PROCESS DESIGN MODIFICATIONS FOR MAXIMIZATION OF LPG PRODUCTION IN ASSIUT REFINERY

By

KirollossKameelAzmiAbdelkodous

A Thesis Submitted to the
Faculty of Engineering at Cairo University
in Partial Fulfillment of the
Requirements for the Degree of
MASTER OF SCIENCE
in
Chemical Engineering

FACULTY OF ENGINEERING, CAIRO UNIVERSITY
GIZA, EGYPT
2015

PROCESS DESIGN MODIFICATIONS FOR MAXIMIZATION OF LPG PRODUCTION IN ASSIUT REFINERY

By
KirollossKameelAzmiAbdelkodous

A Thesis Submitted to the
Faculty of Engineering at Cairo University
in Partial Fulfillment of the
Requirements for the Degree of
MASTER OF SCIENCE
in
Chemical Engineering

Under the Supervision of

Prof. Dr. M. A. El-Rifai
Professor of Chemical Engineering
Chemical EngineeringDepartment
Faculty of Engineering, Cairo University

Prof. Dr. R. S. Ettouney
Professor of Chemical Engineering
Chemical Engineering Department
Faculty of Engineering, Cairo University

Dr. A. F. Nassar
AssociateProfessor
Chemical Engineering Department
Faculty of Engineering, Cairo University

FACULTY OF ENGINEERING, CAIRO UNIVERSITY
GIZA, EGYPT
2015

PROCESS DESIGN MODIFICATIONS FOR MAXIMIZATION OF LPG PRODUCTION IN ASSIUT REFINERY

By
KirollossKameelAzmiAbdelkodous

A Thesis Submitted to the
Faculty of Engineering at Cairo University
in Partial Fulfillment of the
Requirements for the Degree of
MASTER OF SCIENCE
in
Chemical Engineering

Approved by theExamining Committee

Prof. Dr. Abdel Ghani Gamal ElDin Abou El Nour
Professor of Chemical Engineering, National Research Center, Dokki

Prof. Dr. FatmaAl Zahraa Ashour
Chair, Chemical Engineering Department, Cairo University

Prof. Dr. Mahmoud A. El-Rifai
Professor, Chemical Engineering Department, Cairo University

Prof. Dr. Reem S. Ettouney
Professor, Chemical Engineering Department, Cairo University

FACULTY OF ENGINEERING, CAIRO UNIVERSITY
GIZA, EGYPT
2015

Engineer's Name: KirollossKameelAzmiAbdelkodous
Date of Birth: 12/9/ 1987
Nationality: Egyptian
E-mail: kirolloss.kameel@gmail.com
Phone: 01221506848
Address: El tahrir street, Tahta, Suhaj

Registration Date: 1 / 10 / 2011
Awarding Date: …./…./……..
Degree: Master of Science
Department: Chemical Engineering Department

Supervisors:

Prof. Dr. Mahmoud A. El-Rifai
Prof. Dr. Reem S. Ettouney
Dr. Ahmed F. Nassar

Examiners:

Prof. Dr. Abdel Ghani Gamal ElDin Abou El Nour
Prof. Dr. Fatma Al Zahraa Ashour
Prof. Dr. Mahmoud A. El-Rifai
Prof. Dr. Reem S. Ettouney

Title of Thesis:

Process Design Modifications for Maximization of LPG Production in Assiut Refinery

Key Words:
Liquefied petroleum gas; Stabilized naphtha; Debutanizer; Process simulation

Summary:
The present thesis presents the details of a techno-economic study for the synthesis of aprocess modification to the light ends processing section in Assuit refinery. The target of the process design modification is to make use of excess light naphtha available at Assuit refinery to produce higher added value liquefied petroleum gas (LPG) and stabilized naphtha.

This work is intended to study possible use of a redundantcolumn as the heart of a new light naphtha stabilization train to increase LPG and stabilized naphtha production at a minimum investment cost.The main feature of the work is that process design is tailored to the actual prevailing conditions within the refinery.

