สารบัญ

บทที่ 1 หลักการของการออกแบบทางวิศวกรรม 1

1.1 บทนำ 1

1.2 นิยามของการออกแบบทางวิศวกรรม 3

1.3 กระบวนการของการออกแบบทางวิศวกรรม 6

1.3.1 การกำหนดความต้องการ 7

1.3.2 การรวบรวมข้อมูล 7

1.3.3 การออกแบบในลักษณะของแนวคิด 8

1.3.4 การออกแบบในลักษณะที่ก่อให้เกิดเป็นรูปร่าง 8

1.3.5 การออกแบบในรายละเอียด 9

1.3.6 การสร้างต้นแบบและทดสอบ 9

1.3.7 การผลิต 10

1.4 การออกแบบและการวิเคราะห์ 15

1.5 ประมวลกฎหมายและมาตรฐาน 16

บรรณานุกรม 20

แบบฝึกหัด 20

บทที่ 2 จรรยาบรรณทางวิศวกรรม 21

2.1 ความรับผิดชอบทางวิชาชีพ 21

2.2 จรรยาบรรณทางวิศวกรรม 24

2.3 สภาวิศวกรและข้อบังคับ 32

บรรณานุกรม 41

แบบฝึกหัด 42

บทที่ 3 ระบบลำเลียงของไหล 43

3.1 สมการพื้นฐานของกลศาสตร์ของไหล 43

3.1.1 สมการการวิเคราะห์แบบภาพรวม 44

3.1.2 สมการการวิเคราะห์แบบพิจารณาเป็นอนุภาค 46

3.2 การไหลช่วงขาเข้ากับการไหลแบบพัฒนาเต็มที่ของการไหลแบบราบเรียบ 50

3.2.1 การไหลในช่วงขาเข้า 52

3.2.2 การไหลแบบราบเรียบที่พัฒนาเต็มที่ในท่อกลม 53

3.3 การไหลที่มีการพัฒนาเต็มที่ซึ่งอยู่ในสภาวะปั่นป่วน 56

3.4 ชนิดของท่อ 60

3.5 การสูญเสียของการไหลในท่อ 66

3.6 ปัญหาของการไหลในท่อ 75

3.6.1 ระบบท่อเดี่ยว 76

3.6.2 ระบบท่อแบบหลายท่อ 93

3.6.3 ระบบท่อน้ำและแผนภาพค่าการเสียดทาน 123

บรรณานุกรม 130

แบบฝึกหัด 132

บทที่ 4 อุปกรณ์ขับเคลื่อนของไหลและระบบท่อ 149

4.1 การแบ่งชนิดของเครื่องจักรกลของไหล 150

4.1.1 เครื่องจักรกลแบบการขจัดเป็นบวก 150

4.1.2 เครื่องจักรกลแบบพลวัต 152

4.2 สมรรถนะของเครื่องจักรกลแบบใบพัด 162

4.3 ประสิทธิภาพของเครื่องจักรกลของไหล 164

4.4 ปรากฏการณ์คาวิเตชันและค่าหัวดูดสุทธิที่เป็นบวก 169

4.4.1 ปรากฏการณ์คาวิเตชัน 170

4.4.2 ค่าหัวดูดสุทธิที่เป็นบวก 173
4.5 กฎของความคล้าย 180
4.6 การทำงานของระบบของไหล 189
4.7 พัดลม 206
บรรณานุกรม 223
แบบฝึกหัด 225

บทที่ 5 การถ่ายเทความร้อน 235
5.1 การนำความร้อน 235
5.1.1 การนำความร้อนผ่านผนังในแนวดิ่ง 236
5.1.2 การนำความร้อนผ่านผนังของท่อกลม 242
5.2 การพาความร้อน 246
5.2.1 การพาความร้อนแบบธรรมชาติ 250
5.2.1.1 การพาความร้อนแบบธรรมชาติ ที่ผนังในแนวดิ่ง 251
5.2.1.2 การพาความร้อนแบบธรรมชาติ บนแผ่นสี่เหลี่ยมที่วางตัวอยู่ในแนวนอน 251
5.2.1.3 การพาความร้อนแบบธรรมชาติ บนท่อกลมที่วางตัวอยู่ในแนวนอน 252
5.2.2 การพาความร้อนแบบบังคับ 252
5.2.2.1 การพาความร้อนแบบบังคับ ผ่านแผ่นราบซึ่งมีการไหลแบบราบเรียบ 252
5.2.2.2 การพาความร้อนแบบบังคับผ่าน แผ่นราบซึ่งมีการไหลแบบปั่นป่วน 253
5.2.2.3 การพาความร้อนแบบบังคับผ่าน ท่อทรงกระบอกซึ่งมีการไหลแบบปั่นป่วน 253

