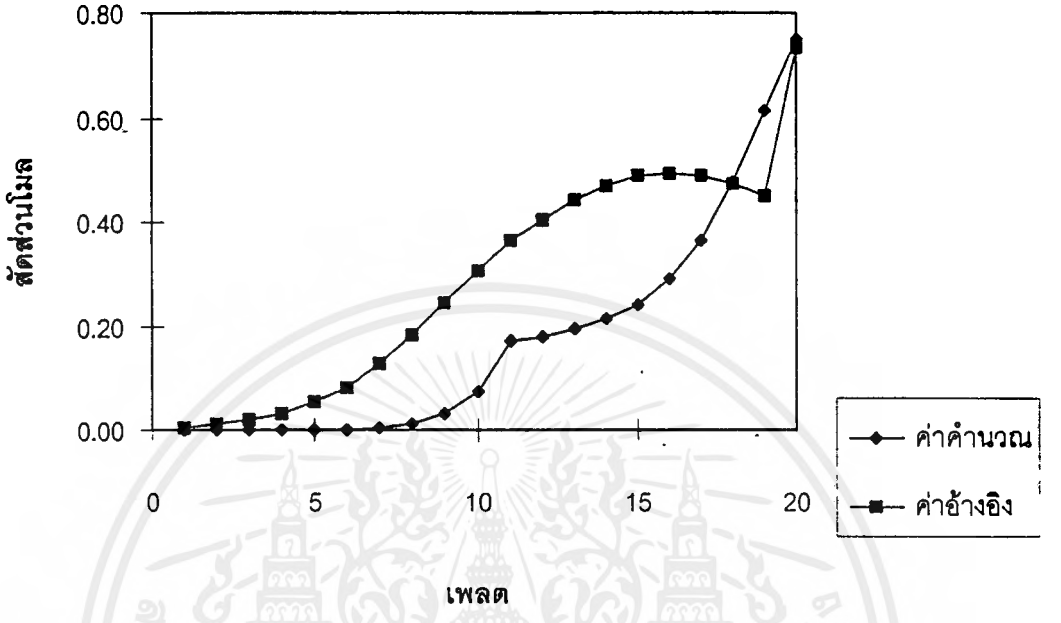


รูปที่ 5.3 สัดส่วนโมลของเอธานอลในวัฏภาคของเหลวในกรณีศึกษาที่ 1



รูปที่ 5.4 สัดส่วนโมลของ 2-โพรพานอลในวัฏภาคของเหลวในกรณีศึกษาที่ 1

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.5 สัดส่วนโมลของน้ำในวัฏภาคของเหลวในกรณีศึกษาที่ 1

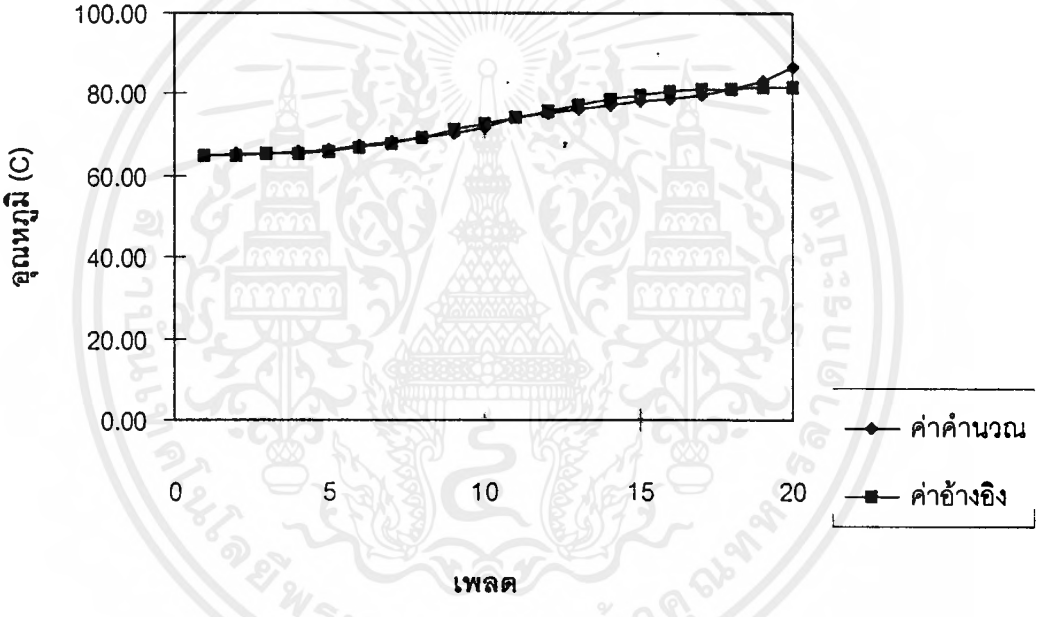
ในส่วนของสัดส่วนโมลในวัฏภาคของเหลวของเอธานอล, 2-โพรพานอล ดังรูปที่ 5.3 และ 5.4 จะพบว่ามีแนวโน้มคล้ายกันโดยค่าที่คำนวณได้จะมีค่ามากกว่าค่าอ้างอิง และตั้งแต่เพลตที่ 16 ถึง 20 ของค่าที่คำนวณ และเพลตที่ 19 และ 20 ของค่าอ้างอิง ค่าสัดส่วนโมลในวัฏภาคของเหลวจะลดลงอย่างรวดเร็ว

แต่จากรูปที่ 5.5 ค่าสัดส่วนโมลในวัฏภาคของเหลวของค่าคำนวณตั้งแต่เพลตที่ 16 ถึง 20 มีค่าเพิ่มขึ้นอย่างรวดเร็ว และค่าสัดส่วนโมลในวัฏภาคของเหลวของค่าอ้างอิงจะเพิ่มอย่างรวดเร็วในเพลตที่ 19 และ 20 ซึ่งสามารถอธิบายสิ่งที่เกิดขึ้นได้จากการที่อุณหภูมิของเพลตที่ 16 ถึง 20 ของค่าคำนวณ และเพลตที่ 19 และ 20 ของค่าอ้างอิงมีค่าเพิ่มขึ้นสูงกว่าปกติ (รูปที่ 5.1) ทำให้เมธานอลมีปริมาณลดลงอย่างมาก (รูปที่ 5.2) ส่วนเอธานอลและ 2- โพรพานอลจัดเป็นสารองค์ประกอบหนัก เมื่อเทียบกับเมธานอล แต่เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้นมากกว่าปกติเช่นนี้มีผลทำให้เอธานอลและ 2-โพรพานอลพบได้น้อยลง (รูปที่ 5.3 และ 5.4) ในขณะที่น้ำซึ่งเป็นสารองค์ประกอบหนักสุดในการกลั่นจึงไม่ค่อยได้รับผลกระทบและพบว่าสัดส่วนโมลในวัฏภาคของเหลวของน้ำจะมีค่าสูงขึ้นมากเพราะค่าสัดส่วนโมลในวัฏภาคของเหลวของเมธานอล เอธานอล และ 2-โพรพานอลมีค่าลดลงนั่นเอง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

จากรูปที่ 5.1 ถึง 5.5 จะพบว่าค่าสัดส่วนโมลในวัฏภาคของเหลวของค่าคำนวณในเพลตที่ 11 ของกรณีศึกษานี้มีลักษณะหักมุม ซึ่งอธิบายถึงสิ่งที่เกิดขึ้นจากการที่มีสายป้อนวัตถุดิบเข้ามาที่เพลต 11 ทำให้รบกวนสมดุล ประกอบกับการคำนวณค่าคุณสมบัติของสารทางอุณหพลศาสตร์เป็นลักษณะอุดมคติ ค่าสัดส่วนโมลในวัฏภาคของเหลวในเพลตที่ 11 มีค่าไม่ต่อเนื่องกับเพลตอื่น ๆ

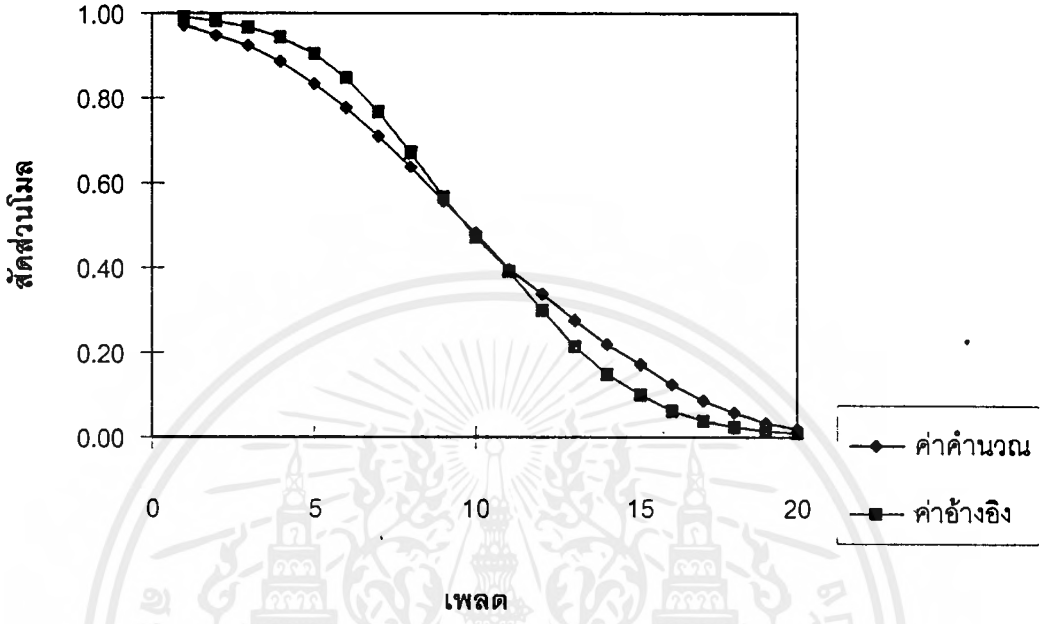
บริเวณสตริปปิ้งค่าความผิดพลาดของ 2-โพรพานอลมีค่ามากที่สุดคือ 101.6%



รูปที่ 5.6 การกระจายตัวของอุณหภูมิในกรณีศึกษาที่ 2

จากรูปที่ 5.6 จะพบว่า ค่าความผิดพลาดของอุณหภูมิคล้ายในกรณีศึกษาที่ 1 และบริเวณเพลตที่ 18 ถึง 20 อุณหภูมิที่ได้จากการคำนวณจะมีค่าสูงขึ้นมากกว่าปกติในส่วนบริเวณช่วงล่างของสตริปปิ้งคอลัมน์จะมีค่าความผิดพลาดมากที่สุด มีค่า 9.67%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

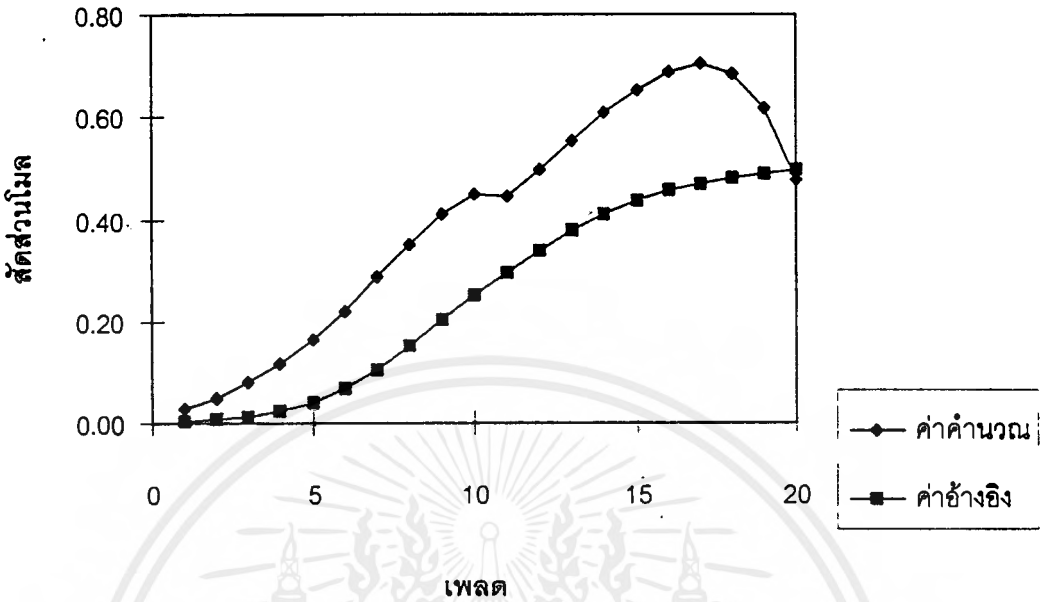


รูปที่ 5.7 สัดส่วนโมลของเมธานอลในวัฏภาคของเหลวในกรณีศึกษาที่ 2

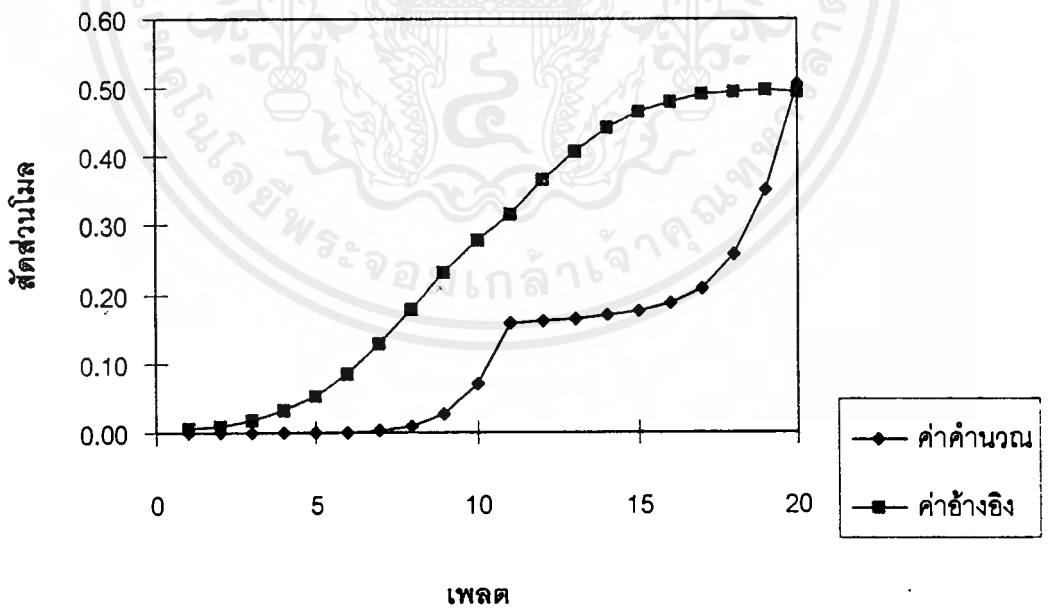
ในส่วนของสัดส่วนโมลในวัฏภาคของเหลวของเมธานอลรูปที่ 5.7 ในบริเวณเรคติไฟอิงของคอลัมน์เมธานอลซึ่งเป็นสารองค์ประกอบเบาจะมีค่าความผิดพลาดค่อนข้างต่ำ บริเวณสตริป-ปิ้งของคอลัมน์ เมธานอลซึ่งพบได้น้อยจะให้ค่าความผิดพลาดมากที่สุด มีค่า -76.85%

นอกจากนี้ บริเวณเรคติไฟอิงของคอลัมน์ ค่าอุณหภูมิที่คำนวณได้จะมีค่าน้อยกว่าค่าอ้างอิง ในขณะที่บริเวณสตริปปิ้งของคอลัมน์ ค่าที่คำนวณได้จะมีค่ามากกว่าค่าอ้างอิง คำอธิบายของกรณีศึกษานี้คล้ายกันกับของกรณีศึกษาที่ 1 ที่ได้กล่าวแล้วข้างต้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.8 สัดส่วนโมลของ2-โพรพานอลในวัฏภาคของเหลวในกรณีศึกษาที่ 2



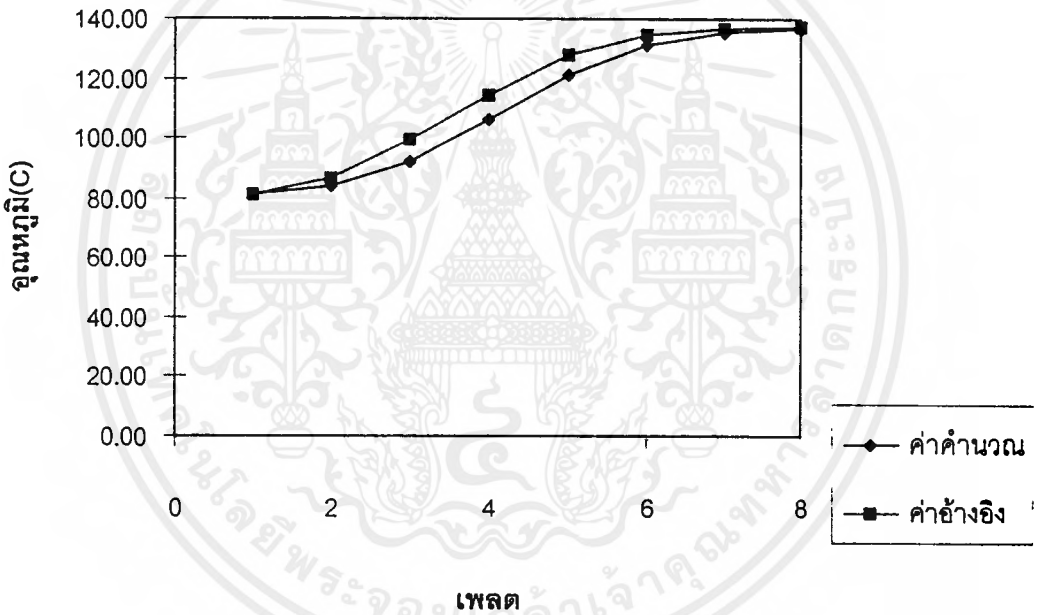
รูปที่ 5.9 สัดส่วนโมลของน้ำในวัฏภาคของเหลวในกรณีศึกษาที่ 2

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในส่วนของสัดส่วนโมลในวัฏภาคของเหลวของ 2-โพรพานอล ดังรูปที่ 5.8 จะพบว่าค่าที่ได้จากการคำนวณจะลดลงในบริเวณเพลตที่ 18 ถึง 20 เนื่องจากอุณหภูมิที่คำนวณได้ในรูปที่ 5.6 มีค่าเพิ่มขึ้นสูงกว่าปกติ ทำให้ 2-โพรพานอล ซึ่งปกติพบได้มากจะลดลง และค่าสัดส่วนโมลในวัฏภาคของเหลวที่ได้จากการคำนวณของน้ำจะพบมากขึ้น ซึ่งคล้ายกับในกรณีศึกษาที่ 1 ที่ได้กล่าวไว้แล้วข้างต้น

จากรูปที่ 5.7 ถึง 5.9 ค่าสัดส่วนโมลในวัฏภาคของเหลวในเพลตที่ 11 มีค่าไม่ต่อเนื่องกับเพลตอื่น ๆ ทำให้กราฟมีลักษณะหักมุมเช่นเดียวกับในกรณีศึกษาที่ 1 ซึ่งได้กล่าวไว้แล้วข้างต้น

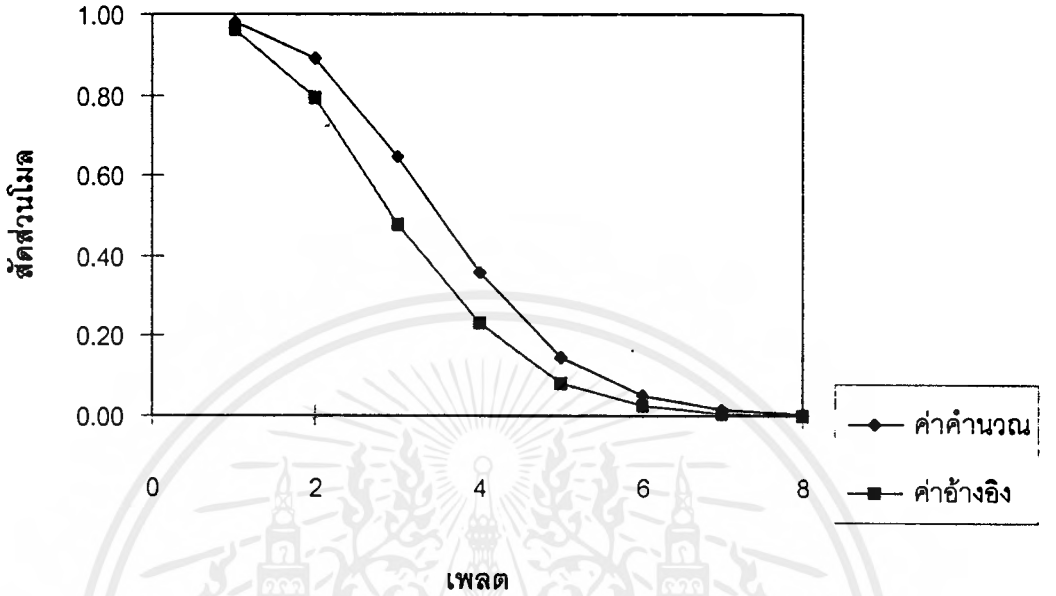
ค่าความผิดพลาดมากที่สุดเป็นของ 2-โพรพานอล มีค่า 279.09%



รูปที่ 5.10 การกระจายตัวของอุณหภูมิในกรณีศึกษาที่ 3

ในกรณีศึกษาที่ 3 จากรูปที่ 5.10 จะพบว่า ค่าความผิดพลาดของอุณหภูมิ จะมีค่าความผิดพลาดมากที่สุดในบริเวณช่วงกลางคอลัมน์ มีค่า -7.45%

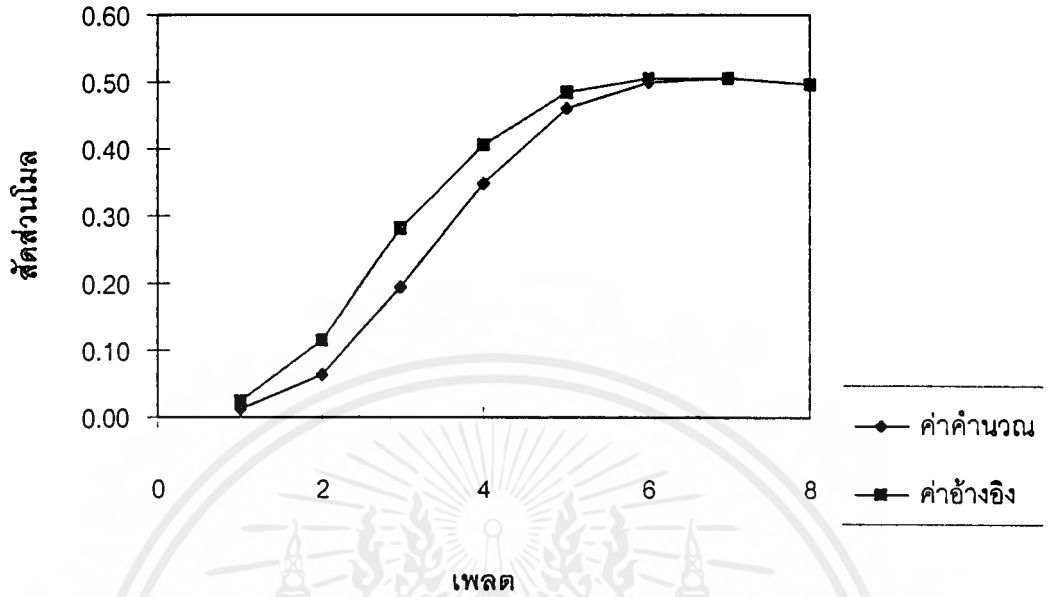
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



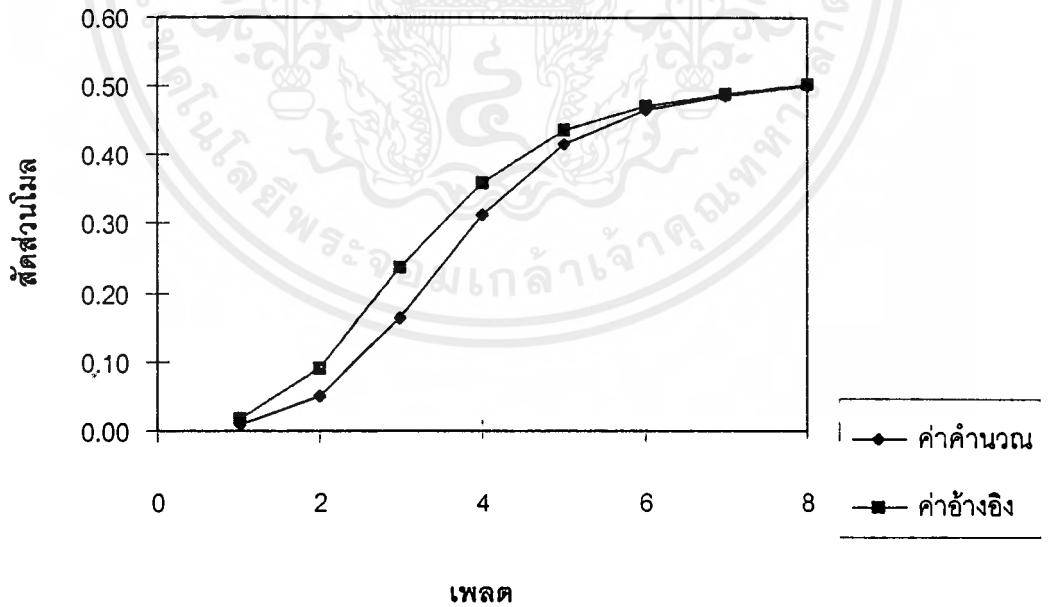
รูปที่ 5.11 สัดส่วนโมลของเบนซีนในวัฏภาคของเหลวในกรณีศึกษาที่ 3

จากรูปที่ 5.11 บริเวณเรคติไฟอิงของคอลัมน์ เบนซีนซึ่งเป็นสารองค์ประกอบเบาจะมีค่าความผิดพลาดค่อนข้างต่ำ บริเวณสตริปปิ้งของคอลัมน์ เบนซีนซึ่งพบได้น้อยจะให้ค่าความผิดพลาดมากที่สุด มีค่า 116.93%

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.12 สัดส่วนโมลของเอธิลเบนซีนในวัฏภาคของเหลวในกรณีศึกษาที่ 3



รูปที่ 5.13 สัดส่วนโมลของพาราไซลีนในวัฏภาคของเหลวในกรณีศึกษาที่ 3

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ในส่วนของสัดส่วนโมลในวัฏภาคของเหลวของ เอธิลเบนซีน และ พาราไซลีน ดังรูปที่ 5.12 , 5.13 ต่างมีแนวโน้มคล้ายกัน โดย เอธิลเบนซีน และ พาราไซลีน เป็นสารองค์-ประกอบหนักซึ่งพบได้น้อยในบริเวณเรคติไฟอิงมีค่าความผิดพลาดมากที่สุดเป็นของเอธิลเบนซีนมีค่า -50.66%

ค่าความผิดพลาดที่ค่อนข้างมากส่วนหนึ่งเกิดขึ้นจาก การประมาณค่าคุณสมบัติทางอุณหพลศาสตร์ของสารประกอบที่มีขั้วโดยใช้การประมาณค่าแบบสารละลายอุดมคติ ซึ่งเหมาะกับสารที่ประพฤติตัวคล้ายสารละลายอุดมคติ สารประกอบที่ไม่มีขั้ว, สารที่มีขนาดเล็ก, มีแรงดึงดูดระหว่างโมเลกุลต่ำ และสารที่ไม่ใช่อิเลคโตรไลท์ [3] แต่สารที่ใช้ในกรณีศึกษาที่ 1 และ 2 จะเป็นกลุ่มของสารแอลกอฮอล์ซึ่งเป็นสารประกอบที่มีขั้ว จึงมีผลทำให้การคำนวณมีค่าความผิดพลาดมาก ในขณะที่กรณีศึกษาที่ 3 เป็นกลุ่มของสารประกอบไฮโดรคาร์บอนซึ่งไม่มีขั้วทำให้ค่าความผิดพลาดค่อนข้างต่ำ

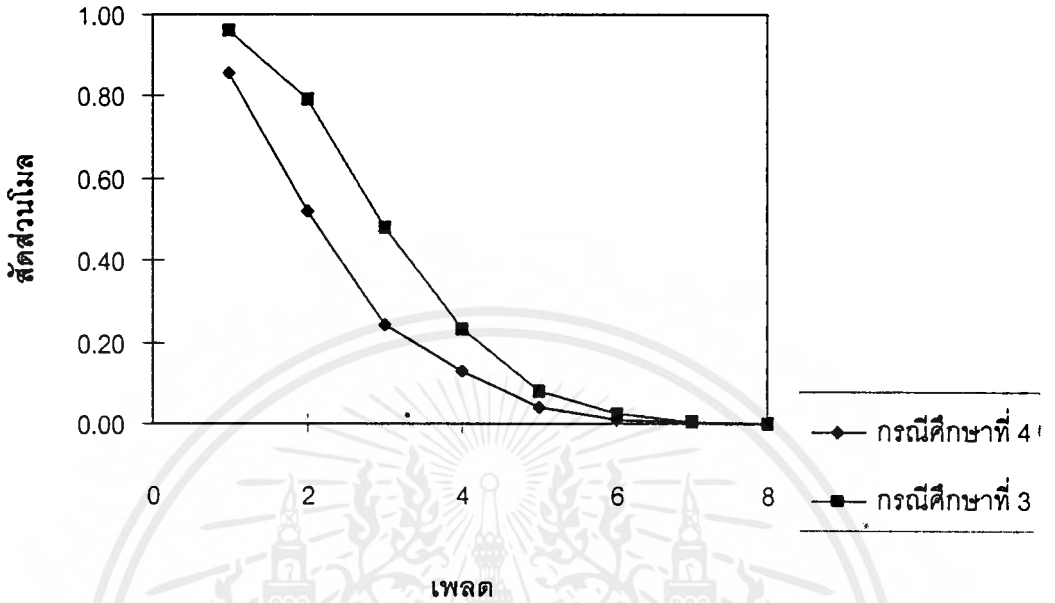
ค่าความผิดพลาดในส่วนอื่นเกิดจากการพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์นี้จะยึดที่องค์ประกอบของสัดส่วนโมลในวัฏภาคไอและของเหลวที่มีค่ามากในเพลตนั้น ๆ ให้เป็นตัวที่มีอิทธิพลมากในการคำนวณค่าต่าง ๆ เช่น การคำนวณหาอุณหภูมิจุดเดือดของสารผสมในเพลตต่าง ๆ ซึ่งทำให้สารที่มีองค์ประกอบน้อย ในเพลตนั้น ๆ มีบทบาทในการคำนวณน้อยลง ทำให้ผลลัพธ์ต่าง ๆ ที่ได้จะมีความถูกต้องสูงสำหรับสารที่มีองค์ประกอบมาก แต่จะมีความผิดพลาดสูงเช่นกันสำหรับสารที่มีองค์ประกอบน้อย

