



**VẬN HÀNH AN TOÀN
BỘ HÓA HƠI/NGỪNG TỤ
TRONG CÁC NHÀ MÁY TÁCH KHÍ**
*SAFE OPERATION OF REBOILERS/CONDENSERS
IN AIR SEPARATION UNITS*

AIGA 035/20

(Bản sửa đổi của AIGA 035/13)
(Revision of AIGA 035/13)

Hiệp hội Khí Công nghiệp Châu Á
Asia Industrial Gases Association

No 2 Venture Drive, #22-28 Vision Exchange, Singapore 608526

Tel: +65 67055642 Fax: +65 68633379

Internet: <https://asiaiga.org/> LinkedIn Profile: <https://www.linkedin.com/company/asiaigaorg>



AIGA 035/20

VẬN HÀNH AN TOÀN BỘ HÓA HƠI/NGỪNG TỤ TRONG CÁC NHÀ MÁY TÁCH KHÍ

SAFE OPERATION OF REBOILERS/CONDENSERS IN AIR SEPARATION UNITS

Là một phần của chương trình hài hòa các tiêu chuẩn công nghiệp, Hiệp hội Khí Công nghiệp Châu Á đã ban hành AIGA 035, “*Vận hành an toàn bộ hóa hơi/ngừng tụ trong các nhà máy tách khí*”, được sản xuất chung bởi các thành viên của Hội đồng Hài hòa Quốc tế và ban đầu được xuất bản dưới dạng Tài liệu 65 bởi Hiệp hội Khí Công nghiệp Châu Âu (EIGA) với tên gọi “*Vận hành an toàn bộ hóa hơi/ngừng tụ trong các nhà máy tách khí*”.

As part of a programme of harmonisation of industry standards, the Asia Industrial Gases Association has issued AIGA 035, “Safe Operation of Reboilers/Condensers in Air Separation Units”, jointly produced by members of the International Harmonisation Council and originally published as Doc 65 by European Industrial Gases Association (EIGA) as “Safe Operation of Reboilers/Condensers in Air Separation Units”.

Ấn phẩm này được dự định là một ấn phẩm hài hòa quốc tế để sử dụng và áp dụng trên toàn thế giới bởi tất cả các thành viên của Hiệp hội Khí Công nghiệp Châu Á (AIGA), Hiệp hội Khí Nén (CGA), EIGA, và Hiệp hội Khí Công nghiệp và Y tế Nhật Bản (JIMGA). Nội dung kỹ thuật của mỗi hiệp hội là giống hệt nhau, ngoại trừ các yêu cầu quy định khu vực và những thay đổi nhỏ về định dạng và chính tả.

This publication is intended as an international harmonized publication for the worldwide use and application by all members of Asia Industrial Gases Association (AIGA), Compressed Gas Association (CGA), EIGA, and Japan Industrial and Medical Gases Association (JIMGA). Each association’s technical content is identical, except for regional regulatory requirements and minor changes in formatting and spelling.

Tuyên bố miễn trừ trách nhiệm *Disclaimer*

Tất cả các ấn phẩm của AIGA hoặc mang tên AIGA đều chứa thông tin, bao gồm Quy tắc Thực hành, quy trình an toàn và các thông tin kỹ thuật khác được thu thập từ các nguồn mà AIGA tin là đáng tin cậy và/hoặc dựa trên thông tin kỹ thuật và kinh nghiệm hiện có từ các thành viên của AIGA và những người khác tại thời điểm xuất bản. Do đó, chúng tôi không đưa ra bất kỳ tuyên bố hay bảo đảm nào cũng như không chấp nhận bất kỳ trách nhiệm pháp lý nào về tính chính xác, đầy đủ hoặc đúng đắn của thông tin có trong các ấn phẩm này.

All publications of AIGA or bearing AIGA’s name contain information, including Codes of Practice, safety procedures and other technical information that were obtained from sources believed by AIGA to be reliable and/ or based on technical information and experience currently available from members of AIGA and others at the date of the publication. As such, we do not make any representation or warranty nor accept any liability as to the accuracy, completeness or correctness of the information contained in these publications.

Mặc dù AIGA khuyến nghị các thành viên của mình tham khảo hoặc sử dụng các ấn phẩm của mình, việc tham khảo hoặc sử dụng đó của các thành viên hoặc bên thứ ba hoàn toàn là tự nguyện và không mang tính ràng buộc.

While AIGA recommends that its members refer to or use its publications, such reference to or use thereof by its members or third parties is purely voluntary and not binding.

AIGA hoặc các thành viên của mình không đảm bảo về kết quả và không chịu bất kỳ trách nhiệm pháp lý hoặc trách nhiệm nào liên quan đến việc tham khảo hoặc sử dụng thông tin hoặc đề xuất có trong các ấn phẩm của AIGA.

AIGA or its members make no guarantee of the results and assume no liability or responsibility in connection with the reference to or use of information or suggestions contained in AIGA’s publications.

AIGA không có bất kỳ quyền kiểm soát nào đối với hiệu suất hoặc không hiệu suất, việc hiểu sai, sử dụng đúng hoặc không đúng bất kỳ thông tin hoặc đề xuất nào có trong các ấn phẩm của AIGA bởi bất kỳ cá nhân hoặc tổ chức nào (bao gồm các thành viên AIGA) và AIGA từ chối rõ ràng mọi trách nhiệm pháp lý liên quan đến điều đó.

AIGA has no control whatsoever as regards, performance or non performance, misinterpretation, proper or improper use of any information or suggestions contained in AIGA’s publications by any person or entity (including AIGA members) and AIGA expressly disclaims any liability in connection thereto.

Các ấn phẩm của AIGA được xem xét định kỳ và người dùng được khuyến cáo nên lấy phiên bản mới nhất.

AIGA’s publications are subject to periodic review and users are cautioned to obtain the latest edition.

© Được sao chép với sự cho phép của Hiệp hội Khí công nghiệp Châu Âu (EIGA). Bảo lưu mọi quyền.
Reproduced with permission from European Industrial Gases Association (EIGA). All Rights Reserved.

HIỆP HỘI KHÍ CÔNG NGHIỆP CHÂU Á
ASIA INDUSTRIAL GASES ASSOCIATION
No 2 Venture Drive, # 22-28 Vision Exchange, Singapore 608526
Tel: +65 67055642 Fax: +65 68633307
Internet: <https://asiaiga.org/> | LinkedIn Profile: <https://www.linkedin.com/company/asiaiga>

Mục lục / Table of Contents

1. Giới thiệu / Introduction	5
2. Phạm vi và mục đích / Scope and purpose	5
2.1. Phạm vi / Scope	5
2.2. Mục đích / Purpose	5
3. Định nghĩa / Definitions	5
3.1. Thuật ngữ ấn phẩm / Publication terminology	5
3.2. Định nghĩa kỹ thuật / Technical definitions	6
4. Sự cố bộ hoá hơi / Reboilers incidents	8
4.1. Các vụ nổ lớn / Major explosions	9
4.2. Các vụ nổ hạn chế / Limited explosions	9
4.3. Rò rỉ bên trong / Internal leaks	9
5. Tạp chất trong không khí / Air contaminants	9
6. Cân nhắc về thiết kế / Design consideration	11
6.1. Môi trường xung quanh nhà máy / Plant surroundings	11
6.2. Thiết kế hệ thống tiền tinh chế / Design of prepurifying systems	12
7. Vận hành / Operations	12
7.1. Tầm quan trọng của việc loại bỏ carbon dioxide / Importance of carbon dioxide removal	12
7.2. Vận hành bộ hoá hơi đúng cách / Proper reboiler operations	14
7.3. Kiểm soát tạp chất / Control of contaminants	18
7.4. Phân tích tạp chất / Contaminant analysis	21
7.5. Điều kiện chuyển tiếp / Transient conditions	23
7.6. Rã băng / Deriming	26
7.7. Vệ sinh và bảo trì / Cleaning and maintenance	28
8. Tài liệu tham khảo / References	32
9. Tài liệu tham khảo bổ sung / Additional References	33
Phụ lục A – Vận hành bộ hoá hơi liên quan đến sản xuất krypton/xenon	34
Appendix A—Operation of a reboiler associated with krypton/xenon production	
Phụ lục B—Mô tả bộ hoá hơi dạng lõi ngập	36
Appendix B—Representation of reboiler core submergence	
Phụ lục C—Các tạp chất gây nghẽn, dễ cháy và ăn mòn trong không khí	37
Appendix C—Plugging, flammable, and corrosive contaminants of air	
Phụ lục D—Tính chất của các tạp chất không khí	38
Appendix D—Properties of air contaminants	
Phụ lục E—Mức độ tạp chất tối đa trong vận hành bộ hoá hơi tuần hoàn kiểu ống nhiệt oxy lỏng ở 1.2 bar tuyệt đối	39
Appendix E—Maximum contaminant levels in liquid oxygen thermosyphon reboiler operation at 1.2 bar, abs	
Phụ lục F—Mức độ tạp chất tối đa trong vận hành bộ hoá hơi tuần hoàn kiểu dòng chảy xuống oxy lỏng ở 1.2 bar tuyệt đối	40
Appendix F—Maximum contaminant levels in liquid oxygen downflow reboiler operation at 1.2 bar, abs	
Phụ lục G—Sự hấp phụ của các tạp chất trong không khí	41
Appendix G—Adsorption of air contaminants	
Phụ lục H—Cơ sở thiết kế theo chất lượng không khí mặc định điển hình (cho hệ thống FEP hấp phụ)	42
Appendix H—Typical default air quality design basis (for adsorptive FEP system)	

Sửa đổi đối với 035/13
Amendments to 035/13

2.1	Đã sửa đổi với văn bản mới <i>Amended with new text</i>
3.2.2	Đã sửa đổi với văn bản mới <i>Amended with new text</i>
7.1	Một vài thay đổi kỹ thuật <i>Few technical changes</i>
7.2.1	Thay đổi kỹ thuật nhỏ <i>Minor technical changes</i>
Phụ lục A <i>Appendix A</i>	Cập nhật tổng quát <i>General update</i>

Lưu ý: Các thay đổi kỹ thuật so với phiên bản trước được gạch chân
Note: Technical changes from the previous edition are underlined

1. Giới thiệu / Introduction

- Công nghệ tách khí bằng phương pháp siêu lạnh trong công nghiệp được sử dụng để sản xuất oxy, nitơ, argon và các khí hiếm có hồ sơ an toàn cực kỳ tốt. Tuy nhiên, cũng như nhiều quy trình sản xuất hiện nay, nó tiềm ẩn những mối nguy cố hữu cần được nhận biết và giải quyết bằng thiết kế và thực hành trong vận hành.

Industrial cryogenic air separation technology used to produce oxygen, nitrogen, argon, and rare gases has an extremely good safety record. However, as with many present-day production processes, it has inherent potential hazards that shall be recognized and addressed by design and operating practice.

2. Phạm vi và mục đích / Scope and purpose

2.1. Phạm vi / Scope

- Ấn phẩm này đề cập đến hoạt động của các bộ hóa hơi (reboiler) trong các nhà máy tách khí. Nó chứa một bản tóm tắt kiến thức hiện tại và các thực hành công nghiệp được sử dụng trong ứng dụng an toàn của chúng. Nó đặc biệt áp dụng cho bộ hóa hơi chính và các bộ hóa hơi sản phẩm oxy trong đó nồng độ oxy lớn hơn 75% trong pha lỏng. Các nguyên tắc hướng dẫn của nó có thể được sử dụng cho các bộ hóa hơi khác trong các nhà máy tách khí, bao gồm bộ hóa hơi phụ trợ, bộ hóa hơi hấp phụ bảo vệ, bộ ngưng tụ argon và các bộ hóa hơi chính trong máy tạo nitơ.

This publication addresses the operation of the reboilers of air separation plants. It contains a summary of current knowledge and industrial practices used in their safe application. It specifically applies to the main reboiler and oxygen product reboilers in which the oxygen concentration is greater than 75% in the liquid phase. Its guiding principles may be used for other reboilers within air separation plants, including auxiliary vaporizers, guard adsorber vaporizers, argon condensers, and the main reboilers in nitrogen generators.

- Các bộ hóa hơi được sử dụng cùng với sản xuất krypton/xenon thường được vận hành với giới hạn hydrocarbon cao hơn so với các bộ hóa hơi của nhà máy tách khí (ASU) thông thường. Mức hydrocarbon cho phép cũng như các biện pháp bảo vệ bổ sung cho các bộ hóa hơi kiểu bể được sử dụng trong các hệ thống này được liệt kê trong Phụ lục A.