5.2.2.4 การพาความร้อนแบบบังคับผ่านชุดของท่อทรงกระบอกซึ่งมีการไหลแบบปั่นป่วน 254
5.2.2.5 การพาความร้อนแบบบังคับของการไหลแบบภายในซึ่งมีการไหลแบบราบเรียบ 256
5.2.2.6 การพาความร้อนแบบบังคับของการไหลแบบภายในซึ่งมีการไหลแบบปั่นป่วน 257
5.2.3 การพาความร้อนแบบมีการเปลี่ยนสถานะ 268
5.2.3.1 การพาความร้อนในกรณีของการเดือดแบบฟิล์ม 268
5.2.3.2 การพาความร้อนในกรณีของการควบแน่น 269
5.3 การถ่ายเทความร้อนแบบการแผ่รังสี 270
5.3.1 คุณสมบัติของพื้นผิวหรือวัตถุเชิงการแผ่รังสี 271
5.3.2 ค่าความเข้มของการแผ่รังสี 274
5.3.3 การถ่ายเทความร้อนด้วยการแผ่รังสีระหว่างพื้นผิว 277
5.3.3.1 ค่า view factor 277
5.3.3.2 การถ่ายเทความร้อนจากการแผ่รังสีระหว่างพื้นผิวทึบรังสี 278
5.3.3.3 วิธี radiosity 279
5.3.3.4 วิธีวงจรเชิงความร้อน 280
บรรณานุกรม 285
แบบฝึกหัด 287

บทที่ 6 เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบท่อคู่ 293
6.1 ลักษณะของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบท่อคู่ 293
6.2 การถ่ายเทความร้อนของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบท่อคู่ 297
6.3 การถ่ายเทความร้อนของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนในเงื่อนไขพิเศษ 307

6.4 การเปรียบเทียบการถ่ายเทความร้อนของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน ในเงื่อนไขการไหลแบบไหลตามกันและแบบไหลสวนกัน 311
6.5 การวิเคราะห์สมรรถนะของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบท่อคู่ 314
6.5.1 การวิเคราะห์หาค่าอุณหภูมิขาออกของของไหล 319
6.5.2 การวิเคราะห์กรณีท่อมีความสกปรก 321
6.5.3 การวิเคราะห์หาค่าความดันลดในเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบท่อคู่ 325
6.6 การวิเคราะห์สมรรถนะของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบท่อคู่โดยใช้วิธี *Effectiveness-NTU* 339
6.7 การออกแบบเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบท่อคู่ 356
บรรณานุกรม 372
แบบฝึกหัด 373

บทที่ 7 เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบเปลือกและท่อ 381
7.1 ลักษณะของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบเปลือกและท่อ 381
7.2 การถ่ายเทความร้อนของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบเปลือกและท่อ 390
7.3 การวิเคราะห์สมรรถนะของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบเปลือกและท่อ 402
7.3.1 การวิเคราะห์หาค่าอุณหภูมิขาออกของของไหล 403
7.3.2 การวิเคราะห์กรณีมีความสกปรกเกิดขึ้นในเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน 406
7.3.3 การวิเคราะห์หาค่าความดันลดในเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบเปลือกและท่อ 407
7.4 การวิเคราะห์สมรรถนะของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบเปลือกและท่อโดยใช้วิธี *Effectivness-NTU* 422

7.5 การเพิ่มประสิทธิภาพของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน
แบบเปลือกและท่อ 437
7.6 การออกแบบเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบเปลือกและท่อ 446
7.6.1 ตัวแปรในส่วนของชุดท่อที่มีผลกระทบต่อสมรรถนะ
ของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน 447
บรรณานุกรม 464
แบบฝึกหัด 465