ฐานข้อมูลที่ใช้ในการพัฒนาโปรแกรมนี้ใช้ค่าที่มีช่วงการใช้งานที่แคบ

เปอร์เซนต์ความผิดพลาดที่ได้บางค่าอาจดูว่ามีค่าสูงมากแต่เมื่อพิจารณาถึงค่าสัดส่วนโมลที่มีอยู่จริงในเพลตนั้น ๆ ร่วมด้วย จะพบว่าค่าสัดส่วนโมลมีค่าน้อยมาก ทำให้ความผิดพลาดที่เกิดขึ้นมีความสำคัญน้อย

จากทั้งหมดที่ได้กล่าวมาล้วนมีผลทำให้ผลลัพธ์ที่คำนวณได้มีค่าความผิดพลาดเกิดขึ้น ซึ่งทำให้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่พัฒนาขึ้นให้ค่าที่คลาดเคลื่อนไปจากความเป็นจริงไปบ้าง แต่ก็ยังสามารถที่จะศึกษาแนวโน้มของการเปลี่ยนแปลงที่จะเกิดขึ้นจริงในการกลั่นเมื่อมีการปรับเปลี่ยนสภาวะการทำงานบางอย่างได้และให้ผลที่ ค่อนข้างดี

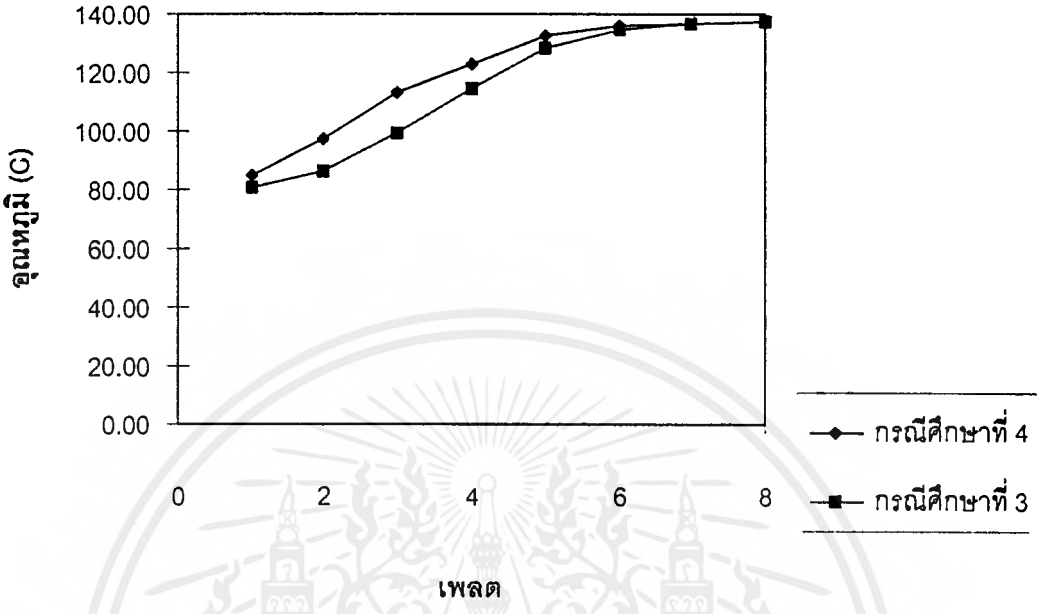
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.14 เปรียบเทียบสัดส่วนโมลของเบนซีนในวัฏภาคของเหลวในกรณีศึกษาที่ 3 และ 4

จากกรณีศึกษาที่4 เมื่ออัตราการไหลสายกลั่นสูงขึ้นและอัตราการไหลสายก้นหอลดลง ผลลัพธ์ที่ได้จากรูปที่ 5.14 แสดงให้เห็นแนวโน้มว่า สัดส่วนโมลในวัฏภาคของเหลวของเบนซีนซึ่งเป็นสารองค์ประกอบเบาในบริเวณเรคติไฟอิงคอลัมน์มีค่าลดลง เมื่อเทียบกับกรณีศึกษาที่ 3 และปริมาณพลังงานที่เกี่ยวข้องกับเครื่องควบแน่นและหม้อต้มซ้ำมีค่าเพิ่มขึ้น ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้นี้ตรงกันกับสภาพการกลั่นในความเป็นจริง เพราะเมื่ออัตราการไหลสายกลั่นเพิ่มขึ้น อัตราการไหลของไอจะมากขึ้น ซึ่งหมายความว่าหม้อต้มซ้ำต้องให้พลังงานมากขึ้นเพื่อให้มีอัตราการไหลของไอที่มากขึ้น จึงทำให้อุณหภูมิของคอลัมน์ในแต่ละเพลตมีค่าสูงขึ้นดังรูปที่ 5.15

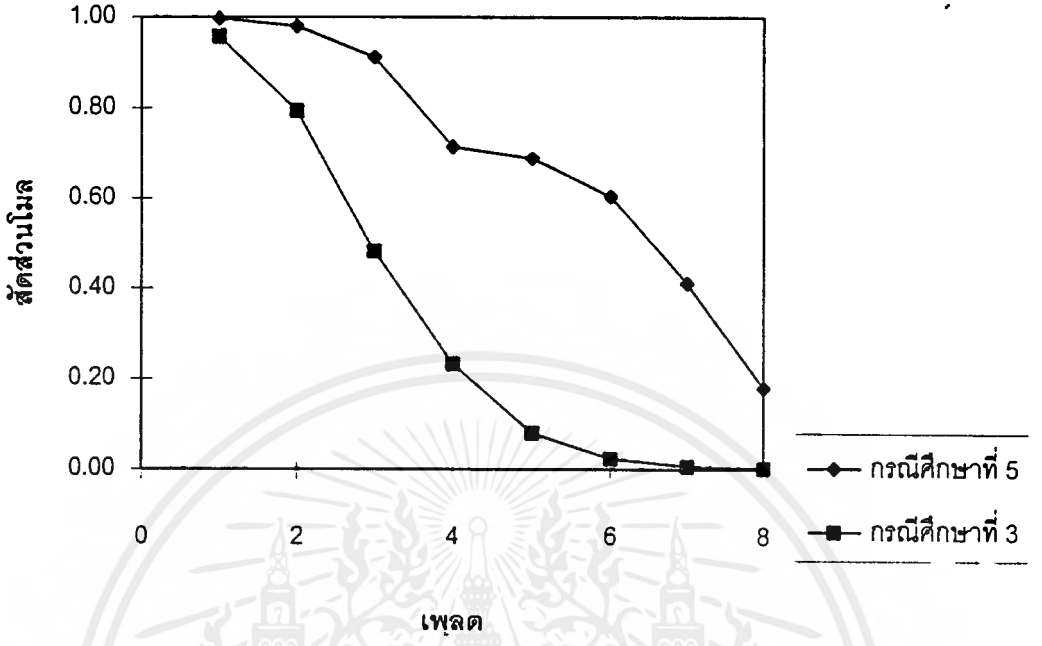
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.15 การกระจายตัวของอุณหภูมิในกรณีศึกษาที่ 3 และ 4

เครื่องควบแน่นก็ต้องถ่ายเทพลังงานออกมากขึ้นด้วยเพื่อที่จะควบแน่นไอที่ได้ทั้งหมดให้เป็นของเหลวอิ่มตัว ดังนั้นสัดส่วนโมลในวัฏภาคของเหลวและไอของเบนซีนก็จะมีค่าลดลงเพราะอุณหภูมิในแต่ละเพลตของหอกลั่นมีค่าเพิ่มขึ้น ทั้งหมดที่กล่าวมาทำให้สภาวะสมดุลของสารเปลี่ยนไปด้วย กล่าวคือ สารองค์ประกอบหนักมีโอกาสขึ้นไปอยู่ที่บริเวณเรคติไฟอิงคอลัมน์ได้มากขึ้น

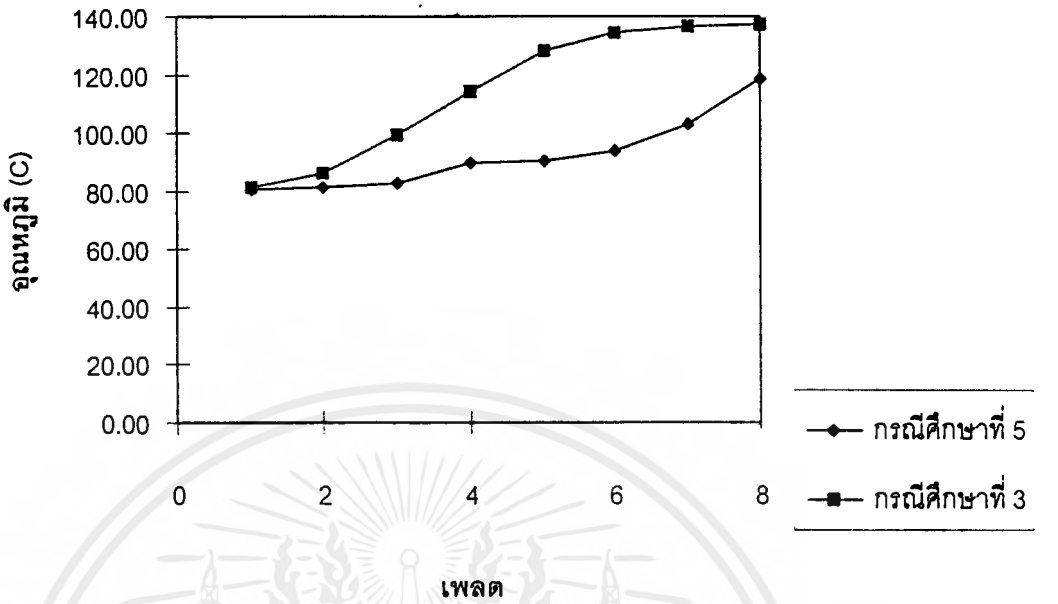
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.16 เปรียบเทียบสัดส่วนโมลของเบนซีนในวัฏภาคของเหลวในกรณีศึกษาที่ 3และ 5

จากกรณีศึกษาที่ 5 เมื่ออัตราการไหลสายกลั่นลดลง และอัตราการไหลก้นหอเพิ่มขึ้น ผลลัพธ์ที่ได้จากรูปที่ 5.16 แสดงให้เห็นแนวโน้มว่า สัดส่วนโมลในวัฏภาคของเหลวของเบนซีนซึ่งเป็นสารองค์ประกอบเบาในบริเวณเรคติไฟอิงคอลัมน์มีค่าเพิ่มขึ้น เมื่อเทียบกับกรณีศึกษาที่ 3 และปริมาณพลังงานที่เกี่ยวข้องกับเครื่องควบแน่นและหม้อต้มซ้ำมีค่าลดลง ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้นี้ตรงกันกับสภาพการกลั่นในความเป็นจริง เพราะเมื่ออัตราการไหลสายกลั่นลดลง อัตราการไหลของไอจะลดลง ซึ่งหมายความว่าหม้อต้มซ้ำต้องให้พลังงานลดลงเพื่อให้มีอัตราการไหลของไอที่ลดลง จึงทำให้อุณหภูมิของหอกลั่นในแต่ละเพลตมีค่าลดลง.ดังรูปที่ 5.17

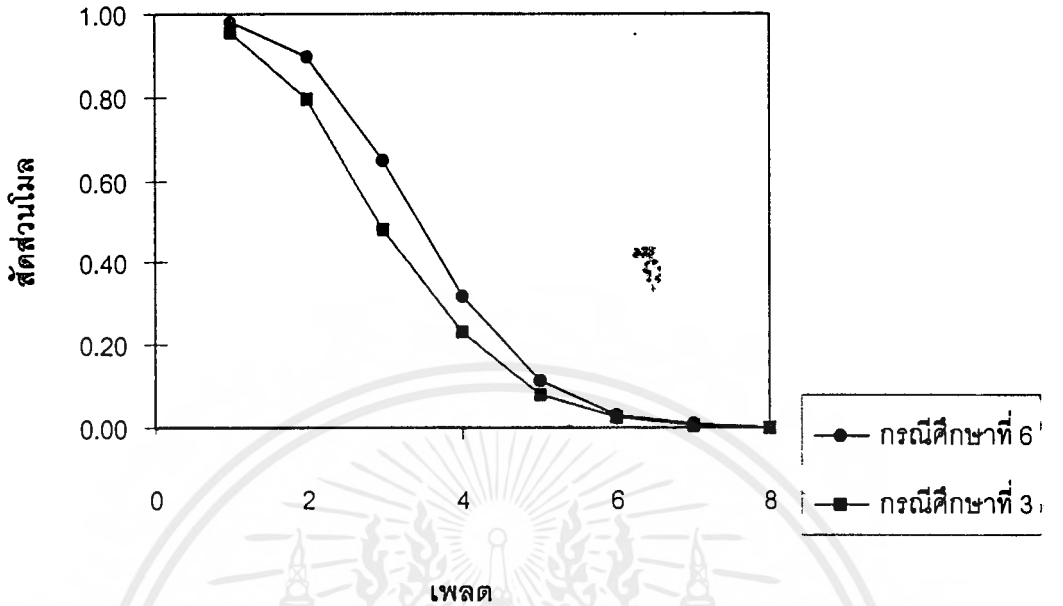
เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.17 การกระจายตัวของอุณหภูมิในกรณีศึกษาที่ 3 และ 5

เครื่องควบแน่นก็จะรับพลังงานลดลงด้วย ดังนั้นสัดส่วนโมลในวัฏภาคของเหลวและไอของเบนซีนก็จะมีค่าเพิ่มขึ้นเพราะอุณหภูมิในแต่ละเพลตของหอกลั่นมีค่าลดลง ทั้งหมดที่กล่าวมาทำให้สภาวะสมดุลของสารเปลี่ยนไปด้วย กล่าวคือ สารองค์ประกอบหนักมีโอกาสขึ้นไปอยู่ที่บริเวณเรคติไฟอิงคอลัมน์ได้น้อยลง

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้



รูปที่ 5.18 เปรียบเทียบสัดส่วนโมลของเบนซีนในวัฏภาคของเหลวในกรณีศึกษาที่ 3และ 6

จากกรณีศึกษาที่6 เมื่ออัตราส่วนป้อนกลับเพิ่มขึ้น ผลลัพธ์ที่ได้จากรูปที่ 5.18 แสดงให้เห็นแนวโน้มว่า สัดส่วนโมลในวัฏภาคของเหลวของเบนซีนซึ่งเป็นสารองค์ประกอบเบาในบริเวณเรคติไฟอิงคอลัมน์มีค่าเพิ่มขึ้น เมื่อเทียบกับกรณีศึกษาที่ 3 และปริมาณพลังงานที่เกี่ยวข้องกับเครื่องควบแน่นและหม้อต้มซ้ำมีค่าเพิ่มขึ้น ซึ่งผลลัพธ์ที่ได้นี้ตรงกันกับสภาพการกลั่นในความเป็นจริง เพราะเมื่อมีการส่งผลิตภัณฑ์กลับเข้าหอกลั่นมากขึ้น อัตราการไหลของของเหลวภายในหอกลั่นจะมีค่าเพิ่มขึ้น ทำให้หม้อต้มซ้ำต้องให้พลังงานเพิ่มขึ้นเพื่อระเหยของเหลวที่มีปริมาณมากขึ้น ทำให้เครื่องควบแน่นต้องถ่ายเทพลังงานออกมากขึ้นเพื่อควบแน่นไอที่ได้ให้กลับเป็นของเหลวอิ่มตัว และการที่อัตราส่วนป้อนกลับมีค่าเพิ่มขึ้น จะทำให้องค์ประกอบเบา (เบนซีน) กลับเข้ามายังบริเวณเรคติไฟอิงคอลัมน์มากขึ้น การแลกเปลี่ยนมวลสารและพลังงานระหว่างของเหลวและไอจะเกิดมากขึ้น สัดส่วนโมลในวัฏภาคของเหลวและไอของเบนซีนบริเวณเรคติไฟอิงคอลัมน์จึงมีค่าเพิ่มขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

บทที่ 6
บทสรุป

6.1 การพัฒนาโปรแกรมคอมพิวเตอร์จำลองสถานการณ์

แบบจำลองการกลั่นที่ใช้สำหรับโปรแกรมคอมพิวเตอร์นี้ประกอบด้วยเพลตสมดุลที่มาเรียงประกอบกันดังที่ได้กล่าวไว้แล้วในบทที่ 3 ซึ่งแบบจำลองการกลั่นนี้สามารถนำมาใช้กับการป้อนวัตถุดิบที่มีการชักผลิตภัณฑ์ออกข้างทั้งวัฏภาคของเหลวและไอได้ตามความต้องการของผู้ใช้

รูปแบบเพลตสมดุลในโปรแกรมได้พัฒนาให้สามารถใช้ได้กับแบบจำลองอื่น ๆ ได้ เช่น แบบจำลองทางการดูดซึม และสตริปเปอร์ โดยต้องมีการนำความสัมพันธ์ต่าง ๆ มาร่วมกันในการแก้ปัญหาของแบบจำลองนั้น ๆ

วิธีการคำนวณแบบใช้อุณหภูมิจุดเดือดของสารผสมในโปรแกรมคอมพิวเตอร์นี้ สามารถคำนวณให้ความถูกต้องในระดับหนึ่ง ซึ่งขึ้นกับความสัมพันธ์ทางด้านสมดุลของวัฏภาคที่ใช้ และข้อมูลของเอนธัลปีที่ได้จากการคำนวณทางอุณหพลศาสตร์วิศวกรรม

6.2 การทดสอบโปรแกรมคอมพิวเตอร์

ผลลัพธ์ที่ได้จากโปรแกรมคอมพิวเตอร์ได้รับการตรวจสอบความผิดพลาดจากตัวอย่างในหนังสือวิศวกรรมการกลั่นของโชโซ โอฮะ ที่ได้กล่าวไว้แล้วในบทที่ 5 ความผิดพลาดที่ได้มีค่าถึง 100-200% ในส่วนของสัดส่วนของวัฏภาคของเหลว โดยเฉพาะในกลุ่มสารจำพวกแอลกอฮอล์ เพราะว่าโปรแกรมคอมพิวเตอร์นี้ได้ถูกพัฒนาขึ้นให้ใช้ได้ดีกับสารละลายอุดมคติ แต่กลุ่มสารจำพวกแอลกอฮอล์ประพฤติตัวเบี่ยงเบนไปจากสารละลายอุดมคติมากเมื่อเทียบกับกลุ่มสารไฮโดรคาร์บอนเบา

ในส่วนของค่าความผิดพลาดที่เกิดขึ้นบริเวณเครื่องควบแน่นและหม้อต้มซ้ำ จะมีค่าความผิดพลาดน้อย แต่ที่เพลตอื่น ๆ จะมีค่ามากขึ้น

6.3 การจำลองสถานการณ์การกลั่น

การคำนวณการกลั่นมีความยุ่งยากและซับซ้อนมาก แม้ว่าผลลัพธ์ที่ได้จากโปรแกรมคอมพิวเตอร์จะยังมีความคลาดเคลื่อนอยู่บ้าง แต่ก็สามารถนำโปรแกรมคอมพิวเตอร์นี้มาใช้ในการศึกษาแนวโน้มที่เปลี่ยนไปของผลลัพธ์ที่เกิดจากการปรับเปลี่ยนสภาวะการทำงานได้ ดังนั้นโปรแกรมคอมพิวเตอร์นี้จึงเป็นประโยชน์ต่อผู้ใช้ในการช่วยคาดเดาแนวโน้มที่จะเกิดขึ้นได้เมื่อมีการปรับเปลี่ยนสภาวะการทำงานของหอกลั่น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

6.4 ข้อจำกัดของโปรแกรมคอมพิวเตอร์

โปรแกรมคอมพิวเตอร์จำลองสถานการณ์จำเป็นต้องมีการอ้างอิงหน่วยความจำของคอมพิวเตอร์มากในการทำงาน โดยโปรแกรมคอมพิวเตอร์นี้ถูกพัฒนาบนระบบปฏิบัติการดอส จึงจำเป็นต้องมีการจำกัดจำนวนเพลตของหอกลั่นสามารถคำนวณได้สูงสุดคือ 40 เพลต

โปรแกรมคอมพิวเตอร์จำลองสถานการณ์นี้ทำการทดสอบบนเครื่องไมโครคอมพิวเตอร์ ที่มีไมโครโปรเซสเซอร์ เพนเทียม MMX 166 เมกะเฮริตซ์ หน่วยความจำสำรอง 16 เมกกะไบต์

6.5 ข้อเสนอแนะในการพัฒนาขั้นต่อไปของโปรแกรมคอมพิวเตอร์จำลองสถานการณ์การกลั่น

จากผลลัพธ์ที่ได้จากการคำนวณของโปรแกรมคอมพิวเตอร์นี้จะเห็นว่ายังมีความผิดพลาดอยู่บ้าง ซึ่งมีผลมาจากการคำนวณคุณสมบัติของสารทางด้านอุณหพลศาสตร์ ซึ่งโปรแกรมนี้จะใช้ได้ดีกับสารละลายฮุดมคติ ดังนั้น การพัฒนาของโปรแกรมคอมพิวเตอร์ในขั้นต่อไปนั้นคือ

-ควรมีการปรับปรุงการคำนวณคุณสมบัติของสารทางอุณหพลศาสตร์วิศวกรรม และการคำนวณหาความสัมพันธ์ทางด้านสมดุลของวัฏภาค เพื่อให้มีความใกล้เคียงกับความเป็นจริงมากขึ้น เช่น การใช้ความสัมพันธ์ของ ยุนิแฟกซ์ เพื่อให้การคำนวณมีความแม่นยำมากยิ่งขึ้น

-การปรับปรุงทางด้านข้อจำกัดของหน่วยความจำ คือควรปรับปรุงให้สามารถใช้งานได้กับหน่วยความจำที่มากขึ้น โดยอาจประยุกต์ไปเขียนบนโปรแกรมบนวินโดส์ซึ่งอำนวยความสะดวกทางด้านหน่วยความจำให้สามารถใช้ได้มากขึ้น เช่นเขียนโปรแกรมบนวินโดส์ด้วยเดลไฟ (Delphi) หรือ วิชวลซีพลัสพลัส (Visual C++) หรือ วิชวลเบสิก (Visual basic) เป็นต้น ซึ่งโปรแกรมบนวินโดส์เหล่านี้จะมีส่วนของการติดต่อกับผู้ใช้ (Graphic users interface, GUI) ให้ใช้งานง่ายและมีความสะดวกในการใช้งานมากขึ้น

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

รายการอ้างอิง

1. Henley,E.J., and Seader J. D *Equilibrium-stage Separation Operation in Chemical Engineering,* United stated of America: John Wiley & Sons, 1981.
2. Perry, R.H., and Chilton C. H., Eds. *Chemical Engineers Handbook,* 6th ed., McGraw-Hill Book ,New York ,1984.
3. Treybal,R.E., *Mass-Transfer Operations, 3rd ed.,* McGraw-Hill Book New York,1988
4. Smith J.M., Van Ness H.C., and M.M. Abbott., *Introduction to Chemical Engineering Thermodynamics,* 5th ed., McGraw-hill Book New York, 1996.
5. McCabe,W.L.,. Smith,J.C., and Harriott. P., *Unit Operations of Chemical Engineering,* 5th ed., McGraw-Hill Book , New York, 1993.
6. Kisterr,H.Z., *Distillation operations*, McGraw-Hill Book , New York, 1990.
7. Kister,H.Z., *"Troubleshoot Distillation Simulations,"* Chem. Eng. Progress, 91(6), p.63-75 (1995).
8. Thomas P.O., "*Analyze Distillation Columns With Thermodynamics*", Chem. Eng. Progress, 91(2), p.40-46 (1995).
9. มนตรี วงศ์ศรี ไพศาล กิตติศุภกร และปรัศยา นามเมือง. "*ออปติไมเซชันกระบวนการเคมีเพื่อปรับปรุงคุณภาพการผลิต*", วิศวกรรมสาร, (50)4,.58-67 (2540).
10. โชโซ โอเฮะ. *วิศวกรรมการกลั่นจากห้องทดลองถึงโรงงาน* แปลโดย วีรพจน์ ลือประสิทธิ์สกุล. กรุงเทพมหานคร.สมาคมส่งเสริมเทคโนโลยี (ไทย-ญี่ปุ่น), 2536.

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ก
ตารางแสดงผลการคำนวณจากโปรแกรมคอมพิวเตอร์ ผลจากข้อมูลที่อ้างอิง และ ค่าความผิดพลาด

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวก ก 1.1 แสดงผลการจำลองสถานการณ์การกลั่นจากกรณีศึกษาที่ 1 โดยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่พัฒนาขึ้น

Stage	V	L	T	Q	Composition in Liquid Phase (X)				Composition in Vapor Phase (Y)			
	kg-mol/m3	kg-mol/m3	Celsius	kJ/ h	Ethanol	2-Propanol	Methanol	water	Ethanol	2-Propanol	Methanol	water
1	0.00	250.00	64.80	11439056.04	0.012004	0.001654	0.986205	0.000002	-	-	-	-
2	300.00	249.83	64.93	0.00	0.020767	0.003410	0.975576	0.000009	0.012006	0.001654	0.986338	0.000002
3	299.83	249.57	65.11	0.00	0.033142	0.006378	0.960064	0.000032	0.019309	0.003118	0.977565	0.000008
4	299.57	249.20	65.37	0.00	0.050269	0.011301	0.937733	0.000108	0.029622	0.005590	0.964761	0.000027
5	299.20	248.67	65.75	0.00	0.073277	0.019266	0.906239	0.000355	0.043889	0.009692	0.946329	0.000090
6	298.67	247.94	66.29	0.00	0.102876	0.031687	0.863083	0.001139	0.063047	0.016324	0.920333	0.000296
7	297.94	246.96	67.04	0.00	0.138616	0.050090	0.806114	0.003532	0.087674	0.026660	0.884717	0.000949
8	296.96	245.68	68.05	0.00	0.177823	0.075433	0.734096	0.010471	0.117379	0.041960	0.837722	0.002939
9	295.68	244.03	69.43	0.00	0.214328	0.106689	0.646927	0.029203	0.149910	0.063004	0.778379	0.008707
10	294.03	241.93	71.39	0.00	0.237506	0.138505	0.545462	0.074809	0.180119	0.088916	0.706705	0.024261
11	291.93	340.36	74.25	0.00	0.233851	0.159238	0.432737	0.169637	0.199172	0.115220	0.623530	0.062077
12	290.36	339.08	76.16	0.00	0.282732	0.204322	0.329155	0.180537	0.259898	0.159928	0.508642	0.071532
13	289.08	338.17	78.10	0.00	0.319641	0.251139	0.233264	0.194020	0.317255	0.212721	0.386750	0.083274
14	288.17	337.56	79.92	0.00	0.338258	0.293590	0.154735	0.212572	0.360425	0.267503	0.273825	0.098247
15	287.56	337.08	81.60	0.00	0.336132	0.325714	0.096592	0.241505	0.382063	0.317141	0.181390	0.119407
16	287.08	336.55	83.27	0.00	0.313167	0.341203	0.056754	0.289402	0.379378	0.354679	0.113009	0.152934
17	286.55	335.88	85.19	0.00	0.270546	0.332964	0.031103	0.366429	0.352280	0.372721	0.066186	0.208813
18	285.88	335.12	87.60	0.00	0.212235	0.295885	0.015604	0.477834	0.302126	0.362913	0.036048	0.298913
19	285.12	334.38	90.52	0.00	0.147511	0.233413	0.007001	0.614042	0.233558	0.319234	0.017840	0.429368
20	284.38	50.00	93.62	-11491654.00	0.089027	0.160429	0.002740	0.749821	0.157504	0.245787	0.007736	0.588972

ตารางผนวก ก 1.2 แสดงผลการจำลองสถานการณ์ภาวะสมดุลจากกรณีศึกษาที่ 1

Stage	T	Composition in Liquid Phase (X)					Composition in Vapor Phase (Y)			
	Celsius	Ethanol	2-Propanol	Methanol	water		Ethanol	2-Propanol	Methanol	water
1	-	0.006380	0.000820	0.987900	0.004900		-	-	-	-
2	65.00	0.011040	0.001750	0.977300	0.009910		0.063700	0.000820	0.987900	0.004900
3	65.20	0.017620	0.003360	0.960830	0.018190		0.010260	0.001600	0.979070	0.009070
4	65.60	0.026650	0.006100	0.935680	0.031570		0.015740	0.002940	0.965350	0.015970
5	66.00	0.038590	0.010580	0.898370	0.052460		0.023270	0.005220	0.944390	0.027120
6	66.70	0.053440	0.017560	0.845510	0.083490		0.033210	0.008950	0.913310	0.044530
7	67.70	0.070400	0.027680	0.775450	0.126470		0.045590	0.014760	0.869260	0.070380
8	68.90	0.087580	0.041100	0.690440	0.180880		0.597300	0.023200	0.810880	0.106200
9	70.30	0.102380	0.057140	0.597600	0.242880		0.074040	0.034380	0.740030	0.151540
10	71.80	0.112490	0.074360	0.507020	0.306130		0.086370	0.047750	0.662670	0.203210
11	73.10	0.116880	0.091170	0.427640	0.364310		0.094800	0.062100	0.587180	0.255920
12	74.50	0.140550	0.110160	0.343570	0.405720		0.120750	0.079830	0.496910	0.302510
13	76.00	0.162960	0.132260	0.261700	0.443090		0.148370	0.101990	0.398830	0.350810
14	77.30	0.181840	0.156650	0.189790	0.471730		0.174510	0.127770	0.303310	0.394410
15	78.40	0.196040	0.182860	0.131990	0.489110		0.196530	0.156220	0.219410	0.427830
16	79.20	0.205540	0.211000	0.088690	0.494770		0.213110	0.186800	0.151980	0.448110
17	79.80	0.210970	0.241700	0.057910	0.489420		0.224190	0.219630	0.101460	0.454710
18	80.30	0.213160	0.275980	0.036820	0.474030		0.230530	0.255460	0.065540	0.448470
19	80.60	0.212890	0.315070	0.022750	0.449290		0.233090	0.295450	0.040940	0.430520
20	83.90	0.093620	0.159170	0.012150	0.735070		0.232770	0.341050	0.024520	0.401660