Reboilers that are used in conjunction with krypton/xenon production are typically operated with higher hydrocarbon limits than typical air separation unit (ASU) reboilers. The allowable levels of hydrocarbons as well as additional safeguards for the bath-type reboilers used in these systems are listed in Appendix A.

2.2. Mục đích / Purpose

- Mục đích của ấn phẩm này là mô tả các thực hành thiết kế và vận hành cần được tuân thủ trong các phần bộ hóa hơi của các nhà máy tách khí siêu lạnh. Đặc biệt, mối nguy tiềm ẩn do hydrocarbon hoặc các tạp chất khác có thể có trong không khí xung quanh được đề cập. Người ta cho rằng đây là nguyên nhân chính của phần lớn các sự cố bộ hóa hơi đã được báo cáo.

The purpose of this publication is to describe the design and operating practices that shall be followed in the reboiler sections of cryogenic air separation plants. In particular, the potential hazard introduced by hydrocarbons or other contaminants that could be present in the ambient atmosphere is addressed. It is thought that this has been the prime cause of the majority of reboiler incidents that have been reported.

- Ấn phẩm này dựa trên dữ liệu thực nghiệm, kinh nghiệm vận hành và thực hành thiết kế của các nhà sản xuất và vận hành lớn các nhà máy tách khí. Người ta nhận thấy rằng luật pháp hoặc quy định có thể áp đặt các yêu cầu nghiêm ngặt hơn đối với thiết kế và vận hành nhà máy.

This publication is based upon the experimental data, operating experience, and design practices of major producers and operators of air separation plants. It is recognized that legislation or regulation can impose more stringent requirements for plant design and operation.

3. Định nghĩa / Definitions

- Với mục đích của ấn phẩm này, các định nghĩa sau đây được áp dụng.

For the purpose of this publication, the following definitions apply.

3.1. Thuật ngữ ấn phẩm / Publication terminology

3.1.1. Phải / Shall

- Chỉ ra rằng quy trình là bắt buộc. Nó được sử dụng ở bất cứ đâu tiêu chí tuân thủ các khuyến nghị cụ thể không cho phép sai lệch.

Indicates that the procedure is mandatory. It is used wherever the criterion for conformance to specific recommendations allows no deviation.

3.1.2. Nên / Should

- Chỉ ra rằng một quy trình được khuyến nghị.
Indicates that a procedure is recommended.
- 3.1.3. Có thể / May**
- Chỉ ra rằng quy trình là tùy chọn.
Indicates that the procedure is optional.
- 3.1.4. Sẽ / Will**
- Chỉ được sử dụng để chỉ tương lai, không phải mức độ yêu cầu.
Is used only to indicate the future, not a degree of requirement.
- 3.1.5. Có thể / Can**
- Chỉ ra một khả năng hoặc năng lực.
Indicates a possibility or ability.
- 3.2. Định nghĩa kỹ thuật / Technical definitions**
- 3.2.1. Khử đóng băng nhà máy theo phân tích / Analytical plant derime**
- Khử đóng băng trong đó một số lưu lượng và nồng độ của các thành phần vết được đo, cho phép tính toán tổng lượng tích lũy của các thành phần này.
Derime during which some flow rates and concentration of trace components are measured, allowing the total accumulation of these components to be calculated.
- 3.2.2. Bộ ngưng tụ Argon / Argon condenser**
- Bộ trao đổi nhiệt được sử dụng để cung cấp chức năng ngưng tụ cho đỉnh cột argon trong một ASU. Chức năng làm mát cho bộ trao đổi này thường được cung cấp thông qua quá trình sôi của lỏng giàu oxy, thường chứa ít hơn 75% oxy.
Heat exchanger used to provide condensing duty for the top of an argon column in an ASU. The cooling duty for this exchanger is typically supplied via the boiling of an oxygen-enriched liquid, typically containing less than 75% oxygen.
- 3.2.3. Bộ hóa hơi phụ trợ / Auxiliary vaporizer**
- Bộ trao đổi nhiệt bổ sung trong quy trình ASU, dùng để hóa hơi oxy lỏng cột áp thấp bằng nguồn nhiệt, thường là khí công nghệ hoặc nitơ, để tạo hiệu ứng thermosyphon hoặc để tăng cột áp thủy lực. Hiệu ứng thermosyphon có thể được sử dụng để đảm bảo tuần hoàn oxy lỏng qua bộ hấp phụ oxy lỏng.
ASU supplemental process heat exchanger that vaporizes low pressure column liquid oxygen against a heat source, usually process air or nitrogen, to provide a thermosyphon effect or to gain hydraulic head. The thermosyphon effect can be used to ensure liquid oxygen circulation through a liquid oxygen adsorber.
- 3.2.4. Chế độ chờ lạnh / Cold standby**
- Tình trạng thiết bị được giữ ở điều kiện siêu lạnh để sẵn sàng phục vụ ngay khi có yêu cầu.
Condition where equipment is held at cryogenic conditions for immediate service on demand.
- 3.2.5. Hộp lạnh / Coldbox**
- Cấu trúc chứa các cột chưng cất siêu lạnh và các thiết bị công nghệ khác, cùng với đường ống và vật liệu cách nhiệt. Thuật ngữ này cũng có thể dùng để chỉ phần siêu lạnh của một ASU.
Structure that contains the cryogenic distillation columns and other process equipment, and piping and insulation. Can also refer to the cryogenic portion of an ASU.
- 3.2.6. Sôi tại điểm chết / Dead end boiling**
- Tình trạng xảy ra trong các bộ hóa hơi, do tắc nghẽn, dòng lỏng bị hạn chế trong các kênh của bộ hóa hơi, do đó làm giảm việc loại bỏ tạp chất bằng tác động rửa trôi của dòng chất lỏng. Hiện tượng này còn được gọi là sôi nồi (pot boiling). Hiện tượng này cũng có thể xảy ra trong các khoang rỗng và các đoạn đường ống nơi chất lỏng giàu oxy có thể bị giữ lại và hóa hơi do rò rỉ nhiệt.
Condition occurring in reboilers where, due to blockages, the flow of liquid is restricted within the channels of the reboiler, thereby reducing the removal of impurities by the flushing action of the liquid. Also known as pot boiling. This phenomenon can also occur in cavities and sections of piping where oxygen-enriched liquid can be trapped and vaporized by heat leak.
- 3.2.7. Rã băng / Deriming**

- Quy trình bảo trì phòng ngừa định kỳ, trong đó thiết bị công nghệ được làm ấm đồng thời được quét bằng khí sạch, khô để loại bỏ hơi ẩm, carbon dioxide và các tạp chất khí quyển khác đã tích tụ. Thuật ngữ này còn được gọi là rã đông và làm tan băng.
Periodic preventive maintenance procedure where the process equipment is warmed up while simultaneously being swept with clean, dry gas in order to remove any accumulated moisture, carbon dioxide, and other atmospheric impurities. Also known as defrosting, de-icing, and thawing.

3.2.8. **Sôi khô / Dry boiling**

- Tình trạng xảy ra trong các bộ hoá hơi kiểu ống tuần hoàn tự nhiên hoặc kiểu bể, do mức ngập bộ hoá hơi không đủ, lỏng đi vào bộ hoá hơi bị hóa hơi hoàn toàn, do đó làm cô đặc các tạp chất ít bay hơi với nồng độ cực kỳ cao. Hiện tượng này còn được gọi là hóa hơi khô.
Condition occurring in thermosyphon/bath-type reboilers where, due to inadequate reboiler submergence, the liquid entering in the reboiler is totally vaporized, thereby concentrating any less volatile impurities by extremely high factors. Also known as dry vaporization.
- Tình trạng này cũng có thể xảy ra trong các bộ hoá hơi dòng chảy xuống, khi lỏng bị hóa hơi hoàn toàn trước khi đến đáy của bộ hóa hơi. Điều này có thể do lưu lượng của lỏng thấp hoặc phân phối lỏng không đủ.
This condition can also occur in downflow reboilers where liquid is completely vaporized before reaching the bottom of the vaporizer. This can be due either to low liquid flow or inadequate distribution of the liquid.

3.2.9. **Làm sạch đầu vào (FEP) / Front-end purification (FEP)**

- Việc sử dụng các bộ hấp phụ hoạt động ở nhiệt độ lớn hơn 0 °C (32 °F) để loại bỏ hơi ẩm, carbon dioxide và nhiều hydrocacbon, một phần hoặc hoàn toàn, khỏi dòng khí cấp trước khi không khí được cấp vào hộp lạnh.
Use of adsorbers that operate at temperatures greater than 0 °C (32 °F) to remove moisture, carbon dioxide, and many of the hydrocarbons, either partially or fully, from the air feed prior to its being supplied to the coldbox.

3.2.10. **Bộ hấp phụ pha khí / Gas phase adsorbers**

- Phương tiện để giảm nồng độ tạp chất trong không khí bằng cách hấp phụ chúng bằng phương pháp siêu lạnh từ pha khí. Còn được gọi là bẫy đầu lạnh.
Means to reduce concentrations of atmospheric impurities by adsorbing them cryogenically from the gas phase. Also known as cold-end traps.

3.2.11. **Nén bên trong / Internal compression**

- Quy trình trong đó oxy lỏng từ cột được bơm đến áp suất cao hơn và hóa hơi trong các bộ trao đổi nhiệt bên ngoài hệ thống cột nhưng bên trong hộp lạnh để sản xuất oxy dạng khí. Còn được gọi là bơm lỏng.
Process in which liquid oxygen from the column is pumped to an elevated pressure and vaporized in heat exchangers external to the column system but within the coldbox to produce gaseous oxygen. Also known as liquid pumping.

3.2.12. **Oxy lỏng / Liquid oxygen**

- Trong toàn bộ tài liệu này, tất cả các yêu cầu áp dụng cho oxy lỏng cũng áp dụng cho các chất lỏng có nồng độ oxy lớn hơn 75%.
Throughout this document, all requirements applicable to liquid oxygen are also applicable to liquids with an oxygen concentration greater than 75%

3.2.13. **Bộ hấp phụ oxy lỏng / Liquid oxygen adsorbers**

- Thiết bị để giảm nồng độ tạp chất trong không khí bằng cách hấp phụ chúng ở điều kiện siêu lạnh từ pha lỏng của bể chứa bộ hoá hơi. Thiết bị này còn được gọi là bộ hấp phụ bảo vệ hoặc bộ lọc oxy lỏng (mặc dù cơ chế tác dụng không phải là lọc cơ học, mà chỉ là hấp phụ).
Means to reduce concentrations of atmospheric impurities by adsorbing them cryogenically from the liquid phase of the reboiler sump. Also known as guard adsorbers or liquid oxygen filters (although the action is not physical filtration, but only adsorption).

3.2.14. **Bộ hoá hơi chính / Main reboiler**

- Bộ trao đổi nhiệt tích hợp được sử dụng để ghép nhiệt hai cột chưng cất chính của một ASU, đồng thời ngưng tụ một dòng chất lỏng áp cao trong khi hóa hơi một dòng chất lỏng áp thấp, do đó tạo ra dòng hồi lưu cho một cột và dòng sôi cho cột kia.

Integrated heat exchanger used to heat couple the two primary distillation columns of an ASU, simultaneously condensing a high pressure fluid while vaporizing a low pressure liquid, thereby producing reflux for one column and boil-up for the other.

3.2.15. Tắc nghẽn / Plugging

- Sự tắc nghẽn các kênh bên trong bộ hoá hơi do các hạt lạ (ví dụ, silica gel hoặc perlite) hoặc do sự đông cứng của các tạp chất từ khí quyển (ví dụ, carbon dioxide hoặc oxit nito), điều này có thể dẫn đến sôi cục bộ.

Blockage of channels within the reboiler either by foreign particulates (for example, silica gel or perlite) or by the solidification of atmospheric impurities (for example, carbon dioxide or nitrous oxide), which can lead to dead end boiling.

3.2.16. Bộ tái sinh / Regenerators

- Quy trình tiền xử lý loại bỏ hơi ẩm và carbon dioxide từ khí cấp của nhà máy ASU bằng cách đóng băng chúng trên các cấu trúc lạnh như đá thạch anh hoặc thép không gỉ.

Prepurification process of removing moisture and carbon dioxide from ASU plant feed air by freezing them out on cold structures such as quartz stone or stainless steel.