Three possible alternative modifications, all appropriated to the hydrodynamic and separation capacity of the existing column, are analyzed. Aspen HYSYS© process simulation software was used for rating of the additional ancillary equipment and the calculation of utility requirements for each of the studied schemes. The annual fixed and operating costs are compared with the additional revenues arising from separation of the light naphtha into stabilized naphtha and LPG in each case.

الملخص

تتناولهذهالرسالة إدخال تعديلاتفى تصميم منظومة العمليات الصناعية فى معمل تكرير أسيوط. والهدف من تعديل المنظومة هو الإستفادة من فائض النافتا الخفيفة المنتجة من عمليات التقطير في زيادة إنتاجية المعمل من البوتاجاز والجازولين وذلك من خلال إستغلال برج قائم كان يستخدم فى مرحلة سابقة كفاصل للبروبان.

وقد تم إقتراح ثلاثة بدائل لتخليق منظومة الوحدات الإضافية تأخذ فى الإعتبار خصوصيات المعدات القائمة فى الوحدة وسعتها التشغيلية. ف تشمل الدراسة مراجعة مخطط تصميم العمليات الصناعية لوحدات إسترجاع الأبخرة وكبسها، وفصل المتكاثفات، ومراجعة تصميم ما تتضمنه الوحدة من مضخات، وفواصل، ومبادلات حرارية، وكذلك المكثف والغلاية التابعانللبرج القائم. وقد تم إستخدام برنامج ASPEN HYSYS فى إجراء الحسابات التكرارية المتصلة بتحليل الأداء الوظيفى لبرج التقطير ذى الصوانى الصمامية تحت ظروف التشغيل المختلفة وفى إجراء حسابات التصميم الخاصة بالمضخات والمبادلات الحرارية والمبخرات. كما إستخدم الحاسب فى تقدير الإستهلاكات من مياه التبريد والبخار المطلوبة بالنسبة لكل من الثلاثة بدائل المقترحة.

وقد تم تقدير التكلفة الإستثمارية لتوريد وتركيب المعدات المطلوبة لكل من البدائل المدروسة على أساس البيانات الحديثة المنشورة عن أسعار المعدات سنة 2014. كما تم حساب نفقات التشغيل من بيانات تكلفة البخار ومياه التبريد فى معمل تكرير أسيوط وكذلك تقدير عوائد البيع الإضافية الناشئة عن هذه التعديلات على أساس الأسعار السائدة لمنتجات المعمل.

هذا وقد أظهرت الدراسة الإقتصاديةجدوى إجراء كل من التعديلات المقترحة حيث تراوحت التكلفة الإستثمارية بين 0.95 و 1.4 مليون دولار تناظر فترة لاسترداد رأس المال تراوحت بين 13 شهراً وثمانية أشهر.

مهندس: كيرلس كميل عزمي عبدالقدوس.
تاريخ الميلاد: 12\9\ 1987
الجنسية: مصرية
تاريخ التسجيل: 1 \ 10 \2011
تاريخ المنح: ....\....\.....
القسم: قسم الهندسة الكيميائية
الدرجة: ماجستير العلوم
المشرفون:
ا.د. محمود عبد الحكيم الرفاعى
ا.د. ريم سيد التونى
د. احمد فايز نصار
الممتحنون:
أ.د.عبد الغنى جمال الدين أبو النور(الممتحن الخارجي)
أ.د. فاطمة حنفى عاشور
أ.د. محمود عبد الحكيم الرفاعى
ا.د. ريم سيد التونى

عنوان الرسالة:
تحوير منظومة العمليات الصناعية لتعظيم إنتاج البوتاجاز في معمل تكرير أسيوط

الكلمات الدالة:
البوتاجاز، النافتا، أبراج فصل البيوتان، محاكاة العمليات الصناعية

ملخص الرسالة:

تدرس هذهالرسالة إدخال تعديلفى تصميم منظومة العمليات الصناعية فى وحدة إسترجاع الأبخرة فى معمل تكرير أسيوط. والهدف من تعديل المنظومة هو الإستفادة من فائض النافتا الخفيفة المنتجة من عمليات التقطير في زيادة إنتاجية المعمل من البوتاجاز والجازولين وذلك من خلال إستغلال برج قائم كان يستخدم فى مرحلة سابقة كفاصل للبروبان.