ตาราง ก 1.3 แสดงค่าความผิดพลาด จากกรณีศึกษาที่ 1

Stage	%error	%Composition error in Liquid Phase (X)					% Composition error in Vapor Phase (Y)			
	T	Ethanol	2-Propanol	Methanol	water		Ethanol	2-Propanol	Methanol	water
1	-	88.15	101.68	-0.17	-99.96		-	-	-	0.00
2	-0.11	88.11	94.88	-0.18	-99.91		-81.15	101.70	-0.16	-99.96
3	-0.14	88.09	89.81	-0.08	-99.83		88.20	94.87	-0.15	-99.91
4	-0.35	88.63	85.27	0.22	-99.66		88.19	90.15	-0.06	-99.83
5	-0.37	89.89	82.09	0.88	-99.32		88.61	85.67	0.21	-99.67
6	-0.61	92.51	80.45	2.08	-98.64		89.84	82.39	0.77	-99.34
7	-0.98	96.90	80.96	3.95	-97.21		92.31	80.62	1.78	-98.65
8	-1.23	103.04	83.54	6.32	-94.21		-80.35	80.86	3.31	-97.23
9	-1.23	109.35	86.72	8.25	-87.98		102.47	83.26	5.18	-94.25
10	-0.57	111.14	86.26	7.58	-75.56		108.54	86.21	6.65	-88.06
11	1.57	100.08	74.66	1.19	-53.44		110.10	85.54	6.19	-75.74
12	2.22	101.16	85.48	-4.20	-55.50		115.24	100.34	2.36	-76.35
13	2.77	96.15	89.88	-10.82	-56.21		113.83	108.57	-3.03	-76.26
14	3.39	86.02	87.42	-18.47	-54.94		106.54	109.36	-9.72	-75.09
15	4.08	71.46	78.12	-26.52	-50.62		94.40	103.01	-17.33	-72.09
16	5.15	52.36	61.71	-36.01	-41.51		78.02	89.87	-25.64	-65.87
17	6.76	28.24	37.76	-46.29	-25.13		57.13	69.70	-34.77	-54.08
18	9.09	-0.43	7.21	-57.62	0.80		31.06	42.06	-45.00	-33.35
19	12.30	-30.71	-25.91	-69.23	36.67		0.20	8.05	-56.42	-0.27
20	11.59	-4.91	0.79	-77.45	2.01		-32.33	-27.93	-68.45	46.63

ตารางผนวก ก 2.1 แสดงผลการจำลองสถานการณ์การกลั่นจากกรณีศึกษาที่ 2 โดยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่พัฒนาขึ้น

Stage	V	L	T	Q	Composition in Liquid Phase (X)				Composition in Vapor Phase (Y)		
	kg-mol/m3	kg-mol/m3	Celsius	kJ/ h	2-Propanol	Methanol	water		2-Propanol	Methanol	water
1	-	250.00	64.81	11445316.16	0.011903	0.987855	0.000003		-	-	-
2	300.00	249.63	64.99	0.00	0.024485	0.975020	0.000014		0.011906	0.988090	0.000003
3	299.63	249.03	65.28	0.00	0.045457	0.953627	0.000048		0.022395	0.977594	0.000012
4	299.03	248.09	65.76	0.00	0.079233	0.919161	0.000159		0.039873	0.960087	0.000040
5	298.09	246.71	66.51	0.00	0.130758	0.866516	0.000508		0.068010	0.931857	0.000133
6	296.71	244.91	67.61	0.00	0.203241	0.792136	0.001540		0.110895	0.888681	0.000424
7	294.91	242.86	69.07	0.00	0.294373	0.697430	0.004368		0.171136	0.827582	0.001282
8	292.86	240.87	70.84	0.00	0.393455	0.590838	0.011464		0.246704	0.749666	0.003631
9	290.87	239.22	72.78	0.00	0.482899	0.485116	0.027665		0.328604	0.661881	0.009515
10	289.22	237.97	74.80	0.00	0.543510	0.390978	0.061235		0.402265	0.574808	0.022927
11	287.97	336.46	76.95	0.00	0.559107	0.312759	0.123817		0.451946	0.497370	0.050684
12	286.46	336.01	79.04	0.00	0.652011	0.214846	0.130422		0.573456	0.368388	0.058156
13	286.01	336.10	80.78	0.00	0.723215	0.138497	0.136778		0.681858	0.252693	0.065449
14	286.10	336.39	82.10	0.00	0.770067	0.085073	0.144088		0.764717	0.162600	0.072683
15	286.39	336.64	83.07	0.00	0.794329	0.050415	0.154879		0.819145	0.099671	0.081184
16	286.64	336.75	83.85	0.00	0.797225	0.029000	0.173602		0.847266	0.058903	0.093831
17	286.75	336.67	84.64	0.00	0.776120	0.016159	0.207671		0.850466	0.033735	0.115799
18	286.67	336.39	85.70	0.00	0.723425	0.008613	0.268023		0.825581	0.018649	0.155770
19	286.39	335.97	87.30	0.00	0.629580	0.004279	0.366361		0.763631	0.009786	0.226583
20	285.97	0.00	89.65	-10848310.49	0.493210	0.001896	0.505363		0.653312	0.004695	0.341993

ตารางผนวก ก 2.2 แสดงผลการจำลองสถานการณ์การกลั่นจากกรณีศึกษาที่ 2

Stage	T	Composition in Liquid Phase (X)				Composition in Vapor Phase (Y)		
	Celsius	2-Propanol	Methanol	water		2-Propanol	Methanol	water
1	-	0.003140	0.991840	0.005020		-	-	-
2	64.98	0.006690	0.983130	0.010180		0.003140	0.991840	0.005020
3	65.18	0.012880	0.968390	0.018740		0.006100	0.984580	0.009320
4	65.51	0.023390	0.944040	0.032570		0.011250	0.972300	0.016450
5	66.04	0.040560	0.905340	0.054100		0.020010	0.952010	0.027980
6	66.86	0.066910	0.847470	0.085620		0.034320	0.919770	0.045920
7	68.02	0.103950	0.768140	0.127910		0.056280	0.871540	0.072180
8	69.50	0.150390	0.671140	0.178470		0.087150	0.805440	0.107420
9	71.16	0.201450	0.567250	0.231300		0.125850	0.724600	0.149560
10	72.97	0.250640	0.470090	0.279270		0.168390	0.638030	0.193580
11	74.20	0.292930	0.389650	0.317420		0.209390	0.557060	0.233560
12	75.87	0.336960	0.298280	0.364760		0.258940	0.453240	0.287830
13	77.45	0.377420	0.215450	0.407130		0.310300	0.346650	0.343050
14	78.80	0.411000	0.148110	0.440890		0.357510	0.250000	0.392490
15	79.83	0.436890	0.097920	0.465190		0.396680	0.171440	0.431870
16	80.57	0.456050	0.062820	0.481130		0.426890	0.112880	0.460230
17	81.07	0.470140	0.039320	0.490540		0.449250	0.071920	0.478830
18	81.40	0.480800	0.024060	0.495143		0.465690	0.044510	0.489800
19	81.61	0.489370	0.014320	0.496310		0.478130	0.026700	0.495170
20	81.75	0.496850	0.008190	0.49496		0.488120	0.015350	0.496530

ตารางผนวก ก 2.3 แสดงผลความผิดพลาดจากกรณีศึกษาที่ 2

Stage	%error	% Composition error in Liquid Phase (X)				% Composition error in Vapor Phase (Y)		
	T	2-Propanol	Methanol	water		2-Propanol	Methanol	water
1	-	279.09	-0.40	-99.93		-	-	-
2	0.01	265.99	-0.82	-99.87		279.09	-0.40	-99.93
3	0.16	252.92	-1.52	-99.74		301.39	-0.97	-99.85
4	0.38	238.75	-2.64	-99.51		304.06	-1.92	-99.71
5	0.71	222.38	-4.29	-99.06		295.97	-3.45	-99.43
6	1.12	203.75	-6.53	-98.20		281.00	-5.79	-98.89
7	1.54	183.19	-9.21	-96.59		261.12	-9.11	-97.87
8	1.92	161.62	-11.96	-93.58		237.78	-13.41	-95.93
9	2.27	139.71	-14.48	-88.04		212.64	-18.46	-92.33
10	2.50	116.85	-16.83	-78.07		186.77	-23.97	-85.71
11	3.70	90.87	-19.73	-60.99		159.57	-29.81	-73.78
12	4.18	93.50	-27.97	-64.24		115.92	-30.99	-56.98
13	4.31	91.62	-35.72	-66.40		110.12	-38.02	-61.98
14	4.19	87.36	-42.56	-67.32		102.29	-44.60	-65.15
15	4.06	81.81	-48.51	-66.71		94.13	-50.38	-66.64
16	4.07	74.81	-53.84	-63.92		86.07	-55.34	-66.35
17	4.40	65.08	-58.90	-57.66		77.46	-59.68	-63.74
18	5.28	50.46	-64.20	-45.87		66.66	-63.70	-57.60
19	6.97	28.65	-70.12	-26.18		51.30	-67.74	-45.87
20	9.67	-0.73	-76.85	2.10		28.98	-72.12	-26.22

ตารางผนวก ก 3.1 แสดงผลการจำลองสถานการณ์การกลั่นจากกรณีศึกษาที่ 3

Stage	V	L	T	Q	Composition in Liquid Phase (X)			Composition in Vapor Phase (Y)		
	kg-mol/m3	kg-mol/m3	Celsius	kJ/ h	Benzene	Ethyl Benzene	P-Xylene	Benzene	Ethyl Benzene	P-Xylene
1	-	156.30	81.02	7148875.53	0.979255	0.011946	0.008814	-	-	-
2	208.40	149.15	83.66	0.00	0.887858	0.062832	0.049776	0.979241	0.011945	0.008813
3	201.25	136.47	91.92	0.00	0.647807	0.193598	0.163682	0.911220	0.049631	0.039149
4	188.57	225.34	105.90	0.00	0.356528	0.347890	0.313328	0.736748	0.142840	0.120412
5	177.44	221.34	120.84	0.00	0.148539	0.459167	0.416130	0.447441	0.298472	0.254087
6	173.44	221.25	130.99	0.00	0.048342	0.500929	0.464972	0.184820	0.434978	0.380202
7	173.35	221.26	135.27	0.00	0.014211	0.505289	0.485801	0.059834	0.493189	0.446977
8	173.36	47.90	136.70	-7342434.55	0.003905	0.497236	0.500484	0.016970	0.504339	0.478691

ตารางผนวก ก 3.2 แสดงผลการจำลองสถานการณ์การกลั่นจากกรณีศึกษาที่ 3

Stage	T	Composition in Liquid Phase (X)				Composition in Vapor Phase (Y)		
	Celsius	Benzene	Ethyl Benzene	P-Xylene		Benzene	Ethyl Benzene	P-Xylene
1	-	0.958060	0.024210	0.017730		-	-	-
2	86.33	0.793870	0.115500	0.090630		0.958060	0.024210	0.017730
3	99.11	0.481510	0.282530	0.235960		0.834920	0.092670	0.072400
4	114.42	0.232660	0.406630	0.360710		0.600660	0.217950	0.181400
5	128.02	0.080040	0.483450	0.436500		0.285730	0.386190	0.328090
6	134.31	0.023840	0.505720	0.470440		0.098030	0.480660	0.421310
7	136.41	0.006710	0.505010	0.488270		0.028910	0.508050	0.463040
8	137.05	0.001800	0.495580	0.502620		0.007850	0.507180	0.484970

ตารางผนวก ก 3.3 แสดงค่าความผิดพลาดจากกรณีศึกษาที่ 3

Stage	T	%Composition error in Liquid Phase (X)			%Composition error in Vapor Phase (Y)		
	Celsius	Benzene	Ethyl Benzene	P-Xylene	Benzene	Ethyl Benzene	P-Xylene
1	-	2.21	-50.66	-50.29	-	-	-
2	-3.09	11.84	-45.60	-45.08	2.21	-50.66	-50.29
3	-7.26	34.54	-31.48	-30.63	9.14	-46.44	-45.93
4	-7.45	53.24	-14.45	-13.14	22.66	-34.46	-33.62
5	-5.61	85.58	-5.02	-4.67	56.60	-22.71	-22.56
6	-2.47	102.78	-0.95	-1.16	88.53	-9.50	-9.76
7	-0.83	111.79	0.06	-0.51	106.97	-2.93	-3.47
8	-0.25	116.93	0.33	-0.42	116.17	-0.56	-1.29

ตารางผนวก ก 4 แสดงผลการจำลองสถานการณ์การกลั่นจากกรณีศึกษาที่ 4 โดยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่พัฒนาขึ้น

Stage	V	L	T	Q	Composition in Liquid Phase (X)			Composition in Vapor Phase (Y)		
	kg-mol/m3	kg-mol/m3	Celsius	kJ/ h	Benzene	Ethyl Benzene	P-Xylene	Benzene	Ethyl Benzene	P-Xylene
1	-	180.00	84.70	8742402.87	0.853994	0.083366	0.063441	-	-	-
2	240.00	162.00	97.32	0.00	0.520734	0.269501	0.219555	0.853287	0.083313	0.063401
3	222.00	154.81	113.37	0.00	0.241984	0.419148	0.361719	0.606196	0.217671	0.176133
4	214.81	249.99	122.63	0.00	0.128798	0.468114	0.426276	0.405015	0.320617	0.274368
5	209.99	250.00	132.21	0.00	0.038196	0.503479	0.470355	0.150117	0.452071	0.397811
6	210.00	249.98	135.77	0.00	0.010530	0.505222	0.488297	0.044830	0.499779	0.455391
7	209.98	249.95	136.85	0.00	0.002832	0.497408	0.500970	0.012349	0.506547	0.481104
8	209.95	40.00	137.18	-8894142.10	0.000735	0.485751	0.513895	0.003228	0.498950	0.497822

ตารางผนวก ก 5 แสดงผลการจำลองศถานการณ์การกลั่นจากกรณีศึกษาที่ 5 โดยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่พัฒนาขึ้น

Stage	V	L	T	Q	Composition in Liquid Phase (X)			Composition in Vapor Phase (Y)		
	kg-mol/m3	kg-mol/m3	Celsius	kJ/ h	Benzene	Ethyl Benzene	P-Xylene	Benzene	Ethyl Benzene	P-Xylene
1	-	120.00	80.55	5431008.20	0.996702	0.001834	0.001465	-	-	-
2	160.00	118.79	81.00	0.00	0.980203	0.010659	0.009152	0.996701	0.001834	0.001465
3	158.79	114.57	82.92	0.00	0.912758	0.045618	0.041902	0.984348	0.008436	0.007216
4	154.57	213.25	89.44	0.00	0.713621	0.146050	0.143611	0.934282	0.034284	0.031434
5	153.25	211.30	90.35	0.00	0.688909	0.159490	0.155514	0.926150	0.038677	0.035173
6	151.30	205.60	93.62	0.00	0.605761	0.204239	0.196479	0.894522	0.055577	0.049901
7	145.60	196.39	102.81	0.00	0.411383	0.307143	0.296453	0.782993	0.114049	0.102958
8	136.39	60.00	118.17	-5561928.84	0.180203	0.421862	0.422108	0.508655	0.253366	0.237979

ตารางผนวก ก 6 แสดงผลการจำลองสถานการณ์จากกรณีศึกษาที่ 6 โดยโปรแกรมคอมพิวเตอร์ที่พัฒนาขึ้น

Stage	V	L	T	Q	Composition in Liquid Phase (X)			Composition in Vapor Phase (Y)		
	kg-mol/m3	kg-mol/m3	Celsius	kJ/ h	Benzene	Ethyl Benzene	P-Xylene	Benzene	Ethyl Benzene	P-Xylene
1	-	312.60	80.96	12493683.21	0.9815	0.0108	0.0076	-	-	-
2	364.70	299.57	83.33	0.00	0.8990	0.0576	0.0437	0.9815	0.0108	0.0076
3	351.67	273.17	91.93	0.00	0.6474	0.1976	0.1602	0.9110	0.0507	0.0383
4	325.27	351.88	108.28	0.00	0.3173	0.3767	0.3257	0.6980	0.1669	0.1351
5	303.98	347.40	124.37	0.00	0.1103	0.4839	0.4280	0.3616	0.3486	0.2899
6	299.50	347.49	133.06	0.00	0.0312	0.5109	0.4682	0.1251	0.4695	0.4054
7	299.59	347.45	136.07	0.00	0.0083	0.5084	0.4866	0.0355	0.5070	0.4575
8	299.55	47.90	136.95	-12688138.86	0.0021	0.4978	0.5011	0.0092	0.5083	0.4825

ภาคผนวก ข

โปรแกรมคอมพิวเตอร์

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
{$M 65500,0,655360}
PROGRAM Distillation;
USES Crt,Graph,DOS,Printer;
CONST
  Filename ='Database.dat';
  Component = 8;
  Plate = 40;
TYPE
{##########################################################################}
  Database = RECORD {Sortdata}
             ConstCalc : ARRAY[1..Component,1..12] OF Real;
             END;
  Starray  = ARRAY[1..Component] OF STRING;
  Stage    = RECORD {inputdata}
             F,V,L,Q,P,T,TEMP,Hxstage,Hystage,HFstage,Kstage,U,W,pf : Real;
             x,y,z,VP,K,Hx,Hy,Hfeedx,Hfeedy,Tsat: ARRAY[1..Component] OF Real;
             ws:ARRAY[1..Component] OF INTEGER ;
             TG,LG,VG:integer;
             END;
  Astage       = ARRAY [1..Plate] OF Stage;
  Calc         = ARRAY [1..Plate] OF Real;
  ga           = ARRAY [2..Plate] OF Real;
  Species      = ARRAY [1..Component] OF Real;
  Feedcomp     = ARRAY [1..Component,1..Plate] OF Real;
  Positions    = ARRAY [1..Component] OF integer;
{##########################################################################}
VAR
  DatabaseRec : Database;  {Sortdata}
  Databasefile : FILE OF Database;
  Check, Name : Starray;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
  UnitName: ARRAY [1..4] OF String;
  A, B, C, D, p, q, Sum, TkOld:Calc;{Use in the calculation constant of x}
  AA, BB, CC, Pc, BoilTemp, SumX, DelH0: Species;
  NStage:AStage;{inputdata}
  CondenseTemp, ReadPlate, error, SumF, Summation, R :Real;
  RealComponent, j, LK, I, N, S,iteration, Choose, PosX, PosY, FixedX,
  FixedY, Period, Count, Graphdriver,GraphMode, xMax, yMax:integer;
  FeedcomponentX, FeedComponentY :FeedComp;
  CheckFeed : ARRAY [1..Plate] OF String[1];
  CheckUnit, CheckP, CheckFileName: String[1];
  ACCEPTABLE, Result : boolean;
  CheckPlay : Char;
  txt : text;
  Xscale,Scale,Zscale:ARRAY [1..40] OF integer;
  kscale: ARRAY[1..40] OF Real;
  TestP,st:String;
  First : Word ABSOLUTE $0:$46c;
  UseTime : Real;
  Last  : Word;
{-------------------------------------------------------------------------------------------------------}
PROCEDURE Createfile;
BEGIN {Create file}
  Assign (Databasefile,Filename);
  ReWrite (Databasefile);
  Close  (Databasefile);
END {Createfile} ;
{-------------------------------------------------------------------------------------------------------}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
PROCEDURE AddData;
BEGIN {Main adddata}
  Assign (Databasefile,Filename);
  Reset (Databasefile);
  seek(databasefile,filesize(databasefile));
  WITH Databaserec DO
  BEGIN {Data}
    ConstCalc[1,1]  := 6.49856;{Antoine's constant}
    ConstCalc[1,2]  := 5121.453;
    ConstCalc[1,3]  := 419.9494;
    ConstCalc[1,4]  := 11.90924;{Heat capacity of gas.}
    ConstCalc[1,5]  := 0.1481123E-1;
    ConstCalc[1,6]  := 0.9439146E-6;
    ConstCalc[1,7]  := -0.501431E-8;
    ConstCalc[1,8]  := 0.172932E-11;
    ConstCalc[1,9]  := 68.36;{Boiling point}
    ConstCalc[1,10] := 21.46;{Heat capacity of liq.}
    ConstCalc[1,11] := 805.3; {Critical Pressure}
    ConstCalc[1,12] := 10388.664;{Latent Heat}
    ConstCalc[2,1]  := 7.43437;
    ConstCalc[2,2]  := 6162.36;
    ConstCalc[2,3]  := 359.3826;
    ConstCalc[2,4]  := 14.04853;
    ConstCalc[2,5]  := 0.2153149E-1;
    ConstCalc[2,6]  := -0.2153442E-5;
    ConstCalc[2,7]  := -0.4607259E-8;
    ConstCalc[2,8]  := 0.1893692E-11;
    ConstCalc[2,9]  := 173.12;
    ConstCalc[2,10] := 31.28;
    ConstCalc[2,11] := 925.3;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
ConstCalc[2,12]  := 16912.728;
ConstCalc[3,1]   := 7.180215;
ConstCalc[3,2]   := 5596.813;
ConstCalc[3,3]   := 327.2873;
ConstCalc[3,4]   := 18.703;
ConstCalc[3,5]   := 0.3374798E-1;
ConstCalc[3,6]   := -0.8097677E-5;
ConstCalc[3,7]   := -0.4524869E-8;
ConstCalc[3,8]   := 0.2586334E-11;
ConstCalc[3,9]   := 180.2;
ConstCalc[3,10]  := 54.084;
ConstCalc[3,11]  := 691.0;
ConstCalc[3,12]  := 17209.8;
ConstCalc[4,1]   := 7.134107;
ConstCalc[4,2]   := 5843.713;
ConstCalc[4,3]   := 310.811;
ConstCalc[4,4]   := 17.908;
ConstCalc[4,5]   := 0.3086043E-1;
ConstCalc[4,6]   := 0.2615677E-4;
ConstCalc[4,7]   := -0.3727992E-7;
ConstCalc[4,8]   := 0.1247926E-10;
ConstCalc[4,9]   := 225.5;
ConstCalc[4,10]  := 52.984;{0.716*74}
ConstCalc[4,11]  := 623;
ConstCalc[4,12]  :=18392.256;
ConstCalc[5,1]   := 6.303186;
ConstCalc[5,2]   := 5225.324;
ConstCalc[5,3]   := 274.4291;
ConstCalc[5,4]   := 22.86768;
ConstCalc[5,5]   := 0.4421951E-1;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
ConstCalc[5,6]   := -0.1487031E-4;
ConstCalc[5,7]   := -0.4480266E-9;
ConstCalc[5,8]   := 0.1399E-11;
ConstCalc[5,9]   := 242.6;
ConstCalc[5,10]  := 50.838;{0.687*74}
ConstCalc[5,11]  := 640.5;
ConstCalc[5,12]  := 18815.832;
ConstCalc[6,1]   := 7.5133340;
ConstCalc[6,2]   := 6468.1010;
ConstCalc[6,3]   := 396.26520;
ConstCalc[6,4]   := 9.8010840;
ConstCalc[6,5]   := 0.84306420E-2;
ConstCalc[6,6]   := 0.6669185E-5;
ConstCalc[6,7]   := -0.82089810E-8;
ConstCalc[6,8]   := 0.25006380E-11;
ConstCalc[6,9]   := 148.80;
ConstCalc[6,10]  := 18.8;{0.590*32}
ConstCalc[6,11]  := 1153.6;{Guess}
ConstCalc[6,12]  := 16375.104;
ConstCalc[7,1]   := 6.2444120;
ConstCalc[7,2]   := 5356.7150;
ConstCalc[7,3]   := 397.5290;
ConstCalc[7,4]   := 16.136210;
ConstCalc[7,5]   := 0.23400640E-5;
ConstCalc[7,6]   := -0.14793920E-5;
ConstCalc[7,7]   := -0.41435520E-8;
ConstCalc[7,8]   := 0.13237240E-11;
ConstCalc[7,9]   := 133.70;
ConstCalc[7,10]  := 29.812;
ConstCalc[7,11]  := 693.7;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    ConstCalc[7,12]  := 14066.856;
    ConstCalc[8,1]   := 6.53247;
    ConstCalc[8,2]   := 7173.79;
    ConstCalc[8,3]   := 389.4747;
    ConstCalc[8,4]   := 7.985742;
    ConstCalc[8,5]   := 0.4633191E-3;
    ConstCalc[8,6]   := 0.1402841E-5;
    ConstCalc[8,7]   := -0.6578387E-9;
    ConstCalc[8,8]   := 0.9795288E-13;
    ConstCalc[8,9]   := 212;
    ConstCalc[8,10]  := 18;
    ConstCalc[8,11]  := 3206.7;
    ConstCalc[8,12]  := 17512.2;
  END;
  Close(Databasefile);
END;
{-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------}
PROCEDURE SelectComponent(VAR Check:Starray);
VAR
  Impede, Voice: integer;
BEGIN
  Clrscr;
  Impede:= 100;
  Voice:=  75;
  TextBackGround(Blue);
  FOR i:= 1 TO 50 DO WriteLn;
  GoToXY(1,1);
  TextColor(LightMagenta);WriteLn;WriteLn;
  Write('              ');
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Write ('A');Delay(Impede);Sound(Voice);Delay(Impede);NoSound;
Write (' ');Delay(Impede);Sound(Voice);Delay(Impede);NoSound;
Write ('C');Delay(Impede);Sound(Voice);Delay(Impede);NoSound;
Write ('O');Delay(Impede);Sound(Voice);Delay(Impede);NoSound;
Write ('M');Delay(Impede);Sound(Voice);Delay(Impede);NoSound;
Write ('P');Delay(Impede);Sound(Voice);Delay(Impede);NoSound;
Write ('U');Delay(Impede);Sound(Voice);Delay(Impede);NoSound;
Write ('T');Delay(Impede);Sound(Voice);Delay(Impede);NoSound;
Write ('E');Delay(Impede);Sound(Voice);Delay(Impede);NoSound;
Write ('R');Delay(Impede);Sound(Voice);Delay(Impede);NoSound;
Write (' ');
Write ('P');Delay(Impede);Sound(Voice);Delay(Impede);NoSound;
Write ('R');Delay(Impede);Sound(Voice);Delay(Impede);NoSound;
Write ('O');Delay(Impede);Sound(Voice);Delay(Impede);NoSound;
Write ('G');Delay(Impede);Sound(Voice);Delay(Impede);NoSound;
Write ('R');Delay(Impede);Sound(Voice);Delay(Impede);NoSound;
Write ('A');Delay(Impede);Sound(Voice);Delay(Impede);NoSound;
Write ('M');Delay(Impede);Sound(Voice);Delay(Impede);NoSound;
Write (' ');
Write ('F');Delay(Impede);Sound(Voice);Delay(Impede);NoSound;
Write ('O');Delay(Impede);Sound(Voice);Delay(Impede);NoSound;
Write ('R');Delay(Impede);Sound(Voice);Delay(Impede);NoSound;
Write (' ');
Write ('D');Delay(Impede);Sound(Voice);Delay(Impede);NoSound;
Write ('I');Delay(Impede);Sound(Voice);Delay(Impede);NoSound;
Write ('S');Delay(Impede);Sound(Voice);Delay(Impede);NoSound;
Write ('T');Delay(Impede);Sound(Voice);Delay(Impede);NoSound;
Write ('I');Delay(Impede);Sound(Voice);Delay(Impede);NoSound;
Write ('L');Delay(Impede);Sound(Voice);Delay(Impede);NoSound;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
Write ('L');Delay(Impede);Sound(Voice);Delay(Impede);NoSound;
Write ('A');Delay(Impede);Sound(Voice);Delay(Impede);NoSound;
Write ('T');Delay(Impede);Sound(Voice);Delay(Impede);NoSound;
Write ('I');Delay(Impede);Sound(Voice);Delay(Impede);NoSound;
Write ('O');Delay(Impede);Sound(Voice);Delay(Impede);NoSound;
Write ('N');Delay(Impede);Sound(Voice);Delay(Impede);NoSound;
Write (' ');
Write ('C');Delay(Impede);Sound(Voice);Delay(Impede);NoSound;
Write ('O');Delay(Impede);Sound(Voice);Delay(Impede);NoSound;
Write ('L');Delay(Impede);Sound(Voice);Delay(Impede);NoSound;
Write ('U');Delay(Impede);Sound(Voice);Delay(Impede);NoSound;
Write ('M');Delay(Impede);Sound(Voice);Delay(Impede);NoSound;
Write ('N');Delay(Impede);Sound(Voice);Delay(Impede);NoSound;
Write (' ');
Write ('S');Delay(Impede);Sound(Voice);Delay(Impede);NoSound;
Write ('I');Delay(Impede);Sound(Voice);Delay(Impede);NoSound;
Write ('M');Delay(Impede);Sound(Voice);Delay(Impede);NoSound;
Write ('U');Delay(Impede);Sound(Voice);Delay(Impede);NoSound;
Write ('L');Delay(Impede);Sound(Voice);Delay(Impede);NoSound;
Write ('A');Delay(Impede);Sound(Voice);Delay(Impede);NoSound;
Write ('T');Delay(Impede);Sound(Voice);Delay(Impede);NoSound;
Write ('I');Delay(Impede);Sound(Voice);Delay(Impede);NoSound;
Write ('O');Delay(Impede);Sound(Voice);Delay(Impede);NoSound;
Write ('N');Delay(Impede);Sound(Voice);Delay(Impede);NoSound;
WriteLn;Delay(2*Impede);
TextColor(LightGreen);
WriteLn;
WriteLn('Please select component in feed stock. (Select y/n)':35);
WriteLn;
WriteLn;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
FixedX:= WhereX+3;
FixedY:= WhereY;
TextColor(Yellow);
Name[1]:= 'Acetaldehyde    ';
Name[2]:= 'Ethyl alcohol   ';
Name[3]:= 'i-Propyl alcohol';
Name[4]:= 'i-Butyl alcohol ';
Name[5]:= 'n-Butyl alcohol ';
Name[6]:= 'Methanol        ';
Name[7]:='Acetone          ';
Name[8]:= 'Water           ';
Write('  1. Acetaldehyde    ':20);
PosX:= WhereX+2;
PosY:= WhereY;
WriteLn;
WriteLn('  2. Ethyl alcohol   ':20);
WriteLn('  3. i-Propyl alcohol ':20);
WriteLn('  4. i-Butyl alcohol  ':20);
WriteLn('  5. n-Butyl alcohol  ':20);
WriteLn('  6. Methanol         ':20);
WriteLn('  7. Acetone          ':20);
WriteLn('  8. Water            ':20);
FOR i:= 1 TO Component DO
BEGIN
  GoToXY(PosX,PosY);
  ReadLn(Check[i]);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    IF (Check[i] = 'Y') OR (Check[i] = 'Y') THEN
    BEGIN
      TextColor(LightRed);
      GoToXY(FixedX,FixedY);
      Write(i,' ',Name[i]);
      TextColor(Yellow);
    END;
    FixedY:= FixedY+1;
    PosY:= PosY+1;
  END;
  GoToXY(PosX,PosY);
  FOR i:= 1 TO Component DO
    IF (Check[i] = 'Y') OR (Check[i] = 'Y') THEN
      Check[i]:= 'Y'
    ELSE
      Check[i]:= 'N';
END;
{-------------------------------------------------------------------------------------------------------}
PROCEDURE SortTemp(VAR Check:Starray);
VAR
  j,M,COUNT: integer;
  x: Real;  {Don't forget transfer data to external}
BEGIN {Main sorttemp}
  Assign(Databasefile,filename);
  Reset (Databasefile);
  WHILE NOT eof(databasefile) DO Read(Databasefile,Databaserec);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
  WITH DatabaseRec DO
  BEGIN{DATABASEREC}
    j:= 1;
    i:= 1;
    RealComponent:= 0;
    REPEAT {Check AND Transfer data}
      IF Check[i] = 'Y' THEN
      BEGIN
        BoilTemp[j]:= ConstCalc[i,9];
        RealComponent:= RealComponent + 1;
        j:= j+1;
      END;
    i:= i+1;
    UNTIL i > Component;
  END;{DATABASEREC}
BEGIN {Sort}
    j:= j-2;
    FOR i:=1 TO j DO
    BEGIN
      FOR COUNT:=1 TO j DO
        IF BoilTemp[COUNT] > BoilTemp[COUNT+1] THEN
        BEGIN
          x:= BoilTemp[COUNT];
          BoilTemp[COUNT]:= BoilTemp[COUNT+1];
          BoilTemp[COUNT+1]:= x
        END;
    END;
  END;{Sort}
  Clrscr;
END; {Main}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
PROCEDURE InputData(VAR nStage:AStage;Check:Starray);
VAR
  CheckN_Stage,CheckF_Stage,SureQuit : String[1];
  PROCEDURE TotalStage;
  BEGIN
    ClrScr;
    TextBackGround(Blue);
    TextColor(White);
    WriteLn;
    WriteLn;
    Write('  Please Specify the number of stages, N = ');ReadLn(N);
    ClrScr;
  END;
  PROCEDURE ConditionFeedTopBottom;
  BEGIN
    Clrscr;
    TextColor(White);
    REPEAT
      WriteLn;
      Write('  Please Specify the order of stage : ');ReadLn(j);
      WITH NStage[j] DO
        IF j = 1 THEN
        BEGIN
          WriteLn('  Top of the column');
          Write('  F = ');ReadLn(F);
          IF F<>0 THEN
          BEGIN
            IF (CheckUnit = 'Y') OR (CheckUnit = 'Y') THEN
              Write('  Pressure of the feed (atm) : ', 'Pf = ')
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
ELSE
  Write(' Pressure of the feed (Psia) : ','Pf = ');
ReadLn(Nstage[1].Pf);
CheckFeed[1]:= 'Y';
i:= 1;
REPEAT
  IF Check[i] = 'Y' THEN
  BEGIN
    Write(' Mole fraction of ',Name[i],', x = ');
    ReadLn(feedcomponentx[i,1]);
    i:= i+1;
  END
  ELSE {Check[i]}
    i:= i+1;
UNTIL i = 9;
Write(' U (Distillate) = ');ReadLn(U);
IF (CheckP = 'Y') OR (CheckP = 'Y') THEN P:= 14.7
ELSE
BEGIN
  Write(' Pressure of the Top (atm), P = ');
  ReadLn(P)
END;
NStage[j].Temp:= 0;
END {IF F<>0}
ELSE
BEGIN
  Write(' U (Distillate) = ');ReadLn(U);
  IF (CheckP = 'Y') OR (CheckP = 'Y') THEN P:= 14.7
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
      ELSE
      BEGIN
        Write('  Pressure of the Top (atm), P = ');
        ReadLn(P);
      END;
    END;
END {IF j = 1}
ELSE IF j = N THEN
BEGIN
  WriteLn('  Bottom of the column');
  Write('  F = ');ReadLn(F);
  IF F<>0 THEN
  BEGIN
    IF (CheckUnit = 'Y') OR (CheckUnit = 'Y') THEN
      Write('  Pressure of the feed (atm) : ','Pf = ')
    ELSE
      Write('  Pressure of the feed (Psia) :', 'Pf = ');
    ReadLn(Nstage[N].pf);
    CheckFeed[N]:= 'Y';
    i:= 1;
    REPEAT
      IF Check[i] = 'Y' THEN
      BEGIN
        Write('  Mole fraction of ',Name[i],', x = ');
        ReadLn(feedcomponentx[i,N]);
        i:= i+1;
      END
      ELSE
        i:= i+1;
    UNTIL i = 9;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
      Write('  W = ');ReadLn(W);
      Write('  L (Bottom)  = ');ReadLn(L);
      IF (CheckP = 'Y') OR (CheckP = 'y') THEN P:= 14.7
      ELSE
      BEGIN
        Write('Pressure of the bottom (atm), P = ');
        ReadLn(P);
      END;
      NStage[j].Temp:= 0;
    END
    ELSE
    BEGIN
      Write('  W = ');ReadLn(W);
      Write('  L (Bottom)  = ');ReadLn(L);
      IF (CheckP = 'Y') OR (CheckP = 'y') THEN P:= 14.7
      ELSE
      BEGIN
        Write('Pressure of the bottom (atm), P = ');
        ReadLn(P);
      END;
    END;
  END
  ELSE
  BEGIN
    WriteLn('  Stage ',j);
    Write('  F = ');ReadLn(F);
    i:= 1;
    IF F <> 0 THEN CheckFeed[j]:= 'Y';
    IF (CheckUnit = 'Y') OR (CheckUnit = 'y') THEN
      Write('  Pressure of the feed (atm) : ','Pf = ')
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        ELSE
          Write('  Pressure of the feed (Psia) : ','Pf = ');
        ReadLn(Nstage[j].pf);
        REPEAT
          IF Check[i] = 'Y' THEN
          BEGIN
            Write('  Mole fraction of ',Name[i],', x = ');
            ReadLn(feedcomponentx[i,j]);
            i:= i+1;
          END
          ELSE
            i:= i+1
        UNTIL i = 9;
        NStage[j].Temp:= 0;
        Write('  Q = ');ReadLn(Q);
        Write('  U = ');ReadLn(U);
        Write('  W = ');ReadLn(W);
      END;
      Write('  Do you have other feed stage(s). (y/n) : ');
      ReadLn(CheckF_Stage);
      Clrscr;
  UNTIL CheckF_Stage = 'n' ;
END; {PROCEDURE ConditionFeedTopBottom}