3.2.17. Bộ trao đổi nhiệt đảo chiều (REVEX) / Reversing heat exchanger (REVEX)

- Quy trình tiền xử lý loại bỏ hơi ẩm và carbon dioxide từ khí cấp của nhà máy ASU bằng cách đóng băng chúng bên trong bộ trao đổi nhiệt dạng tấm-cánh tản nhiệt hàn. Trong đó, một kênh dòng nhất định trước tiên được sử dụng cho khí cấp và sau đó được làm sạch tạp chất bằng cách thăng hoa các tạp chất trong một dòng khí sạch, khô, áp thấp chảy qua cùng kênh đó theo hướng ngược lại.

Prepurification process of removing moisture and carbon dioxide from ASU plant feed air by freezing them out within a brazed plate-fin heat exchanger, whereby the given passage is first used for feed air and then cleared of impurities by subliming the contaminants in a lower pressure, clean, dry gas flowing through the same given passage in the reverse direction.

3.2.18. Bộ hấp phụ chất lỏng giàu / Rich liquid adsorber

- Thiết bị dùng để giảm nồng độ tạp chất từ khí quyển (đặc biệt là hydrocacbon) bằng cách hấp phụ chúng bằng phương pháp siêu lạnh từ dòng oxy giàu chất lỏng chảy giữa các cột áp suất cao và áp suất thấp. Còn được gọi là bộ hấp phụ hydrocacbon.

Means to reduce concentrations of atmospheric impurities (especially hydrocarbons) by adsorbing them cryogenically from the liquid-enriched oxygen stream flowing between the high pressure and low pressure columns. Also known as hydrocarbon adsorbers.

3.2.19. Độ ngập / Submergence

- Thông số được sử dụng cho các bộ hoá hơi kiểu ống tuần hoàn tự nhiên để chỉ mức độ lõi bộ hoá hơi bị ngập trong chất lỏng của bể chứa được đo so với chiều cao thực tế của bộ hoá hơi. Do đó, ở độ ngập 100%, mực lỏng trong bể chứa ở trên đỉnh bộ hoá hơi.

Measure used for thermosyphon reboilers to indicate the degree to which the reboiler core is submerged in the sump liquid as measured against the actual height of the reboiler. Therefore, at 100% submergence the liquid in the sump is at the top of the reboiler.

- LƯU Ý—Thông số này không tương đương với mức chỉ thị của bể chứa, mức này chỉ ra mức tương đối của giao diện chất lỏng giữa các vòi mức trên và dưới. Tuy nhiên, mức chỉ thị và mức ngập bộ hoá hơi có mối quan hệ với nhau thông qua độ cao của vòi mức trên, đỉnh bộ hoá hơi, vòi mức dưới và chiều cao của bộ hoá hơi. Để có mô tả bằng hình ảnh, tham khảo Phụ lục B.

NOTE—This measure is not equivalent to the indicated level of the sump, which indicates the relative level of the liquid interface between the upper and lower level taps. The indicated level and reboiler-submergence level, however, are interrelated by the elevations of the upper level tap, top of reboiler, lower level tap, and the height of the reboiler. For a pictorial description, refer to Appendix B.

4. Sự cố bộ hoá hơi / Reboilers incidents

- Các sự cố bộ hoá hơi được phân loại thành ba loại tùy thuộc vào mức độ nghiêm trọng của chúng:

The reboiler incidents are categorized into three classes depending on their gravity:

- các vụ nổ lớn;
major explosions;
- các vụ nổ hạn chế; và
limited explosions; and

- rò rỉ bên trong.
internal leaks.
- Tuy nhiên, cần nhận thức rằng do không có ranh giới phân định rõ ràng giữa các vụ nổ nhỏ chỉ giới hạn ở sự cháy của một lượng hydrocarbon hạn chế và các vụ nổ lớn dẫn đến hiện tượng cháy nhôm trên diện rộng trong oxy lỏng, nên việc ngăn ngừa mọi sự tích tụ hydrocarbon bên trong các bộ trao đổi nhiệt bay hơi oxy lỏng là điều tuyệt đối thiết yếu.
However, it should be recognized that as there is no clear delineation between small explosions limited to combustion of limited quantities of hydrocarbons and large explosions leading to extensive aluminium combustion in liquid oxygen, it is absolutely essential to prevent any hydrocarbon accumulation within the liquid oxygen reboiler exchangers.

4.1. Các vụ nổ lớn / Major explosions

- Các vụ nổ lớn làm thủng hộp lạnh và gây hư hại lớn cho ASU, khiến nó không thể hoạt động được. Chúng cũng có khả năng xảy ra các tác động bên ngoài địa điểm từ vụ nổ.
Major explosions breach the coldbox and cause major damage to the ASU, rendering it inoperable. There is also the possibility of off-site effects from the blast.
- Trong những điều kiện rất cụ thể, một sự giải phóng năng lượng dữ dội có thể bắt nguồn từ bộ hoá hơi của một nhà máy phân ly không khí với những hậu quả thảm khốc đối với nhà máy và môi trường xung quanh. Một vụ nổ cực kỳ dữ dội có thể xảy ra nếu nhôm trong hộp lạnh trở thành nhiên liệu phản ứng với oxy trong bể chứa oxy lỏng của cột chưng cất.
Under very specific conditions, a violent energy release can originate in the reboiler of an air separation plant with catastrophic consequences to the plant and its surroundings. An extremely violent explosion can occur if the aluminium in the coldbox becomes a fuel that reacts with oxygen in the liquid oxygen sump of the distillation column.
- Hai sự kiện nghiêm trọng thuộc loại này đã xảy ra vào năm 1997. Lần xảy ra trước đó duy nhất là vào năm 1964. Một trong các vụ nổ năm 1997 dữ dội đến mức ASU bị phá hủy hoàn toàn và nhà máy liền kề nơi sản phẩm oxy được sử dụng bị hư hại nghiêm trọng.
Two serious events of this nature occurred in 1997. The only previous occurrence was in 1964. One of the 1997 explosions was so violent that the ASU was totally destroyed and the adjacent plant where the oxygen product was used was seriously damaged.
- Cả ba sự cố được cho là đã diễn ra theo cùng một chuỗi sự kiện:
All three incidents are thought to have followed the same series of events:
 - a) Tự bốc cháy và đốt cháy các tạp chất từ không khí dễ cháy đã tích tụ bên trong các kênh của bộ hoá hơi;
Spontaneous ignition and combustion of flammable air contaminants that had accumulated within the passages of the reboiler;
 - b) Kích thích bốc cháy và đốt cháy một phần lớn vật liệu nhôm từ đó các bộ trao đổi nhiệt hoá hơi được chế tạo;
Promoted ignition and combustion of a large fraction of the aluminium material from which the reboiler exchangers were fabricated;
 - c) Hóa hơi nhanh oxy lỏng; và
Flash vaporization of liquid oxygen; and
 - d) Nổ cột chưng cất siêu lạnh và vỏ hộp lạnh.
Explosive rupture of the cryogenic distillation column and coldbox casing.

4.2. Các vụ nổ hạn chế / Limited explosions

- Các vụ nổ hạn chế có thể gây hư hại bên trong hộp lạnh nhưng không làm thủng nó. Hư hại thường chỉ giới hạn ở thiết bị bên trong hộp lạnh. Đường ống và các thiết bị khác có thể bị hư hại nhưng có thể sửa chữa được trong thời gian nhà máy ngừng hoạt động kéo dài.
Limited explosions can cause damage within the coldbox but do not breach it. Damage is typically confined to the equipment within the coldbox. Piping and other equipment can be damaged but are repairable during an extended plant outage.

4.3. Rò rỉ bên trong / Internal leaks

- Các sự cố rò rỉ bên trong thường liên quan đến các vụ nổ nhỏ bên trong bộ trao đổi nhiệt bộ hoá hơi và không nhìn thấy được từ bên ngoài hộp lạnh. Chúng thường chỉ được nhận thấy qua hoạt động kém hiệu quả sau đó của các cột chưng cất và yêu cầu sửa chữa bộ hoá hơi để loại bỏ vấn đề. Thiết bị bên ngoài cột chưng cất hiếm khi bị liên quan hoặc ảnh hưởng.
Internal leak incidents generally relate to minor explosions within the reboiler heat exchanger and are not seen on the outside of the coldbox. They are generally only noticed by the subsequent poor operation of the distillation columns and require repair of the reboiler to eliminate the problem. Equipment outside of the distillation column is seldom involved or affected.

5. Tạp chất trong không khí / Air contaminants

- Việc thiết kế và vận hành an toàn một nhà máy phân ly không khí siêu lạnh phụ thuộc vào kiến thức chi tiết về thành phần của không khí trong khí quyển và điều gì xảy ra với các thành phần này khi chúng đi qua một ASU. Phần lớn không khí và một số thành phần vết được tách ra để tạo ra các sản phẩm mong muốn như oxy, nitơ và argon cũng như heli, neon, krypton hoặc xenon. Một số thành phần đóng băng ở nhiệt độ siêu lạnh và có thể gây ra các vấn đề vận hành hoặc an toàn. Các thành phần khác có thể tập trung bên trong nhà máy phân ly không khí và tạo thành hỗn hợp dễ cháy với oxy hoặc không khí giàu oxy. Vẫn còn các thành phần khác có thể ăn mòn và dẫn đến tăng các vấn đề vận hành và giảm tuổi thọ nhà máy.
Safe design and operation of a cryogenic air separation plant depends on a detailed knowledge of the composition of atmospheric air and what happens to these components as they pass through an ASU. The bulk of the air and some trace components are separated to yield desired products such as oxygen, nitrogen, and argon as well as helium, neon, krypton, or xenon. Some components freeze out at cryogenic temperatures and can cause operational or safety problems. Other components can be concentrated within the air separation plant and form flammable mixtures with oxygen or enriched air. Still other components can be corrosive and lead to increased operating problems and reduced plant life.
- Phụ lục C liệt kê nhiều thành phần có trong không khí có thể gây ra vấn đề trong các nhà máy phân ly không khí. Các thành phần được phân loại theo các vấn đề mà chúng gây ra.
Appendix C lists many components present in air that can cause problems in air separation plants. The components are classified according to the problems they cause.
- Vì trọng tâm chính của ấn phẩm này là an toàn, các thành phần ăn mòn sẽ không được xem xét thêm. Các thành phần gây tắc nghẽn, mặc dù bản thân chúng không phải là vấn đề an toàn, có thể tích tụ và gây ra sôi khô hoặc sôi cục bộ và tích tụ hydrocarbon trong các bộ hoá hơi.
Since the main focus of this publication is safety, the corrosive components are not be considered further. Plugging components, while not safety issues by themselves, can accumulate and cause dry boiling or dead end boiling and hydrocarbon buildup in reboilers.
- Dữ liệu tính chất vật lý và nhiệt động của các thành phần không khí là cần thiết để hiểu nơi chúng có thể tập trung trong một nhà máy phân ly không khí và ở nồng độ nào sự tích tụ có thể trở nên nguy hiểm. Phụ lục D cung cấp các tính chất liên quan của nhiều thành phần này.
Physical and thermodynamic property data of the components of air are necessary to understand where they can concentrate in an air separation plant and at what concentration the accumulation can become dangerous. Appendix D gives the relevant properties of many of these components.
- Các điểm quan trọng trong nhà máy phân ly không khí là các bộ hoá hơi, vì hydrocarbon hoặc các thành phần gây tắc nghẽn đi vào phần siêu lạnh của nhà máy tích tụ tại các vị trí này. Phụ lục E liệt kê mức tối đa của các tạp chất trong bộ hoá hơi chính (loại ống tuần hoàn tự nhiên) được phép để vận hành nhà máy an toàn. Phụ lục F liệt kê mức tối đa của các tạp chất trong bộ hoá hơi dòng chảy xuống được phép để vận hành nhà máy an toàn. Xem 7.4 để xem xét chi tiết hơn về mức tạp chất cho phép trong bộ hoá hơi chính.
Critical points in the air separation plant are the reboilers, since hydrocarbons or plugging components entering the cryogenic section of the plant accumulate at these locations. Appendix E lists the maximum level of contaminants in the main reboiler (thermosyphon type) allowable for safe plant operation. Appendix F lists the maximum level of contaminants in a downflow reboiler allowable for safe plant operation. See 7.4 for a more detailed review of allowable contaminant levels in the main reboiler.
- Cũng cần lưu ý rằng hydrocarbon có thể tích tụ ở các vị trí khác như bộ hấp phụ lỏng giàu, bộ hấp phụ oxy lỏng, và thông qua sôi cục bộ trong các đoạn ống chết.
It also should be noted that hydrocarbons can accumulate at other locations such as rich liquid adsorbers, liquid oxygen adsorbers, and through dead end boiling in piping dead legs.
- Phụ lục D kết hợp với Phụ lục G cho thấy rằng đối với một nhà máy có hệ thống tinh chế sơ bộ (FEP) dựa trên hấp phụ, các tạp chất chính cần xem xét là nitơ oxit, etan, etylen và propan. Carbon dioxide cũng nên được theo dõi vì sự cố hoặc trục trặc của các bộ hấp phụ có thể cho phép carbon dioxide đi vào nhà máy. Các thành phần chính này:
Appendix D in conjunction with Appendix G suggests that for a plant with adsorption-based front-end purification (FEP), the key contaminants to consider are nitrous oxide, ethane, ethylene, and propane. Carbon dioxide should also be monitored since upsets or malfunction of the adsorbers can allow carbon dioxide to enter the plant. These key components:
 - không được loại bỏ hoặc chỉ được loại bỏ một phần trong các bộ hấp phụ tinh chế sơ bộ;
are not removed or only partially removed in the front-end purification adsorbers;
 - có giá trị K thấp, điều này có nghĩa là rất ít được loại bỏ trong sản phẩm oxy dạng khí; và
have low K-values, which means very little is removed in the gaseous oxygen product; and
 - có độ hòa tan thấp (ngoại trừ etan).
have low solubility (with the exception of ethane).
- Những tạp chất này và các chất bổ sung khác có thể gây lo ngại trong các nhà máy sử dụng bộ trao đổi nhiệt đảo chiều (REVEX) hoặc bộ tái sinh. Các phần sau của ấn phẩm này mô tả các

phương pháp có thể được sử dụng để loại bỏ hoặc hạn chế sự tích tụ của các thành phần này và các thành phần khác.

