# การประยุกต์โปรแกรมการจำลองเพื่อแก้ไขข้อจำกัดของการเพิ่มกำลังการผลิตในโรงกลั่นน้ำมัน : กรณีศึกษาของโรงกลั่นน้ำมันบางจาก

นาย สมคิด ภู่ไพจิตร์กุล

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาหลักสูตรปริญญาวิศวกรรมศาสตรมหาบัณฑิต
ภาควิชาวิศวกรรมเคมี
บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
พ.ศ. 2538

ISBN 974-631-733-4

ลิขสิทธิ์ของบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

I16422911

# 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/

Santi Thoongsuwan ..... Dean of Graduate School

(Associate Professor Santi Thoongsuwan, Ph.D.)

Thesis Committee

..... Chairman

(Professor Piyasan Praserthdam, Dr.Ing.)

Sutham Vanichseni ..... Thesis Advisor

(Associate Professor Sutham Vanichseni, Ph.D.)

..... Thesis Co-Advisor

(Anusorn Sangnimnuan, Ph.D.)

..... Member

(Pienpak Tasakorn, Ph.D.)

พิมพ์ต้นฉบับบทคัดย่อวิทยานิพนธ์ภายในกรอบสีเขียวนี้เพียงแผ่นเดียว

สมคิด ภู่ไพจิตร์กุล : การประยุกต์โปรแกรมการจำลองเพื่อแก้ไขข้อจำกัดของการเพิ่มกำลังการผลิตในโรงกลั่นน้ำมัน : 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 แสงนิ่มนวล 104 หน้า ISBN 974-631-733-4

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้แสดงการประยุกต์โปรแกรมการจำลองเพื่อแก้ไขข้อจำกัดในการเพิ่มกำลังการผลิตของโรงกลั่นน้ำมันดิบ โดยใช้โปรแกรมการจำลองสร้างแบบจำลอง (modeling) ของกระบวนการ และ ทำการจำลอง (simulation) แบบจำลองที่ได้ เพื่อกำหนดข้อจำกัด และ ทำการแก้ไขข้อจำกัดเหล่านั้น กรณีศึกษาของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้คือ หน่วยกลั่นทอปปิ้ง (topping unit) ในโรงกลั่นหมายเลข 2 ของ โรงกลั่นน้ำมันบางจาก ซึ่งขยายกำลังการผลิตจาก 40 กิโลบาเรลต่อวัน เป็น 50 และ 60 กิโลบาเรลต่อวัน ได้ผลการจำลองดังนี้

- ข้อจำกัดของหอกลั่นสามารถแก้ไขได้ 2 วิธีคือ การดัดแปลงภายในหอกลั่นเดิมซึ่งเป็นแบบเทรย์ (tray) ใช้ได้เฉพาะกรณีที่เกิดข้อจำกัดไม่มาก โดยทั่วไปเปอร์เซ็นการท่วม (%flooding) น้อยกว่า 94% สำหรับกรณีที่เกิดปัญหามากจะแก้โดยการเปลี่ยนหอกลั่นเป็นแบบแพกกิ้ง (packing)
- ข้อกำจัดของเครือข่ายเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนแก้โดยการออกแบบใหม่ โดยใช้การวิเคราะห์แบบพินช์ (pinch analysis) อัตราการเพิ่มพื้นที่ของเครื่องแลกเปลี่ยนความร้อนในเครือข่ายใหม่เท่ากับ 20% สำหรับกำลังการผลิต 50 กิโลบาเรลต่อวัน และเท่ากับ 50% สำหรับกำลังการผลิต 60 กิโลบาเรลต่อวัน
- เครื่องทำความเย็น(cooler) และ เครื่องให้ความร้อน(heater) สามารถแก้ได้โดยเพิ่มเครื่องใหม่โดยต่อแบบขนานกับอุปกรณ์เดิม

การประเมินค่าทางเศรษฐศาสตร์เบื้องต้นของการแก้ไขข้อจำกัดนี้แสดงให้เห็นว่าการแก้ไขดังกล่าวควรลงทุน เนื่องจากให้ผลตอบแทนสูง (ประมาณ 50%IRR) และ ระยะเวลาของการคุ้มทุนที่สั้น (ประมาณ 2 ปี) เมื่อทำการเปรียบเทียบการแก้ไขข้อจำกัดทั้งสองกำลังการผลิต พบว่า การกลั่นที่ 50 กิโลบาเรลต่อวัน มีความเหมาะสมที่จะทำการแก้ไขมากกว่าที่ 60 กิโลบาเรลต่อวัน เนื่องจากมีข้อจำกัดน้อยกว่า ทำให้การปรับปรุงแก้ไขทำได้ง่าย

บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา วิศวกรรมเคมี ลายมือชื่อนิสิต สมคิด ภู่ไพจิตร์กุล

สาขาวิชา วิศวกรรมเคมี ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา

ปีการศึกษา 2538 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 exiting 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 ลายมือชื่อนิสิต สมคิด ภูไพจิตรกุล

สาขาวิชา วิศวกรรมเคมี ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา

ปีการศึกษา 2538 ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

หอสมุดกลาง จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

## 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 Praserthdam, 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