PROCEDURE ConditionOthersStage;
BEGIN
  Clrscr;
  TextColor(White);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
  REPEAT
    Write('  Please Specify the order of stage : ');ReadLn(j);
    WITH NStage[j] DO
    BEGIN
      WriteLn('  Stage ',j);
      Write('  U = ');ReadLn(U);
      Write('  W = ');ReadLn(W);
      Write('  Q = ');ReadLn(Q);
    END;
    Write('  Do you have other condition stage(s). (y/n) : ');
    ReadLn(CheckN_Stage);
    Clrscr;
  UNTIL CheckN_Stage = 'N';
END;

PROCEDURE RefluxRatio;
BEGIN
  Clrscr;
  TextColor(White);
  WriteLn;
  Write('  Reflux ratio, R = ');
  ReadLn(R);
  Clrscr;
END;

PROCEDURE Exit;
BEGIN
  WriteLn;
  TextColor(LightRed+128);
  Write('  Are you sure to quit? (y/n) : ');
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    TextColor(White);
    Sound(330);
    Delay(250);
    NoSound;
    ReadLn(SureQuit);
    IF NOT((SureQuit = 'Y') OR (SureQuit = 'Y')) THEN Choose:= 6;
  END;
{-------------------------------------------------------------------------------------------------------}
BEGIN {PROCEDURE InputData (Main PROCEDURE)}
  Clrscr;
  WriteLn;
  TextColor(Yellow);
  CheckUnit:= '*';
  REPEAT
    ClrScr;
    WriteLn('The basic unit of your input data is :');
    WriteLn('1: British Unit ');
    WriteLn('2: SI Unit ');
    IF (CheckUnit = '1') OR (CheckUnit = '2') OR (CheckUnit = '*') THEN
      Write('Please select 1 or 2 ==> ')
    ELSE
      Write('Please select 1 or 2 only ==> ');
    ReadLn(CheckUnit);
    IF CheckUnit = '1' THEN CheckUnit:= 'N'
    ELSE IF CheckUnit = '2' THEN CheckUnit:= 'Y'
    ELSE
      WriteLn('Sorry! Your selection was the mismatch.');
  UNTIL (CheckUnit = 'Y') OR (CheckUnit = 'N');
  WriteLn;
  TextColor(LightRed);
```

เอกสารนี้ใช้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
i:= 0;
Write('The pressure in your column is 1 atm or not?  Yes/No : ');
ReadLn(CheckP);
REPEAT
  ClrScr;
  TextColor(Yellow);
  WriteLn;
  WriteLn;
  WriteLn('   Choose the Choice');WriteLn;
  WriteLn('   1) The number of your total stages');
  WriteLn('   2) The condition of feed, Top and bottom  ');
  WriteLn('   3) The condition other stages ');
  WriteLn('   4) Reflux ratio ');
  WriteLn('   5) Exit ');
  Write('   Please Specify your choice  ');ReadLn(Choose);
  CASE Choose OF
    1: TotalStage;
    2: ConditionFeedTopBottom;
    3: ConditionOthersStage;
    4: RefluxRatio;
    5: Exit;
  END;{CASE}
UNTIL Choose = 5;
IF CheckUnit = 'Y' THEN
BEGIN
  FOR j:= 1 TO N DO
  BEGIN
    NStage[j].F:= NStage[j].F*2.2046;
    NStage[j].U:= NStage[j].U*2.2046;
    NStage[j].W:= NStage[j].W*2.2046;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
      Nstage[j].L:=Nstage[j].L*2.2046;
      NStage[j].T:= 0;
    END;
    IF NOT((CheckP = 'Y') OR (CheckP = 'Y')) THEN
    BEGIN
      NStage[1].P:= NStage[1].P*14.7;
      NStage[N].P:= NStage[N].P*14.7;
    END;
  END;
END;
{-----------------------------------------------------------------------------------------------------------}
PROCEDURE Calc_L1_V1_P (VAR NStage:AStage);
VAR
  j: integer;
  Pavg: Real;
BEGIN
  NStage[1].L:= (R*NStage[1].U);
  j:= 1;
  REPEAT
    NStage[j+1].L:= NStage[j].L;
    j:= j+1;
  UNTIL j = N-1;
  NStage[2].V:= (NStage[1].L+NStage[1].U+NStage[1].W-NStage[1].F);
  j:= 2;
  REPEAT
    NStage[j+1].V:= NStage[j].V;
    j:= j+1;
  UNTIL j = N;
END;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
PROCEDURE SelectLightKey;
BEGIN
  IF RealComponent MOD 2 = 0 THEN
    LK := RealComponent DIV 2
  ELSE
    LK := (RealComponent+1) DIV 2
END;
{-------------------------------------------------------------------------------------------------------}
FUNCTION SummationF : Real;
VAR
  i, j: integer;
BEGIN
  SumF:= 0;
  FOR i:= 1 TO N DO SumF:= SumF + NStage[i].F;
  SummationF:= SumF;
END;{Complete FUNCTION}
{-------------------------------------------------------------------------------------------------------}
FUNCTION SummationX(i:integer) : Real;
VAR
  j: integer;
  SumX: Species;
BEGIN
  SumX[i]:= 0;
  FOR j:= 1 TO N DO
    SumX[i]:= SumX[i] + NStage[j].F*feedcomponentx[i,j];
  SummationX:= SumX[i]/SummationF;
END;{Complete FUNCTION}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
PROCEDURE SearchPositionX(VAR Position:Positions);
VAR
  i, Address : integer;
  Result : Boolean;
BEGIN
  FOR i:= 1 TO RealComponent DO
  BEGIN
    Address:= 1;
    Result := true;
    WHILE Result DO
      WITH DatabaseRec DO
        IF NOT (BoilTemp[i] = ConstCalc[Address,9]) THEN
          Address:= Address + 1
        ELSE
        BEGIN
          Result:= false;
          Position[i]:= Address;
        END;
  END;{FOR loop}
END;{Output: Position's X}{Complete PROCEDURE}
{-------------------------------------------------------------------}
PROCEDURE SetTemp;
VAR
  at, i, j :integer;
  InitTemp, SumFatTop: Real;
  Position: Positions;
BEGIN
  SelectLightKey;
  SearchPositionX(Position);
  InitTemp:= 0;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
SumFatTop:= 0;
FOR i:= 1 TO Component DO SumX[i]:= SummationX(i);{Receive sigmaX}
FOR i:= 1 TO RealComponent DO
BEGIN
  j:= Position[i];{We will know, what 'j' is component.}
  IF i < LK THEN
    SumFatTop:= SumFatTop + SummationF*SumX[j]
  ELSE IF i > LK THEN
    SumFatTop:= SumFatTop + 0.01*SummationF*SumX[j]
  ELSE
    SumFatTop:= SumFatTop + 0.98*SummationF*SumX[j];
END;{Receive the total feed on the Top.}
FOR i:= 1 TO RealComponent DO
BEGIN
  j:= Position[i];
  IF i < LK THEN
    SumX[j]:= SummationF*SumX[j]/SumFatTop
  ELSE IF i > LK  THEN
    SumX[j]:= 0.01*SummationF*SumX[j]/SumFatTop
  ELSE
    SumX[j]:= 0.98*SummationF*SumX[j]/SumFatTop;
END;{Receive the mole fraction in any component on the Top.}
FOR i:= 1 TO RealComponent DO
BEGIN
  j:= Position[i];
  IF i < LK THEN
    InitTemp:= InitTemp + SumX[j]*BoilTemp[i]
  ELSE IF i > LK THEN
    InitTemp:= InitTemp + SumX[j]*BoilTemp[i]
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    ELSE {i = LK}
      InitTemp:= InitTemp + SumX[j]*BoilTemp[i];
  END;
  Nstage[1].T:=InitTemp;
END;{SetTemp}{Complete PROCEDURE}
{-------------------------------------------------------------------------------------------------------}
PROCEDURE AssumeAvgTemp(VAR NStage : AStage);
VAR
  DiffT : Real;
BEGIN
  ReadPlate:= N;
  DiffT:= (BoilTemp[RealComponent] - NStage[1].T)/(ReadPlate - 1);
  FOR i:=2 TO N DO Nstage[i].T:=Nstage[i-1].T+DiffT;
END;{AssumeAvgTemp}{Complete PROCEDURE}
{-------------------------------------------------------------------------------------------------------}
FUNCTION Power(i,j : Real) : Real;{i^j}
BEGIN
  Power:= exp(j*ln(i));
END;
{-------------------------------------------------------------------------------------------------------}
FUNCTION Log(j : Real) : Real;{log j}
BEGIN
  Log:= ln(j)/ln(10);
END;
{-------------------------------------------------------------------------------------------------------}
PROCEDURE CalTotalPressure(VAR NStage : AStage);
VAR
  j : integer;
  DiffP : Real;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
BEGIN
  ReadPlate := N;{input integer value into real}
  DiffP:= (NStage[N].P - NStage[1].P)/(ReadPlate - 1);
  FOR j:= 1 TO N DO
    IF NOT (j = 1) THEN NStage[j].P:= NStage[j-1].P + DiffP;
END;
{-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------}
PROCEDURE CalPK(Tray : integer;VAR NStage:AStage);
VAR
  i : integer;
  DiffP : Real;
BEGIN
  FOR i := 1 TO Component DO
  WITH DatabaseRec DO
  BEGIN
    IF (Check[i] = 'Y') OR (Check[i] = 'Y') THEN
    BEGIN
      AA[i]:= ConstCalc[i,1];
      BB[i]:= ConstCalc[i,2];
      CC[i]:= ConstCalc[i,3];
      Pc[i]:= ConstCalc[i,11];
      NStage[Tray].VP[i]:= Pc[i]*exp(AA[i]-BB[i]/(NStage[Tray].T + CC[i]))
    END
    ELSE NStage[Tray].VP[i]:= 0;
  END;{Output : The Antoine's constant.}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
  IF  TestP = 'Y' THEN
  BEGIN
   FOR i:= 1 TO Component DO
   IF (Check[i] = 'Y') OR (Check[i] = 'y') THEN
     NStage[Tray].K[i] := NStage[Tray].VP[i]/NStage[Tray].PF;
  END
  ELSE
   FOR i:= 1 TO Component DO
     IF (Check[i] = 'Y') OR (Check[i] = 'y') THEN
       NStage[Tray].K[i] := NStage[Tray].VP[i]/NStage[Tray].P;
END;{CalPK}{Complete PROCEDURE}
{-------------------------------------------------------------------------------------------------------}
PROCEDURE CalY(Tray : integer;VAR NStage : AStage);
VAR
  i : integer;
BEGIN
  FOR i:= 1 TO Component DO
   IF (Check[i] = 'Y') OR (Check[i] = 'y')  THEN
    NStage[Tray].y[i]:= NStage[Tray].K[i]*NStage[Tray].x[i];
END;{CalY}
{-------------------------------------------------------------------------------------------------------}
FUNCTION SumY(Tray : integer) : Real;{Use calculate in each tray.}
VAR
  i : integer;
  Sum : Real;
BEGIN
  Sum  := 0;
  FOR i := 1 TO Component DO Sum := Sum + NStage[Tray].y[i];
  SumY := Sum;
END;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
FUNCTION MaxYi(Tray : integer) : integer;{The position 'i' is maximum Y.}
VAR
  i, MaxY : integer;
BEGIN
  MaxY := 1;
  FOR i := 2 TO Component DO
    IF NStage[Tray].y[MaxY] <= NStage[Tray].y[i] THEN MaxY := i;
  MaxYi:= MaxY;
END;{Output : The position 'i'}
{-----------------------------------------------------------------------------------------------------}
FUNCTION SelectedSpecies(Tray : integer) : integer;
VAR
  i, j, Used: integer;
  Result : Boolean;
BEGIN
  Result:= True;
  WHILE (Result) DO
  BEGIN
    FOR j:= 1 TO N DO
    BEGIN
      IF (Tray = j) THEN
      BEGIN
        FOR i:= 1 TO Component DO
        IF (NStage[Tray].x[i] > 0) AND Result THEN
        BEGIN
          Used:= i;
          Result:= False;
        END;
      END;
    END;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
  END;
  SelectedSpecies:= Used;
END;
{-------------------------------------------------------------------------------------------------------------}
PROCEDURE CalTsat(Tray : integer);
VAR
  i: integer;
BEGIN
  FOR i:= 1 TO Component DO
    IF (Check[i] = 'Y') OR (Check[i] = 'y') THEN
      NStage[Tray].Tsat[i]:= (BB[i]/(AA[i]- ln(NStage[Tray].P/Pc[i])))-CC[i]
    ELSE
      NStage[Tray].Tsat[i]:= 0;
END;{Output: Receive New Temperature.}
{-------------------------------------------------------------------------------------------------------------}
PROCEDURE CalculateNewVPJ(Tray : integer);{Arbitrarily selected species from the set [i] }
VAR
  i, Selected : integer;
  Summation : Real;
BEGIN
  Selected:= SelectedSpecies(Tray);
  Summation:= 0;
  FOR i:= 1 TO Component DO
   IF (Check[i] = 'Y') OR (Check[i] = 'y') THEN
     Summation:= Summation + (NStage[Tray].x[i]*NStage[Tray].VP[i]/
                  NStage[Tray].VP[Selected]);
     NStage[Tray].VP[Selected]:= NStage[Tray].P/Summation;
END;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
PROCEDURE CalCulateTemp(Tray : integer);
VAR
  i, Selected : integer;
BEGIN
  Selected:= SelectedSpecies(Tray);
  NStage[Tray].T:= (BB[Selected]/
                    (AA[Selected]-ln(NStage[Tray].VP[Selected]/Pc[Selected]))-CC[Selected]);
END;
{-------------------------------------------------------------------------------------------------------}
PROCEDURE CalculateNewTemp(Tray : integer);{Use eq.12.3 in Thermo's book.}
VAR
  i, Selected: integer;
  Temporary, SummationY, del : Real;
BEGIN
  i:= 1;
  CalTsat(Tray);
  NStage[Tray].T:= 0;
  FOR i:= 1 TO Component DO
   IF (Check[i] = 'Y') OR (Check[i] = 'y') THEN
    NStage[Tray].T:= NStage[Tray].T + NStage[Tray].Tsat[i]*NStage[Tray].x[i];
  CalPK(Tray,NStage);
  CalY(Tray,NStage);
  CalculateNewVPJ(Tray);
  CalculateTemp(Tray);
  REPEAT
    Temporary:= NStage[Tray].T;
    CalPK(Tray,NStage);
    CalY(Tray,NStage);
    SummationY:= SumY(Tray);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
      FOR i:= 1 TO Component DO
        IF (Check[i] = 'Y') OR (Check[i] = 'y') THEN
          NStage[Tray].y[i]:= NStage[Tray].y[i]/SummationY
        ELSE
          NStage[Tray].y[i]:= 0;
      FOR i:= 1 TO Component DO
        IF ((Check[i] = 'Y') OR (Check[i] = 'y')) AND (TestP = 'Y') THEN
          NStage[Tray].x[i]:= NStage[Tray].y[i]*NStage[Tray].Pf/NStage[Tray].VP[i]
        ELSE IF (Check[i] = 'Y') OR (Check[i] = 'y') THEN
          NStage[Tray].x[i]:= NStage[Tray].y[i]*NStage[Tray].P/NStage[Tray].VP[i]
        ELSE
          NStage[Tray].x[i]:= 0;
      CalculateNewVPJ(Tray);
      CalculateTemp(Tray);
      del:= abs(Temporary - NStage[Tray].T);
    UNTIL del <= 0.01;
  END;
  {-------------------------------------------------------------------------------------------------------}
  PROCEDURE SetSatLiquid;
  VAR BoxP: real;
  BEGIN
    FOR j:= 1 TO N DO
      IF CheckFeed[j] = 'Y' THEN
      BEGIN
        TestP:='Y';
        NStage[j].T:= 0;
        BoxP:= NStage[j].P;
        NStage[j].P:= NStage[j].Pf;
        FOR i:= 1 TO Component DO NStage[j].x[i]:= FeedComponentx[i,j];
        CalPK(j,NStage);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        CalY(j,NStage);
        CalculateNewTemp(j);
        FOR i:= 1 TO Component DO FeedComponentY[i,j]:= NStage[j].y[i];
        NStage[j].Temp:= NStage[j].T;
        NStage[j].T:= 0;
        NStage[j].P:= BoxP;
        FOR i:= 1 TO Component DO
        BEGIN
          NStage[j].x[i]:= 0;
          NStage[j].y[i]:= 0;
          NStage[j].VP[i]:= 0;
          NStage[j].K[i]:= 0;
        END;
        TestP:='N';
      END;
  END;
{-------------------------------------------------------------------------------------------------------------}
PROCEDURE Calc_A_B_C_D(i: integer;VAR NStage:Astage);
VAR
  m,j:integer;
BEGIN {Calculate any summation terms, example sum[m] is mean the summation
         about m = 1 TO j-1.}
  Sum[1]:= (NStage[1].F - NStage[1].W - NStage[1].U);
  m:= 2;
  REPEAT
    Sum[m]:= (NStage[m].F-NStage[m].W-NStage[m].U) + Sum[m-1];
    m:= m+1;
  UNTIL m > N;{Output: Receive any summation terms.}
  j:= 2;{Start compute A[j]}
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
REPEAT
  A[j]:= NStage[j].V + Sum[j-1];
  j:= j+1;
UNTIL j > N;
j:= 1;{Start compute B[j]}
REPEAT
  B[j]:= -(NStage[j+1].V+Sum[j]-NStage[1].V+NStage[j].U+
        (NStage[j].V+NStage[j].W)*NStage[j].K[i]);
  j:= j+1;
UNTIL j > N;
j:= 1;{Start compute C[j]}
REPEAT
  C[j]:= NStage[j+1].V*NStage[j+1].K[i];
  j:= j+1;
UNTIL j > N-1;
j:= 1;{Start compute D[j]}
REPEAT
  D[j]:= -NStage[j].F*FeedComponentx[i,j];
  j:= j+1;
UNTIL j > N;
j:= 2;{Start compute p and q}
p[1]:= C[1]/B[1];
q[1]:= D[1]/B[1];
REPEAT
  p[j]:=C[j]/(B[j]-A[j]*p[j-1]);
  q[j]:=(D[j]-A[j]*q[j-1])/(B[j]-A[j]*p[j-1]);
  j:= j+1;
UNTIL j > N;
NStage[N].x[i]:= q[N];
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
  FOR j:= N DOWNTO 2 DO{Start compute x}
    NStage[j-1].x[i]:= q[j-1]-p[j-1]*NStage[j].x[i];
  FOR j:=1 TO N  DO
  FOR i:=1 TO Component DO
      IF NStage[j].x[i] < 0 THEN
       NStage[j].x[i]:= abs(NStage[j].X[I])
      ELSE
END;{Calc_A_B_C_D}
{-------------------------------------------------------------------------------------------------------}
PROCEDURE CalcNormalized(VAR Nstage:Astage);
VAR
  Normalizedx: calc;
  i,j:integer;
BEGIN
  FOR j:= 1 TO N DO NormalizedX[j]:= 0;
  FOR j:=1 TO N DO
  BEGIN
    FOR i:=1 TO Component DO
     IF (Check[i] = 'Y') OR (Check[i] = 'y') THEN
       NormalizedX[j]:= Nstage[j].x[i]+NormalizedX[j];
    FOR i:=1 TO Component DO
     IF (Check[i] = 'Y') OR (Check[i] = 'y') THEN
       Nstage[j].x[i]:= Nstage[j].x[i]/NormalizedX[j];
  END;
END;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
PROCEDURE Compute_HFfeed(Check:Starray ;VAR NStage:AStage);
  BEGIN
  Assign(Databasefile,filename);
  Reset (Databasefile);
  WHILE NOT eof(databasefile) DO
    Read(Databasefile,Databaserec);
  WITH DatabaseRec DO
  BEGIN{DATABASEREC}
    FOR i:= 1 TO Component DO
    BEGIN
      BoilTemp[i]:= ConstCalc[i,9];
      DelH0[i]:= (ConstCalc[i,10]*(BoilTemp[i]-32))+ConstCalc[i,12]; {32 F is reference temp.}
    END;
    FOR j:= 1 TO N DO NStage[j].HfStage:= 0; {Neglected influence of 'y'}
    FOR j:= 1 TO N DO {Compute Hx}
    BEGIN
      IF (CheckFeed[j] = 'Y') OR (CheckFeed[j] = 'y') THEN
      BEGIN
        FOR i:= 1 TO Component DO
          IF (Check[i] = 'Y') OR (Check[i] = 'y') THEN
            NStage[j].Hfeedx[i]:= ConstCalc[i,10]*(NStage[j].Temp-32)*FeedComponentX[i,j]
          ELSE NStage[j].Hfeedx[i]:= 0;
        FOR i:= 1 TO Component DO
          NStage[j].HfStage:= NStage[j].HfStage + NStage[j].Hfeedx[i];
      END
    END
   END;{WITH DatabaseRec}
  Close(DatabaseFile);
END;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
PROCEDURE Calc_Hxstage_Hystage ( Check:Starray ;VAR  NStage:AStage);
BEGIN
  Assign(Databasefile,filename);
  Reset (Databasefile);
  WHILE NOT eof(databasefile) DO
    Read(Databasefile,Databaserec);
  WITH DatabaseRec DO
  BEGIN{DATABASEREC}
    FOR i:= 1 TO Component DO
    BEGIN
      BoilTemp[i]:= ConstCalc[i,9];
      DelH0[i]:= (ConstCalc[i,10]*(BoilTemp[i]-32))+ConstCalc[i,12]; {32 F is reference temp.}
    END;
    FOR j:= 2 TO N DO{Compute Hy total condenser}
    BEGIN
      FOR i:= 1 TO Component DO
      BEGIN
        IF (Check[i] = 'Y') OR (Check[i] = 'y') THEN
        BEGIN
          NStage[j].Hy[i]:=((ConstCalc[i,4]*(NStage[j].T-BoilTemp[i]))+
                            ((ConstCalc[i,5]*(power(NStage[j].T,2)-power(BoilTemp[i],2)))/2)
                           +((ConstCalc[i,6]*(power(NStage[j].T,3)-power(BoilTemp[i],3)))/3)
                           +((ConstCalc[i,7]*(power(NStage[j].T,4)-power(BoilTemp[i],4)))/4)
                           +((ConstCalc[i,8]*(power(NStage[j].T,5)-power(BoilTemp[i],5)))/5)
                           +DelH0[i]);
          NStage[j].Hy[i]:= NStage[j].y[i]*NStage[j].Hy[i]
        END
        ELSE NStage[j].Hy[i]:= 0;
      END;
      NStage[j].HyStage:= 0;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
      FOR i:= 1 TO Component DO
        NStage[j].HyStage:= NStage[j].HyStage + NStage[j].Hy[i];
    END;
    FOR j:= 1 TO N DO{Compute Hx}
    BEGIN
      FOR i:= 1 TO Component DO
        IF (Check[i] = 'Y') OR (Check[i] = 'y') THEN
          NStage[j].Hx[i]:= ConstCalc[i,10]*(NStage[j].T-32)*NStage[j].x[i]
        ELSE NStage[j].Hx[i]:= 0;
      NStage[j].HxStage:= 0;
      FOR i:= 1 TO Component DO NStage[j].HxStage:= NStage[j].HxStage + NStage[j].Hx[i];
    END;
  END;{WITH DatabaseRec}
 Close(DatabaseFile);
END;
{-------------------------------------------------------------------------------------------------------}
PROCEDURE Heatcondenser_Reboiler(VAR Nstage:Astage);
VAR
  j:integer;
  SomeTerm, SumQ: Real;
BEGIN
  {Condenser}
  NStage[1].Q:=  (NStage[2].V*NStage[2].HyStage)+(NStage[1].F*NStage[1].HfStage)
                -((NStage[1].L+NStage[1].U)*NStage[1].HxStage)-
                 ((NStage[1].V+NStage[1].W)*NStage[1].HyStage);
  {Reboiler}
  SomeTerm:= 0;
  SumQ:= 0;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
  FOR j:=1 TO N DO
    SomeTerm:= (NStage[j].F*NStage[j].HfStage)-(NStage[j].U*NStage[j].HxStage)-
                (NStage[j].W*NStage[j].HyStage)+SomeTerm;
  FOR j:=1 TO N-1  DO
    SumQ:= NStage[j].Q+SumQ;
  NStage[N].Q:= SomeTerm-SumQ-(NStage[1].V*NStage[1].HyStage)
                -(NStage[N].L*NStage[N].HxStage)
END;
{-------------------------------------------------------------------------------------------------}
PROCEDURE SetProgram(VAR Nstage:Astage);
BEGIN
  FOR j:= 1 TO Plate DO
    BEGIN
    NStage[j].F:= 0;
    NStage[j].V:= 0;
    NStage[j].L:= 0;
    NStage[j].Q:= 0;
    NStage[j].P:= 0;
    NStage[j].T:= 0;
    NStage[j].HFStage:= 0;
    NStage[j].HxStage:= 0;
    NStage[j].HyStage:= 0;
    FOR i:=1 TO Component DO
    BEGIN
      NStage[j].x[i]:= 0;
      NStage[j].y[i]:= 0;
      FeedComponentX[i,j]:= 0;
      FeedComponentY[i,j]:= 0;
      NStage[j].VP[i]:= 0;
      NStage[j].K[i]:= 0;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
      NStage[j].Hx[i]:= 0;
      NStage[j].Hy[i]:= 0;
    END;
  END;
END;
{*-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------}
PROCEDURE CalcNewV_L(VAR NStage:Astage);
VAR
  j :integer;
  al, be, ga : ARRAY [2..Plate] OF Real;
  SumFWU: ARRAY[1..Plate] OF Real;
BEGIN
  FOR j:= 2 TO Plate DO
  BEGIN
    al[j]:= 0;
    be[j]:= 0;
    ga[j]:= 0;
  END;
  FOR j:= 2 TO N-1 DO
  BEGIN
    al[j]:= NStage[j-1].HxStage-NStage[j].HyStage;
    be[j]:= NStage[j+1].HyStage-NStage[j].HxStage;
  END;
  FOR j:= 1 TO N DO SumFWU[j]:= 0;
  SumFWU[1]:= (NStage[1].F-NStage[1].W-NStage[1].U);
  FOR j:= 2 TO N-1 DO SumFWU[j]:= SumFWU[j-1]+(NStage[j].F-NStage[j].W-NStage[j].U);
  FOR j:= 2 TO N-1 DO
    ga[j]:= (SumFWU[j-1]-NStage[1].V)*(NStage[j].HxStage-NStage[j-1].HxStage)+
            (NStage[j].F*(NStage[j].HxStage-NStage[j].HfStage))+
            (NStage[j].W*(NStage[j].HyStage-NStage[j].HxStage))+NStage[j].Q;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
{Start computing Vj}
  FOR j:= 3 TO N DO  NStage[j].V:= abs((ga[j-1]-(al[j-1]*NStage[j-1].V))/be[j-1]);
{Start computing Lj}
  FOR j:= 2 TO N-1 DO NStage[j].L:= abs(NStage[j+1].V+SumFWU[j]);
END;
{-------------------------------------------------------------------------------------------------------------}
PROCEDURE KeepOldTemp(NStage:AStage);
BEGIN
  FOR j:= 1 TO N DO TkOld[j]:= NStage[j].T
END;
{-------------------------------------------------------------------------------------------------------------}
FUNCTION CheckDeltaT(NStage: AStage):Real;
VAR
  j,k : integer;
  SumDeltaTsquare : Real;
  DeltaT : Calc;
BEGIN
  SumDeltaTsquare:= 0;
  FOR j:= 1 TO N DO
  BEGIN
    DeltaT[j]:= (NStage[j].T - TkOld[j])*(NStage[j].T - TkOld[j]);
    SumDeltaTsquare:= SumDeltaTsquare + DeltaT[j];
  END;
  CheckDeltaT:= SumDeltaTsquare;
END;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
PROCEDURE Graph_T_Stage;
BEGIN{Graphics}
  Graphdriver:=  detect;
  InitGraph(GraphDriver,GraphMode,'');
  xMAX:=GetMaxX; yMax:=GetMaxY;
  SetLineStyle(solidln,0,NormWidth);
  SetColor(15);
  SetBkColor(0);
  SetViewPort(0,0,640,480,clipoff);
  MoveTo(50,30);
  LineTo(50,450);
  MoveTo(50,450);
  LineTo(500,450);
  Scale[1]:= 30;
  FOR i:= 2 TO 15 DO
    BEGIN
      MoveTo(40,(450-Scale[i-1]));
      LineTo(60,(450-Scale[i-1]));
      XScale[i]:= Scale[i-1];
      Str(450-XScale[i],st);
      OutTextXY(10,XScale[i],st);
      Scale[i]:=XScale[i]+30
    END;
  Scale[1]:= Trunc(450/N);
  FOR j:= 1 TO N DO
    NStage[j].TG:=trunc(Nstage[j].T);
  BEGIN
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    FOR i:= 1 TO N DO
    BEGIN
      SetColor(15);
      MoveTo(50+Scale[i],440);
      LineTo(50+Scale[i],460);
      IF (i MOD 5) = 0  THEN
      BEGIN
        Str(i,st);
        OutTextXY(45+Scale[i],470,st)
      END;
      XScale[i]:=  Scale[i];
      Scale[i+1]:= XScale[i]+Scale[1];
      SetColor(9);
      MoveTo(50+Scale[i],450-Nstage[i].TG);
      IF i<> N THEN
      LineTo(50+Scale[i+1],450-Nstage[i+1].TG);
    END;
  END;
  BEGIN
    Settextstyle(smallfont,horizdir,5);
    OutTextXY(30,10,'TEMP');
    OutTextXY(510,440,'Stages');
  END;
  ReadLn;
  CloseGraph;
END;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
PROCEDURE Graph_X_Stage;
BEGIN
  Graphdriver:= detect;
  InitGraph(GraphDriver,GraphMode,'');
  xMax:= GetMaxX;
  yMax:= GetMaxY;
  SetLineStyle(solidln,0,NormWidth);
  SetColor(15);
  SetBkColor(0);
  SetViewPort(0,0,640,480,clipoff);
  MoveTo(50,30);
  LineTo(50,450);
  MoveTo(50,450);
  LineTo(500,450);
  Scale[1]:= 21;
  FOR i:= 2 TO 21 DO
  BEGIN
    MoveTo(40,(450-Scale[i-1]));
    LineTo(60,(450-Scale[i-1]));
    XScale[i]:=Scale[i-1];
    Str((XScale[i]/420) :4:2,st);
    OutTextXY(7,450-XScale[i],st);
    Scale[i]:=XScale[i]+21
  END;
  Scale[1]:=trunc(450/N);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
  FOR s:=1 TO Component DO
  BEGIN
    FOR i:=1 TO N DO  Nstage[i].ws[s]:=trunc(Nstage[i].x[s]*420);
    FOR i:=1 TO N DO
    BEGIN
      SetColor(15);
      MoveTo(50+Scale[i],440);
      LineTo(50+Scale[i],460);
      IF (i MOD 5) = 0 THEN
      BEGIN
      Str(i,st);
      OutTextxy(45+Scale[i],470,st)
      END;
      XScale[i]:= Scale[i];
      Scale[i+1]:=XScale[i]+Scale[1];
      IF (Check[S] = 'Y') OR (Check[S] = 'y') THEN
      BEGIN
        SetColor(S);
        MoveTo(50+Scale[i],(450-Nstage[i].ws[S]));
        IF i <> N THEN
          LineTo(50+Scale[i+1],(450-Nstage[i+1].ws[S]));
      END;
    END;
  END;
BEGIN
  SetColor(9);
  SetTextStyle(smallfont,horizdir,5);
  OutTextXY(30,10,'Composition (x)');
  OutTextXY(510,440,'Stages');
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
FOR i:= 1  TO Component DO
  CASE i OF
    1:BEGIN
       SetColor(i);
       MoveTo(510,200);LineTo(530,200);
       OutTextXY(540,200,'Acetadehyde');
     END;
    2:BEGIN
       SetColor(i);
       MoveTo(510,220);LineTo(530,220);
       OutTextXY(540,220,'Ethyl alcohol');
     END;
    3:BEGIN
       SetColor(i);
       MoveTo(510,240);LineTo(530,240);
       OutTextXY(540,240,'i-Propyl alcohol');
     END;
    4:BEGIN
       SetColor(i);
       MoveTo(510,260);LineTo(530,260);
       OutTextXY(540,260,'i-Butyl alcohol');
     END;
    5:BEGIN
       SetColor(i);
       MoveTo(510,280);LineTo(530,280);
       OutTextXY(540,280,'n-Butyl alcohol');
     END;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        6:BEGIN
            SetColor(i);
            MoveTo(510,300);LineTo(530,300);
            OutTextXY(540,300,'Methanol');
          END;
        7:BEGIN
            SetColor(i);
            MoveTo(510,320);LineTo(530,320);
            OutTextXY(540,320,'Acetone');
          END;
        8:BEGIN
            SetColor(i);
            MoveTo(510,340);LineTo(530,340);
            OutTextXY(540,340,'Water');
          END;
      END;
    END;
    ReadLn;
    CloseGraph;
  END;
{-------------------------------------------------------------------------------------------------------}
PROCEDURE GRAPH_L_STAGE;
BEGIN{Graphics}
    GraphDriver:= detect;
    InitGraph(GraphDriver,GraphMode,'');
    xMax:= GetMaxX;
    yMax:= GetMaxY;
    SetLineStyle(solidln,0,NormWidth);
    SetColor(15);
    SetBkColor(0);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
SetViewPort(0,0,640,480,clipoff);
MoveTo(50,30);
LineTo(50,450);
MoveTo(50,450);
LineTo(500,450);
Scale[1]:= 45;
FOR i:= 2 TO 10 DO
BEGIN
  MoveTo(40,(450-Scale[i-1]));
  LineTo(60,(450-Scale[i-1]));
  XScale[i]:=Scale[i-1];
  Str(100*(i-1),st);
  OutTextxy(10,450-XScale[i],st);
  Scale[i]:=XScale[i]+45
END;
Scale[1]:=trunc(450/N);
FOR j:= 1 TO N DO
BEGIN
  Nstage[j].LG:= trunc(Nstage[j].L/2);
  Nstage[j].VG:= trunc(Nstage[j].V/2);
END;
BEGIN
  FOR i:= 1 TO N DO
  BEGIN
    SetColor(15);
    MoveTo(50+Scale[i],440);
    LineTo(50+Scale[i],460);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    IF (i MOD 5) = 0 THEN
    BEGIN
      Str(i,st);
      OutTextxy(45+Scale[i],470,st)
    END;
    XScale[i]:= Scale[i];
    Scale[i+1]:= XScale[i]+Scale[1];
    SetColor(10);
    MoveTo(50+Scale[i],450-Nstage[i].LG);
    IF i<> N THEN
      LineTo(50+Scale[i+1],450-Nstage[i+1].LG);
  END;
  FOR i:= 1 TO N DO
  BEGIN
    XScale[i]:=Scale[i];
    Scale[i+1]:= XScale[i]+Scale[1];
    SetColor(6);
    MoveTo(50+Scale[i],450-Nstage[i].VG);
    IF i<> N THEN
      LineTo(50+Scale[i+1],450-Nstage[i+1].VG);
  END;
END;
BEGIN
  SetColor(15);
  SetTextStyle(smallfont,horizdir,5);
  OutTextXY(30,10,'L');
  OutTextXY(37,10,',');
  OutTextXY(45,10,'V');
  OutTextXY(510,440,'Stages');
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    BEGIN
      SetColor(10);
      MoveTo(510,200);LineTo(530,200);
      OutTextXY(540,200,'L Flow rate');
    END;
    BEGIN
      SetColor(6);
      MoveTo(510,220);LineTo(530,220);
      OutTextXY(540,220,'V Flow rate');
    END;
  END;
  ReadLn;
  CloseGraph;
END;
{-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------}
PROCEDURE SCREEN;
VAR III,QQ: integer;
BEGIN
  GraphDriver:= detect;
  InitGraph(GraphDriver,GraphMode,'');
  xMax:= GetMaxX;
  yMax:= GetMaxY;
  SetLineStyle(solidln,0,NormWidth);
  SetColor(10);
  SetBkColor(1);
  SetViewPort(0,0,640,480,clipoff);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
  REPEAT
    settextStyle(8,Horizdir,3);
    Delay(250);
    SetColor(10);
    OutTextXY(170,50,' A COMPUTER PROGRAM');
    OutTextXY(100,120,'FOR DISTILLATION COLUMN SIMULATION');
    Delay(250);
    SetColor(1);
    OutTextXY(170,50,' A COMPUTER PROGRAM');
    OutTextXY(100,120,'FOR DISTILLATION COLUMN SIMULATION');
    SetColor(9);settextStyle(8,Horizdir,1);
    OutTextXY(260,200,'VER 1.0 ');
    SetColor(14);
    OutTextXY(170,250,'CHEMICAL ENGINEERING KMITL');
    III:= RANDOM(50000);
    SOUND(III);
  UNTIL KEYPRESSED ;
  NOSOUND;
  CloseGraph;
  ReadLn;
END;
{-------------------------------------------------------------------------------------------------------}
PROCEDURE Notation;
BEGIN
  TextBackGround(Black);
  TextColor(Yellow);
  WriteLn;
  WriteLn;
  WriteLn('NOTATION':18);
  WriteLn;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
  Write(' F = ':15, 'Feed   flow rate          ');
  WriteLn('( kg-mol/h , lb-mol/h )');
  Write(' L = ':15, 'Liquid flow rate          ');
  WriteLn('( kg-mol/h , lb-mol/h )');
  Write(' V = ':15, 'Vapor  flow rate          ');
  WriteLn('( kg-mol/h , lb-mol/h )');
  Write(' U = ':15, 'Liquid side Stream        ');
  WriteLn('( kg-mol/h , lb-mol/h )');
  Write(' W = ':15, 'Vapor  side Stream        ');
  WriteLn('( kg-mol/h , lb-mol/h )');
  Write(' Q = ':15, 'Heat Transfer             ');
  WriteLn('( kj/kg-mol, Btu/lb-mol)');
  Write(' T = ':15, 'Absolute Temperature      ');
  WriteLn('( Kelvin   , Farenhite )');
  Write(' P = ':15, 'Pressure in the Column    ');
  WriteLn('( Atm      , Psia     )');
  WriteLn(' N = ':15, 'Total Stage');
  WriteLn(' R = ':15, 'Reflux ratio');
  WriteLn(' x = ':15, 'Mole fraction in Liquid phase');
  WriteLn(' y = ':15, 'Mole fraction in Vapor phase');
  ReadLn;
END;
{-------------------------------------------------------------------------------------------------------------}
PROCEDURE Model;
BEGIN{Graphics}
  GraphDriver:= detect;
  InitGraph(GraphDriver,GraphMode,'');
  xMax:= GetMaxX;
  yMax:= GetMaxY;
  SetLineStyle(solidln,0,NormWidth);
```