These and additional contaminants can be of concern in reversing heat exchanger (REVEX) or regenerator plants. The following sections of this publication describe the methods that can be used to remove or limit the buildup of these and other components.

6. Cân nhắc về thiết kế / Design consideration

- Không giống như các ngành công nghiệp nhà máy chế biến khác, ngành công nghiệp khí công nghiệp xử lý không khí xung quanh để tạo ra sản phẩm cuối cùng của mình. Vì lý do này, sự an toàn của các nhà máy phân ly không khí có liên quan chặt chẽ đến các tạp chất vết có trong không khí. Vì không thể kiểm soát điều kiện của không khí xung quanh, việc hiểu biết về các kỹ thuật loại bỏ tạp chất cũng như kiến thức về thành phần không khí cụ thể tại địa điểm là bắt buộc để thiết kế và vận hành nhà máy an toàn.

Unique from other process plant industries, the industrial gases industry processes ambient air to produce its final product. For this reason, the safety of air separation plants is closely related to the trace contaminants present in the air. As it is not possible to control the condition of the ambient air, an understanding of contaminant removal techniques as well as the knowledge of the site-specific air composition is imperative for safe plant design and operation.

- Hydrocarbon và các tạp chất khác trong môi trường đi vào cửa hút khí của một ASU có thể gây ra các vấn đề an toàn và vận hành nếu được phép đi vào thiết bị chưng cất. Những tạp chất này, có nhiệt độ sôi cao hơn oxy, có xu hướng tích tụ trong các bộ hoá hơi giàu oxy bên trong nhà máy, đặc biệt là ở đáy của cột chưng cất áp suất thấp. Nếu nồng độ của chúng được phép tích tụ, chúng có thể tạo thành hỗn hợp dễ cháy với oxy hoặc, trong trường hợp tạp chất trơ, kết tủa ra khỏi dung dịch, dẫn đến tắc nghẽn các kênh của bộ hoá hơi khi đạt đến giới hạn hòa tan của chúng tại vị trí đó. Sự tắc nghẽn như vậy do các tạp chất trơ có thể dẫn đến tích tụ hydrocarbon do sôi cục bộ.

Hydrocarbons and various other contaminants in the environment that enter the air intake of an ASU can cause safety and operational problems if allowed to reach the distillation equipment. These contaminants, which have higher boiling temperatures than oxygen, tend to accumulate in the oxygen-rich reboilers within the plant, most specifically in the sump of the low pressure distillation column. If their concentrations are allowed to build up, they can form flammable mixtures with oxygen or, in the case of inert contaminants, precipitate out of solution, leading to the plugging of the passages of the reboiler once their solubility limits have been reached locally. Such plugging by inert contaminants can lead to local accumulation of hydrocarbons by dead end boiling.

- Do đó, điều cần thiết là các tạp chất nguy hiểm hơn trong số này phải được loại bỏ khỏi dòng khí cấp trước khi chúng đi vào cột chưng cất, và nồng độ tối đa cho các tạp chất còn lại được giới hạn ở các giá trị thấp hơn những giá trị được chỉ ra trong Phụ lục E và F.

It is therefore essential that the more hazardous of these contaminants be removed from the feed air stream before they enter the distillation column, and that the maximum concentration for the remaining contaminants is limited to values less than those indicated in Appendices E and F.

6.1. Môi trường xung quanh nhà máy / Plant surroundings

- Chất lượng không khí xung quanh là một yếu tố quan trọng trong thiết kế và vận hành an toàn của một nhà máy phân ly không khí. Xem AIGA 056, *Hướng dẫn Thực hành An toàn cho các Nhà máy Phân ly Không khí Siêu lạnh* [1].¹

The ambient air quality is an important factor in the design and safe operation of an air separation plant. See AIGA 056, Safe Practices Guide for Cryogenic Air Separation Plants [1].

- Nhà máy phân ly không khí phải được thiết kế để loại bỏ hoặc giảm xuống dưới giới hạn chấp nhận được các thành phần đóng băng ở nhiệt độ siêu lạnh, các thành phần có thể tạo thành hỗn hợp dễ cháy với oxy hoặc không khí giàu oxy, và các thành phần có tính ăn mòn. Vì mức độ của các tạp chất này có thể thay đổi rất nhiều từ địa điểm này sang địa điểm khác, một đánh giá riêng về chất lượng không khí nên được thực hiện cho từng địa điểm nhà máy bởi nhà thiết kế và nhà vận hành.

The air separation plant shall be designed to remove or reduce to less than acceptable limits the components that freeze at cryogenic temperatures, components that could form flammable mixtures with oxygen or enriched air, and components that are corrosive. Since the levels of these contaminants can vary greatly from location to location, a separate review of air quality should be done for each plant site jointly by the designer and operator.

- Trong trường hợp không có dữ liệu cụ thể về một địa điểm nhà máy cụ thể, một nhà máy phân ly không khí có thể được thiết kế dựa trên bảng chất lượng không khí mặc định. Bảng này nên liệt kê mức tối đa của từng tạp chất trong không khí của một khu vực công nghiệp có

¹ Các tài liệu tham khảo được thể hiện bằng số trong ngoặc vuông và được liệt kê theo thứ tự xuất hiện trong phần tài liệu tham khảo.

References are shown by bracketed numbers and are listed in order of appearance in the reference

thể được xử lý an toàn trong nhà máy phân ly không khí mà không cần sửa đổi bổ sung. Phụ lục H định nghĩa các mức tối đa điển hình cho một nhà máy có hệ thống FEP dựa trên hấp phụ.

In the absence of specific data on a particular plant site, an air separation plant may be designed on the basis of a default air quality table. This table should list the maximum level of each contaminant in the air of an industrial area that could be processed safely in the air separation plant without additional modifications. Appendix H defines typical maximum levels for a plant with an adsorption based FEP system.

- Nếu nồng độ được báo cáo cao hơn các giá trị trong Phụ lục H, nhà thiết kế phải phân tích tác động và chỉ rõ liệu có cần sửa đổi bổ sung đối với thiết kế và/hoặc hướng dẫn vận hành hay không.

If concentrations are reported to be higher than those in Appendix H, the designer shall analyze the impact and specify whether additional modifications to the design and/or to the operating instructions are necessary.

- Một quy trình nên được thiết lập để định kỳ xem xét môi trường xung quanh về khả năng tiếp xúc với những thay đổi về chất lượng không khí do sự phát triển công nghiệp có thể xảy ra xung quanh địa điểm sau khi lắp đặt ASU. Các cơ sở mới như vậy có thể thải ra hóa chất trong trạng thái ổn định hoặc tình huống khẩn cấp (ví dụ các đường xả, đuốc đốt, khí thải phương tiện giao thông hoặc các sự cố phát thải ngoài ý muốn khác), có thể ảnh hưởng đến an toàn vận hành của ASU. Những thay đổi về chất lượng không khí do các sự kiện môi trường như sương mù và khói từ cháy rừng, đốt nương rẫy hoặc các quá trình đốt sinh khối khác cũng nên được xem xét.

A process should be put in place to periodically review the surroundings for exposure to changes in air quality as a result of industrial development that can occur around the site following the installation of the ASU. Such new facilities can release chemicals during steady state or emergency situations (i.e., vents, flares, vehicle emissions, or other accidental release), possibly impacting operational safety of the ASU. Air quality changes due to environmental events such as haze and smoke from forest fires, burning farmland, or other biomass combustion should also be considered.

6.2. Thiết kế hệ thống tiền tinh chế / *Design of prepurifying systems*

- Nhiều phương tiện khác nhau đã được sử dụng để loại bỏ tạp chất. Hầu hết các ASU hiện đại sử dụng hệ thống FEP để hấp phụ gần như toàn bộ độ ẩm và carbon dioxide cũng như các hydrocarbon nguy hiểm nhất từ dòng khí cấp nén. Các đơn vị này cũng có thể loại bỏ một phần một số tạp chất khác. Nhiều nhà máy cũ hơn sử dụng các nhà máy REVEX hoặc bộ tái sinh để đóng băng nhiều tạp chất khi khí cấp được làm lạnh đến nhiệt độ thấp. Các nhà máy này thường yêu cầu loại bỏ tạp chất bổ sung bằng các bộ hấp phụ pha hơi hoặc pha lỏng, hoạt động ở nhiệt độ siêu lạnh. Giải thích chi tiết về hoạt động của các hệ thống tiền tinh chế này có thể được tìm thấy trong AIGA 056 [1].

Various means have been used for contaminant removal. Most modern ASUs use FEP systems to adsorb substantially all of the moisture and carbon dioxide and the most hazardous hydrocarbons from the compressed feed air stream. These units can also partially remove certain other contaminants. Many older plants make use of REVEX plants or regenerators to freeze out many of the contaminants as the air feed is cooled to low temperature. These plants generally require additional contaminant removal by means of vapour or liquid phase adsorbers, which operate at cryogenic temperature. A detailed explanation of the operation of these prepurifying systems can be found in AIGA 056 [1].

7. Vận hành / *Operations*

7.1. Tầm quan trọng của việc loại bỏ carbon dioxide / *Importance of carbon dioxide removal*

- Một trong những yếu tố cơ bản và quan trọng nhất trong việc duy trì an toàn nhà máy phân ly không khí liên quan đến hydrocarbon là vận hành đúng cách hệ thống tiền tinh chế. Cho dù nhà máy sử dụng FEP hay REVEX/bộ tái sinh, đảm bảo rằng hệ thống tiền tinh chế đang hoạt động hiệu quả là quan trọng để ngăn carbon dioxide đi vào hộp lạnh, nơi mà do độ hòa tan thấp, nó có thể làm tắc nghẽn các kênh của bộ hoá hơi và gây ra sôi cục bộ hoặc sôi khô.

One of the most basic and important factors in maintaining air separation plant safety with respect to hydrocarbons is the proper operation of the prepurifying system. Whether the plant uses an FEP or REVEXs/regenerators, ensuring that the prepurifying system is operating effectively is important to prevent carbon dioxide from entering the coldbox where, because of its low solubility, it can plug reboiler passages and cause localized dead end or dry boiling.

- Việc ngăn chặn sự xuyên thủng của carbon dioxide trong các nhà máy có hệ thống FEP cũng rất quan trọng trong việc kiểm soát mức hydrocarbon trong bộ hoá hơi. Một số tạp chất không khí, đặc biệt là propan, etylen và nitơ oxit, bị hấp phụ một phần trên sàng phân tử nhưng bị đẩy ra bởi sự hấp phụ carbon dioxide. Khi carbon dioxide được phép xuyên thủng ở đầu sản phẩm của tầng hấp phụ, các thành phần bị hấp phụ một phần này sẽ được giải hấp và đi vào phần siêu lạnh của nhà máy.

