

การประยุกต์โปรแกรมการจำลองเพื่อแก้ไขข้อจำกัดของ
การเพิ่มกำลังการผลิตในโรงกลั่นน้ำมัน :
กรณีศึกษาของโรงกลั่นน้ำมันบางจาก



นาย สมคิด ภูไพบิจิตรกุล

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต

ภาควิชาวิศวกรรมเคมี

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

พ.ศ. 2538

ISBN 974-631-733-4

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

**APPLICATION OF SIMULATION PROGRAM FOR
DEBOTTLENECKING OF OIL REFINERY CAPACITY:
A CASE STUDY OF THE BANGCHAK REFINERY**

Mr. Somkid Phupaichitkul

**A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Engineering
Department of Chemical Engineering
Graduate School
Chulalongkorn University
1995
ISBN 974-631-733-4
Copyright of the Graduate School, Chulalongkorn University**

Thesis Title APPLICATION OF SIMULATION PROGRAM FOR
 DEBOTTLENECKING OIL REFINERY CAPACITY:
 A CASE STUDY OF THE BANGCHAK REFINERY

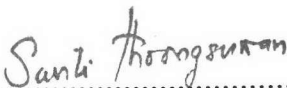
By Mr. Somkid Phupaichitkul

Department Chemical Engineering

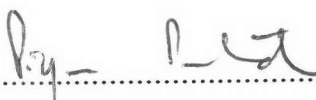
Thesis Advisor Associate Professor Sutham Vanichseni, Ph.D.


Thesis Co-Advisor Anusorn Sangnimnuan, Ph.D.

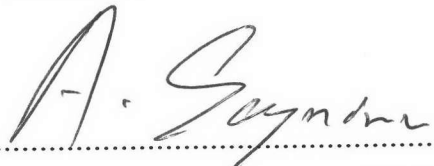
Accepted by the Graduate School, Chulalongkorn University in
Partial Fulfillment of the Requirements for the Master's Degree/


..... Dean of Graduate School
(Associate Professor Santi Thoongsuwan, Ph.D.)

Thesis Committee

..... Chairman
(Professor Piyasan Praserttham, Dr.Ing.)

..... Thesis Advisor
(Associate Professor Sutham Vanichseni, Ph.D.)

..... Thesis Co-Advisor
(Anusorn Sangnimnuan, Ph.D.)

..... Member
(Pienpak Tasakorn, Ph.D.)

พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสี่เหลี่ยมนี้เพียงแผ่นเดียว

สมคิด ภูไพจิตรกุล : การประยุกต์โปรแกรมการจำลองเพื่อแก้ไขข้อจำกัดของการเพิ่มกำลังการผลิต
ในโรงกลั่นน้ำมัน : กรณีศึกษาของโรงกลั่นน้ำมันบางจาก (APPLICATION OF SIMULATION
PROGRAM FOR DEBOTTLENECKING OF OIL REFINERY CAPACITY : A CASE STUDY OF THE
BANGCHAK REFINERY) อาจารย์ที่ปรึกษา : รศ.ดร. สุธรรม วาณิชเสนี อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม :
ดร. อนุสรณ์ แสงนิมนวล 104 หน้า ISBN 974-631-733-4

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้แสดงการประยุกต์โปรแกรมการจำลองเพื่อแก้ไขข้อจำกัดในการเพิ่ม
กำลังการผลิตของโรงกลั่นน้ำมันดิบ โดยใช้โปรแกรมการจำลองสร้างแบบจำลอง
(modeling) ของกระบวนการ และ ทำการจำลอง (simulation) แบบจำลองที่ได้ เพื่อกำหนดข้อ
จำกัด และ ทำการแก้ไขข้อจำกัดเหล่านั้น กรณีศึกษาของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้คือ หน่วยกลั่น
ทอปปีง (topping unit) ในโรงกลั่นหมายเลข 2 ของ โรงกลั่นน้ำมันบางจาก ซึ่งขยายกำลังการผลิต
ผลิตจาก 40 กิโลบาเรลดต่อวัน เป็น 50 และ 60 กิโลบาเรลดต่อวัน ได้ผลการจำลองดังนี้