เอกสารนี้สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
SetColor(15);
SetBkColor(0);
SetViewPort(0,0,640,480,clipoff);
SetTextStyle(Smallfont,Horizdir,5);
MoveTo(210,180);
LineTo(430,180);
MoveTo(430,180);
LineTo(430,280);
MoveTo(430,280);
LineTo(210,280);
MoveTo(210,280);
LineTo(210,180);
SetColor(3);MoveTo(100,230);LineTo(210,230);
SetColor(4);MoveTo(430,230);LineTo(540,230);
MoveTo(280,30); LineTo(280,180);
MoveTo(210,80);LineTo(280,80);
SetColor(3);MoveTo(280,280);LineTo(280,430);
MoveTo(360,30);LineTo(360,180);
SetColor(4);MoveTo(360,280);LineTo(360,430);
MoveTo(360,380);LineTo(430,380);
SetColor(15);
OutTextXY(285,230,' Stage j ');
OutTextXY(70,230, ' Fj     ');
OutTextXY(550,230,' Qj     ');
OutTextXY(265,15,'  Vj     ');
OutTextXY(180,70,'  Wj     ');
OutTextXY(265,440,' Vj+1   ');
OutTextXY(340,15,'  Lj-1   ');
OutTextXY(345,440,' Lj     ');
OutTextXY(440,380,' Uj     ');
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
  SetColor(3);MoveTo(500,340);LineTo(540,340);
  OutTextXY(550,340,'INPUT');
  SetColor(4);MoveTo(500,380);LineTo(540,380);
  OutTextXY(550,380,'OUT PUT');
  ReadLn;
  CloseGraph;
END;
{-------------------------------------------------------------------------------------------------------------}
PROCEDURE SaveFile;
VAR txt : text;
  I,J : Integer;
  FileName : String;
  St  : String;
BEGIN
  ClrScr;
  TextColor(Yellow);
  WriteLn('This program will save file in *.txt');
  WriteLn;
  TextColor(LightRed+128);
  WriteLn('Specify path and filename only ');
  WriteLn;
  TextColor(Yellow);
  Write('Save file as : ');ReadLn(FileName);
  St:= FileName+'.txt';
  Assign(txt,St);
  ReWrite(txt);
  Close(txt);
  WriteLn;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
FOR j:= 1 TO N DO
BEGIN
  Append(txt);
  WriteLn(txt,'Stage V L T Q X1 2 3 4 5 6 7 8 Y1 2 3 4 5 6 7 8 ');
  WITH Nstage[j] DO
  BEGIN
    Write(txt,J,' ',V,' ',L,' ',T,' ',Q);
    FOR I:=1 TO Component DO
    Write(txt,x[i],' ');
    FOR I:=1 TO Component DO
    Write(txt,y[i],' ');
    WriteLn(txt);
  END;
  Close(txt);
  IF j = 1 THEN
  BEGIN
    TextColor(Yellow+128);
    WriteLn('Please wait...');
    TextColor(Yellow);
  END;
END;
WriteLn;
Write('Save ',St,' completed.');
Delay(1500);
END;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
PROCEDURE MenuOutput;
VAR Result: Boolean;
BEGIN
  Choose:= 5;
  Result:= false;
  REPEAT
    ClrScr;
    TextColor(LightRed);
    WriteLn;WriteLn;WriteLn;
    WriteLn('    DO you want to show the condition in form');
    WriteLn;
    IF Choose = 1 THEN TextColor(LightRed+128);
    WriteLn('    1.) Show condition in graph forms.');
    TextColor(LightRed);
    IF Choose = 2 THEN TextColor(LightRed+128);
    WriteLn('    2.) Show condition in lists forms.');
    TextColor(LightRed);
    IF Choose = 3 THEN TextColor(LightRed+128);
    WriteLn('    3.) Save in file.');
    TextColor(LightRed);
    IF Choose = 4 THEN TextColor(LightRed+128);
    WriteLn('    4.) Exit.');
    TextColor(LightRed);
    IF NOT((Choose = 1) OR (Choose = 2) OR (Choose = 3) OR (Choose = 4)) THEN
    BEGIN
      WriteLn;
      Write('   Please select 1, 2, 3 OR 4 ====> ');
      ReadLn(Choose);
    END
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    ELSE
    BEGIN
      TextColor(LightRed);
      WriteLn;
      Write('   Please select 1, 2, 3 OR 4 ====> ',Choose);
      Result:= true;
    END;
  UNTIL Result;
  Delay(3000);
END;
{-------------------------------------------------------------------------------------------------------}
BEGIN {Main}
  ClrScr;
  Setprogram(Nstage);
  ACCEPTABLE:= false;
  iteration:= 1;
  Createfile;
  AddData;
  Screen;
  HighVideo;
  REPEAT
    TextBackGround(Blue);
    TextColor(LightMagenta);
    ClrScr;
    WriteLn;
    WriteLn;
    WriteLn('  What do you play?');WriteLn;
    WriteLn('  1: Start the calculation');WriteLn;
    WriteLn('  2: Show ideal stage figure');WriteLn;
    WriteLn('  3: Show Notation');WriteLn;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    TextColor(Yellow);
    Write ('  Select 1-3 : ===> ');ReadLn(CheckPlay);
    TextBackGround(Black);
    ClrScr;
    CASE CheckPlay OF
      '2': Model;
      '3': Notation;
    ELSE IF NOT(CheckPlay = '1') THEN
    BEGIN
      WriteLn;
      Write('Error! Please select 1-3 only. ===> ');ReadLn(CheckPlay);
    END;
    END;
  UNTIL CheckPlay = '1';
  SelectComponent(check);
  SortTemp(check);
  InputData(NStage,check);
  CalTotalPressure(NStage);
  SetTemp;
  SetSatLiquid;
  Compute_HFfeed(Check,Nstage);
  FOR j:= 1 TO N DO
    IF NStage[j].F <> 0 THEN
    BEGIN
      ClrScr;
      WriteLn;
      WriteLn;
      Write('  The bubble point temperature of feedstock is ');
      WriteLn(NStage[j].Temp:5:2,' at tray ',j);
    END;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
AssumeAvgTemp(NStage);
FOR j:= 1 TO N DO CalPK(j,NStage);
Calc_L1_V1_P(NStage);
Last:= First;
REPEAT
  FOR i:= 1 TO Component DO
    IF (Check[i] = 'Y') OR (Check[i] = 'y') THEN
      Calc_A_B_C_D(i,NStage)
    ELSE
      FOR j:= 1 TO N DO NStage[j].x[i]:= 0;
  CalcNormalized(Nstage);
  KeepOldTemp(NStage);
  FOR j:= 1 TO N DO CalculateNewTemp(j);
  FOR i:= 1 TO Component DO NStage[1].y[i]:=0;
  Calc_Hxstage_HyStage(Check,NStage);
  HeatCondenser_Reboiler(NStage);
  CalcNewV_L(NStage);
  error:= CheckDeltaT(NStage);
  iteration:= iteration + 1;
  IF  (abs(error) < 0.001*N) OR (iteration > 5000) THEN
  BEGIN
  UseTime:= (First-Last)/18;
  WriteLn;WriteLn('  Use time = ',UseTime:5:2,' second(s).');ReadKey;
   IF (CheckUnit = 'Y') OR (CheckUnit = 'y') THEN
      FOR j:= 1 TO N DO
      BEGIN
        NStage[j].T:= (NStage[j].T - 32)/1.8;
        Nstage[j].V:=  NStage[j].V/2.2046;{Become kmole/hr}
        Nstage[j].L:=  NStage[j].L/2.2046;
        Nstage[j].U:=  NStage[j].U/2.2046;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        Nstage[j].F:= NStage[j].F/2.2046;
        Nstage[j].W:= NStage[j].W/2.2046;
        Nstage[j].P:= NStage[j].P/14.7;{Become atm}
        NStage[j].Q:= NStage[j].Q*1.0551{Become kJ/hr}
      END;
  REPEAT
    MenuOutput;
    TextBackGround(Blue);
    TextColor(LightGreen);
    IF (CheckUnit = 'Y') OR (CheckUnit = 'y') THEN
    BEGIN
      UnitName[1]:= 'Celsius   ';
      UnitName[2]:= 'kmole/hr ';
      UnitName[3]:= 'kJ/hr     ';
      UnitName[4]:= 'atm '
    END
    ELSE
    BEGIN
      UnitName[1]:= 'Fahrenheit';
      UnitName[2]:= 'lbmole/hr';
      UnitName[3]:= 'B.t.u./hr';
      UnitName[4]:= 'Psia';
    END;
    CASE Choose OF
      2: BEGIN
          ClrScr;
          WriteLn;
          WriteLn;
          TextColor(LightMagenta);
          WriteLn('  Reflux Ratio = ',R:6:4);
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
TextColor(LightGray);
Write(' Stage Pressure Temp      ');
WriteLn('Flowrate Feed Draws      Duty');
WriteLn('                         ',UnitName[2]);
Write(' No.    ',UnitName[4],'   ',UnitName[1]);
Write(' V      L          V     L    ');
WriteLn(UnitName[3]);
FOR j:= 1 TO N DO
BEGIN
  IF (j MOD 2) = 0 THEN
    TextColor(Yellow)
  ELSE
    TextColor(White);
  IF j >= 10 THEN
    Write('  ',j,'      ',NStage[j].P:4:2,'   ')
  ELSE
    Write('   ',j,'      ',NStage[j].P:4:2,'   ');
  IF NStage[j].V = 0 THEN
    Write(NStage[j].T:5:2,'   ',NStage[j].V:5:2,'   ')
  ELSE
    Write(NStage[j].T:5:2,'   ',NStage[j].V:5:2,'   ');
  IF NOT(NStage[j].F = 0) THEN
    Write(NStage[j].L:5:2,'  ',NStage[j].F:5:2,'  ')
  ELSE
    Write(NStage[j].L:5:2,'   ',NStage[j].F:5:2,'  ');
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
IF NStage[j].U = 0 THEN
  IF NStage[j].Q = 0 THEN
    Write(NStage[j].W:5:2,'  ',NStage[j].U:5:2)
  ELSE
    Write(NStage[j].W:5:2,'  ',NStage[j].U:5:2,'  ')
ELSE
  Write(NStage[j].W:5:2,'  ',NStage[j].U:5:2,'  ');
WriteLn(NStage[j].Q:9:0);
IF (j MOD 10) = 0 THEN ReadLn;
END;
  {Start output OF liquid molefraction}
Count:= 0;
Period:= N DIV 8;
IF NOT(N MOD 8 = 0) THEN Period:= Period + 1;
REPEAT
 ClrScr;
 HighVideo;
 TextColor(LightGreen);
 Write('      Stage ');
 TextColor(LightCyan);
 GoToXY(1,2);
 FOR i:= 1 TO 80 DO Write('=');
 TextColor(LightMagenta);
 GoToXY(1,3);
 FOR i:= 1 TO Component DO
  IF (Check[i] = 'Y') OR (Check[i] = 'Y') THEN
  BEGIN
   WriteLn(Name[i],' ');
   WriteLn;
  END;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
PosY:= WhereY;
GoToXY(1,PosY);
TextColor(LightRed);
Write('Liquid Component                    ');
WriteLn('Press ENTER TO continue.');
FOR i:= 1 TO 80 DO Write('=');
TextColor(LightMagenta);
GoToXY(21,1);
IF NOT((Period = 0) OR (Count+1 = Period)) THEN
BEGIN
  FOR j:= 1 TO 8 DO
    IF (Count = 0) AND NOT(j = 8) THEN
      Write((Count*8)+j,'      ')
    ELSE IF (Count = 0) AND (j = 8) THEN
      WriteLn((Count*8)+j,'      ')
    ELSE IF NOT(j = 8) THEN
      Write((Count*8)+j,'     ')
    ELSE
      WriteLn((Count*8)+j,'     ');
END
ELSE
BEGIN
  FOR j:= (Count*8)+1 TO N DO
    IF (Count =  0) AND NOT(j = N) THEN
      Write(j,'      ')
    ELSE IF (Count = 0) AND (j = N) THEN
      WriteLn(j,'      ')
    ELSE IF NOT(j = N) THEN
      Write(j,'     ')
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
    ELSE
      WriteLn(j,'     ');
END;
FixedX:= 18;
GoToXY(FixedX,3);
IF NOT((Period = 0) OR (Count+1 = Period)) THEN
BEGIN
  FOR j:= 1 TO 8 DO
  BEGIN
    PosY:= 3;
    IF (j MOD 2) = 0 THEN TextColor(White)
    ELSE TextColor(Yellow);
    FOR i:= 1 TO Component DO
    BEGIN
      GoToXY(FixedX,PosY);
      IF (Check[i] = 'Y') OR (Check[i] = 'y') THEN
      BEGIN
        WriteLn(NStage[(Count*8)+j].x[i]:5:4);
        WriteLn;
      END;
      PosY:= WhereY;
      GoToXY(FixedX,PosY);
    END;
    FixedX:= FixedX + 8;
  END;
END
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
      ELSE
      BEGIN
        FOR j:= ((Count)*8)+1 TO N DO
        BEGIN
          PosY:= 3;
          IF (j MOD 2) = 0 THEN TextColor(White)
          ELSE TextColor(Yellow);
          FOR i:= 1 TO Component DO
          BEGIN
            GoToXY(FixedX,PosY);
            IF (Check[i] = 'Y') OR (Check[i] = 'y') THEN
            BEGIN
              WriteLn(NStage[j].x[i]:5:4);
              WriteLn;
            END;
            PosY:= WhereY;
            GoToXY(FixedX,PosY);
          END;
          FixedX:= FixedX + 8;
        END;
      END;
      ReadLn;
      Count:= Count + 1;
    UNTIL Count >= Period;
  {Start output vapor molefraction}
  Count:= 0;
  Period:= N DIV 8;
  IF NOT(N MOD 8 = 0) THEN Period:= Period + 1;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
REPEAT
  ClrScr;
  HighVideo;
  TextColor(LightGreen);
  Write('       Stage ');
  TextColor(LightCyan);
  GoToXY(1,2);
  FOR i:= 1 TO 80 DO Write('=');
  TextColor(LightMagenta);
  GoToXY(1,3);
  FOR i:= 1 TO Component DO
    IF (Check[i] = 'Y') OR (Check[i] = 'y') THEN
    BEGIN
      WriteLn(Name[i],' ');
      WriteLn;
    END;
  PosY:= WhereY;
  GoToXY(1,PosY);
  TextColor(LightRed);
  Write('Vapor Component                    ');
  WriteLn('Press ENTER to continue.');
  FOR i:= 1 TO 80 DO Write('=');
    TextColor(LightMagenta);
    GoToXY(21,1);
    IF NOT((Period = 0) OR (Count+1 = Period)) THEN
      FOR j:= 1 TO 8 DO
        IF (Count =  0) AND NOT(j = 8) THEN
          Write((Count*8)+j,'      ')
        ELSE IF (Count = 0) AND (j = 8) THEN
          WriteLn((Count*8)+j,'      ')
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
      ELSE IF NOT(j = 8) THEN
        Write((Count*8)+j,'     ')
      ELSE
        WriteLn((Count*8)+j,'     ')
    ELSE
    FOR j:= (Count*8)+1 TO N DO
      IF (Count =  0) AND NOT(j = N) THEN
        Write(j,'     ')
      ELSE IF (Count = 0) AND (j = N) THEN
        WriteLn(j,'     ')
      ELSE IF NOT(j = N) THEN
        Write(j,'     ')
      ELSE
        WriteLn(j,'     ');
    FixedX:= 18;
    GoToXY(FixedX,3);
    IF NOT((Period = 0) OR (Count+1 = Period)) THEN
    FOR j:= 1 TO 8 DO
    BEGIN
      PosY:= 3;
      IF (j MOD 2) = 0 THEN TextColor(White)
      ELSE TextColor(Yellow);
      FOR i:= 1 TO Component DO
      BEGIN
        GoToXY(FixedX,PosY);
        IF (Check[i] = 'Y') OR (Check[i] = 'Y') THEN
        BEGIN
          WriteLn(NStage[(Count*8)+j].y[i]:5:4);
          WriteLn;
        END;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        PosY:= WhereY;
        GoToXY(FixedX,PosY);
      END;
      FixedX:= FixedX + 8;
    END
  ELSE
    FOR j:= ((Count)*8)+1 TO N DO
    BEGIN
      PosY:= 3;
      IF (j MOD 2) = 0 THEN TextColor(White)
      ELSE TextColor(Yellow);
      FOR i:= 1 TO Component DO
      BEGIN
        GoToXY(FixedX,PosY);
        IF (Check[i] = 'Y') OR (Check[i] = 'y') THEN
        BEGIN
          WriteLn(NStage[j].y[i]:5:4);
          WriteLn;
        END;
        PosY:= WhereY;
        GoToXY(FixedX,PosY);
      END;
      FixedX:= FixedX + 8;
    END;
  ReadLn;
  Count:= Count + 1;
UNTIL Count >= Period;
END;
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

```
        1: BEGIN
            Graph_T_Stage;
            Graph_X_Stage;
            Graph_L_Stage;
          END;
        3: SaveFile;
        4: Result:= True;
        ELSE END;
        UNTIL Result;
        iteration:= iteration + 1;
        ACCEPTABLE:= true;
      END{IF}
    UNTIL ACCEPTABLE;
    TextBackGround(Blue);
    TextColor(LightGreen);
    FOR j:= 1 TO 100 DO WriteLn;
    GoToXY(3,3);
    WriteLn(' Number of iteration is ',iteration);
    Delay(3000);
    RestoreCrtMode;
END.
```

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ภาคผนวก ค
ค่าคุณสมบัติของสาร

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวก ค 1 คุณสมบัติทางกายภายของสารอินทรีย์