Preventing carbon dioxide breakthroughs in plants with FEP systems is also critical in controlling hydrocarbon levels in the reboiler. Some air contaminants, notably propane, ethylene, and nitrous oxide, are partially adsorbed on molecular sieve but become displaced by carbon dioxide adsorption. When carbon dioxide is allowed to breakthrough at the product end of the bed, these partially adsorbed components are desorbed and pass into the cryogenic section of the plant.

- Vì những lý do này, không nên cho phép sự rò rỉ của carbon dioxide vượt quá giới hạn phát hiện ở cuối chu trình hấp phụ trong các nhà máy sử dụng hệ thống FEP. Nếu xảy ra sự rò rỉ, hãy tham khảo ngay hướng dẫn vận hành để điều chỉnh bộ điều khiển trình tự hoặc các thông số bộ hấp phụ và/hoặc các điều kiện quy trình nhằm loại bỏ sự rò rỉ. Nếu cần, cần tiến hành điều tra thêm bao gồm phân tích không khí xung quanh và khắc phục sự cố hiệu suất thiết bị quy trình.

For these reasons, a breakthrough of carbon dioxide greater than the detectable limit at the end of the adsorption cycle should not be allowed in plants that use an FEP system. If breakthroughs occur, refer immediately to the operating instructions to tune the sequencer or adsorber parameters and/or the process conditions in order to eliminate the breakthroughs. If required, further investigation including ambient air analysis and process equipment performance troubleshooting should be carried out.

- Nồng độ carbon dioxide phải được giám sát tại đầu ra của bình hấp phụ trong ASU để sản xuất oxy (máy phân tích này có thể được sử dụng để phân tích bể đáy bộ hoá hơi). Phải có cảnh báo carbon dioxide cao, thường được đặt ở mức 1 ppm/thể tích. Điều này cho thấy sự rò rỉ của carbon dioxide và cả một số hydrocarbon và các tạp chất khác đã được hấp phụ trước đó. Người vận hành nên chuyển sang cột hấp phụ khác nếu có (tức là đã được tái sinh đầy đủ), tối đa hóa tốc độ xả lỏng và, nếu có thể, giám sát nồng độ hydrocarbon, nitơ oxit và carbon dioxide trong bể đáy để đảm bảo chúng không vượt quá các giá trị được đưa ra trong Phụ lục E và F.

The carbon dioxide concentration shall be monitored at the outlet of the adsorption vessel in the ASU for oxygen production (this analyzer can be used for analysis of the reboiler sump). There shall be a high carbon dioxide alarm, typically set at 1 ppm/v. This indicates breakthrough of carbon dioxide and also some previously adsorbed hydrocarbons and other contaminants. The operator should switch to the other adsorber bed if available (i.e., adequately regenerated), maximize the liquid purge rate and, where possible, monitor sump concentrations of hydrocarbons, nitrous oxide, and carbon dioxide to ensure that they do not exceed the values given in Appendices E and F.

- Phải có cảnh báo carbon dioxide rất cao, được đặt ở mức 5 ppm/thể tích hoặc thấp hơn. Trong trường hợp cảnh báo rất cao hoặc không có phân tích bể đáy, nhà máy phải được ngừng hoạt động nếu bộ hấp phụ không thể chuyển đổi trong vòng 30 phút hoặc ngay lập tức nếu nồng độ carbon dioxide đạt 10 ppm/thể tích.

There shall be a high high carbon dioxide alarm, set at 5 ppm/v or less. In case of high high alarm or where there is no sump analysis, the plant shall be shut down if the adsorber cannot be switched within 30 minutes or immediately if the carbon dioxide concentration reaches 10 ppm/v.

- Đối với các nhà máy có bộ hoá hơi kiểu dòng chảy xuống, nồng độ tối đa của các tạp chất trong bể đáy bộ hoá hơi thấp hơn so với bộ hoá hơi kiểu bể. Do đó, cảnh báo xuyên thủng FEP nên được đặt ở mức dưới 1 ppm/thể tích và mức ngừng hoạt động ở mức dưới 10 ppm/thể tích. Trong mọi trường hợp, các giá trị này phải tuân theo thông số kỹ thuật của nhà sản xuất nhà máy.

For plants with downflow reboilers, the maximum concentration of contaminants in the reboiler sump are less than for bath-type reboilers. Therefore, the FEP breakthrough alarm should be set at less than 1 ppm/v and the shutdown level at less than 10 ppm/v. In any case, these values shall be according to the plant manufacturer specification.

- Một sự rò rỉ carbon dioxide thấp nhưng liên tục cũng nguy hiểm như một sự rò rỉ đáng kể ở cuối chu trình, bởi vì nó cho thấy rằng các tạp chất không khí như axetylen, các hydrocarbon khác và độ ẩm cũng đang đi vòng qua các tầng hấp phụ. Nếu mức độ rò rỉ liên tục đạt 0,2 ppm/thể tích đến 0,5 ppm/thể tích carbon dioxide (tùy theo khả năng phát hiện của bộ phân tích), nên hỏi nhà cung cấp của nhà máy ngay lập tức. Nhà máy có thể hoạt động trong một thời gian dài trong các điều kiện này miễn là mức tạp chất an toàn trong bộ hoá hơi không bị vượt quá theo Phụ lục E và F. Nếu không, nhà máy phải được ngừng hoạt động.

A low but continuous slip of carbon dioxide is just as dangerous as a significant breakthrough at the end of the cycle, because it indicates that air contaminants such as acetylene, other hydrocarbons, and moisture are also bypassing the adsorber beds. If the level of a continuous slip reaches 0.2 ppm/v to 0.5 ppm/v of carbon dioxide (according to the detection capability of the analyzer), the plant supplier should be consulted immediately. The plant may operate for an extended period under these conditions provided that safe reboiler contaminant levels are not exceeded in accordance with Appendices E and F. Otherwise, the plant shall be shut down.

- Trong trường hợp nhà máy REVEX hoặc tái sinh, nhiệt độ điểm giữa và đầu lạnh của bộ trao đổi phải được kiểm soát để đảm bảo rằng bộ trao đổi loại bỏ carbon dioxide và độ ẩm một cách chính xác. Để biết thêm chi tiết về kiểm soát nhiệt độ của nhà máy REVEX, xem AIGA

056[1]. Nếu các điều kiện sự cố nghiêm trọng vẫn tiếp diễn, cần xem xét việc thay đổi bộ hấp phụ chất lỏng giàu thường xuyên hơn để ngăn chặn sự tích tụ carbon dioxide trong bể đáy chứa lỏng.

In the case of REVEX or regenerator plants, the midpoint and cold-end temperatures of the exchanger shall be controlled to ensure that the exchanger correctly removes carbon dioxide and moisture. For more details about temperature control of REVEX plants, see AIGA 056[1]. If severe upset conditions persist, a more frequent change of rich liquid adsorbers should be considered in order to prevent a buildup of carbon dioxide in the sump liquid.

7.2. Vận hành bộ hoá hơi đúng cách / *Proper reboiler operations*

- Các thiết kế hiện tại của nhà máy phân ly không khí cung cấp hai công nghệ chính cho bộ hoá hơi:

Current designs of air separation plants offer two main technologies for reboilers:

- bộ hoá hơi kiểu bể (còn được gọi là bộ hoá hơi kiểu tuần hoàn tự nhiên); và *bath-type reboilers (also known as thermosyphon reboilers); and*
- bộ hoá hơi kiểu dòng chảy xuống. *downflow reboilers.*

7.2.1. Bộ hoá hơi kiểu bể / *Bath-type reboilers*

- Thuật ngữ bộ hoá hơi kiểu bể định nghĩa bất kỳ bộ trao đổi nào của nhà máy phân ly không khí hoạt động ngập trong chất lỏng. Đặc biệt quan tâm đến ấn phẩm này là những loại mà bể chất lỏng chứa hàm lượng oxy lớn hơn 75%. Điều này có thể bao gồm các bộ hoá hơi chính (được lắp trong hoặc lắp ngoài), bộ hoá hơi phụ trợ, bộ hoá hơi hấp phụ bảo vệ và bộ hoá hơi sản phẩm oxy.

The term bath-type reboiler defines any exchanger of an air separation plant that operates submerged in liquid. Of specific interest to this publication are those in which the liquid bath contains greater than 75% oxygen content. This can include main reboilers (either internal or external), auxiliary vaporizers, guard adsorber vaporizers, and oxygen product reboilers.

- Các nguyên lý hoạt động của các bộ hoá hơi kiểu bể này là tương tự nhau. Để đơn giản hóa việc giải thích hoạt động này, bộ hoá hơi kiểu bể của bộ ngưng chính được sử dụng làm ví dụ.

The operating principles of these various bath reboilers are similar. In order to simplify the explanation of this operation, the main condenser bath reboiler is used as an example.

- Oxy trong bể (các kênh hở) hóa hơi nhờ trao đổi nhiệt với dòng nitơ khí đang ngưng tụ của cột áp cao. Oxy ở pha lỏng tại phần dưới của reboiler sẽ hóa hơi dần dọc theo các kênh khi nó chuyển động lên phía trên của lõi trao đổi nhiệt. Hiệu ứng của sự chênh lệch mật độ (cao hơn đối với lỏng trong bể đáy so với hỗn hợp hai pha trong các kênh của bộ trao đổi nhiệt) tạo ra dòng chảy đi lên của oxy (hiệu ứng nhiệt tuần hoàn tự nhiên).

The oxygen in the bath (open passages) vaporizes against the condensing gaseous nitrogen of the high pressure column. The oxygen, in liquid phase at the lower part of the reboiler, vaporizes progressively in the passage as it flows up the core. The effect of the difference of density (higher for the liquid in the sump than for a two-phase mixture within the passages of the exchanger) generates an upward flow of the oxygen (thermosyphon effect).

- Khi hỗn hợp hai pha chảy lên và qua đỉnh của các kênh hở của lõi bộ hoá hơi, một lượng đáng kể chất lỏng chưa hóa hơi chảy ngược trở lại bể. Điều này được gọi là tuần hoàn chất lỏng.

As the two-phase mixture flows up and through the top of the open passages of the reboiler core, a significant amount of unvaporized liquid falls back into the bath. This is referred to as liquid recirculation.

- Các hydrocarbon hòa tan trong oxy lỏng đi vào các kênh sẽ tập trung dần dần khi oxy lỏng bị hóa hơi một phần.

The hydrocarbons in solution with the liquid oxygen entering the passages concentrate progressively as the liquid oxygen is partially vaporized.

- Nếu tốc độ dòng tuần hoàn cao, nồng độ hydrocarbon trong các kênh vẫn thấp và khả năng tích tụ nguy hiểm trong các kênh là không đáng kể. Nếu tốc độ dòng tuần hoàn bị giảm hoặc loại bỏ hoàn toàn, nồng độ hydrocarbon cục bộ trong các kênh tăng lên đáng kể. Khi tuần hoàn bị loại bỏ hoàn toàn, hiện tượng sôi khô xảy ra. Trong các điều kiện này, một pha lỏng thứ hai, giàu hydrocarbon, có thể tách ra hoặc các cặn rắn của các chất gây tắc nghẽn có thể tích tụ trong các kênh lõi bộ hoá hơi. Tình huống này đặc biệt nguy hiểm vì nó có thể dẫn đến sự tích tụ nhanh chóng các hydrocarbon dễ cháy trong các kênh lõi bị cô lập, do tốc độ tuần hoàn thấp hơn.

If the recirculation flow rate is high, the concentration of hydrocarbons in the passages remains low and dangerous accumulation in the passages is unlikely. If the recirculation flow rate is reduced or eliminated completely the local hydrocarbon concentration in the passages increases significantly. Where recirculation is eliminated completely, dry boiling occurs. Under these conditions, a second, hydrocarbon-rich, liquid phase can separate or solid deposits of plugging contaminants can build up in the reboiler core passages. This situation is especially dangerous since it can lead to the rapid accumulation of flammable hydrocarbons within the isolated core passages, due to lower recirculation rates.

CẢNH BÁO: Sự tích tụ hoặc lắng đọng hydrocarbon trong các kênh không thể được phát hiện bằng phân tích lỏng trong bể đáy bộ hoá hơi hoặc bằng bất kỳ phương pháp nào khác.

WARNING: Accumulation or deposition of hydrocarbons within the passages cannot be detected by analyses of the reboiler sump liquid or by any other method.