وتشمل الدراسة مراجعة مخطط تصميم العمليات الصناعية لوحدات إسترجاع الأبخرة وكبسها، وفصل المتكاثفات، ومراجعة تصميم ما تتضمنه الوحدة من مضخات، وفواصل، ومبادلات حرارية، وكذلك المكثف والغلاية التابعانلفاصل البروبان. وقد تم بناء على ذلك إقتراح التحويرات اللازم إدخالها علي منظومة إسترجاع الأبخرة. وقد تمت حسابات تصميم المعدات الإضافية المطلوبة وتحديد مواصفاتها بإستخدام برنامج ASPEN HYSYSوذلك بالنسبة لثلاثة بدائل تصميمية تتيح زيادة السعة الإنتاجية في المنظومة المقترحة. و تتنهي الرسالة بدراسة إقتصادية تبين رأس المال المطلوب وفترة استرداده، والربحية المتوقعة في كل من الحالات المدروسة.

تحوير منظومة العمليات الصناعية لتعظيم إنتاج البوتاجاز في معمل تكرير أسيوط

إعداد
كيرلس كميل عزمي عبدالقدوس

رسالة مقدمة إلى كلية الهندسة - جامعة القاهرة
كجزء من متطلبات الحصول على درجة ماجستير العلوم
في
الهندسة الكيميائية

يعتمد من لجنة الممتحنين:

الأستاذ الدكتور/ عبد الغنى جمال الدين أبو النور الممتحن الخارجي
أستاذ الهندسة الكيميائية، المركز القومي للبحوث - الدقي

الأستاذ الدكتور/ فاطمة حنفى عاشور
رئيس مجلس قسم الهندسة الكيميائية، كلية الهندسة - جامعة القاهرة

الأستاذ الدكتور/ محمود عبد الحكيم الرفاعى
أستاذ الهندسة الكيميائية، كلية الهندسة - جامعة القاهرة

الأستاذ الدكتور/ ريم سيد التونى
أستاذ الهندسة الكيميائية، كلية الهندسة - جامعة القاهرة

كليــة الهندســة - جامعــة القاهــرة
الجيـزة - جمهوريـة مصـر العربيــة
2015

تحوير منظومة العمليات الصناعية لتعظيم إنتاج البوتاجاز في معمل تكرير أسيوط

إعداد
كيرلس كميل عزمي عبد القدوس

رسالة مقدمة إلى كلية الهندسة - جامعة القاهرة
كجزء من متطلبات الحصول على درجة ماجستير العلوم
في
الهندسة الكيميائية

تحت إشراف

أ.د./ محمود عبد الحكيم الرفاعى
أستاذ الهندسة الكيميائية
كلية الهندسة – جامعة القاهرة
أ.د./ ريم سيد التونى
أستاذ الهندسة الكيميائية
كلية الهندسة – جامعة القاهرة
د./ أحمد فايز نصار
استاذ مساعد بقسم الهندسة الكيميائية،
كلية الهندسة – جامعة القاهرة

كليــة الهندســة - جامعــة القاهــرة
الجيـزة - جمهوريـة مصـر العربيــة
2015

تحوير منظومة العمليات الصناعية لتعظيم إنتاج البوتاجاز في معمل تكرير أسيوط

إعداد

كيرلس كميل عزمي عبدالقدوس

رسالة مقدمة إلى كلية الهندسة - جامعة القاهرة
كجزء من متطلبات الحصول على درجة ماجستير العلوم
في
الهندسة الكيميائية

كليــة الهندســة - جامعــة القاهــرة
الجيـزة - جمهوريـة مصـر العربيــة

2015

Acknowledgments

Foremost, I would like to express my sincere gratitude to my advisors Prof. Dr. Mahmoud A. El-Rifai, Prof. Dr. Reem S. Ettouney and Dr. Ahmed F. Nassar for their continuous support, patience, motivation, enthusiasm, and immense knowledge. Their guidance helped me throughout my research work and the write up of the thesis. I could not have imagined having better advisors and mentors for my M. Sc. degree study.