Number	Empirical Formula	Name	M	T_b	T_c	P_c	Z_c	ω	δ	v_L
Inorganic Chemicals										
1	Ar	Argon	39.948	157.1	271.2	705.4	0.293	−0.0034	5.330	
2	Br_2	Bromine	159.808	597.5	1051.5	1499.0	0.298	0.1242	11.442	51.2^{20}
3	CCl_4	Carbon tetrachloride	153.823	629.5	1001.5	661.3	0.277	0.1938	9.338	97.1^{25}
4	CO	Carbon monoxide	28.010	147.0	239.3	507.4	0.289	0.048	3.1300	$(35.2)^{25}$
5	$COCl_2$	Phosgene	98.916	505.3	819.3	823.0	0.279	0.203	8.4170	71.6^{20}
6	CO_2	Carbon dioxide	44.011	350.4	547.6	1070.5	0.273	0.177	7.1200	$(44.0)^{25}$
7	CS_2	Carbon disulfide	76.131	574.9	993.6	1146.3	0.285	0.115	9.8640	58.9^{0}
8	C_2OCl_4	Trichloroacetyl chloride	181.833	704.1	1061.4	594.6	0.275	0.359	12.0540	112.2^{20}
9	ClH	Hydrogen chloride	36.461	338.6	584.2	1198.5	0.267	0.133	7.0110	30.6^{-85}
10	Cl_2	Chlorine	70.906	430.4	750.9	1118.4	0.278	0.0743	8.708	45.4^{-34}
11	IH	Hydrogen iodide	127.912	428.0	761.7	1190.4	0.305	0.0290	8.270	45.6^{-36}
12	H_2	Hydrogen	2.016	36.7	59.7	190.8	0.321	0.0	0.0	$(31.0)^{25}$
13	H_2O	Water	18.015	671.7	1165.1	3206.7	0.232	0.3477	18.0	18.1^{20}
14	H_2S	Hydrogen sulfide	34.080	383.1	672.4	1306.5	0.283	0.0868	8.8	34.3^{60}
15	H_3N	Ammonia	17.031	431.5	730.2	1653.7	0.248	0.2582	12.408	26.7^{0}
16	Ne	Neon	20.183	49.1	80.1	395.3	0.306	−0.0299	0.0	
17	NO	Nitric oxide	30.006	218.5	324.0	940.5	0.267	0.5877	0.0	
18	NO_2	Nitrogen dioxide	46.006	530.1	775.8	1469.6	0.247	0.8499	16.208	31.8^{20}
19	N_2	Nitrogen	28.013	139.3	227.3	492.9	0.289	0.0206	4.440	$(53.0)^{25}$
20	N_2O	Nitrous oxide	44.013	330.7	557.5	1053.7	0.277	0.1601	5.474	35.9^{-89}
21	O_2	Oxygen	31.999	162.3	278.6	736.9	0.291	0.0250	4.0	$(28.4)^{25}$
22	O_2S	Sulfur dioxide	64.063	473.7	775.2	1144.8	0.267	0.2402	6.0	44.0^{-10}
23	O_3S	Sulfur trioxide	80.058	572.2	883.6	1196.8	0.252	0.4384	15.329	45.0^{45}
Organic Chemicals										
24	$CHCl_3$	Chloroform	119.378	602.8	965.8	793.6	0.277	0.2117	9.236	80.2^{20}
25	CHN	Hydrogen cyanide	27.026	538.0	822.0	718.6	0.172	0.3752	12.192	39.3^{20}
26	CH_2O	Formaldehyde	30.026	457.1	747.3	984.6	0.222	0.2298	10.604	36.8^{-20}
27	CH_3Cl	Methyl chloride	50.488	448.1	749.3	968.5	0.270	0.1530	8.585	55.2^{20}
28	CH_3I	Methyl iodide	141.939	568.2	950.7	1061.1	0.283	0.1925	9.863	62.3^{20}
29	CH_4	Methane	16.043	201.0	343.9	673.1	0.289	0.0	5.680	$(52.0)^{25}$
30	CH_4O	Methanol	32.042	607.8	923.7	1153.6	0.228	0.5556	14.510	40.5^{20}
31	CH_5N	Methylamine	31.058	480.1	774.1	1081.6	0.260	0.2852	10.479	44.2^{-13}
32	C_2HCl_3	Trichloroethylene	131.389	648.1	979.5	727.5	0.278	0.4281	9.263	89.9^{20}

ตารางผนวก ค 1 คุณสมบัติทางกายภายของสารอินทรีย์ (ต่อ)

Number	Empirical Formula	Name	M	T_b	T_c	P_c	Z_c	ω	δ	v_L
Organic Chemicals										
33	C_2HCl_3O	Dichloroacetyl chloride	147.388	685.2	1039.1	668.5	0.271	0.3645	12.679	96.2^{16}
34	C_2H_2	Acetylene	26.038	339.1	555.0	890.3	0.267	0.1917	5.329	42.3^{-84}
35	$C_2H_2Cl_2O$	Chloroacetyl chloride	112.943	687.9	1054.8	740.7	0.255	0.3194	13.856	79.5^{20}
36	C_2H_3Cl	Vinyl chloride	62.499	467.0	776.8	774.5	0.266	0.0929	7.717	64.5^{-14}
37	C_2H_3ClO	Acetyl chloride	78.498	583.3	914.3	832.7	0.270	0.3238	12.485	71.0^{20}
38	$C_2H_3Cl_3$	1,1,2-Trichloroethane	133.405	969.5	1101.9	701.2	0.267	0.2273	9.628	92.6^{20}
39	C_2H_3N	Acetonitrile	41.053	638.6	986.2	701.0	0.194	0.3234	12.049	52.5^{20}
40	C_2H_4	Ethylene	28.054	305.0	509.5	742.2	0.284	0.0872	5.801	$(61.0)^{25}$
41	$C_2H_4Cl_2$	1,1-Dichloroethane	98.960	594.8	941.7	734.8	0.274	0.2450	8.913	84.7^{25}
42	$C_2H_4Cl_2$	1,2-Dichloroethane	98.960	641.9	1010.8	778.9	0.267	0.3064	9.828	79.2^{16}
43	C_2H_4O	Acetaldehyde	44.054	528.4	830.1	805.3	0.238	0.2882	9.844	56.6^{20}
44	C_2H_4O	Ethylene oxide	44.054	510.6	842.7	1043.4	0.260	0.2121	10.271	49.0^{0}
45	$C_2H_4O_2$	Acetic acid	60.052	705.0	1070.6	839.1	0.220	0.4536	10.051	57.2^{20}
46	$C_2H_4O_2$	Methyl formate	60.052	548.9	876.9	870.7	0.259	0.2562	10.018	61.7^{20}
47	C_2H_5Cl	Ethyl chloride	64.515	513.8	828.7	764.2	0.268	0.1918	8.471	75.1^{20}
48	C_2H_6	Ethane	30.070	332.2	550.0	709.8	0.282	0.1064	6.050	$(68.0)^{25}$
49	C_2H_6O	Dimethyl ether	46.069	447.0	720.1	764.2	0.271	0.1960	7.608	69.1^{20}
50	C_2H_6O	Ethanol	46.069	632.7	929.3	925.3	0.250	0.6341	12.915	58.4^{20}
51	$C_2H_6O_2$	Ethylene glycol	62.069	847.1	1161.4	1091.9	0.242	0.1177	16.604	55.7^{20}
52	C_2H_6S	Dimethyl sulfide	62.130	558.9	905.5	802.4	0.268	0.1951	9.045	73.3^{20}
53	C_2H_6S	Ethyl mercaptan	62.130	554.7	898.5	796.5	0.271	0.1856	8.933	74.1^{20}
54	C_2H_7N	Ethylamine	45.085	521.5	821.1	815.6	0.264	0.2861	9.427	66.0^{20}
55	C_3H_3N	Acrylonitrile	53.064	630.8	934.5	512.9	0.186	0.3853	11.029	65.8^{20}
56	C_3H_4	Methylacetylene	40.065	449.9	724.3	816.2	0.271	0.2150	8.010	56.7^{-50}
57	C_3H_4	Propadiene	40.065	429.6	721.7	747.2	0.284	0.0631	6.854	61.6^{25}
58	C_3H_6	Propylene	42.081	405.8	657.2	667.0	0.279	0.1421	6.208	79.0^{25}
59	C_3H_6O	Acetone	58.080	592.7	917.0	693.7	0.247	0.3035	9.566	73.5^{20}
60	$C_3H_6O_2$	Ethyl formate	74.080	589.5	915.3	680.4	0.258	0.2784	9.311	79.9^{16}
61	$C_3H_6O_2$	Methyl acetate	74.080	594.7	912.4	680.9	0.256	0.3269	9.014	79.3^{20}
62	$C_3H_6O_2$	Propionic acid	74.080	745.5	1102.8	778.9	0.249	0.5322	12.385	74.6^{20}
63	C_3H_7NO	Dimethylformamide	73.095	767.1	1074.4	683.1	0.236	0.7458	11.775	77.0^{20}
64	C_3H_8	Propane	44.097	416.0	665.9	617.4	0.278	0.1538	6.400	84.0^{25}
65	C_3H_8O	Isopropanol	60.096	639.8	915.0	691.0	0.249	0.6614	11.572	76.5^{20}
66	C_3H_8O	*n*-Propanol	60.096	666.7	966.4	737.1	0.250	0.6111	12.050	74.7^{20}

ตารางผนวก ค 1 คุณสมบัติทางกายภายของสารอินทรีย์ (ต่อ)

67	C_3H_9N	Trimethylamine	59.112	496.9	779.9	590.8	0.272	0.2008	7.070	93.4^{20}
68	C_4H_4	Vinylacetylene	52.076	501.7	821.3	704.8	0.264	0.0970	10.229	73.3^{0}
69	C_4H_4S	Thiophene	84.136	643.3	1062.3	705.4	0.246	0.0670	9.654	78.6^{16}
70	C_4H_5N	Methacrylonitrile	67.091	654.2	998.2	563.3	0.228	0.2823	8.576	83.3^{20}
71	C_4H_6	Dimethylacetylene	54.092	540.4	879.7	737.4	0.270	0.1359	7.937	78.3^{20}
72	C_4H_6	Ethylacetylene	54.092	506.3	834.7	683.2	0.269	0.0610	7.937	83.2^{16}
73	C_4H_6	1,2-Butadiene	54.092	511.2	834.7	578.1	0.276	0.0987	7.950	83.7^{25}
74	C_4H_6	1,3-Butadiene	54.092	483.8	765.0	628.0	0.272	0.2028	6.940	88.0^{25}
75	C_4H_8	1-Butene	56.108	480.2	755.3	583.0	0.274	0.2085	6.766	95.6^{25}
76	C_4H_8	*cis*-2-Butene	56.108	498.3	779.7	610.0	0.272	0.2575	6.760	91.2^{25}
77	C_4H_8	Isobutene	56.108	479.3	752.2	580.0	0.274	0.1975	6.760	95.4^{25}
78	C_4H_8	*trans*-2-Butene	56.108	493.3	770.7	595.0	0.273	0.2230	6.760	93.8^{25}
79	C_4H_8O	Isobutyraldehyde	72.107	606.9	909.7	609.0	0.261	0.3800	9.199	91.4^{20}
80	C_4H_8O	Methyl ethyl ketone	72.107	635.0	964.2	603.0	0.251	0.3188	9.199	89.6^{20}
81	$C_4H_8O_2$	*n*-Butyric acid	88.107	785.6	1130.7	648.1	0.249	0.6030	11.861	92.0^{20}
82	$C_4H_8O_2$	Ethyl acetate	88.107	630.5	941.9	556.0	0.254	0.3718	8.974	97.8^{20}
83	$C_4H_8O_2$	Methyl propionate	88.107	635.6	955.1	578.0	0.256	0.3500	9.046	96.3^{20}
84	$C_4H_8O_2$	Propyl formate	88.107	638.1	968.6	589.3	0.260	0.3154	9.024	96.7^{16}
85	C_4H_9NO	Dimethyl acetamide	87.120	792.3	1182.0	583.7	0.230	0.3762	10.788	93.0^{25}
86	C_4H_{10}	Isobutane	58.124	470.6	734.7	529.1	0.276	0.1825	6.730	105.5^{25}
87	C_4H_{10}	*n*-Butane	58.124	490.8	765.3	550.7	0.274	0.1954	6.634	101.4^{25}
88	$C_4H_{10}O$	Isobutanol	74.123	686.9	985.9	623.0	0.256	0.5917	10.949	92.4^{20}
89	$C_4H_{10}O$	*n*-Butanol	74.123	703.6	1013.2	640.5	0.256	0.5903	11.440	91.5^{20}
90	$C_4H_{10}O$	*t*-Butyl alcohol	74.123	640.0	912.0	576.1	0.255	0.6071	10.316	94.2^{20}
91	$C_4H_{10}O$	Diethyl ether	74.123	553.9	840.2	523.2	0.264	0.2800	7.544	104.0^{20}
92	$C_4H_{10}O_3$	Diethylene glycol	106.122	933.8	1225.9	668.0	0.244	1.1747	13.551	95.1^{20}
93	$C_5H_4O_2$	Furfural	96.085	782.8	1182.8	714.2	0.243	0.4239	11.986	82.8^{20}
94	C_5H_{10}	2-Methyl-1-butene	70.135	547.8	850.0	514.4	0.274	0.2000	7.055	108.7^{25}
95	C_5H_{10}	2-Methyl-2-butene	70.135	561.1	870.0	527.6	0.273	0.2120	7.055	106.7^{25}
96	C_5H_{10}	3-Methyl-1-butene	70.135	527.8	831.0	507.0	0.278	0.1490	7.055	112.8^{25}
97	C_5H_{10}	Cyclopentane	70.135	580.4	921.2	655.0	0.274	0.1966	8.010	94.7^{25}
98	C_5H_{10}	1-Pentene	70.135	545.6	853.0	586.0	0.273	0.2198	7.055	110.4^{25}
99	C_5H_{10}	*cis*-2-Pentene	70.135	558.2	860.6	512.0	0.272	0.2060	7.055	107.8^{25}
100	C_5H_{10}	*trans*-2-Pentene	70.135	557.1	857.0	508.4	0.272	0.2090	7.055	109.0^{25}
101	$C_5H_{10}O$	Diethyl ketone	86.134	674.9	1009.7	542.3	0.256	0.3407	8.898	105.8^{20}
102	$C_5H_{10}O_2$	*n*-Propyl acetate	102.134	674.5	988.9	483.6	0.253	0.3936	8.729	115.1^{20}
103	C_5H_{12}	Isopentane	72.151	541.8	829.8	483.0	0.270	0.2104	7.020	117.4^{25}
104	C_5H_{12}	*n*-Pentane	72.151	556.6	845.6	489.5	0.269	0.2387	7.020	116.1^{25}
105	C_5H_{12}	Neopentane	72.151	508.8	780.8	464.0	0.276	0.1950	7.020	123.3^{25}
106	$C_6H_3Cl_3$	1,2,4-Trichlorobenzene	181.449	876.0	1322.9	578.2	0.262	0.3358	9.956	124.8^{20}

ตารางผนวก ค 1 คุณสมบัติทางกายภายของสารอินทรีย์ (ต่อ)

Number	Empirical Formula	Name	M	T_b	T_c	P_c	Z_c	ω	δ	v_L
Organic Chemicals										
107	$C_6H_4Cl_2$	*m*-Dichlorobenzene	147.004	803.1	1231.1	562.9	0.252	0.3073	9.554	114.1^{20}
108	$C_6H_4Cl_2$	*o*-Dichlorobenzene	147.004	813.9	1255.1	595.3	0.256	0.2720	9.815	112.6^{20}
109	$C_6H_4Cl_2$	*p*-Dichlorobenzene	147.004	804.7	1232.6	566.5	0.253	0.2822	9.645	117.8^{35}
110	C_6H_5Br	Bromobenzene	157.010	772.9	1206.3	655.4	0.245	0.2508	9.753	105.0^{20}
111	C_6H_5Cl	Chlorobenzene	112.559	729.7	1138.3	656.0	0.266	0.2545	9.623	101.8^{20}
112	C_6H_5I	Iodobenzene	204.011	830.7	1298.1	655.8	0.266	0.2470	9.782	110.0^{4}
113	C_6H_6	Benzene	78.114	635.9	1012.7	714.2	0.272	0.2116	9.158	89.4^{25}
114	C_6H_6O	Phenol	94.113	819.0	1251.1	889.1	0.279	0.4201	12.106	88.9^{40}
115	C_6H_7N	Aniline	93.129	823.1	1257.8	768.6	0.261	0.3830	11.461	91.1^{20}
116	C_6H_{12}	Cyclohexane	84.162	637.0	995.3	591.5	0.272	0.2149	8.193	108.7^{25}
117	C_6H_{12}	Methylcyclopentane	84.162	621.0	959.0	549.0	0.271	0.2316	7.847	113.1^{25}
118	C_6H_{12}	1-Hexene	84.162	606.0	920.0	471.7	0.269	0.2463	7.400	125.8^{25}
119	C_6H_{14}	2,2-Dimethylbutane	86.178	581.2	880.9	450.5	0.275	0.2312	6.712	122.7^{25}
120	C_6H_{14}	2,3-Dimethylbutane	86.178	596.1	900.5	455.4	0.272	0.2447	6.967	131.2^{25}
121	C_6H_{14}	*n*-Hexane	86.178	615.4	914.2	440.0	0.266	0.2972	7.266	131.6^{25}
122	C_6H_{14}	2-Methylpentane	86.178	600.2	896.5	440.1	0.269	0.2771	7.018	132.0^{25}
123	C_6H_{14}	3-Methylpentane	86.178	605.6	907.8	453.1	0.270	0.2745	7.132	129.8^{25}
124	$C_6H_{14}O_4$	Triethylene glycol	150.176	1008.7	1282.2	481.0	0.243	1.2715	12.677	133.2^{15}
125	C_7H_8	Toluene	92.141	690.8	1069.1	587.8	0.263	0.2415	8.914	106.8^{25}
126	C_7H_8O	*o*-Cresol	108.140	835.5	1255.6	726.0	0.272	0.4299	11.139	105.2^{40}
127	C_7H_{14}	Methylcyclohexane	98.189	673.4	1030.2	504.4	0.271	0.2362	7.825	128.3^{25}
128	C_7H_{14}	Ethylcyclopentane	98.189	677.9	1025.0	492.8	0.268	0.2712	7.739	128.8^{25}
129	C_7H_{14}	1-Heptene	98.189	660.3	963.9	412.2	0.262	0.3467	7.168	140.9^{20}
130	C_7H_{16}	*n*-Heptane	100.205	668.9	972.3	396.9	0.261	0.3403	7.430	147.5^{25}
131	C_8H_8	Styrene	104.152	752.9	1146.4	559.0	0.261	0.2885	9.211	115.0^{20}
132	C_8H_{10}	Ethylbenzene	106.168	736.8	1115.5	540.0	0.265	0.2981	8.783	123.1^{25}
133	C_8H_{10}	*m*-Xylene	106.168	742.1	1114.6	510.0	0.264	0.3086	8.818	123.5^{25}
134	C_8H_{10}	*o*-Xylene	106.168	751.6	1138.0	530.0	0.266	0.2904	8.987	121.2^{25}
135	C_8H_{10}	*p*-Xylene	106.168	740.7	1112.8	500.0	0.265	0.3304	8.769	124.0^{25}
136	C_8H_{16}	Ethylcyclohexane	112.216	728.9	1084.7	453.9	0.265	0.3041	7.739	143.1^{25}
137	C_8H_{16}	*n*-Propylcyclopentane	112.216	727.4	1062.5	406.5	0.253	0.3386	7.894	143.7^{16}
138	C_8H_{18}	*n*-Octane	114.232	717.9	1024.9	362.1	0.258	0.3992	7.551	163.5^{25}
139	$C_8H_{18}O_5$	Tetraethylene glycol	194.229	1065.8	1432.4	304.4	0.205	0.8162	12.113	172.1^{15}
140	C_9H_8	Indene	116.163	819.2	1245.5	553.6	0.250	0.3064	9.647	116.6^{20}

ตารางผนวก ค 1 คุณสมบัติทางกายภายของสารอินทรีย์ (ต่อ)

141	C_9H_{10}	Indan	118.179	810.3	1225.9	526.6	0.251	0.2912	9.334	122.6^{20}
142	C_9H_{10}	Methylstyrene	118.179	797.7	1192.6	500.0	0.255	0.3191	9.002	129.7^{20}
143	C_9H_{12}	1-Ethyl-2-methylbenzene	120.195	788.7	1172.0	441.0	0.247	0.2970	8.839	136.4^{20}
144	C_9H_{12}	*n*-Propylbenzene	120.195	778.3	1149.0	464.1	0.261	0.3446	8.661	139.4^{20}
145	C_9H_{18}	*n*-Propylcyclohexane	126.243	773.8	1114.5	369.2	0.248	0.3617	7.886	159.2^{20}
146	C_9H_{20}	*n*-Nonane	128.259	763.1	1071.0	331.0	0.254	0.4439	7.649	179.6^{25}
147	$C_{10}H_8$	Naphthalene	128.174	884.0	1347.0	576.1	0.258	0.2934	9.738	132.0^{90}
148	$C_{10}H_{10}$	1-Methylindene	130.190	851.7	1266.2	483.0	0.247	0.3291	9.323	
149	$C_{10}H_{10}$	2-Methylindene	130.190	866.1	1286.2	486.5	0.246	0.3367	9.485	144.1^{20}
150	$C_{10}H_{12}$	Dicyclopentadiene	132.206	797.7	1188.7	773.9	0.254	0.2767	8.398	142.1^{35}
151	$C_{10}H_{14}$	*n*-Butylbenzene	134.222	821.6	1188.8	418.7	0.258	0.3929	8.425	156.1^{20}
152	$C_{10}H_{14}$	1,2-Dimethyl-3-ethylbenzene	134.222	840.8	1224.1	453.6	0.262	0.3968	8.916	
153	$C_{10}H_{20}$	*n*-Butylcyclohexane	140.27	817.4	1162.4	353.9	0.252	0.4035	7.90	175.5^{20}
154	$C_{10}H_{22}$	*n*-Decane	142.286	805.1	1114.0	306.0	0.251	0.4869	7.722	196.0^{25}
155	$C_{11}H_{10}$	1-Methylnaphthalene	142.201	932.0	1384.5	517.6	0.254	0.3607	9.770	139.4^{20}
156	$C_{11}H_{10}$	2-Methylnaphthalene	142.201	925.6	1371.4	508.1	0.256	0.3647	9.660	
157	$C_{11}H_{24}$	*n*-Undecane	156.313	844.3	1152.0	282.0	0.248	0.521	7.790	212.2^{25}
158	$C_{12}H_8$	Acenaphthalene	152.196	977.7	1434.5	467.2	0.237	0.3733	10.018	169.3^{16}
159	$C_{12}H_{10}$	Diphenyl	154.212	951.1	1420.0	557.0	0.276	0.3638	9.891	155.8^{74}
160	$C_{12}H_{12}$	2,7-Dimethylnaphthalene	156.228	965.1	1400.7	467.4	0.257	0.4232	9.760	
161	$C_{12}H_{14}$	1,2,3-Trimethylindene	158.244	909.3	1296.4	384.1	0.242	0.4271	8.955	
162	$C_{12}H_{26}$	*n*-Dodecane	170.328	881.0	1188.3	261.6	0.245	0.561	7.840	228.6^{25}
163	$C_{13}H_{10}$	Fluorene	166.223	1027.9	1480.1	434.2	0.234	0.4512	10.136	
164	$C_{13}H_{14}$	1-Methylethylnaphthalene	170.255	986.7	1393.4	408.6	0.233	0.5044	10.03	
165	$C_{13}H_{14}$	2,3,5-Trimethylnaphthalene	170.255	1004.7	1418.9	408.6	0.232	0.5044	10.121	
166	$C_{13}H_{28}$	*n*-Tridecane	184.367	915.5	1219.0	250.0	0.242	0.6002	7.890	244.9^{25}
167	$C_{14}H_{10}$	Phenanthrene	178.234	1103.0	1581.8	420.4	0.228	0.4396	10.524	
168	$C_{14}H_{30}$	*n*-Tetradecane	198.394	948.1	1251.0	230.0	0.240	0.640	7.920	261.3^{25}
169	$C_{15}H_{12}$	1-Phenylindene	192.261	1071.3	1518.6	391.0	0.230	0.4644	9.933	
170	$C_{15}H_{14}$	2-Ethylfluorene	194.277	1047.9	1459.9	357.5	0.230	0.5175	9.636	
171	$C_{15}H_{32}$	*n*-Pentadecane	212.421	978.8	1278.0	220.0	0.237	0.6743	7.960	277.8^{25}
172	$C_{16}H_{10}$	Fluoranthene	202.256	1199.1	1685.9	378.1	0.221	0.4930	10.426	
173	$C_{16}H_{10}$	Pyrene	202.256	1143.3	1605.7	378.1	0.224	0.4988	10.222	
174	$C_{16}H_{12}$	1-Phenylnaphthalene	204.272	1076.7	1512.2	381.8	0.228	0.5034	10.283	
175	$C_{16}H_{34}$	*n*-Hexadecane	226.448	1007.9	1305.0	206.0	0.236	0.7078	7.990	294.1^{25}
176	$C_{18}H_{12}$	Chrysene	228.294	1298.1	1788.5	346.4	0.213	0.5676	10.691	

ตารางผนวก ค 2 ค่าคงที่ออองตวลและค่าคงที่ความจุความร้อนของแก๊ส

Number	Empirical Formula	Name	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	A_1	A_2	A_3
Inorganic Chemicals										
1	Ar	Argon	4.9647	0.0	0.0	0.0	0.0	5.42578	1499.0	463.9195
2	Br_2	Bromine	8.552	0.8334 E-3	−0.5053 E-06	0.1098 E-09	0.0	5.53786	5563.552	409.318
3	CCl_4	Carbon tetrachloride	18.36077	0.1932811 E-01	−0.2576049 E-04	0.173446 E-07	−0.4549234 E-11	6.199663	6110.034	441.2806
4	CO	Carbon monoxide	6.956012	0.591124 E-04	0.5075809 E-06	0.7641183 E-09	−0.6540363 E-12	5.712089	1385.883	462.6165
5	$COCl_2$	Phosgene	13.76767	0.1093685 E-01	−0.1226482 E-04	0.7900403 E-08	−0.2079814 E-11	5.870425	4545.777	412.5742
6	CO_2	Carbon dioxide	8.398605	−0.6475766 E-02	−0.3555025 E-05	0.1194595 E-08	−0.1851702 E-12	6.470232	3521.259	455.869
7	CS_2	Carbon disulfide	11.63044	0.123864 E-01	0.4778188 E-05	−0.8568489 E-08	0.2966357 E-11	6.263774	6389.82	486.9933
8	C_2OCl_4	Trichloroacetyl chloride	23.70705	0.2731643 E-01	−0.3266946 E-04	0.2107581 E-07	−0.5450088 E-11	5.752994	5751.971	363.6816
9	ClH	Hydrogen chloride	6.969	0.2236 E-03	0.7333 E-06	−0.1776 E-09	0.0	5.688540	3244.028	442.2680
10	Cl_2	Chlorine	7.973	0.18901 E-02	−0.12101 E-05	0.26526 E-09	0.0	5.186832	3699.272	417.709
11	HI	Hydrogen iodide	6.948176	0.1457827 E-05	0.1104365 E-05	−0.5203962 E-09	0.7254255 E-13	5.362089	3840.331	424.3549
12	H_2	Hydrogen	6.647816	0.2472647 E-02	−0.4557635 E-05	0.3117701 E-08	−0.6643678 E-12	5.602657	418.1773	474.214
13	H_2O	Water	7.985742	0.4633191 E-03	0.1402841 E-05	−0.6578387 E-09	0.9795288 E-13	6.53247	7173.79	389.4747
14	H_2S	Hydrogen sulfide	8.031194	0.9868632 E-03	0.2388543 E-05	−0.159311 E-08	0.320329 E-12	5.445487	3535.867	432.235
15	H_3N	Ammonia	8.2765	0.39006 E-02	0.35245 E-06	−0.27402 E-09	0.0	6.152480	4253.826	418.9528
16	Ne	Neon	4.9647	0.0	0.0	0.0	0.0	5.560555	476.5174	464.7596
17	NO	Nitric oxide	7.255110	0.4551648 E-03	0.2640019 E-06	−0.1225439 E-09	0.133261 E-13	8.142411	2374.39	434.2132
18	NO_2	Nitrogen dioxide	8.495494	0.4921745 E-02	−0.1239651 E-05	−0.2704296 E-09	0.1240708 E-12	12.76017	11907.65	616.0504
19	N_2	Nitrogen	6.947158	0.6609477 E-04	0.5693395 E-06	0.3226862 E-10	−0.9683259 E-13	5.316656	1184.797	454.5328
20	N_2O	Nitrous oxide	8.767171	0.6369103 E-02	−0.3621806 E-05	0.1572094 E-08	−0.2566121 E-12	5.353828	2785.606	416.6338
21	O_2	Oxygen	6.986501	0.5581101 E-03	0.1399925 E-05	−0.1093827 E-08	0.2299662 E-12	5.15038	1404.466	452.1536
22	O_2S	Sulfur dioxide	9.134	0.532 E-02	−0.2323 E-05	0.3527 E-09	0.0	5.966623	4293.005	401.685
23	O_3S	Sulfur trioxide	10.964	0.1251 E-01	−0.6523 E-05	0.1328 E-08	0.0	4.828507	3199.785	234.315
Organic Chemicals										
24	$CHCl_3$	Chloroform	14.84	0.1245 E-01	−0.6495 E-05	0.1259 E-08	0.0	5.894057	5289.385	393.075
25	CHN	Hydrogen cyanide	8.194594	0.526853 E-02	−0.3123949 E-05	0.1256972 E-08	−0.2109817 E-12	6.97745	5672.753	443.761
26	CH_2O	Formaldehyde	8.209533	0.1838523 E-02	0.1697531 E-05	−0.1107293 E-08	0.2015218 E-12	5.525307	3890.399	402.114
27	CH_3Cl	Methyl chloride	8.964398	0.1006818 E-01	−0.8251344 E-07	−0.2858358 E-08	0.1064404 E-11	5.504941	3906.036	414.1839
28	CH_3I	Methyl iodide	9.71643	0.1105462 E-01	−0.3302857 E-05	−0.173936 E-09	0.3161217 E-12	5.235173	4840.0	399.9808
29	CH_4	Methane	8.245223	0.3806333 E-02	0.8864745 E-05	−0.7461153 E-08	0.1822959 E-11	5.14135	1742.638	452.974
30	CH_4O	Methanol	9.801084	0.8430642 E-02	0.6669185 E-05	−0.8208981 E-08	0.2500638 E-11	7.513334	6468.101	396.2652
31	CH_5N	Methylamine	11.192	0.1571 E-01	−0.43782 E-05	0.50592 E-09	0.0	5.973955	4216.777	389.9955
32	C_2HCl_3	Trichloroethylene	17.8198	0.1891162 E-01	−0.1588157 E-04	0.7817208 E-08	−0.1645299 E-11	5.814331	5636.178	391.6901
33	C_2HCl_3O	Dichloroacetyl chloride	21.08973	0.2396316 E-01	−0.2415185 E-04	0.1440388 E-07	−0.3583915 E-11	6.437229	6108.109	369.1736
34	C_2H_2	Acetylene	9.89	0.8273 E-02	−0.3783 E-05	0.7457 E-09	0.0	6.109766	3305.991	444.4562
35	$C_2H_2Cl_2O$	Chloroacetyl chloride	18.47242	0.2060988 E-02	−0.1563425 E-04	0.7731953 E-08	−0.1717742 E-11	5.875686	5522.555	341.0137
36	C_2H_3Cl	Vinyl chloride	11.52336	0.1776248 E-01	−0.9084331 E-05	0.2459001 E-08	−0.1792789 E-12	5.033325	3650.037	399.3080
37	C_2H_3ClO	Acetyl chloride	15.8551	0.1725661 E-01	−0.7116638 E-05	0.1060025 E-08	0.1484303 E-12	5.090718	4413.716	360.1358