- Việc vận hành bể dưới một mức cụ thể so với chiều cao lõi làm giảm cột áp chất lỏng và dòng tuần hoàn, dẫn đến sự hóa hơi hoàn toàn oxy lỏng khi nó chảy lên các kênh. Hiện tượng không có dòng tuần hoàn này được gọi là hóa hơi khô hoặc sôi khô.
Operating the bath below a specific level with respect to the core height reduces the liquid head and recirculation flow leading to complete vaporization of liquid oxygen as it flows up the passages. This phenomenon of no recirculation flow is called dry vaporization or dry boiling.
- Việc tăng mức chất lỏng này cho phép dòng tuần hoàn tự thiết lập lại và loại bỏ khả năng sôi khô. Nhu cầu duy trì mức chất lỏng cao đặc biệt quan trọng đối với hoạt động khi công suất nhà máy giảm.
Increasing this liquid level allows the recirculation flow to re-establish itself and eliminates the possibility of dry boiling. The need to maintain a high liquid level is especially important for operation at reduced plant capacity.
- Cần biết rằng mức ngập tối thiểu cần thiết để vận hành an toàn bộ hoá hơi kiểu bể là một hàm của loại bộ trao đổi nhiệt được sử dụng. Để đảm bảo an toàn vận hành, độ sâu của chất lỏng trong bể đáy bộ hoá hơi phải được duy trì ở mức do nhà thiết kế nhà máy quy định. Nếu giá trị này không được xác định, bộ hoá hơi nên được vận hành trong điều kiện ngập hoàn toàn (ngập 100%), tức là mức lỏng trong bể phải đạt đến đầu trên của lõi bộ hoá hơi. Lưu ý rằng mức hiển thị trên thiết bị đo đặc thường không tương ứng với phần trăm độ ngập so với chiều cao lõi. Tham khảo Phụ lục B để biết thêm giải thích. Nếu sự tương ứng giữa chỉ báo mức và độ ngập lõi không thể xác định được từ hướng dẫn vận hành, phải hỏi tư vấn từ nhà cung cấp.
It should be recognized that the minimum degree of submergence required for safe operation of bath-type reboilers is a function of the type of heat exchanger that is used. To ensure operational safety, the depth of the reboiler sump liquid shall be maintained at the level specified by the plant designer. If this value is unknown, the reboiler should be operated in a fully submerged condition (100% submergence), i.e., the liquid level in the bath shall reach the upper end of the reboiler core. Note that the level shown on the instrumentation does not normally correspond to the percentage submergence with respect to core height. Refer to Appendix B for further explanation. If the correspondence between the level indication and the core submergence is not identifiable from the operation manual, the supplier shall be consulted.
- Nếu độ ngập của bộ hoá hơi thấp hơn mức tối thiểu trong một khoảng thời gian vượt quá thời gian khuyến nghị của nhà sản xuất, nhà máy nên được ngừng hoạt động. Vận hành ở mức độ ngập lớn hơn 100% có thể mang lại biên độ an toàn bổ sung. Tuy nhiên, cần cẩn thận để mức tăng không ảnh hưởng xấu đến hoạt động của nhà máy thông qua việc lỏng bị cuốn theo vào đường ống khí hoặc cản trở phân phối chất lỏng hoặc quá trình chưng cất ở phần đáy của tháp. Mức lỏng quá cao có thể gây hư hỏng cơ học cho các bộ phận bên trong (bộ phân phối, mâm, đệm) ở phần dưới của tháp chưng cất.
If the reboiler submergence is less than the minimum level for a period of time exceeding the recommended time by the manufacturer, the plant should be shut down. Operation at levels greater than 100% submergence can give an additional margin of safety. However, care shall be taken that the increased level does not adversely affect plant operation through liquid carryover into the gas lines or interference with liquid distribution or the distillation process in the bottom section of the column. An excessively high liquid level can cause mechanical damage to the internal components (distributor, trays, packing) in the lower part of the distillation column.

7.2.2. Bộ hoá hơi kiểu dòng chảy xuống / Downflow reboilers

- Bộ hoá hơi kiểu dòng xuống (còn được gọi là bộ hoá hơi kiểu màng) là thiết bị mà lỏng cần hóa hơi chảy trong các kênh từ trên xuống dưới của lõi. Dòng chảy được tạo ra bởi trọng lực và được phân phối bởi một bộ phân phối ở đầu vào (phía trên) đến các kênh lõi. Bộ hoá hơi kiểu dòng xuống đôi khi được sử dụng làm bộ hóa hơi chính

hoặc phụ của các Nhà máy tách khí (ASU). Tương tự như trường hợp bộ hoá hơi kiểu bể, bộ hoá hơi chính được sử dụng làm ví dụ để minh họa nguyên lý hoạt động của bộ hoá hơi kiểu dòng xuống.

A downflow reboiler (also known as a film-type reboiler) is one in which the liquid to be vaporized flows in the passages from the top to the bottom of the core. The flow is generated by gravity and is delivered by a distributor at the inlet (top) to the core passages. Downflow-type reboilers are sometimes used for main or auxiliary vaporizers of ASUs. As in the case of the bath-type reboilers, the main reboiler is used as an example to illustrate the operating principles of the downflow reboiler.

- Oxy lỏng được cấp vào một bộ phân phối nằm ở phía trên của bộ hoá hơi. Lỏng chảy xuống theo trọng lực qua các kênh oxy. Oxy hóa hơi chảy ra từ đáy bộ trao đổi cùng với lượng lỏng dư. Nitơ dạng khí từ cột áp cao được ngưng tụ trong các kênh nitơ của bộ hoá hơi.

Liquid oxygen is fed to a distributor located at the top of the reboiler. The liquid flows by gravity in a downward direction through the oxygen passages. Vaporized oxygen flows from the bottom of the exchanger along with excess liquid. Gaseous nitrogen from the high pressure column is condensed in the nitrogen passages of the reboiler.

- Có một số cấu hình của bộ hoá hơi kiểu dòng chảy xuống bao gồm loại một lần chảy qua hoặc loại tuần hoàn. Trong mọi trường hợp, điều cần thiết là phải duy trì mức lỏng yêu cầu trong hệ thống phân phối bằng các phương tiện do nhà cung cấp quy định. Việc đo lưu lượng lỏng là một phương pháp khác cũng được chấp nhận để đảm bảo lưu lượng đầy đủ qua phía hóa hơi của bộ hoá hơi kiểu dòng chảy xuống.

There are several configurations of downflow reboilers including once-through or recirculating. In all cases, it is essential to maintain the required liquid level in the distribution system using the means specified by the supplier. Measuring liquid flow is another equally acceptable method of ensuring adequate flow through the vaporizing side of a downflow reboiler.

- Tương tự như bộ hoá hơi kiểu bể, nồng độ hydrocarbon trong oxy lỏng tăng dần khi oxy hóa hơi trong kênh. Một lượng oxy lỏng đủ phải chảy ra từ đáy các kênh lõi để đảm bảo rằng hàm lượng hydrocarbon tối đa trong oxy lỏng không đạt đến mức nguy hiểm và để đảm bảo tất cả các kênh vẫn được làm ướt. Do đó, phải duy trì lưu lượng lỏng tối thiểu do nhà sản xuất nhà máy quy định.

As with bath-type reboilers, the hydrocarbon concentration in the liquid oxygen increases progressively as the oxygen vaporizes in the passage. A sufficient amount of liquid oxygen shall flow from the bottom of the core passages to ensure that the maximum hydrocarbon content in the liquid oxygen does not reach dangerous levels and to ensure all passages remain wetted. Therefore, the minimum liquid flow specified by the plant manufacturer shall be maintained.

- Lõi bộ hoá hơi kiểu một lần chảy qua được cấp lỏng trực tiếp từ lớp đệm hoặc khay của cột áp thấp. Chất lỏng chứa nồng độ tạp chất gần với giá trị của không khí đã được tinh chế đi vào hộp lạnh.

Once-through reboiler cores are fed with liquid directly from the packing or trays of the low pressure column. The liquid contains contaminant concentrations close to the values of the purified air entering the coldbox.

- Một số bộ hoá hơi kiểu một lần chảy qua được cung cấp thêm dòng tuần hoàn để đảm bảo lượng lỏng tối thiểu cần thiết thoát ra khỏi đáy các kênh lõi.

Some once-through-type reboilers are supplied with an additional recirculating flow to ensure the minimum necessary amount of liquid exits the bottom of the core passages.

- Lõi bộ hoá hơi kiểu tuần hoàn được cấp oxy lỏng (từ bể chứa của cột áp thấp trong trường hợp bộ hoá hơi chính) mà có thể đã đi qua một lõi kiểu một lần chảy qua. Nói chung, nồng độ tạp chất trong loại bộ hoá hơi này lớn hơn so với lõi kiểu một lần chảy qua.

Recirculating reboiler cores are fed with liquid oxygen (from the sump of the low pressure column in the case of the main reboiler) that already may have been passed through a once-through core. Generally, the concentration of contaminants in this type of reboiler is greater than in the once-through core.

- Trong tất cả các trường hợp yêu cầu tuần hoàn, việc này được thực hiện bằng cách bơm lỏng từ bể chứa của tháp và chuyển nó đến bộ phân phối ở phía trên của bộ hoá hơi tuần hoàn. Việc kiểm soát lưu lượng này đảm bảo cung cấp đủ lỏng cho bộ phân phối của bộ hóa hơi.

In all cases where recirculation is required, it is obtained by pumping liquid from the sump of the column and transferring it to the distributor at the top of the recirculating reboiler. Controlling this flow rate ensures the adequate supply of liquid to the distributor of the vaporizer.

- Khi đạt đến một thông số công nghệ cho thấy ngưỡng lưu lượng thấp trên bơm tuần hoàn, một báo động sẽ được kích hoạt để cảnh báo người vận hành. Hoạt động của

bơm sau đó có thể được điều chỉnh lại hoặc, nếu có thể, một bơm dự phòng sẽ được khởi động. Nếu báo động lưu lượng thấp vẫn được kích hoạt vượt quá thời gian khuyến nghị của nhà sản xuất nhà máy, Nhà máy phân ly không khí (ASU) phải được ngừng hoạt động. Nếu nhà sản xuất nhà máy không đưa ra khuyến nghị nào, thời gian này không được vượt quá 60 phút.

Reaching a process parameter that indicates a low flow threshold on the recirculating pump shall activate an alarm alerting the operator. The operation of the pump may then be readjusted or, if applicable, a standby pump started. If the low flow alarm remains activated beyond the period recommended by the plant manufacturer, the ASU shall be shut down. If no recommendation is provided by the plant manufacturer, the period should not exceed 60 minutes.

CẢNH BÁO: Lưu lượng do bơm cung cấp phải luôn được giữ ở giá trị danh định do nhà thiết kế nhà máy quy định, ngay cả khi vận hành ở chế độ công suất nhà máy giảm. Nếu nhà máy có thể vận hành ở công suất lớn hơn công suất thiết kế, cần xem xét tăng lưu lượng tuần hoàn oxy lỏng cùng với việc tăng lưu lượng không khí.

WARNING: The flow rate provided by the pump shall always be kept at the nominal value specified by the plant designer, even at a reduced plant capacity operating mode. If the plant can be operated at greater than the design capacity, increasing the liquid oxygen circulating flow with the increase in air flow should be considered.

- Nên lắp đặt một lưới lọc ngay phía trước hệ thống phân phối cấp liệu cho bộ hoá hơi kiểu dòng chảy xuống để ngăn các hạt đi vào bộ phân phối của bộ hoá hơi kiểu dòng chảy xuống. Nếu được lắp đặt, lưới lọc phải được nhà thiết kế nhà máy quy định để phù hợp với hình dạng của lõi bộ hoá hơi kiểu dòng chảy xuống và hệ thống phân phối của nó.

A screen directly upstream of the distribution system feeding the downflow reboiler is recommended to prevent particles from entering the downflow reboiler distributor. If installed, the screen mesh shall be specified by the plant designer to suit the geometry of the downflow reboiler core and its distribution system.

- Vì bộ hoá hơi kiểu dòng chảy xuống khác với bộ hoá hơi kiểu bể, chúng có các yêu cầu vận hành khác nhau. Một điểm khác biệt ở bộ hoá hơi kiểu dòng chảy xuống là chúng hoạt động với phần hơi lớn hơn nhiều ở đầu ra của bộ hoá hơi so với bộ hoá hơi kiểu bể. Do chất lượng hơi thoát ra cao hơn này, bộ hoá hơi kiểu dòng chảy xuống đã được báo cáo là tích tụ các thành phần vết có độ hòa tan tương đối thấp ngay cả khi nồng độ tổng thể của các thành phần này thấp hơn giới hạn hòa tan.