Last but not the least; I would like to thank my parents and my wife for supporting me spiritually throughout my life.

Table of Contents

ACKNOWLEDGMENT …… I

TABLE OF CONTENTS …… II

LIST OF TABLES …….... V

LIST OF FIGURES ……..…. VI

NOMENCLATURE ……..... VII

ABSTRACT ……..……. X

CHAPTER 1: INTRODUCTION ……..…….. 1

CHAPTER 2: LITERATURE REVIEW ……..…. 3

2.1. REFINERY PROCESSING OPERATIONS .……..……..... 3
2.1.1. PETROLEUM PRODUCTS ……...……..……..…. 6
2.1.2. GASOLINE ……..……..……. 8
2.1.3. NAPHTHA ……..……. 8
2.1.4. KEROSENE…… 9
2.1.5. DIESEL FUEL ……. 10
2.1.6. FUEL OIL ……..... 10
2.1.7. VOLATILE PRODUCTS ……..…….. 11
2.1.8. LIQUIFIED PETROLEUM GASES ……..…….. 12

2.2. STABILIZATION PROCESSES ……..…… 12

2.3. STABILIZATION COLUMNS DESIGN CALCULATIONS ……. 14
2.3.1. USING MOLE FRACTIONS AND EQUILIBRIUM RATIOS…… 14
2.3.2. USING MOLE FRACTIONS AND VOLATILITY RATIOS……..…..… 15
2.3.3. USING TOTAL MOLES AND EQUILIBRIUM RATIOS……..… 15
2.3.4. USING TOTAL MOLES AND VOLATILITY RATIOS……...…… 15
2.3.5. THIELE AND GEDDES METHOD……..….. 16

2.4. STABILIZER EFFICENCY ……..……... 17
2.4.1. EXPRESSION OF DISTILLATION EFFICIENCES ……...…..…… 18
2.4.2. EXPERIMENTAL STABILIZERS EFFICIENCES ……..…….. 20
2.4.3. EFFECT OF ENTRAINMENT ON EFFICIENCY……..…… 21
2.4.4. PRESSURE DROP……..……. 22

2.5. CONTROL OF STABILIZERS …….....…… 22

2.6. COMMERCIAL SOFTWARE …….……..…...…….. 23

CHAPTER 3: STATEMENT OF THE PROBLEM …….....…. 25

CHAPTER 4: ANALYSIS OF SUGGESTED PROCESS MODIFICATION… 29

4.1. OVERALL PROCESS DRSCRIPTION……...…..….. 30

4.2. DETAILED DESCRIPTION OF CDU 1…….……..…... 31

4.3. DETAILED DESCRIPTION OF CDU 2…….……..…..….. 32

4.4. SPECIFICATION OF THE EXISTING DEPROPANIZER…….……..….. 33

4.5. ALTERNATIVE MODIFICATION I ……..……..…. 33
4.5.1. CHECK ON PIPE VELOCITY …….……...……… 35
4.5.2. CHECK ON THREE PHASE SEPERATOR CAPACITY...……..…….. 35
4.5.3. CHECK ON DEPROPANIZER HYDRODYNAMIC CAPACITY...…… 35
4.5.4. DESIGN SPECIFICATIONS OF ANCILLARY EQUIPMENT..…....…. 35

4.6. ALTERNATIVE MODIFICATION II …….....……. 39
4.6.1. CHECK ON PIPE VELOCITY ……..…...…...… 39
4.6.2. CHECK ON THREE PHASE SEPERATOR CAPACITY...…….....…. 39
4.6.3. CHECK ON DEPROPANIZER HYDRODYNAMIC CAPACITY…..…. 39
4.6.4. DESIGN SPECIFICATIONS OF ANCILLARY EQUIPMENT..…..…… 39

4.7. ALTERNATIVE MODIFICATION III …….…….... 47
4.7.1. CHECK ON THREE PHASE SEPERATOR CAPACITY ……....… 47
4.7.2. CHECK ON DEPROPANIZER HYDRODYNAMIC CAPACITY .....….. 47
4.7.3. DESIGN SPECIFICATIONS OF ANCILLARY EQUIPMENT……. 47