ตารางผนวก ค 2 ค่าคงที่ออองตวลและค่าคงที่ความจุความร้อนของแก๊ส (ต่อ)

38	$C_2H_3Cl_3$	1,1,2-Trichloroethane	19.37069	0.2598217 E-01	−0.1790523 E-04	0.7161791 E-08	−0.1193551 E-11	6.877873	6958.502	411.7562
39	C_2H_3N	Acetonitrile	11.5361	0.1232096 E-01	−0.1200452 E-05	−0.2031388 E-08	0.7743102 E-12	6.393303	6059.675	411.6977
40	C_2H_4	Ethylene	9.326018	0.1393934 E-01	0.1010831 E-05	−0.7516552 E-08	0.3615367 E-11	5.27791	2568.994	433.9156
41	$C_2H_4Cl_2$	1,1-Dichloroethane	16.548	0.22237 E-01	−0.92549 E-05	0.15584 E-08	0.0	5.34928	4694.056	371.5705
42	$C_2H_4Cl_2$	1,2-Dichloroethane	17.38636	0.1985922 E-01	−0.8175161 E-05	0.1405784 E-08	0.9333614 E-13	5.768529	5524.353	383.4458
43	C_2H_4	Acetaldehyde	11.90924	0.1481123 E-01	0.9439146 E-06	−0.501431 E-08	0.172932 E-11	6.49856	5121.453	419.9494
44	C_2H_4O	Ethylene oxide	10.14899	0.1762188 E-01	0.4347253 E-05	−0.1164914 E-07	0.4326094 E-11	5.630604	4460.616	399.9853
45	$C_2H_4O_2$	Acetic acid	14.63924	0.229877 E-01	−0.1021997 E-04	0.2589452 E-08	−0.2804407 E-12	7.203594	7376.157	410.1814
46	$C_2H_4O_2$	Methyl formate	14.31964	0.2105721 E-01	−0.3231842 E-05	−0.5463847 E-08	0.2608819 E-11	6.023216	4906.897	396.03
47	C_2H_5Cl	Ethyl chloride	13.436	0.21267 E-01	−0.64893 E-05	0.6832 E-09	0.0	5.696013	4424.781	404.411
48	C_2H_6	Ethane	11.51606	0.140309 E-01	0.854034 E-05	−0.1106078 E-07	0.3162199 E-11	5.383894	2847.921	434.898
49	C_2H_6O	Dimethyl ether	15.91995	0.1599677 E-01	0.7899362 E-05	−0.1293051 E-07	0.4398304 E-11	5.77524	3918.305	415.2581
50	C_2H_6O	Ethanol	14.04853	0.2153149 E-01	−0.2153442 E-05	−0.4607259 E-08	0.1893692 E-11	7.43437	6162.36	359.3826
51	$C_2H_6O_2$	Ethylene glycol	18.11978	0.2404298 E-01	0.1265575 E-05	−0.1072173 E-07	0.4248091 E-11	7.258288	8088.817	311.8854
52	C_2H_6S	Dimethyl sulfide	16.23989	0.1919445 E-01	−0.3534516 E-06	−0.5604401 E-08	0.2328362 E-11	5.610757	4769.088	396.909
53	C_2H_6S	Ethyl mercaptan	15.73943	0.2175969 E-01	−0.4178643 E-05	−0.2550827 E-08	0.1279568 E-11	5.631324	4709.722	394.2954
54	C_2H_7N	Ethylamine	14.61884	0.2301337 E-01	0.5042536 E-05	−0.1298503 E-07	0.470142 E-11	5.841118	4333.688	377.3129
55	C_3H_3N	Acrylonitrile	13.77061	0.1984967 E-01	−0.8937427 E-05	0.193298 E-08	−0.2797383 E-13	6.038654	5459.573	396.7914
56	C_3H_4	Methylacetylene	13.17061	0.1775777 E-01	−0.7296423 E-05	0.1921976 E-08	−0.242782 E-12	5.179851	3470.383	387.1001
57	C_3H_4	Propadiene	12.6505	0.1928835 E-01	−0.6452827 E-05	−0.1674653 E-08	0.1813724 E-11	2.443058	1832.002	317.5695
58	C_3H_6	Propylene	13.63267	0.2106998 E-01	0.249845 E-05	−0.1146863 E-07	0.5247386 E-11	5.44467	3375.447	418.4319
59	C_3H_6O	Acetone	16.13621	0.2340064 E-01	−0.1479392 E-05	−0.4143552 E-08	0.1323724 E-11	6.244412	5356.715	397.5290
60	$C_3H_6O_2$	Ethyl formate	20.94868	0.273312 E-01	−0.146055 E-05	−0.8906131 E-08	0.3692011 E-11	5.94826	4965.502	377.2637
61	$C_3H_6O_2$	Methyl acetate	21.04651	0.2395065 E-01	0.154732 E-05	−0.9770737 E-08	0.3676818 E-11	6.253272	5251.863	385.1996
62	$C_3H_6O_2$	Propionic acid	20.17881	0.2781613 E-01	−0.2700043 E-05	−0.7554358 E-08	0.323127 E-11	6.838962	6770.055	340.8683
63	C_3H_7NO	Dimethylformamide	20.8472	0.3068996 E-01	−0.4238415 E-05	−0.6471348 E-08	0.287579 E-11	5.298043	5665.834	313.254
64	C_3H_8	Propane	15.58683	0.2504953 E-01	0.1404258 E-04	−0.3526261 E-07	0.1864467 E-10	5.353418	3371.084	414.488
65	C_3H_8O	Isopropanol	18.703	0.3374798 E-01	−0.8097677 E-05	−0.4524869 E-08	0.2586334 E-11	7.180215	5596.813	327.2873
66	C_3H_8O	*n*-Propanol	18.71145	0.2788756 E-01	0.8585266 E-06	−0.9785116 E-08	0.3679178 E-11	6.683944	5414.961	303.9864
67	C_3H_9N	Trimethylamine	19.09535	0.3856445 E-01	−0.136958 E-04	0.2035707 E-08	−0.1282133 E-13	5.552747	4030.388	398.7676
68	C_4H_4	Vinylacetylene	5.297392	0.171349 E-01	−0.11425 E-05	−0.3775036 E-08	0.1440128 E-11	5.297392	3879.835	381.4085
69	C_4H_4S	Thiophene	5.520119	0.3754804 E-01	−0.2222312 E-04	0.6967862 E-08	−0.709689 E-12	5.520119	5164.732	366.4536
70	C_4H_5N	Methacrylonitrile	19.23704	0.2314625 E-01	−0.2793527 E-05	−0.45453 E-08	0.1908719 E-11	5.824528	5313.429	366.5642
71	C_4H_6	Dimethylacetylene	16.76823	0.2517102 E-01	−0.8454522 E-05	0.2326427 E-08	−0.4824367 E-12	5.637212	4482.741	388.6972
72	C_4H_6	Ethylacetylene	17.38834	0.2778978 E-01	−0.116434 E-04	0.3040097 E-08	−0.3742009 E-12	5.606554	4103.138	387.8234
73	C_4H_6	1,2-Butadiene	17.15982	0.26213 E-01	−0.5937819 E-05	−0.2361299 E-08	0.1011447 E-11	6.184923	4644.865	419.7079
74	C_4H_6	1,3-Butadiene	16.47292	0.3392027 E-01	−0.1392511 E-04	−0.4786315 E-08	0.5611304 E-11	5.69864	4105.731	409.9979
75	C_4H_8	1-Butene	17.96141	0.3297022 E-01	−0.605339 E-05	−0.569809 E-08	0.2826942 E-11	5.58272	3941.014	404.741
76	C_4H_8	*cis*-2-Butene	16.54537	0.2966393 E-01	0.5471621 E-05	−0.1883127 E-07	0.8437562 E-11	5.456285	3977.563	394.4956
77	C_4H_8	Isobutene	18.93086	0.3101008 E-01	−0.4930015 E-05	−0.6036954 E-08	0.3200886 E-11	5.616762	3953.678	405.9166
78	C_4H_8	*trans*-2-Butene	18.84267	0.2761259 E-01	0.3097447 E-05	−0.1337556 E-07	0.5631517 E-11	5.487073	3984.406	400.0703
79	C_4H_8O	Isobutyraldehyde	20.75125	0.3284207 E-01	−0.3152369 E-06	−0.1104319 E-07	0.4330567 E-11	6.508438	5396.492	379.294
80	C_4H_8O	Methyl ethyl ketone	22.30644	0.2959044 E-01	−0.3506391 E-06	−0.8248579 E-08	0.3038054 E-11	5.885353	5097.27	356.3804
81	$C_4H_8O_2$	*n*-Butyric acid	23.98619	0.3727046 E-01	−0.3625636 E-05	−0.1019473 E-07	0.4365542 E-11	7.444973	7372.927	330.4845
82	$C_4H_8O_2$	Ethyl acetate	24.90819	0.3329732 E-01	0.7316711 E-06	−0.1247032 E-07	0.4824152 E-11	6.3307	5440.049	373.48

ตารางผนวก ค 2 ค่าคงที่อองตวลและค่าคงที่ความจุความร้อนของแก๊ส (ต่อ)

Number	Empirical Formula	Name	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	A_1	A_2	A_3
Organic Chemicals										
83	$C_4H_8O_2$	Methyl propionate	24.90819	0.3329732 E-01	0.7316711 E-06	−0.1247032 E-07	0.4824152 E-11	6.280916	5462.483	372.7137
84	$C_4H_8O_2$	Propyl formate	24.90819	0.3329732 E-01	0.7316711 E-06	−0.1247032 E-07	0.4824152 E-11	5.956599	5225.881	363.3314
85	C_4H_9NO	Dimethyl acetamide	24.63017	0.4015238 E-01	−0.5139106 E-05	−0.913829 E-08	0.4017948 E-11	4.812879	5194.59	279.0869
86	C_4H_{10}	Isobutane	20.41853	0.3462286 E-01	0.1415619 E-04	−0.4246126 E-07	0.2296993 E-10	5.611805	3870.419	409.949
87	C_4H_{10}	*n*-Butane	20.79783	0.3143287 E-01	0.1928511 E-04	−0.4588652 E-07	0.2380972 E-10	5.741624	4126.385	409.5179
88	$C_4H_{10}O$	Isobutanol	17.908	0.3086043 E-01	0.2615677 E-04	−0.3727992 E-07	0.1247926 E-10	7.134107	5843.713	310.811
89	$C_4H_{10}O$	*n*-Butanol	22.86768	0.4421951 E-01	−0.1487031 E-04	−0.4480266 E-09	0.139999 E-11	6.303186	5225.324	274.4291
90	$C_4H_{10}O$	*t*-Butyl alcohol	23.80689	0.4378233 E-01	−0.1467142 E-04	−0.8051186 E-09	0.1541653 E-11	6.180797	4482.792	274.7841
91	$C_4H_{10}O$	Diethyl ether	23.43495	0.3456899 E-01	0.6985382 E-05	−0.1902477 E-07	0.6906888 E-11	5.976844	4614.723	388.8028
92	$C_4H_{10}O_3$	Diethylene glycol	26.63047	0.4356575 E-01	0.6483778 E-05	−0.2359434 E-07	0.8904581 E-11	9.238843	10861.34	363.888
93	$C_5H_4O_2$	Furfural	20.38649	0.3085299 E-01	−0.4999507 E-05	−0.7442546 E-08	0.3466989 E-11	8.278279	9658.592	469.7835
94	C_5H_{10}	2-Methyl-1-butene	23.51432	0.416842 E-01	−0.6797959 E-05	−0.1216479 E-07	0.7590583 E-11	5.655016	4383.237	387.8014
95	C_5H_{10}	2-Methyl-2-butene	22.08508	0.3932158 E-01	−0.3039504 E-05	−0.1105363 E-07	0.511218 E-11	5.701977	4531.679	386.7617
96	C_5H_{10}	3-Methyl-1-butene	24.98621	0.4546002 E-01	−0.2709002 E-04	0.1719799 E-07	−0.6539064 E-11	5.554918	4210.159	394.7537
97	C_5H_{10}	Cyclopentane	16.21714	0.4643893 E-01	0.5947453 E-05	−0.2901838 E-07	0.1338546 E-10	5.429031	4662.062	384.6612
98	C_5H_{10}	1-Pentene	23.09041	0.4065747 E-01	−0.7117898 E-05	−0.5289083 E-08	0.1708107 E-11	5.452355	4336.393	388.5999
99	C_5H_{10}	*cis*-2-Pentene	21.12406	0.4169782 E-01	−0.3053253 E-05	−0.1195115 E-07	0.4474386 E-11	5.625241	4412.304	382.3599
100	C_5H_{10}	*trans*-2-Pentene	22.95406	0.3853433 E-01	−0.1306019 E-05	−0.1368152 E-07	0.6325655 E-11	5.722727	4491.719	387.2968
101	$C_5H_{10}O$	Diethyl ketone	24.50798	0.4231144 E-01	−0.117334 E-05	−0.1375883 E-07	0.5488549 E-11	6.159896	5631.04	361.7281
102	$C_5H_{10}O_2$	*n*-Propyl acetate	28.73052	0.4269 E-01	−0.9989801 E-07	−0.1517592 E-07	0.5975479 E-11	6.302585	5596.313	355.8455
103	C_5H_{12}	Isopentane	24.94637	0.4446726 E-01	0.7054883 E-05	−0.3344167 E-07	0.1774503 E-10	5.49978	4221.154	387.287
104	C_5H_{12}	*n*-Pentane	25.64627	0.389176 E-01	0.2397294 E-04	−0.5842615 E-07	0.3079918 E-10	5.853654	4598.287	394.4148
105	C_5H_{12}	Neopentane	25.46761	0.461177 E-01	0.1147232 E-04	−0.4605143 E-04	0.2506343 E-10	5.692011	4148.025	404.42
106	$C_6H_3Cl_3$	1,2,4-Trichlorobenzene	25.75694	0.4831912 E-01	−0.3089766 E-04	0.1057239 E-07	−0.1390436 E-11	6.592514	8014.486	364.6567
107	$C_6H_4Cl_2$	*m*-Dichlorobenzene	22.87009	0.4456102 E-01	−0.2128264 E-04	0.2990787 E-08	0.7361333 E-12	11.37776	15451.49	682.6164
108	$C_6H_4Cl_2$	*o*-Dichlorobenzene	22.87009	0.4456102 E-01	−0.2128264 E-04	0.2990787 E-08	0.7361333 E-12	5.981208	6798.548	345.1776
109	$C_6H_4Cl_2$	*p*-Dichlorobenzene	22.87009	0.4456102 E-01	−0.2128264 E-04	0.2990787 E-08	0.7361333 E-12	6.813621	7773.248	396.0557
110	C_6H_5Br	Bromobenzene	20.36329	0.4011145 E-01	−0.1108768 E-04	−0.4813553 E-08	0.2980795 E-11	5.881747	6571.377	365.2812
111	C_6H_5Cl	Chlorobenzene	19.98323	0.4080291 E-01	−0.1166762 E-04	−0.4590812 E-08	0.2862703 E-11	5.88808	6222.905	372.2756
112	C_6H_5I	Iodobenzene	20.57765	0.3968462 E-01	−0.1067708 E-04	−0.50094 E-08	0.2927215 E-11	5.72827	6854.36	348.1382
113	C_6H_6	Benzene	16.39282	0.4020369 E-01	0.6925399 E-05	−0.4114202 E-07	0.2398098 E-10	5.658375	5307.813	379.456
114	C_6H_6O	Phenol	19.91816	0.4992518 E-01	−0.2451622 E-04	0.460471 E-08	0.4113815 E-12	6.555719	7250.359	321.6074
115	C_6H_7N	Aniline	20.11747	0.4538924 E-01	−0.5743054 E-05	−0.1216273 E-07	0.5366204 E-11	6.44519	7386.331	346.6331
116	C_6H_{12}	Cyclohexane	21.00016	0.5627391 E-01	0.1129438 E-04	−0.3606168 E-07	0.1482606 E-10	5.473055	5030.253	371.2755

ตารางผนวก ค 2 ค่าคงที่ออองตวลและค่าคงที่ความจุความร้อนของแก๊ส (ต่อ)

117	C_6H_{12}	Methylcyclopentane	22.02735	0.5465972 E-01	0.5935187 E-05	−0.3442294 E-07	0.164543 E-10	5.567563	4936.44	375.9433
118	C_6H_{12}	1-Hexene	27.87277	0.4926029 E-01	−0.7512748 E-05	−0.9298869 E-08	0.3952236 E-11	5.711574	4783.217	374.7552
119	C_6H_{14}	2,2-Dimethylbutane	29.64918	0.550671 E-01	0.1806208 E-05	−0.2478314 E-07	0.9570332 E-11	5.50245	4486.167	381.1012
120	C_6H_{14}	2,3-Dimethylbutane	29.27018	0.5595826 E-01	−0.2028283 E-05	−0.2494276 E-07	0.1323425 E-10	5.61351	4672.79	380.1172
121	C_6H_{14}	*n*-Hexane	30.17847	0.5199263 E-01	0.3048799 E-05	−0.2763996 E-07	0.1346731 E-10	6.039243	5085.758	382.794
122	C_6H_{14}	2-Methylpentane	30.30218	0.5351181 E-01	0.5716877 E-05	−0.3870868 E-07	0.2132741 E-10	5.7088	4700.639	375.5984
123	C_6H_{14}	3-Methylpentane	30.17174	0.5189874 E-01	0.366338 E-05	−0.2860809 E-07	0.1391842 E-10	5.7023	4700.526	376.5611
124	$C_6H_{14}O_4$	Triethylene glycol	38.88318	0.6252653 E-01	0.5449502 E-05	−0.2983416 E-07	0.1149462 E-10	9.707385	11860.26	356.928
125	C_7H_8	Toluene	21.17722	0.4639546 E-01	0.9961368 E-05	−0.4628264 E-07	0.2585787 E-10	5.944251	5836.287	374.745
126	C_7H_8O	*o*-Cresol	24.15791	0.5181666 E-01	−0.7496517 E-05	−0.1323952 E-07	0.5990957 E-11	5.749559	6394.925	286.9147
127	C_7H_{14}	Methylcyclohexane	27.06952	0.6729289 E-01	0.5750553 E-05	−0.3885885 E-07	0.1837708 E-10	5.608872	5338.374	370.0705
128	C_7H_{14}	Ethylcyclopentane	24.63008	0.9883192 E-01	−0.1351091 E-03	0.1674966 E-06	−0.8292246 E-10	5.698096	5369.766	364.7743
129	C_7H_{14}	1-Heptene	32.68419	0.5769426 E-01	−0.724699 E-05	−0.1448889 E-07	0.6897952 E-11	5.922457	5212.626	362.5801
130	C_7H_{16}	*n*-Heptane	34.96845	0.608752 E-01	0.1213345 E-05	−0.293693 E-07	0.1454746 E-10	5.98627	5278.902	359.5259
131	C_8H_8	Styrene	24.82866	0.5843 E-01	−0.25693 E-04	0.3432486 E-08	0.8297016 E-12	6.071326	6329.575	358.5947
132	C_8H_{10}	Ethylbenzene	26.37827	0.5526271 E-01	0.1239678 E-04	−0.5839197 E-07	0.3331962 E-10	5.747492	5862.905	349.8527
133	C_8H_{10}	*m*-Xylene	26.42788	0.5188146 E-01	0.122123 E-04	−0.4900955 E-07	0.2628339 E-10	5.949452	6049.457	354.6467
134	C_8H_{10}	*o*-Xylene	27.89247	0.5103585 E-01	0.5908631 E-05	−0.3659655 E-07	0.1949676 E-10	5.922098	6141.641	354.0417
135	C_8H_{10}	*p*-Xylene	26.39862	0.4982215 E-01	0.1658367 E-04	−0.5289838 E-07	0.276508 E-10	5.94371	6033.046	355.99
136	C_8H_{16}	Ethylcyclohexane	32.07366	0.7610546 E-01	−0.7343807 E-05	−0.4881198 E-07	0.2469959 E-10	5.769319	5751.059	355.93
137	C_8H_{16}	*n*-Propylcyclopentane	30.7991	0.8393195 E-01	0.7343807 E-05	0.9086445 E-08	−0.10736 E-11	5.957854	5754.086	352.481
138	C_8H_{18}	*n*-Octane	39.77987	0.6930903 E-01	−0.3576344 E-04	−0.3456095 E-07	0.1749419 E-10	6.4141	5947.491	360.26
139	$C_8H_{18}O_5$	Tetraethylene glycol	50.93845	0.8159435 E-01	0.1479927 E-05	−0.3636893 E-07	0.141849 E-10	10.89268	14787.51	439.2803
140	C_9H_8	Indene	26.11577	0.6007207 E-01	−0.1628819 E-04	−0.7372481 E-08	0.4361004 E-11	6.176081	7190.945	371.053
141	C_9H_{10}	Indan	27.27218	0.6712433 E-01	−0.1535148 E-04	−0.1126863 E-07	0.5886033 E-11	6.049353	6821.739	357.368
142	C_9H_{10}	Methylstyrene	40.40845	0.5092828 E-01	0.1423367 E-04	−0.204508 E-07	0.9784106 E-11	6.087191	6638.097	352.369
143	C_9H_{12}	1-Ethyl-2-methylbenzene	32.7457	0.6787234 E-01	−0.2692206 E-04	0.5325566 E-08	−0.3666534 E-12	6.202647	6541.084	351.7732
144	C_9H_{12}	*n*-Propylbenzene	30.85809	0.7397426 E-01	−0.333376 E-04	0.8236172 E-08	−0.8488248 E-12	5.919976	6180.323	340.82
145	C_9H_{18}	*n*-Propylcyclohexane	36.93022	0.9596314 E-01	−0.3752096 E-04	0.6920047 E-08	−0.3686077 E-11	6.022487	6079.604	343.4018
146	C_9H_{20}	*n*-Nonane	44.6198	0.7738344 E-01	0.2963375 E-05	−0.4134716 E-07	0.2114216 E-10	6.22189	6662.655	330.96
147	$C_{10}H_8$	Naphthalene	26.38315	0.7107626 E-01	−0.303242 E-04	0.2599732 E-08	0.1536979 E-11	5.464939	7090.598	305.1725
148	$C_{10}H_{10}$	1-Methylindene	29.92083	0.696464 E-01	−0.1746832 E-04	−0.9807097 E-08	0.5436545 E-11	6.139705	7223.491	343.832
149	$C_{10}H_{10}$	2-Methylindene	29.5297	0.7131178 E-01	−0.181527 E-04	−0.990292 E-08	0.5540522 E-11	6.165742	6479.445	340.573
150	$C_{10}H_{12}$	Dicyclopentadiene	35.24185	0.8077631 E-01	−0.3064237 E-04	−0.1037675 E-08	0.3171173 E-11	5.97896	6534.868	353.37
151	$C_{10}H_{14}$	*n*-Butylbenzene	35.57803	0.8354658 E-01	−0.3733832 E-04	0.919402 E-08	−0.951656 E-12	6.089988	6534.868	330.3357
152	$C_{10}H_{14}$	1,2-Dimethyl-3-Ethylbenzene	32.18688	0.7623887 E-01	−0.7317236 E-05	−0.2192313 E-07	0.9362406 E-11	6.180938	6838.277	330.4982
153	$C_{10}H_{20}$	*n*-Butylcyclohexane	41.74714	0.1046007 E-01	−0.3964926 E-04	0.6648178 E-08	−0.214681 E-12	6.094088	6369.972	329.0528
154	$C_{10}H_{22}$	*n*-Decane	49.42138	0.8602711 E-01	0.2049705 E-05	−0.4415409 E-07	0.2256651 E-10	6.33557	6213.998	317.6512
155	$C_{11}H_{10}$	1-Methylnaphthalene	29.3571	0.7475587 E-01	−0.1560299 E-04	−0.1428024 E-07	0.7089941 E-11	6.080512	7676.997	323.8246

ตารางผนวก ค 2 ค่าคงที่ออองตวลและค่าคงที่ความจุความร้อนของแก๊ส (ต่อ)

Number	Empirical Formula	Name	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	A_1	A_2	A_3
Organic Chemicals										
156	$C_{11}H_{10}$	2-Methylnaphthalene	29.3571	0.7475587 E-01	−0.1560299 E-04	−0.1428024 E-07	0.7089941 E-11	6.101162	7630.143	325.2701
157	$C_{11}H_{24}$	*n*-Undecane	54.25211	0.9427374 E-01	0.2727295 E-05	−0.4957262 E-07	0.2544979 E-10	7.21247	7475.258	350.7821
158	$C_{12}H_8$	Acenaphthlene	30.48077	0.7758508 E-01	−0.2664829 E-04	−0.5063562 E-08	0.4429521 E-11	6.216864	8047.648	313.565
159	$C_{12}H_{10}$	Diphenyl	32.02568	0.9116691 E-01	−0.4408667 E-04	0.7505404 E-08	0.9059193 E-12	6.194778	7947.647	317.1246
160	$C_{12}H_{12}$	2,7-Dimethylnaphthalene	33.16177	0.8467461 E-01	−0.1714886 E-04	−0.1655051 E-07	0.8138765 E-11	6.707037	8521.498	331.2805
161	$C_{12}H_{14}$	1,2,3-Trimethylindene	37.49874	0.8872509 E-01	−0.1961391 E-04	−0.1486368 E-07	0.7642588 E-11	6.452743	7497.763	321.886
162	$C_{12}H_{26}$	*n*-Dodecane	59.0528	0.1029143	0.2243202 E-05	−0.5378563 E-07	0.279613 E-10	6.561135	6739.22	292.574
163	$C_{13}H_{10}$	Fluorene	34.75668	0.8111078 E-01	−0.2232686 E-04	−0.1036036 E-07	0.6152866 E-11	8.197664	11632.66	435.9648
164	$C_{13}H_{14}$	1-Methylethylnaphthalene	36.92984	0.9421013 E-01	−0.1816491 E-04	−0.1913785 E-07	0.9260544 E-11	6.678618	8234.079	295.939
165	$C_{13}H_{14}$	2,3,5-Trimethylnaphthalene	36.96391	0.9458171 E-01	−0.1866141 E-04	−0.188505 E-07	0.9196502 E-11	6.667748	8366.407	292.104
166	$C_{13}H_{28}$	*n*-Tridecane	63.85792	0.111595	0.1116408 E-05	−0.5633991 E-07	0.2630431 E-10	6.65466	6995.694	281.4988
167	$C_{14}H_{10}$	Phenanthrene	34.43893	0.9086123 E-01	−0.2523548 E-04	−0.1184692 E-07	0.7013306 E-11	5.543959	7914.989	244.9414
168	$C_{14}H_{30}$	*n*-Tetradecane	68.69802	0.1196599	0.269646 E-05	−0.6341006 E-07	0.3319885 E-10	6.75784	7203.471	269.269
169	$C_{15}H_{12}$	1-Phenylindene	39.22844	0.101567	−0.2937448 E-04	−0.1146747 E-07	0.7190597 E-11	6.502465	8771.184	284.878
170	$C_{15}H_{14}$	2-Ethylfluorene	40.82861	0.1076498	−0.286231 E-04	−0.1479421 E-07	0.8512086 E-11	6.695303	8621.0	283.702
171	$C_{15}H_{32}$	*n*-Pentadecane	73.51018	0.1281686	0.2315556 E-05	−0.6703845 E-07	0.3505542 E-10	6.82225	7400.305	257.5534
172	$C_{16}H_{10}$	Fluoranthene	40.95336	0.1036185	−0.4006217 E-04	−0.2144235 E-08	0.4437308 E-11	6.571647	9789.787	257.606
173	$C_{16}H_{10}$	Pyrene	38.96862	0.1053988	−0.3875499 E-04	−0.4808038 E-08	0.5453756 E-11	6.603641	9365.547	267.09
174	$C_{16}H_{12}$	1-Phenylnaphthalene	37.71548	0.1059667	−0.2424246 E-04	−0.189117 E-07	0.9723825 E-11	7.078733	9631.87	312.9423
175	$C_{16}H_{34}$	*n*-Hexadecane	78.32123	0.1367191	0.1674373 E-05	−0.7030701 E-07	0.3676587 E-10	6.92955	7569.57	245.2032
176	$C_{18}H_{12}$	Chrysene	42.55082	0.1204639	−0.3831014 E-04	−0.1145987 E-07	0.8077914 E-11	6.810698	10647.46	229.481