Because downflow reboilers are different from bath-type reboilers, they have different operating requirements. One difference in downflow reboilers is that they operate with a much greater vapour fraction at the exit of the reboiler as compared to a bath-type reboiler. Because of this greater vapour exit quality, downflow reboilers have been reported to accumulate trace components that have relatively low solubility even when the bulk concentration of these components is less than the solubility limit.

- Mặc dù không thể ngăn chặn hoàn toàn các thành phần vết như carbon dioxide, nitrous oxide và một số hydrocarbon tích tụ bên trong bộ hoá hơi kiểu dòng chảy xuống, nhưng lượng tích tụ phải được kiểm soát cẩn thận. Các nghiên cứu thực nghiệm và các phân tích rã băng nhà máy đã chỉ ra rằng biến số chính trong tốc độ tích tụ là nồng độ thành phần trong chất lỏng thoát ra khỏi bộ hoá hơi. Nồng độ cao hơn của các thành phần vết này gây ra tốc độ tích tụ lớn hơn. Người vận hành nhà máy nên giữ nồng độ nitrous oxide, carbon dioxide và hydrocarbon ở mức thấp nhất có thể, và mọi lúc nồng độ phải nằm trong giới hạn do nhà sản xuất nhà máy quy định. Phụ lục F đưa ra các giá trị dừng máy tối đa, nhưng nhà sản xuất có thể yêu cầu các giá trị dừng máy thấp hơn cho các thiết kế và điều kiện vận hành cụ thể. Lưu ý rằng nồng độ vận hành bình thường phải thấp hơn đáng kể so với các giá trị trong Phụ lục F. Khi nhà máy được thiết kế để vận hành ở các yếu tố nồng độ cao, nó có thể bao gồm các biện pháp bảo vệ cụ thể như bộ hấp phụ silica gel siêu lạnh hoặc các biện pháp bảo vệ thích hợp khác.

While it is impossible to completely prevent trace components such as carbon dioxide, nitrous oxide, and some hydrocarbons from accumulating within the downflow reboiler, the amount of accumulation shall be carefully controlled. Experimental work and analytical plant derimes have shown that the key variable in the accumulation rate is the component concentration in the liquid exiting the reboiler. Greater concentrations of these trace components cause greater accumulation rates. The plant operator should keep the nitrous oxide, carbon dioxide, and hydrocarbon concentrations as low as practical, and at all times the concentrations shall be within the limits specified by the plant manufacturer. Appendix F gives maximum shutdown values, but the manufacturer can mandate lower shutdown values for specific designs and operating conditions. Note that normal operating concentrations should be significantly less

than the values in Appendix F. When the plant is designed for operation at high concentration factors, it can include specific protections such as cryogenic silica gel adsorbers or other appropriate protections.

- Nên thực hiện rã băng định kỳ để loại bỏ tạp chất tích tụ. Khuyến nghị của nhà sản xuất về khoảng thời gian rã băng phải được tuân thủ nghiêm ngặt. Carbon dioxide rắn và nitrous oxide có thể giữ hydrocarbon bên trong bộ hoá hơi, vì vậy cần phải loại bỏ các tạp chất này bằng cách rã băng định kỳ.
Periodic deriming should be performed to remove any accumulated contaminants. The manufacturer's recommendation for derime intervals should be strictly followed. Solid carbon dioxide and nitrous oxide can retain hydrocarbons within the reboiler, so it is necessary to remove these contaminants by periodic deriming.
- **CẢNH BÁO: Việc không loại bỏ carbon dioxide và nitrous oxide tích tụ bằng cách rã băng định kỳ có thể dẫn đến tích tụ mức hydrocarbon không an toàn, điều này đến lượt nó có thể dẫn đến một vụ nổ.**
WARNING: Failure to remove the accumulated carbon dioxide and nitrous oxide by periodic deriming can lead to accumulating unsafe levels of hydrocarbons, which in turn can lead to an explosion.

7.2.3. Thiết bị đo mức/lưu lượng / Level/flow instrumentation

- Vì việc kiểm soát mức và lưu lượng của bộ hoá hơi là quan trọng trong việc ngăn điểm chết hoặc sôi khô, hoạt động đúng của các chỉ báo mức và lưu lượng cũng như các điểm đặt báo động và dừng máy của chúng phải được xác minh và ghi lại định kỳ. Việc này nên được thực hiện ít nhất hàng năm. Khi khả thi, việc quan sát tràn tại điểm lấy mẫu mức pha hơi, trong quá trình vận hành tạm thời ở mức cao yêu cầu, có thể được sử dụng để xác minh sự hiệu chuẩn.
Since control of the reboiler level and flow is important in preventing dead end or dry boiling, proper operation of level and flow indicators as well as their alarm and shutdown set points shall be verified and recorded at regular intervals. This should be done at least annually. Where practical, observation of overflow at the vapour phase level tap, during temporary operation at the required high level, can be used to verify the calibration.
- Trong trường hợp các điểm lấy mẫu kép được lắp đặt để dự phòng khi tắc nghẽn, các điểm lấy mẫu này nên được kiểm tra và xả thường xuyên. Nếu sự tắc nghẽn xảy ra ở một trong hai điểm lấy mẫu, cần nỗ lực tối đa để thực hiện thông tắc bằng cách sử dụng nitơ xả hoặc rã đông trong lần rã băng nhà máy tiếp theo. Việc hiệu chuẩn chính xác các bộ truyền tín hiệu mức và lưu lượng là điều cần thiết cho hoạt động an toàn liên tục của nhà máy. Việc hiệu chuẩn các bộ truyền tín hiệu phải được duy trì theo tần suất được nêu trong sổ tay vận hành nhà máy. Nếu tất cả các điểm lấy mẫu bị tắc hoặc nếu mức bộ hoá hơi không thể xác định được vì bất kỳ lý do nào khác, nhà máy nên được ngừng hoạt động để khôi phục việc đo mức.
Where duplicate taps are installed to provide contingency in the case of blockage, these taps should be regularly checked and vented. Should blockage occur in one of the two taps, every effort should be made to clear the blockage using purge nitrogen or thawing during the next plant derime. Correct calibration of level and flow transmitters is essential to the continuous safe operation of the plant. Calibration of the transmitters shall be maintained at the frequency stated in the plant operating manual. If all taps are blocked or if the reboiler level cannot be determined for any other reason, the plant should be shut down to restore level measurement.

7.3. Kiểm soát tạp chất / Control of contaminants

- Bất kể loại hệ thống tiền tinh chế nào được sử dụng, một lượng hydrocarbon nhẹ và có thể các tạp chất khác sẽ đi đến các cột chưng cất và có xu hướng tích tụ trong bể chứa của cột áp thấp. Nồng độ mà các tạp chất này tích tụ phải được giới hạn để tránh nguy hiểm trong vận hành và phải được loại bỏ khỏi pha lỏng. Chỉ có metan đủ dễ bay hơi để thoát ra một phần trong pha hơi của dòng sản phẩm oxy dạng khí.
Regardless of the type of prepurifying system used, some level of light hydrocarbons and potentially other contaminants reach the distillation columns and tend to collect in the sump of the low pressure column. The concentrations to which these contaminants accumulate shall be limited to avoid hazardous operation and shall be removed from the liquid phase. Only methane is sufficiently volatile to partially leave in the vapour phase of the gaseous oxygen product stream.
- Về cơ bản có hai phương pháp để duy trì mức tạp chất an toàn trong oxy lỏng:
There are principally two methods of maintaining a safe level of contaminants in liquid oxygen:
 - bộ hấp phụ oxy lỏng (xem 7.3.1); và
liquid oxygen adsorbers (see 7.3.1); and
 - xả (xem 7.3.2).
purging (see 7.3.2).

- Phải thực hiện việc xả ngay cả khi bộ hấp phụ pha lỏng được lắp đặt để loại bỏ hydrocarbon khỏi chất lỏng trong bể chứa bộ hoá hơi vì các bộ hấp phụ này có thể không loại bỏ hoàn toàn tất cả các hydrocarbon. Việc xả này phải được nhà sản xuất nhà máy quy định. Khi không có quy định nào, việc xả tối thiểu phải tuân thủ 7.3.2.

A purge shall be taken even if liquid phase adsorber is installed to remove hydrocarbons from the reboiler sump liquid because these adsorbers may not completely remove all of the hydrocarbons. This purge shall be defined by the plant manufacturer. When none is specified, the minimum purge shall be in accordance 7.3.2.

7.3.1. Bộ hấp phụ oxy lỏng / Liquid oxygen adsorbers

- Các bộ hấp phụ oxy lỏng được thiết kế để loại bỏ một số tạp chất nhất định khỏi dòng oxy lỏng được lấy ra từ và hoàn lưu về bể chứa của cột áp suất thấp. Có thể sử dụng một hoặc hai bộ hấp phụ. Việc sử dụng hai bộ hấp phụ cho phép hấp phụ liên tục trong quá trình tái sinh bộ hấp phụ đã sử dụng.

Liquid oxygen adsorbers are designed to remove certain contaminants from a liquid oxygen stream drawn off from and returned to the sump of the low pressure column. Either single or paired adsorbers may be used. Using two adsorbers permits continuous adsorption during the regeneration of the spent adsorber.

- Tham khảo Phụ lục G để biết hiệu quả loại bỏ đối với toàn bộ danh mục các tạp chất. Cụ thể, đối với các nhà máy sử dụng REVEX và các hệ thống có bộ tái sinh, các bộ hấp phụ oxy lỏng có hiệu quả trong việc loại bỏ acetylene dư, các hợp chất diene và các hydrocarbon C4+, và có hiệu quả một phần trong việc loại bỏ nitrous oxide. Các bộ hấp phụ này cũng đóng vai trò như một lớp bảo vệ dự phòng để loại bỏ carbon dioxide có thể đi vào cột, đặc biệt trong các tình huống vận hành bất thường

Refer to Appendix G for the effectiveness of removal of the complete list of contaminants. In particular, for REVEX and regenerator plants, liquid oxygen adsorbers are effective for removal of residual acetylene, dienes, and C4+ hydrocarbons and are partially effective for removal of nitrous oxide. They also provide a backup to remove carbon dioxide that can reach the column, particularly during operational upsets.

7.3.1.1. Mạch hấp phụ bảo vệ oxy dẫn động bằng ống siphon nhiệt / Thermosyphon-driven oxygen guard adsorbers circuits

- Nhân viên vận hành ASU sử dụng mạch hấp phụ bảo vệ oxy dẫn động bằng ống siphon nhiệt nên tuân thủ các biện pháp phòng ngừa bổ sung sau:
Operators of ASUs using thermosyphon-driven oxygen guard adsorber circuits should follow these additional precautions:

- Tuân thủ các thông số vận hành tuần hoàn oxy lỏng được quy định trong quy trình của nhà thiết kế nhà máy. Nếu các quy trình quy định rằng lưu lượng hoặc áp suất chênh lệch được chỉ định phải được duy trì bằng cách điều chỉnh van nhà máy có liên quan, thì các chỉ số này phải được coi là thiết bị an toàn quan trọng;

Adhere to the liquid oxygen circulation operating parameters specified by the plant designer's procedures. If the procedures specify that indicated flows or differential pressures have to be maintained by relevant plant (valve) adjustment, these indicators should be treated as important safety devices;

- Không để các thiết bị ngừng hoạt động nếu bất kỳ thiết bị nào bị lỗi hoặc đưa ra các chỉ số bất thường. Các thiết bị an toàn này phải được xác định rõ ràng là quan trọng về an toàn thông qua đánh giá rủi ro, các quy trình bảo trì phải được điều chỉnh phù hợp và nhà máy (dựa trên giới thiệu) không được vận hành nếu thiết bị này không hoạt động;

Do not allow instruments to remain out of service if any become defective or give abnormal readings. These safety devices should be clearly identified as safety critical by risk assessment, maintenance procedures should be adapted accordingly, and the plant should (on the basis of the introduction) not be operated if this instrumentation is not functioning;

- Tuân thủ lưu lượng tái sinh được nhà sản xuất khuyến nghị để tránh hiện tượng hóa lỏng và phân hủy gel silica;

Follow the manufacturer's recommended regeneration flows to avoid fluidization and breakdown of the silica gel;

- Tuân thủ nhiệt độ và thời gian bước tái sinh được nhà sản xuất khuyến nghị để đảm bảo loại bỏ hoàn toàn các tạp chất đã hấp phụ;

Follow the manufacturer's recommended regeneration temperatures and step times to ensure complete removal of adsorbed contaminants;

- Vận hành các bộ hấp phụ bảo vệ theo quy trình của nhà thiết kế nhà máy. Tránh oxy lỏng bay hơi quá mức qua lớp hấp phụ đã tái sinh khi

làm mát vì điều này có thể gây ra cả hiện tượng nâng lớp hấp phụ và tăng mài mòn vật liệu hấp phụ. Bất kỳ sự kiện nào trong số này đều làm tăng khả năng tích tụ mảnh vụn chất hấp phụ trong các mạch hồi lưu oxy lỏng hoặc bên trong bộ trao đổi dẫn động bằng ống siphon nhiệt hoặc bộ hoá hơi chính;

Operate the guard adsorbers in accordance with the plant designer's procedures. Avoid excessive liquid oxygen flashing through the regenerated bed on cooldown as this could have the effect of both lifting the bed and increasing attrition of the adsorbent material. Either of these events increases the possibility of adsorbent debris accumulating in liquid oxygen return circuits or within the thermosiphon-driven exchange or main reboiler;

- Tránh đưa nước lỏng vào, vì nước lỏng làm phân hủy gel silica; và
Avoid introducing liquid water, which breaks down the silica gel; and
- Đảm bảo rằng bộ hóa hơi và đường ống của mạch oxy lỏng của bộ hấp phụ bảo vệ được làm rã băng và làm mát lại đúng cách đến nhiệt độ vận hành như một phần của quy trình vận hành cho việc bảo dưỡng ASU. Oxy lỏng được phép sôi trong mạch thay vì được xả ra có thể tích tụ bất kỳ hydrocacbon nào có mặt và gây ra sự lắng đọng carbon dioxide rắn do độ hòa tan thấp của nó. Khi khởi động lại, các cặn rắn có thể ức chế sự tuần hoàn chất lỏng qua bộ hóa hơi, thúc đẩy quá trình sôi khô.