- ข้อจำกัดของหอกกลั่นสามารถแก้ไขได้ 2 วิธีคือ การดัดแปลงภายในหอกกลั่นเดิมซึ่งเป็น
แบบเทรย์ (tray) ใช้ได้เฉพาะกรณีที่เกิดข้อจำกัดไม่มาก โดยทั่วไปเปอร์เซ็นต์การท่วม
(%flooding) น้อยกว่า 94% สำหรับกรณีที่เกิดปัญหามากจะแก้โดยการเปลี่ยน
หอกกลั่นเป็นแบบแพกกิง (packing)
- ข้อจำกัดของเครื่องถ่ายเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแก้โดยการออกแบบใหม่ โดยใช้
การวิเคราะห์แบบพินช์ (pinch analysis) อัตราการเพิ่มพื้นที่ของเครื่องแลกเปลี่ยน
ความร้อนในเครื่องถ่ายใหม่เท่ากับ 20% สำหรับกำลังการผลิต 50 กิโลบาเรลดต่อวัน และ
เท่ากับ 50% สำหรับกำลังการผลิต 60 กิโลบาเรลดต่อวัน
- เครื่องทำความเย็น(cooler) และ เครื่องให้ความร้อน(heater) สามารถแก้ได้โดยเพิ่ม
เครื่องใหม่โดยต่อแบบขนานกับอุปกรณ์เดิม

การประเมินค่าทางเศรษฐศาสตร์เบื้องต้นของการแก้ไขข้อจำกัดนี้แสดงให้เห็นว่าการแก้ไข
ดังกล่าวควรลงทุน เนื่องจากให้ผลตอบแทนสูง (ประมาณ 50%IRR) และ ระยะเวลาของ
การคุ้มทุนที่สั้น (ประมาณ 2 ปี) เมื่อทำการเปรียบเทียบการแก้ไขข้อจำกัดทั้งสองกำลังการผลิต
พบว่า การกลั่นที่ 50 กิโลบาเรลดต่อวัน มีความเหมาะสมที่จะทำการแก้ไขมากกว่าที่
60 กิโลบาเรลดต่อวัน เนื่องจากมีข้อจำกัดน้อยกว่า ทำให้การปรับปรุงแก้ไขทำได้ง่าย



ภาควิชา.....วิศวกรรมเคมี.....
สาขาวิชา.....วิศวกรรมเคมี.....
ปีการศึกษา.....2538.....

ลายมือชื่อนิสิต.....สมคิด ภูไพจิตรกุล.....
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา.....
ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม.....

C516940 : MAJOR CHEMICAL ENGINEERING
KEY WORD: DEBOTTLENECK/DISTILLATION/REFINERY/SIMULATION/TOPPING UNIT
SOMKID PHUPAICHITKUL : APPLICATION OF SIMULATION PROGRAM FOR
DEBOTTLENECKING OF OIL REFINERY CAPACITY : A CASE STUDY OF THE
BANGCHAK REFINERY. THESIS ADVISOR : ASSOCIATE PROFESSOR SUTHAM
VANICHANI, Ph.D., THESIS CO-ADVISER : ANUSORN SANGNIMNUAN, Ph.D.
104 pp. ISBN 974-631-733-4

This thesis represents the application of a simulator to eliminate the limits of capacity expansion or to debottleneck capacity. The simulator is used to model the existing process (or to generate a process model) and to simulate this model for bottleneck identification, and then for debottlenecking. The case study is the Topping Unit in Plant No.2 of Bangchak Refinery which is expanded from 40 KiloBarrels per Day (or KBD) to 50 and 60 KBD. From simulated results, debottleneckings are as follows:

- Columns bottlenecks are debottlenecked by two methods. Internal tray modification is only applied to light bottlenecks (usually, less than 94%flooding). For more serious bottlenecks, packing replacement is used.
- Heat exchanger network (or HEN) is redesigned to the new HEN by pinch analysis. Area increases from new heat exchanger equate 20% increase for 50 KBD and 50% area increase for 60 KBD.
- Coolers and heaters are usually debottlenecked by adding new units in parallel connection.

In addition, preliminary economic evaluation of the debottlenecking shows that this debottlenecking should be invested because it yields high rate of return (about 50%IRR) and short payback period (about 2 years). When comparing two capacities, the 50 KBD is more attractive for debottlenecking than the 60 KBD because it has less bottlenecks and thus leading to less complex modifications.

ภาควิชา..... วิศวกรรมเคมี.....

สาขาวิชา..... วิศวกรรมเคมี.....

ปีการศึกษา..... 2538.....

ลายมือชื่อนิสิต..... สมศักดิ์ สุทธิธรรม.....

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา..... สมศักดิ์ สุทธิธรรม.....

ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม..... สมศักดิ์ สุทธิธรรม.....



ACKNOWLEDGMENTS

A number of people have contributed either directly and indirectly to this thesis. Gratitude is expressed to Associate Professor Sutham Vanichseni, Ph.D.(advisor) and Anusorn Sangnimnuan, Ph.D.(co-advisor) for guidance and valuable advice, and to Professor Piyasan Prasertdam, Ph.D. and Pienpak Tasakorn, Ph.D. as the chairman and the member of thesis committee. For providing process data, gratitude is expressed to the Bangchak Petroleum Public Company Limited, and to many Bangchak's officers who are very helpful. Also, gratitude is expressed to Mr. Supapong Krishnakan, from Simulation Sciences Inc., for training and providing PRO/II used as a simulator in this work. And, gratitude is expressed to Graduate School of Chulalongkorn University for providing a partial education fund. Finally, gratitude is expressed to my family who provide financial and encouraging me to study in master degree.