ตารางผนวก ค 3 ค่าคงที่ความจุความร้อนของเหลว

Compound	Formula	Temperature, °C.	Sp. ht., cal./g. °C.
Cresol (o-)	C_7H_8O	0–20	.497
(m-)	C_7H_8O	21–197	.551
		0–20	.477
Cresyl methyl ether (p-)	$C_8H_{10}O$	0	.404
Crotonic acid	$C_4H_6O_2$	71.4	.500
Cyclohexanol	$C_6H_{12}O$	15–18	.416
Cyclohexanone	$C_6H_{10}O$	15–18	.431
o-Cymene	$C_{10}H_{14}$	0	.398
Decahydronaphthalene (cis-)	$C_{10}H_{18}$	15–18	.393
Decane	$C_{10}H_{22}$ b.p. = 159	21–154	.588
	$C_{10}H_{22}$ b.p. = 162	0–50	.493
	$C_{10}H_{22}$ b.p. = 172	0–50	.500
Decylene (γ-)	$C_{10}H_{20}$	0–50	.467
Diallyl oxalate	$C_8H_{10}O_4$	20	.424
succinate	$C_{10}H_{14}O_4$	20	.450
Dimylene	$C_{10}H_{20}$	20–130	.543
Dibromobenzene (o-)	$C_6H_4Br_2$	0	.179
(m-)	$C_6H_4Br_2$	0	.175
Dibutyl oxalate	$C_{10}H_{18}O_4$	20	.439
Dichlorodifluormethane	CCl_2F_2	−43	.21
Dichloroacetic acid	$C_2H_2Cl_2O_2$	21–106	.349
		21–196	.348
Dichlorobenzene (o-)	$C_6H_4Cl_2$	0	.269
(m-)	$C_6H_4Cl_2$	0	.269
(p-)	$C_6H_4Cl_2$	53–99	.297
Diethylamine	$C_4H_{11}N$	22.5	.516
Diethyl carbonate	$C_5H_{10}O_3$	0	.245
		20–100	.462
ether (see Ether)	$C_4H_{10}O$	20.2–123	.473
ketone	$C_5H_{10}O$	20–98.5	.555
malate	$C_8H_{14}O_5$	24–186	.473
malonate	$C_7H_{12}O_4$	20	.431
oxalate	$C_6H_{10}O_4$	20	.431
succinate	$C_8H_{14}O_4$	20	.450
Dihydronaphthalene	$C_{10}H_{10}$	18–28	.345
Di-iodobenzene (m-)	$C_6H_4I_2$	34.2–99.6	.139
Di-isoamyl	$C_{10}H_{22}$	21.5–155	.588
oxalate	$C_{12}H_{22}O_4$	20	.447
Di-isobutylamine	$C_8H_{19}N$	22–130	.569
Dimethyl aniline	$C_8H_{11}N$	0–20	.416
		0	.403
naphthalene (β-)	$C_{12}H_{12}$	0	.392
pyrone	$C_7H_8O_2$	166	.547
Dinitrobenzene (m-)	$C_6H_4N_2O_4$	M. P.	.404
Diphenylamine	$C_{12}H_{11}N$	54	.437
		56	.441
		66	.480
Dipropyl ketone	$C_7H_{14}O$	20–140	.550
malonate	$C_9H_{16}O_4$	20	.431
oxalate (n-)	$C_8H_{14}O_4$	20	.431
succinate	$C_{10}H_{18}O_4$	20	.450
Dodecane	$C_{12}H_{26}$	14–20	.505
		0–50	.498
Dodecylene	$C_{12}H_{24}$	0–50	.455
Ether*	$C_4H_{10}O$	−100	.511
		−50	.515
		−5	.525
		0	.521
		+30	.545
		80	.687
		120	.800
		140	.819
		180	1.037
Ethyl acetate*	$C_4H_8O_2$	20	0.457
		20	.476
acetoacetate	$C_6H_{10}O_3$	0	.428
		20–100	.475
alcohol*	C_2H_6O (100%)	−20	.505
		0–98	.680
benzene	C_8H_{10}	0	.392
		30	.407
benzoate	$C_9H_{10}O_2$	20	.387
bromide*	C_2H_5Br	−100	0.194
		−20	.206
		5–10	.216
		10–15	.213
		15–20	.214
butyrate	$C_6H_{12}O_2$	20	.457
chloride	C_2H_5Cl	−28 to +4	.426
		9	.367
chloroacetate	$C_4H_7ClO_2$	9–138	.416
		20	.397
cresyl ether (p-)	$C_9H_{12}O$	0	.427
dichloroacetate	$C_4H_6Cl_2O_2$	20	.328
ether	$C_4H_{10}O$	0	.521
formate	$C_3H_6O_2$	14–49	.508
		−20 to +14	.454

Compound	Formula	Temperature, °C.	Sp. ht., cal./g. °C.
Ethyl (*Cont.*):			
iodide*	C_2H_5I	−30	.156
		0	.161
		60	.171
isobutyrate	$C_6H_{12}O_2$	20	.457
propionate	$C_5H_{10}O_2$	20	.457
silicate	$C_8H_{20}SiO_4$	15–98	.424
sulfide	$C_4H_{10}S$	0	.468
		5–10	.470
		10–15	.473
		20–70	.477
trichloroacetate	$C_4H_5Cl_3O_2$	10–81	.224
		9–139	.305
		20	.284
valerate	$C_7H_{14}O_2$	20	.457
Ethylene bromide	$C_2H_4Br_2$	8–95	.182
		13–106	.175
		20	.173
chloride	$C_2H_4Cl_2$	−30	.278
		+20	.299
		30	.304
		50	.313
		60	.318
dichloroacetate	$C_4H_6Cl_4O_4$	0	.321
glycol*	$C_2H_6O_2$	−11.1	.535
		0	.542
		+ 2.5	.550
		5.1	.554
		14.9	.569
		19.9	.573
Formamide	CH_3NO	19	.549
Formic acid	CH_2O_2	0	.456
		15.5	.509
		20–100	.524
Furfural	$C_5H_4O_2$	0	.367
		20–100	.416
Glycerol*	$C_3H_8O_3$	15–50	.576
Glycol (ethylene)*	$C_2H_6O_2$	(see ethylene glycol)	
Heptaldehyde	$C_7H_{14}O$	0	.364
Heptane (n-)*	C_7H_{16}	0–50	.507
		20	.490
		30	.518
Heptylene	C_7H_{14}	0–50	.486
Heptylic acid	$C_7H_{14}O_2$	9	.556
Hexadecane (n-)	$C_{16}H_{34}$	0–50	.496
Hexadiene (1,5-)	C_6H_{10}	0	.405
Hexahydrocresol (o-)	$C_7H_{14}O$	15–18	.416
(m-)	$C_7H_{14}O$	15–18	.420
(p-)	$C_7H_{14}O$	15–18	.421
Hexane (n-)	C_6H_{14}	0–50	.527
		20–100	.600
Hexylene	C_6H_{12}	0–50	.504
Isoamyl acetate	$C_7H_{14}O_2$	20	.459
alcohol	$C_5H_{12}O$	0	.502
		20	.535
		30	.570
		47.9	.662
		10–117	.693
		21–130	.695
		75.5	.688
amine	$C_5H_{13}N$	22–91	.614
butyrate	$C_9H_{18}O_2$	20	.459
formate	$C_6H_{12}O_2$	16–65	.509
isobutyrate	$C_8H_{16}O_2$	20	.459
propionate	$C_8H_{16}O_2$	20	.459
succinate	$C_{14}H_{26}O_4$	0	.449
valerate	$C_{10}H_{20}O_2$	20	.459
Isobutane	C_4H_{10}	0	.549
Isobutyl acetate	$C_6H_{12}O_2$	20	.459
alcohol	$C_4H_{10}O$	21–109	.716
		30	.603
butyrate	$C_8H_{16}O_2$	20	0.459
succinate	$C_{12}H_{22}O_4$	0	.442
Isobutyric acid	$C_4H_8O_2$	20	.450
Isoheptane	C_7H_{16}	0–50	.501
Isopentane	C_5H_{12}	0	.512
		8	.527
Isovaleric acid	$C_5H_{10}O_2$	20	.463
		23–93	.590
Lauric acid	$C_{12}H_{24}O_2$	40–100	0.572
		57	.515
Mesitylene	C_9H_{12}	0	.393
Mesityl oxide	$C_6H_{10}O$	21–121	.521
Methyl acetate	$C_3H_6O_2$	15	.468
Methylal	$C_3H_8O_2$	15–41	.521

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวก ค 3 ค่าคงที่ความจุความร้อนของเหลว (ต่อ)

Compound	Formula	Temperature, °C.	Sp. ht., cal./g. °C.
Methyl alcohol*	CH_4O	5–10	.590
		15–20	.601
aniline	C_7H_9N	20–197	.512
benzoate	$C_8H_8O_2$	0	.363
butyl ketone	$C_6H_{12}O$	21–127	.553
butyrate (n-)	$C_5H_{10}O_2$	20	.459
chloroacetate	$C_3H_5ClO_2$	20	.382
cyclohexanone (o-)	$C_7H_{12}O$	15–18	.436
(m-)	$C_7H_{12}O$	15–18	.441
(p-)	$C_7H_{12}O$	15–18	.441
dichloroacetate	$C_3H_4Cl_2O_2$	20	.311
ethylketone	C_4H_8O	20–78	.549
ethylketoxime	C_4H_9NO	21.8–151.5	.650
formate	$C_2H_4O_2$	13–29	.516
hexyl ketone	$C_8H_{16}O$	22–168	.552
isobutyl ketone	$C_6H_{12}O$	20	.459
isopropyl ketone	$C_5H_{10}O$	20–91	.525
propionate	$C_4H_8O_2$	20	.459
trichloroacetate	$C_4H_3Cl_3O_2$	20	.267
valerate	$C_6H_{12}O_2$	20	.459
Methylene chloride	CH_2Cl_2	15–40	.288
Myristic acid	$C_{14}H_{28}O_2$	56–100	.539
Naphthalene	$C_{10}H_8$	87.5	.402
Naphthylamine (α-)	$C_{10}H_9N$	53.2	.475
		94.2	.476
Nitrobenzene	$C_6H_5NO_2$	10	.358
		30	.339
		50	.330
		70	.330
		90	.343
		120	.394
Nitrobenzoic acid (p-)	$C_7H_5NO_4$	M. P.	.449
Nitromethane	CH_3NO_2	17	.412
Nitronaphthalene (α-)	$C_{10}H_7NO_2$	58.6	.365
		61.4	.378
		94.3	.390
Nonane	C_9H_{20}	0–50	.503
Nonylene	C_9H_{18}	0–50	.485
Octane (n-)*	C_8H_{18}	0–50	.505
		20–123	.578
Octylene	C_8H_{16}	0–50	.466
Palmitic acid	$C_{16}H_{32}O_2$	65–104	.653
Paraldehyde	$C_6H_{12}O_3$	0	.436
Pentadecane	$C_{15}H_{32}$	0–50	.497
Pentadecylene	$C_{15}H_{30}$	0–50	.471
Phenetole	$C_8H_{10}O$	20	.446
Phenyl methyl ether	C_7H_8O	0	.405
		20–152	.483
Picoline (α-)	C_6H_7N	22–124	.434
Piperidine	$C_5H_{11}N$	20–98	.523
Propane	C_3H_8	0	.576
Propionaldehyde	C_3H_6O	0	.522
Propionic acid	$C_3H_6O_2$	0	.444
		20–137	.560
Propionitrile	C_3H_5N	0	.508
		19–95	.528
Propyl acetate (n-)	$C_5H_{10}O_2$	20	.459
benzene	C_9H_{12}	0	.400
benzoate	$C_{10}H_{12}O_2$	20	.398
butyrate	$C_7H_{14}O_2$	20	.459
chloroacetate	$C_5H_9ClO_2$	20	.414
dichloroacetate	$C_5H_8Cl_2O_2$	20	.341
formate (n-)	$C_4H_8O_2$	20	.459
isobutyrate	$C_7H_{14}O_2$	20	.459
phenyl ether	$C_9H_{12}O$	0	.429
propionate	$C_6H_{12}O_2$	20	.459
trichloroacetate	$C_5H_7Cl_3O_2$	20	.297
valerate	$C_8H_{16}O_2$	20	.459
Pseudocumene	C_9H_{12}	20	.414
Pyridine	C_5H_5N	20	.405
		21–108	.431
		0–20	.395
Quinoline	C_9H_7N	0–20	.352
Salicylaldehyde	$C_7H_6O_2$	18	.382
Salol	$C_{13}H_{10}O_3$	44.1	.391
Stearic acid	$C_{18}H_{36}O_2$	75–137	.550
Tetrachloroethane	$C_2H_2Cl_4$	20	.268
Tetrachloroethylene	C_2Cl_4	20	.216
		24	.211
Tetradecane	$C_{14}H_{30}$	0–50	0.497
Thymol (m-)	$C_{10}H_{14}O$	50	.566
Toluene*	C_7H_8	10	.364
		85	.534
		12–99	.440
Toluidine (o-)	C_7H_9N	0	.454
		22–195	.598
(p-)	C_7H_9N	40.5	.498
		43	.524
		58	.634
		94	.533
Trichloroethane	$C_2H_3Cl_3$	20	0.266
Trichloroethylene	C_2HCl_3	20	.223
Tridecane	$C_{13}H_{28}$	0–50	.499
Tridecylene	$C_{13}H_{26}$	0–50	.457
Trinitrotoluene (2.4.6-)	$C_7H_5N_3O_6$		.335
Undecane	$C_{11}H_{24}$	0–50	.501
Undecylene	$C_{11}H_{22}$	0–50	.482
Valeronitrile	C_5H_9N	23–121	.520
Xylene (o-)*	C_8H_{10}	30	.411
		39	.450
(m-)*	C_8H_{10}	0	.383
		9–40	.400
		16–35	.387
(p-)*	C_8H_{10}	30	.401
		0	.383
		30	.397
		40.8	.428
dibromide (o-)	$C_8H_8Br_2$	15–40	.183
(m-)	$C_8H_8Br_2$	15–40	.184
(p-)	$C_8H_8Br_2$	15–40	.180
dichloride (o-)	$C_8H_8Cl_2$	15–40	.253
(m-)	$C_8H_8Cl_2$	15–40	.295
(p-)	$C_8H_8Cl_2$	15–40	.282
tetrachloride (o-)	$C_8H_6Cl_4$	15–40	.240
(p-)	$C_8H_6Cl_4$	15–40	.242
Xylyl ethyl ether (2.4-)	$C_{10}H_{14}O$	0	.417

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวก ค 4 ค่าคงที่ความร้อนแฝงของการกลายเป็นไอของของเหลว

Non-hydrocarbon compounds	Formula	Temperature, °C.	ΔH_v, cal./g.
Acetonitrile	C_2H_3N	80	173.66
Acetophenone	C_8H_8O	203.7	77.15
Acetyl chloride	C_2H_3ClO	51	78.84
Air	.....	.....	51.0
Allyl alcohol	C_3H_6O	96	163.41
Amyl alcohol (n-)	$C_5H_{11}OH$	131	120.17
alcohol (t-)	$C_5H_{11}OH$	102	105.83
amine (n-)	$C_5H_{13}N$	95	98.67
bromide (n-)	$C_5H_{11}Br$	129	48.26
ether (n-)	$C_{10}H_{22}O$	170	69.52
iodide (n-)	$C_5H_{11}I$	155	47.54
methyl ketone (n-)	$C_7H_{14}O$	149.2	82.66
Amylene	C_5H_{10}	12.5	75.01
Anethole (p-)	$C_{10}H_{12}O$	232	71.43
Aniline	C_6H_7N	183	103.68
Benzaldehyde	C_7H_6O	179	86.48
Benzonitrile	C_7H_5N	189	87.68
Benzyl alcohol	C_7H_8O	204.3	112.28
Butyl acetate (n-)	$C_6H_{12}O_2$	124	73.82
alcohol (n-)	$C_4H_{10}O$	116.8	141.26
alcohol (s-)	$C_4H_{10}O$	98.1	134.38
alcohol (t-)	$C_4H_{10}O$	83	130.44
formate	$C_5H_{10}O_2$	105.1	86.74
methyl ketone (n-)	$C_6H_{12}O$	127	82.42
propionate (n-)	$C_7H_{14}O_2$	144.9	71.74
Butyric acid (n-)	$C_4H_8O_2$	163.5	113.96
Butyronitrile (n-)	C_4H_7N	117.4	114.91
Bromobenzene	C_6H_5Br	155.9	57.60
Capronitrile	$C_6H_{11}N$	156	88.15
Carbon disulfide	CS_2	0	89.35
		46.25	84.09
		100	75.49
		140	67.37
tetrachloride	CCl_4	0	52.06
		76.75	46.42
		200	32.73
Carvacrol	$C_{10}H_{14}O$	237	68.09
Chloral	C_2HCl_3O	.....	53.99
hydrate	$C_2H_3Cl_3O_2$	96	131.87
Chlorobenzene	C_6H_5Cl	130.6	77.59
Chloroethyl alcohol (2-)	C_2H_5ClO	126	122.94
acetate (β-)	$C_4H_7ClO_2$	141.5	80.75
Chloroform	$CHCl_3$	0	64.74
		40	60.92
		61.5	59.01
		100	55.19
		260	0
Chlorotoluene (o-)	C_7H_7Cl	158.1	72.63
(p-)	C_7H_7Cl	160.4	73.13
Cresol (m-)	C_7H_8O	202	100.58
Cyanogen	$(CN)_2$	0	102.97
chloride	$CNCl$	13	134.98
Cyclohexanol	$C_6H_{12}O$	161.1	108.22
Cyclohexyl chloride	$C_6H_{11}Cl$	142.0	74.78
Dichloroacetic acid	$C_2H_2Cl_2O_2$	194.4	77.16
Dichlorodifluormethane	CCl_2F_2	−29.8	40.40
Diethylamine	$C_4H_{11}N$	58	91.02
carbonate	$C_5H_{10}O_3$	126	73.10
ketone	$C_5H_{10}O$	101	90.78
oxalate	$C_6H_{10}O_4$	185	67.61
Di-isobutylamine	$C_8H_{19}N$	134	65.70
Dimethyl aniline	$C_8H_{11}N$	193	80.75
carbonate	$C_3H_6O_3$	90	88.15
Dipropyl ketone	$C_7H_{14}O$	143.5	75.73
Dipropylamine (n-)	$C_6H_{15}N$	108	75.73
Ethyl acetate	$C_4H_8O_2$	0.0	102.01
alcohol	C_2H_6O	78.3	204.26
Ethylamine	C_2H_7N	15	145.97
Ethyl benzoate	$C_9H_{10}O_2$	213	64.50
bromide	C_2H_5Br	38.4	59.92
butyrate (n-)	$C_6H_{12}O_2$	118.9	74.68
caprylate	$C_{10}H_{20}O_2$	207	60.44
chloride	C_2H_5Cl	4.7	92.93
		15.0	92.45
		20.0	92.22
		25.0	91.98
Ethylene bromide	$C_2H_4Br_2$	130.8	46.23
chloride	$C_2H_4Cl_2$	0	85.29
		82.3	77.35
glycol	$C_2H_6O_2$	197	191.12
oxide	C_2H_4O	13	138.56
Ethyl ether	$C_4H_{10}O$	34.6	83.85
formate	$C_3H_6O_2$	53.3	97.18
iodide	C_2H_5I	71.2	45.61
Ethylidine chloride	$C_2H_4Cl_2$	0.0	76.69
		60	67.13
Ethyl isobutyl ether	$C_6H_{14}O$	79.0	74.78
isobutyrate	$C_6H_{12}O_2$	109.2	72.05
isovalerate	$C_7H_{14}O_2$	144	67.85
methyl ketone	C_4H_8O	78.2	105.93
methyl ketoxime	C_4H_9NO	182	115.87

Non-hydrocarbon compounds	Formula	Temperature, °C.	ΔH_v, cal./g.
Ethyl oxylate	$C_{10}H_{18}O_4$	227	58.05
propionate	$C_5H_{10}O_2$	97.6	80.08
propyl ether	$C_5H_{12}O$	60	82.66
valerate (n-)	$C_7H_{14}O_2$	98	77.16
Formic acid	CH_2O_2	101	119.93
Furane	C_4H_4O	31	95.32
Furfural	$C_5H_4O_2$	160.5	107.51
Heptyl alcohol (n-)	$C_7H_{16}O$	176	104.88
Hexylmethyl ketone	$C_8H_{16}O$	173	74.06
Hydrogen cyanide	HCN	20	210.23
Isoamyl acetate	$C_7H_{14}O_2$	143.6	69.04
alcohol	$C_5H_{12}O$	130.2	119.78
butyrate (n-)	$C_9H_{18}O_2$	169	61.88
formate	$C_6H_{12}O_2$	123	73.58
isobutyrate	$C_9H_{18}O_2$	168	57.57
propionate	$C_8H_{16}O_2$	161	65.22
valerate (n-)	$C_{10}H_{20}O_2$	187	56.14
Isobutyl acetate	$C_6H_{12}O_2$	115.3	73.75
alcohol	$C_4H_{10}O$	106.9	138.08
butyrate (n-)	$C_8H_{16}O_2$	157	64.50
formate	$C_5H_{10}O_2$	97	78.50
isovalerate	$C_9H_{18}O_2$	169	60.44
isobutyrate	$C_8H_{16}O_2$	148	63.31
propionate	$C_7H_{14}O_2$	137	65.94
valerate (n-)	$C_9H_{18}O_2$	169	57.81
Isobutyric acid	$C_4H_8O_2$	154	111.57
Isopropyl alcohol	C_3H_8O	82.3	159.35
methyl ketone	C_4H_8O	92	89.83
Isovaleric acid	$C_5H_{10}O_2$	176.3	101.05
Limonene	$C_{10}H_{16}$	165	69.52
Mesityl oxide	$C_6H_{10}O$	128	85.77
Methyl acetate	$C_3H_6O_2$	0.0	113.96
		56.3	98.09
Methylal	$C_3H_8O_2$	42	89.83
Methyl alcohol	CH_4O	0	284.29
		64.7	262.79
		100	241.29
		160	193.51
		200	148.12
		220	109.89
		240	0
amyl ketone (n-)	$C_7H_{14}O$	149.2	82.66
aniline	C_7H_9N	194	95.56
butyl ketone (n-)	$C_6H_{12}O$	127	82.42
butyrate (n-)	$C_5H_{10}O_2$	102.6	79.79
chloride	CH_3Cl	−23.8	102.25
		+15.0	96.04
		20.0	95.32
		25.0	94.60
ethyl ketone	C_4H_8O	78.2	105.93
ethyl ketoxime	C_4H_9NO	182	115.87
formate	$C_2H_4O_2$	31.3	112.35
hexyl ketone	$C_8H_{16}O$	173	74.06
iodide	CH_3I	42	45.87
isobutyrate	$C_5H_{10}O_2$	91.1	78.12
isopropyl ketone	$C_5H_{10}O$	92	89.83
isovalerate	$C_6H_{12}O_2$	116	72.39
phenyl ether	C_7H_8O	153	81.46
propionate	$C_4H_8O_2$	79.0	87.56
valerate (n-)	$C_6H_{12}O_2$	116	70.00
Naphthalene	$C_{10}H_8$	218	75.49
Nitrobenzene	$C_6H_5NO_2$	210	79.08
Nitromethane	CH_3NO_2	99.9	134.98
Octyl alcohol (n-)	$C_8H_{18}O$	196	97.47
alcohol (di-) (sec-)	$C_8H_{18}O$	180	94.37
Phenyl methyl ether	C_7H_8O	153	81.46
Picoline (α-)	C_6H_7N	129	90.78
Piperidine	$C_5H_{11}N$	106	89.35
Propionic acid	$C_3H_6O_2$	139.3	98.81
Propionitrile	C_3H_5N	97	134.26
Propyl acetate (n-)	$C_5H_{10}O_2$	100.4	80.27
alcohol (n-)	C_3H_8O	97.2	164.36
butyrate (n-)	$C_7H_{14}O_2$	143.6	68.33
formate (n-)	$C_4H_8O_2$	80.9	88.13
isobutyrate (n-)	$C_7H_{14}O_2$	134	63.79
isovalerate (n-)	$C_8H_{16}O_2$	156	64.50
propionate (n-)	$C_6H_{12}O_2$	120.6	73.15
Pyridine	C_5H_5N	114.1	107.36
Salicylaldehyde	$C_7H_6O_2$	196	74.78
Tetrachloroethane (1,1,2,2-)	$C_2H_2Cl_4$	145	55.87
Tetrachloroethylene	C_2Cl_4	120.7	50.05
Toluidine (o-)	C_7H_9N	198	95.08
Trichloroethylene	C_2HCl_3	85.7	57.24
Valeronitrile (n-)	C_5H_9N	129	96.28

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้

ตารางผนวก ค 4 ค่าคงที่ความร้อนแฝงของการกลายเป็นไอของของเหลว (ต่อ)

Hydrocarbon compounds	Formula	Temperature, °C.	ΔH_v, cal./g.
Paraffins:			
Methane	CH_4	−161.6	121.87
Ethane	C_2H_6	−88.9	116.87
Propane	C_3H_8	25	81.76
		−42.1	101.76
n-Butane	C_4H_{10}	25	86.63
		−0.50	92.09
2-Methylpropane (isobutane)	C_4H_{10}	25	78.63
		−11.72	87.56
n-Pentane	C_5H_{12}	25	87.54
		36.08	85.38
2-Methylbutane (isopentane)	C_5H_{12}	25	81.47
		27.86	80.97
2,2-Dimethylpropane (neopentane)	C_5H_{12}	25	72.15
		9.45	75.37
n-Hexane	C_6H_{14}	25	87.50
		68.74	80.48
2-Methylpentane	C_6H_{14}	25	82.83
		60.27	76.89
3-Methylpentane	C_6H_{14}	25	83.96
		63.28	78.42
2,2-Dimethylbutane	C_6H_{14}	25	76.79
		49.74	73.75
2,3-Dimethylbutane	C_6H_{14}	25	80.77
		57.99	76.53
n-Heptane	C_7H_{16}	25	87.18
		98.43	76.45
2-Methylhexane	C_7H_{16}	25	83.02
		90.05	73.4
3-Methylhexane	C_7H_{16}	25	83.68
		91.95	74.1
3-Ethylpentane	C_7H_{16}	25	84.02
		93.47	74.3
2,2-Dimethylpentane	C_7H_{16}	25	77.36
		79.20	69.7
2,3-Dimethylpentane	C_7H_{16}	25	81.68
		89.79	72.9
2,4-Dimethylpentane	C_7H_{16}	25	78.44
		80.51	70.9
3,3-Dimethylpentane	C_7H_{16}	25	78.76
		86.06	70.6
2,2,3-Trimethylbutane	C_7H_{16}	25	76.42
		80.88	69.3
n-Octane	C_8H_{18}	25	86.80
		125.66	73.19
2-Methylheptane	C_8H_{18}	25	83.02
		117.64	70.3
3-Methylheptane	C_8H_{18}	25	83.35
		118.92	71.3
4-Methylheptane	C_8H_{18}	25	83.01
		117.71	70.91
3-Ethylhexane	C_8H_{18}	25	82.95
		118.53	71.7
2,2-Dimethylhexane	C_8H_{18}	25	78.02
		106.84	67.7
2,3-Dimethylhexane	C_8H_{18}	25	81.17
		115.60	70.2
2,4-Dimethylhexane	C_8H_{18}	25	79.02
		109.43	68.5
2,5-Dimethylhexane	C_8H_{18}	25	79.21
		109.10	68.6
3,3-Dimethylhexane	C_8H_{18}	25	78.54
		111.97	68.5
3,4-Dimethylhexane	C_8H_{18}	25	81.55
		117.72	70.2
2-Methyl-3-ethylpentane	C_8H_{18}	25	80.60
		115.65	69.7
3-Methyl-3-ethylpentane	C_8H_{18}	25	79.49
		118.26	69.3
2,2,3-Trimethylpentane	C_8H_{18}	25	77.24
		109.84	67.3
2,2,4-Trimethylpentane	C_8H_{18}	25	73.50
		99.24	64.87
2,3,3-Trimethylpentane	C_8H_{18}	25	77.87
		114.76	68.1
2,3,4-Trimethylpentane	C_8H_{18}	25	78.90
		113.47	68.37
2,2,3,3-Tetramethylbutane	C_8H_{18}	106.30	66.2

Hydrocarbon compounds	Formula	Temperature, °C.	ΔH_v, cal./g.
Alkyl benzenes:			
Benzene	C_6H_6	25	103.57
		80.10	94.14
Methylbenzene (toluene)	C_7H_8	25	98.55
		110.62	86.8
Ethylbenzene	C_8H_{10}	25	95.11
		136.19	81.0
1,2-Dimethylbenzene (o-xylene)	C_8H_{10}	25	97.79
		144.42	82.9
1,3-Dimethylbenzene (m-xylene)	C_8H_{10}	25	96.03
		139.10	82.0
1,4-Dimethylbenzene (p-xylene)	C_8H_{10}	25	95.40
		138.35	81.2
n-Propylbenzene	C_9H_{12}	25	91.93
		159.22	76.0
Isopropylbenzene	C_9H_{12}	25	89.77
		152.40	74.6
1-Methyl-2-ethylbenzene	C_9H_{12}	25	94.9
		165.15	77.3
1-Methyl-3-ethylbenzene	C_9H_{12}	25	93.3
		161.30	76.6
1-Methyl-4-ethylbenzene	C_9H_{12}	25	92.7
		162.05	76.4
1,2,3-Trimethylbenzene	C_9H_{12}	25	97.56
		176.15	79.6
1,2,4-Trimethylbenzene (pseudocumene)	C_9H_{12}	25	95.33
		169.25	78.0
1,3,5-Trimethylbenzene (mesitylene)	C_9H_{12}	25	94.40
		164.70	77.6
Alkyl cyclopentanes:			
Cyclopentane	C_5H_{10}	25	97.1
		49.26	93.1
Methylcyclopentane	C_6H_{12}	25	89.83
		71.81	83.2
Ethylcyclopentane	C_7H_{14}	25	88.6
		103.45	78.3
1,1-Dimethylcyclopentane	C_7H_{14}	25	82.5
		87.5	74.6
cis-1,2-Dimethylcyclopentane	C_7H_{14}	25	86.4
		99.3	77.0
trans-1,2-Dimethylcyclopentane	C_7H_{14}	25	83.9
		91.9	75.5
trans-1,3-Dimethylcyclopentane	C_7H_{14}	25	83.6
		90.8	75.3
Alkyl cyclohexanes:			
Cyclohexane	C_6H_{12}	25	93.81
		80.74	85.6
Methylcyclohexane	C_7H_{14}	25	86.07
		100.94	76.9
Ethylcyclohexane	C_8H_{16}	25	86.21
		131.79	73.7
1,1-Dimethylcyclohexane	C_8H_{16}	25	80.9
		119.50	70.7
cis-1,2-Dimethylcyclohexane	C_8H_{16}	25	84.59
		129.73	72.9
trans-1,2-Dimethylcyclohexane	C_8H_{16}	25	81.70
		123.42	71.1
cis-1,3-Dimethylcyclohexane	C_8H_{16}	25	83.49
		124.45	72.1
trans-1,3-Dimethylcyclohexane	C_8H_{16}	25	81.42
		120.09	70.9
cis-1,4-Dimethylcyclohexane	C_8H_{16}	25	83.13
		124.32	71.9
trans-1,4-Dimethylcyclohexane	C_8H_{16}	25	80.67
		119.35	70.4
Monoolefins:			
Ethene (ethylene)	C_2H_4	−103.71	115.39
Propene (propylene)	C_3H_6	−47.70	104.62
1-Butene	C_4H_8	25	86.8
		−6.25	93.36
cis-2-Butene	C_4H_8	25	94.5
		3.72	99.46
trans-2-Butene	C_4H_8	25	91.8
		0.88	96.94
2-Methylpropene (isobutene)	C_4H_8	25	87.7
		−6.90	94.22

Non-hydrocarbon compounds	Formula	Temperature, °C.	ΔH_v, cal./g.
Acetal	$C_6H_{14}O_2$	102.9	66.18
Acetaldehyde	C_2H_4O	21	136.17
Acetic acid	$C_2H_4O_2$	118.3	96.75
		140	94.37
		220	81.23
		321	0
anhydride	$C_4H_6O_3$	137	92.2

Non-hydrocarbon compounds	Formula	Temperature, °C.	ΔH_v, cal./g.
Acetone	C_3H_6O	0	134.74
		20	131.82
		40	128.05
		60	123.51
		80	118.26
		100	112.76
		235	0

เอกสารนี้เป็นเอกสารที่สงวนไว้สำหรับการใช้งานเพื่อการศึกษาเท่านั้น ไม่อนุญาตให้นำไปใช้ประโยชน์ด้านการค้า ไม่ว่ากรณีใดๆ ทั้งสิ้น อีกทั้งห้ามมิให้ดัดแปลงเนื้อหาและต้องอ้างอิงถึงเจ้าของเอกสารทุกครั้งที่มีการนำไปใช้