CHAPTER 5: ECONOMIC EVALUATION...…… 54

5.1. CHECK ON CONFORMITY TO LPG SPECIFICATIONS ……..……. 54

5.2. PRODUCT PRICES AND UTILITY COSTS ……..….. 55

5.3. CHECK ON MATERIAL BALANCE FOR UNIT 1 AND UNIT 2……...…… 56

5.4. ALTERNATIVE MODIFICATION 1 ……..……...…….. 58

5.5. ALTERNATIVE MODIFICATION 2 ……..…… 61

5.6. ALTERNATIVE MODIFICATION 3 ….....**.....** 64

CONCLUSIONS AND RECOMMENDATIONS ……**....**…… 67

REFERENCES ……. 69

APPENDIX A EQUIPMENT DATASHEETS……..……. 73

List of Tables

		Page No.
Table 2.1:	Types of refinery operations	5
Table 2.2:	Distribution of compounds in crude oils	6
Table 2.3:	Typical heavy naphtha	9
Table 2.4:	Light ends physical properties	11
Table 2.5:	Tray efficiency of column sections of a stabilizer at two runs	20
Table 2.6:	Tray efficiency of column sections of a depropanizer	21
Table 4.1:	Liquefied Petroleum Gas (LPG) Specification	29
Table 4.2:	Depropanizer operating conditions	35
Table 4.3:	Specifications of the new centrifugal pump P-301	36
Table 4.4:	Specifications of the new heat exchanger E-301	37
Table 4.5:	Summary of new heat exchanger E-301 operating conditions	38
Table 4.6:	Depropanizer operating conditions	41
Table 4.7:	Specifications of the new centrifugal pump P-302	41
Table 4.8:	Specifications of the new heat exchanger, E-302	42
Table 4.9:	Summary of new heat exchanger E-302 operating conditions	43
Table 4.10:	Specifications of the new water cooler, W-302	44
Table 4.11:	Summary of new water cooler W-302 operating conditions	45
Table 4.12:	Specifications of the new reboiler, R-302	46
Table 4.13:	Depropanizer operating conditions	47
Table 4.14:	Specifications of the new centrifugal pump, P-303	48
Table 4.15:	Specifications of the new heat exchanger, E-303	49
Table 4.16:	Summary of new heat exchanger E-303 operating conditions	50
Table 4.17:	Specifications of the new water cooler, W-303	51
Table 4.18:	Summary of new water cooler W-303 operating conditions	52
Table 4.19:	Specifications of the new reboiler, R-303	53
Table 5.1:	Liquefied Petroleum Gas (LPG) Specification	55
Table 5.2:	Sales price of the different products	55
Table 5.3:	Prevailing utility cost at Assiut refinery	56
Table 5.4:	Material balance for unit 1	57
Table 5.5:	Material balance for unit 2	58
Table 5.6:	Summary of case 1 calculations	59
Table 5.7:	Summary of case 2 calculations	63
Table 5.8:	Summary of case 3 calculations	66

List of Figures

		Page No.
Figure 2.1:	Schematic outline of a refinery	4
Figure 2.2:	Typical boiling ranges from an atmospheric distillation unit	7
Figure 2.3:	Typical control of a stabilizer column	23
Figure 3.1:	Process flow scheme of crude distillation line (1) at Assiut refinery	26
Figure 3.2:	Process flow scheme of crude distillation line (2) at Assiut refinery	27
Figure 3.3:	Process flow scheme of the proposed modification	28
Figure 4.1:	Block flow diagram of the two crude distillation lines at Assiut refinery	31
Figure 4.2:	Outline of alternative I proposed modification	34
Figure 4.3:	Outline of alternative II proposed modification	40
Figure 5.1:	Material balance calculation for unit 1 from HYSYS	56
Figure 5.2:	Material balance calculation for unit 2 from HYSYS	57
Figure 5.3:	Process flow scheme of alternative modification 1 as built in HYSYS	60
Figure 5.4:	Process flow scheme of alternative modification 2 as built in HYSYS	62
Figure 5.5:	Process flow scheme of alternative modification 3 as built in HYSYS	65