บทที่ 8 เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบแผ่นและแบบไหลตัดกัน 475
8.1 ลักษณะของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบแผ่น 475
8.2 การถ่ายเทความร้อนของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบแผ่น 483
8.3 การวิเคราะห์สมรรถนะของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบแผ่น 486
8.3.1 การวิเคราะห์หาค่าอุณหภูมิขาออกของของไหล 490
8.3.2 การวิเคราะห์กรณีมีความสกปรกเกิดขึ้นใน
เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน 491
8.3.3 การวิเคราะห์หาค่าความดันลดใน
เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบแผ่น 493
8.4 ลักษณะของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบไหลตัดกัน 510
8.5 การถ่ายเทความร้อนของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน
แบบไหลตัดกัน 514
8.6 การวิเคราะห์สมรรถนะของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน
แบบไหลตัดกัน 516
8.6.1 การวิเคราะห์หาค่าอุณหภูมิขาออกของของไหล 517
8.6.2 การวิเคราะห์กรณีมีความสกปรกเกิดขึ้นใน
เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อน 521
8.6.3 การวิเคราะห์หาค่าความดันลดใน

เครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบไหลตัดกัน 522
บรรณานุกรม 529
แบบฝึกหัด 531

บทที่ 9 เศรษฐศาสตร์ทางวิศวกรรม 539
9.1 ดอกเบี้ย 539
9.1.1 ดอกเบี้ยเชิงเดี่ยว 541
9.1.2 ดอกเบี้ยทบต้น 541
9.2 สูตรในการคำนวณอัตราดอกเบี้ย 542
9.3 อัตราดอกเบี้ยที่แท้จริง 551
9.4 แผนภาพการไหลของเงินสด (Cash Flow Diagram) 552
9.5 มูลค่าของเงิน 553
9.5.1 มูลค่าเงินในปัจจุบัน 553
9.5.2 มูลค่าเงินในอนาคต 554
9.6 การจ่ายหรือรับเป็นอนุกรมแบบสม่ำเสมอ 556
9.7 การจ่ายหรือรับเป็นอนุกรมที่มีการเพิ่มหรือลดแบบสม่ำเสมอ 567
9.8 การจ่ายหรือรับเป็นอนุกรมที่มีการเพิ่มหรือลดเชิงเรขาคณิต 575
9.9 เงินเฟ้อ 580
9.10 การเสื่อมราคา 583
9.11 เวลาคืนทุน 590
9.12 การวิเคราะห์คุณค่าของโครงการ 591
บรรณานุกรม 598
แบบฝึกหัด 599

บทที่ 10 การหาค่าที่เหมาะสมที่สุด 613
10.1 กระบวนการของการหาค่าที่เหมาะสมที่สุด 614
10.1.1 วิธีแคลคูลัส (Calculus methods) : Lagrange multiplier 617

10.1.2 การโปรแกรมแบบเชิงเส้น (Linear programming) 623
10.1.2.1 การหาค่าที่เหมาะสมที่สุดในกรณีของค่าที่มากที่สุดและข้อจำกัดชนิดมีค่าน้อยกว่า 624
10.1.2.2 การหาค่าที่เหมาะสมที่สุดในกรณีของค่าที่น้อยที่สุดและข้อจำกัดชนิดมีค่ามากกว่า 633
10.1.3 การโปรแกรมแบบพลวัต (Dynamic programming) 642
10.1.4 การโปรแกรมแบบเรขาคณิต (Geometric programming) 643
10.1.5 วิธีค้นหา (Search Methods) 646
10.1.5.1 ตัวแปรอิสระเพียงตัวเดียว (single variable) 647
10.1.5.2 ตัวแปรอิสระหลายตัว (multiple variable) 649
10.2 เส้นผ่านศูนย์กลางของท่อเชิงเศรษฐศาสตร์ 659
10.3 ค่าอุณหภูมิขาออกที่เหมาะสมที่สุด 677
10.4 ค่าความหนาที่เหมาะสมที่สุดของฉนวน 684
10.4.1 ค่ารัศมีวิกฤติ 685
บรรณานุกรม 694
แบบฝึกหัด 695

บทที่ 11 การนำเสนอผลงานทางวิศวกรรม 705
11.1 แนวทางของการเขียนรายงาน 705
11.1.1 การกำหนดผู้อ่าน 706
11.1.2 การวางแผนการเขียน 707
11.2 การเขียนตัวรายงาน 708
11.2.1 ส่วนแรกของรายงาน 708
11.2.2 ส่วนหลักของตัวรายงาน 711
11.2.3 ส่วนภาคผนวก 713
11.3 แนวทางการนำเสนอโดยวาจา 714

11.3.1 การเตรียมการ 714
11.3.2 การใช้สื่อในการนำเสนอ 715
11.3.3 การนำเสนอ 716
บรรณานุกรม 716
แบบฝึกหัด 717