CONTENTS

	page
ABSTRACT	iv
ACKNOWLEDGMENTS	vi
LIST OF TABLES	ix
LIST OF FIGURES	x
 CHAPTER	
1. INTRODUCTION	1
2. SIMULATION	3
3. DISTILLATION COLUMN	7
Distillation Column	9
Tray Column	10
Packing	13
4. HEAT EXCHANGER NETWORK DESIGN	18
Determine the Pinch Position and the Energy Target	18
Identify the Capital Target	22
Design the Complete HEN.....	23
5. ECONOMIC EVALUATION	28
Marginal Fixed Costs	29
Marginal Variable Costs	31
Depreciation and Taxes.....	31
Economic Indexes	32

CONTENTS (continues)

6. SCOPE, CASE STUDY, AND PROCEDURE	34
Scope and Case Study	34
The Hierarchy of Chemical Process Design	34
Simulation Procedure.....	35
Find the Base Model of the Topping Unit.....	36
Verify the Base Model by Actual Operating Data	38
Identify Bottlenecks at Higher Capacities	38
Debottleneck by Modification the Existing Unit	39
7. RESULT AND DISCUSSION.....	41
The Base Model of the Topping Unit Based on Two Design Cases.....	41
The Base Model Verified by Actual Operating Data	44
Bottlenecks of the Topping Unit at 50 and 60 KBD	46
Debottlenecking at 50 and 60 KBD	48
Economic Evaluation of Debottlenecking.....	55
8. CONCLUSION	57
This Thesis Benefits	58
REFERENCE	59
APPENDIX.....	62
Crude Assay	63
Process Flow Diagram.....	65
Heat Exchanger Configuration and Pump Rating	74
Economic Evaluation.....	78
Input and Output Files	83
ABOUT THE AUTHOR.....	93

LIST OF TABLES

Table	page
3.1 Comparison of the common tray types	10
4.1 Heat exchanger stream data	19
6.1 Typical overall tray efficiencies of refinery columns	37
7.1 Efficiency of three columns in topping unit for two design cases ..	42
7.2 Product flowrate and temperature profile	43
7.3 Product specification of design cases.....	43
7.4 The temperature profile in HEN of two design cases.....	44
7.5 Compare the predicted results of the base model with the actual operating data.....	45
7.6 Yield percentage of three crudes	46
7.7 Bottlenecks of topping unit column for case A, B, and C	47
7.8 Column debottleneck by packing replacement	48
7.9 Packing weight	50
7.10 Total weight of debottlenecking column	50
7.11 Required duty to heat feed to its flash point	51
7.12 Economic evaluation of debottlenecking	55
7.13 Sensitivity analysis	55

LIST OF FIGURES

Figure	page
2.1 Process model application for chemical processes	3
2.2 Structure of process simulators	4
3.1 Overall petroleum-refining processing.....	8
3.2 Overall processing of Plant No.2 in Bangchak Refinery	8
3.3 Overall processing of Plant No.3 in Bangchak Refinery	9
3.4 Stable operating range for crossflow plates	11
3.5 Tray constraints for satisfactory operation.....	13
3.6 Sloped downcomer.....	13
3.7 Typical packed column shell and internals	16
3.8 Typical pressure drop characteristics of packing towers	16
3.9 Typical efficiency characteristics of packing towers.....	16
4.1 The hot streams can be combined to obtain a composite hot stream	19
4.2 The cold streams can be combined to obtain a composite cold stream	19
4.3 Plotting hot and cold composite curves together	20
4.4 Composite curves of the heat exchanger network	20
4.5 Problem table algorithm of HEN.....	21
4.6 Grid diagram for the data from Table 4.1.....	23
4.7 Splitting streams to obey the stream number criterion	24
4.8 CP criteria for pinch matches	25
4.9 Pinch design procedure obeying with two criterions.....	26
4.10 A loop and reducing a match with shifted duty.....	27
4.11 A path and reducing a match with shifted duty.....	27
5.1 Pump-cost curve	30
5.2 Net present value (NPV).....	33
5.3 Internal rate of return (IRR)	33

LIST OF FIGURES (continues)

6.1 The “onion model” of the process design	35
6.2 Modeling and Simulation	36
7.1 Sequence of topping unit modeling	41
7.2 Actual tray and theoretical tray in topping unit	42
7.3 Debottleneck by internal tray modification for 60 KBD	49
7.4 HEN debottlenecking.....	53
7.5 Heater and cooler debottlenecking.....	54