บทที่ 12 ตัวอย่างของระบบทางวิศวกรรม 719
12.1 ระบบทางวิศวกรรม 719
12.2 ระบบผลิตกระแสไฟฟ้าจากต้นกำลังที่ต่างกัน 720
12.2.1 ระบบผลิตกระแสไฟฟ้าจากกังหันไอน้ำ โดยที่ไอน้ำถูกผลิตจากหม้อต้ม (boiler) ที่ใช้เชื้อเพลิงเป็นถ่านหิน น้ำมันเตา หรือก๊าซ 721
12.2.2 ระบบผลิตกระแสไฟฟ้าจากกังหันไอน้ำ ไอน้ำถูกผลิตจากการใช้เชื้อเพลิงเป็นนิวเคลียร์ 723
12.2.3 ระบบผลิตกระแสไฟฟ้าจากเครื่องยนต์ดีเซล 724
12.2.4 ระบบผลิตกระแสไฟฟ้าจากกังหันก๊าซ 726
12.2.5 ระบบผลิตกระแสไฟฟ้าจากกังหันน้ำ 728
12.2.6 ระบบผลิตกระแสไฟฟ้าจากกังหันลม 731
12.2.7 ระบบผลิตกระแสไฟฟ้าจากแสงอาทิตย์ 737
12.2.8 ระบบผลิตกระแสไฟฟ้าจากความร้อนใต้พิภพและระบบอื่น ๆ 739
12.3 ระบบทำความเย็น 739
12.3.1 ระบบทำความเย็นแบบอัดไอ 740
12.3.2 ระบบทำความเย็นแบบดูดกลืน 742
12.4 ระบบปรับอากาศและระบายอากาศของอาคารสำนักงาน อาคารพาณิชย์ และอาคารที่อยู่อาศัย 745

12.4.1 ภาระการทำความเย็น (cooling load) 745
12.4.2 ระบบปรับอากาศ 751
12.4.2.1 ระบบปรับอากาศแบบ direct expansion 751
12.4.2.2 ระบบปรับอากาศแบบ chiller 753
12.4.2.2.1 เครื่อง chiller 754
12.4.2.2.2 หอผึ่งน้ำ 763
12.4.2.2.3 เครื่องสูบและระบบท่อ 766
12.4.2.2.4 เครื่องเป่าลมเย็น 767
12.4.3 ระบบระบายอากาศ 769
12.5 ระบบขนย้ายของไหล 770
12.6 ระบบเชิงความร้อนในยานพาหนะ 771
12.7 ตัวอย่างของการออกแบบระบบวิศวกรรมเชิงพลังงาน ความร้อนและของไหล 772
12.7.1 ตัวอย่างของการออกแบบอุปกรณ์ 772
1. การกำหนดความต้องการ (define need) 772
2. การรวบรวมข้อมูล 773
3. การออกแบบในลักษณะของแนวคิด 773
4. การออกแบบในลักษณะที่ก่อให้เกิดเป็นรูปร่าง 775
5. การออกแบบในรายละเอียด 782
6. การสร้างต้นแบบและทดสอบ 783
7. การผลิต 784
12.7.2 ตัวอย่างของการออกแบบระบบ 784
1. การกำหนดความต้องการ (define need) 785
2. การรวบรวมข้อมูล 785
3. การออกแบบในลักษณะของแนวคิด 789
4. การออกแบบในลักษณะที่ก่อให้เกิดเป็นรูปร่าง 793

5. การออกแบบในรายละเอียด 808
12.7.3 ตัวอย่างของการออกแบบเพื่อปรับปรุงอุปกรณ์ที่มีอยู่ 815
12.7.3.1 การวิเคราะห์การผสมของสาร 2 ชนิดด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์วอลุ่ม 819
12.7.3.2 การวิเคราะห์ความเค้นจากอุณหภูมิของไหลด้วยระเบียบวิธีไฟไนต์เอลิเมนต์ 823
บรรณานุกรม 827
แบบฝึกหัด 831

ภาคผนวก ก คุณสมบัติของของไหล 837

ภาคผนวก ข คุณสมบัติท่อ 873

ภาคผนวก ค ท่อของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแบบเปลือกและท่อ 879

ภาคผนวก ง พระราชกฤษฎีกาว่าด้วยการหักค่าสึกหรอและค่าเสื่อมราคาของทรัพย์สิน 887

ภาคผนวก จ สมการในรูปของแกนพิกัดทรงกระบอก 901

ภาคผนวก ฉ ตารางการแปลงหน่วย 903

คำตอบ 907

ดรรชนี 911