Ensure that the guard adsorber liquid oxygen circuit vaporizer and piping are correctly derimed and recooled to operating temperature as part of the operating procedures for an ASU turn around. Liquid oxygen allowed to boil in the circuit rather than being drained off can accumulate any hydrocarbons present and cause solid carbon dioxide deposition because of its low solubility. On restart, solid deposits can inhibit the liquid recirculation through the vaporizer promoting dry boiling.

7.3.2. Xả bỏ / Purging

- Các hydrocacbon đi qua quá trình xử lý thượng nguồn sẽ không tích tụ đến nồng độ cao trong các nhà máy sản xuất một tỷ lệ đáng kể oxy dưới dạng sản phẩm lỏng, hoặc trong đó oxy được lấy ra từ cột áp suất thấp dưới dạng lỏng và sau đó được bơm và hóa hơi hoàn toàn trong các bộ trao đổi bên ngoài hệ thống cột.

Hydrocarbons that pass through upstream treatment will not accumulate to high concentrations in plants that produce a significant percentage of oxygen as a liquid product, or in which the oxygen is withdrawn from the low pressure column as liquid and then pumped and fully vaporized in exchangers external to the column system.

- Tuy nhiên, trong một nhà máy chỉ sản xuất sản phẩm oxy dạng khí (lấy trực tiếp từ cột) hoặc một lượng rất nhỏ chất lỏng, cần phải chủ động loại bỏ một lượng chất lỏng đủ từ bể chứa của bộ hóa hơi để giới hạn nồng độ các hydrocacbon nhẹ (đặc biệt là etylen, propan và etan), oxit nitơ và carbon dioxide ở mức chấp nhận được. Tốc độ xả bỏ oxy lỏng liên tục tối thiểu từ 0,1% đến 0,2% lượng không khí đầu vào được khuyến nghị. Trong trường hợp không thể thực hiện xả bỏ liên tục, việc xả bỏ tương đương với tốc độ này phải được thực hiện ít nhất 8 giờ một lần.

However, in a plant that produces only gaseous oxygen product (taken directly off the column) or a very small amount of liquid, it is necessary to deliberately remove a sufficient amount of liquid from the sump of the reboiler in order to limit the concentrations of light hydrocarbons (particularly ethylene, propane, and ethane), nitrous oxide, and carbon dioxide to acceptable levels. A minimum continuous liquid oxygen purge rate of 0.1% to 0.2% of the incoming air is recommended. Where a continuous purge is not practical, purge equivalent to this rate shall be taken at least every 8 hours.

- Phương trình sau tính toán nồng độ các thành phần có điểm sôi cao trong oxy lỏng:
The following equation computes the concentration of high boiling components in the liquid oxygen:

$$CF_{\text{tạp chất vết}} = \frac{X_{\text{Tạp chất vết, oxy lỏng}}}{Y_{\text{Tạp chất vết, Cấp}}} = \frac{F_{\text{cấp}}}{F_{\text{LOX}} + K_{\text{Tạp chất vết}} F_{\text{GOX}}}$$

$$CF_{\text{Trace contaminant}} = \frac{X_{\text{Trace contaminant, liquid oxygen}}}{Y_{\text{Trace contaminant, feed}}} = \frac{F_{\text{feed}}}{F_{\text{LOX}} + K_{\text{Trace contaminant}} F_{\text{GOX}}}$$

Trong đó:

Where:

- CF = hệ số nồng độ, tương đối so với nồng độ trong không khí
- CF = concentration factor, relative to the concentration in the air
- x = phần mol của thành phần trong pha lỏng
- x = mole fraction of the component in the liquid phase

y	=	phần mol của thành phần trong pha hơi
y	=	<i>mole fraction of the component in the vapour phase</i>
$F_{\text{cấp}}$	=	tốc độ dòng mol không khí vào hệ thống cột
F_{feed}	=	<i>air molar flow rate to the column system</i>
F_{LOX}	=	tốc độ dòng mol oxy lỏng từ bộ hoá hơi
F_{LOX}	=	<i>molar flow rate of liquid oxygen from the reboiler</i>
K	=	y/x cho thành phần ở trạng thái cân bằng
K	=	<i>y/x for the component at equilibrium</i>
F_{GOX}	=	tốc độ dòng mol oxy khí từ bộ hoá hơi
F_{GOX}	=	<i>molar gaseous oxygen flow rate from the reboiler</i>

- Đối với chu trình nén nội bộ, nơi không có oxy dạng khí được lấy từ bộ hoá hơi và lưu lượng sản phẩm oxy lỏng xấp xỉ 20% lượng không khí từ bộ hoá hơi chính, hệ số nồng độ xấp xỉ 5 cho tất cả các tạp chất. Khi oxy lỏng chỉ được sản xuất để xả bỏ (thường là 0,2% lượng không khí) và với giá trị K nhỏ, hệ số nồng độ là 500.
For an internal compression cycle, where no gaseous oxygen is taken from the reboiler and the liquid oxygen product flow is approximately 20% of the air from the main reboiler, the concentration factor is approximately 5 for all contaminants. When liquid oxygen is only produced for purge (typically 0.2% of the air) and with a small K value, the concentration factor is 500.
- LƯU Ý—Đối với metan, giá trị K đáng kể (Phụ lục D). Trong trường hợp này, hệ số nồng độ xấp xỉ 16 và phần lớn metan thoát ra trong sản phẩm oxy dạng khí.
NOTE—For methane, the K value is significant (Appendix D). In this case, the concentration factor is approximately 16 and the vast majority of the methane exits in the gaseous oxygen product.

7.4. Phân tích tạp chất / Contaminant analysis

- Việc đưa vào nhà máy các lượng hydrocacbon và các tạp chất khác lớn hơn cơ sở thiết kế luôn tiềm ẩn rủi ro, bất kể các hệ thống bảo vệ và quy trình được thực hiện trong thiết kế và vận hành. Vì lý do này, cần phải phát hiện khi điều kiện như vậy xảy ra.
The introduction into the plant of quantities of hydrocarbons and other contaminants greater than the design basis always represents a risk, regardless of the protection systems and procedures implemented in the design and operation. For this reason, it is necessary to detect when such a condition arises.
- Đặc biệt, tại các khu công nghiệp tập trung như công nghiệp hóa chất, hóa dầu và kim loại, nhà vận hành nhà máy phải duy trì nhận thức về môi trường hiện tại xung quanh nhà máy. Thông tin cần duy trì bao gồm:
 - danh sách các khu phức hợp nhà máy lân cận có khả năng thải ra một lượng đáng kể tạp chất vào không khí trong quá trình vận hành bình thường hoặc trong trường hợp trực trực hoặc sự cố;
list of nearby plant complexes liable to release significant quantities of contaminants into the air during normal operation or in the case of malfunction or incident;
 - khoảng cách giữa các nguồn tiềm năng này và cửa hút khí ASU; và
distance between these potential sources and the ASU air intake; and
 - điều kiện khí quyển địa phương.
local atmospheric conditions.
- Lưu ý rằng rủi ro tiềm ẩn của một địa điểm ASU được xác định không chỉ bởi chất lượng không khí xung quanh bình thường mà còn bởi rủi ro phát thải tạp chất.
Note that the potential risk of an ASU site is determined not only by the normal quality of the ambient air but also by the risk of contaminant releases.
- Nếu xét thấy cần thiết, hướng và tốc độ gió tức thời phải được cung cấp trong phòng điều khiển.
If deemed necessary, the instantaneous wind direction and speed should be made available in the control room.
- Tùy thuộc vào đặc điểm điều kiện không khí xung quanh của ASU và thiết kế quy trình cụ thể của nó cũng như tiềm năng phát thải tạp chất, các thiết bị đo lường tạp chất liên tục sau đây phải được xem xét:
Depending on the characteristics of the ambient air conditions of the ASU and its specific process design as well as the potential for contaminant releases, the following continuous contaminant measurement devices shall be considered:

- máy phân tích carbon dioxide tại đầu ra của hệ thống tiền xử lý;
carbon dioxide analyzer at the outlet of the prepurifying system;
 - máy phân tích tổng hydrocacbon trong bộ hoá hơi với nồng độ tạp chất tiềm năng lớn nhất. Đây thường là bể chứa của bộ hoá hơi chính; và
total hydrocarbon analyzer in the reboiler with the greatest potential concentration of contaminants. This is generally the main reboiler sump; and
 - máy phân tích có thể phát hiện các tạp chất hydrocacbon riêng lẻ trong bộ hoá hơi với nồng độ tạp chất tiềm năng lớn nhất.
analyzer that can detect individual hydrocarbon contaminants in the reboiler with the greatest potential concentration of contaminants.
- Đối với nhà máy REVEX hoặc tái sinh, các phân tích axetylen định kỳ cũng phải được thực hiện.
For a REVEX or regenerator plant, routine acetylene analyses shall also be performed.
 - Phụ lục E và F liệt kê nồng độ tạp chất tối đa cho phép đối với bộ hoá hơi. Các giá trị tạp chất tối đa này lớn hơn nhiều so với mức vận hành dự kiến thông thường.
Appendices E and F list the maximum allowable contaminant concentrations for the reboiler. These maximum contaminant values are much greater than the normally anticipated operating levels.
 - Các mức này là một hàm của các thông số như tốc độ xả đáy bộ hoá hơi, thiết kế bộ tiền tinh chế và chu trình quy trình tổng thể cũng như chất lượng không khí xung quanh.
These levels are a function of parameters such as the reboiler purge rate, prepurifier unit design, and overall process cycle as well as of the ambient air quality.
 - Dựa trên các thông số này, nhà thiết kế nên chỉ ra mức độ tạp chất dự kiến trong bộ hoá hơi chính khi vận hành. Ngoài ra, nhà thiết kế và người vận hành nên lấy mẫu oxy lỏng được sản xuất trong bộ hoá hơi chính trong phạm vi vận hành thiết kế của nhà máy trong quá trình vận hành thử để xác minh mức tạp chất bình thường dự kiến và thiết lập mức cơ sở cho các phép đo trong tương lai.
Based on these parameters, the designer should indicate the anticipated operating main reboiler contaminant level. In addition, the designer and operator should sample the liquid oxygen produced in the main reboiler over the design range of plant operation during commissioning to verify the anticipated normal contaminant level and to set the baseline for future measurement.
 - Nếu tại bất kỳ thời điểm nào, bất kỳ tạp chất đo được nào vượt quá 4 đến 5 lần giá trị bình thường dự kiến của nó, cần có một cảnh báo chỉ ra sự cần thiết phải điều tra và hiểu rõ nguyên nhân. Quan trọng không kém, một sự thay đổi nhanh chóng về nồng độ tạp chất, dù tăng hay giảm, cũng cần được điều tra.
If at any point any measured contaminant exceeds 4 to 5 times its expected normal value, there should be an alarm indicating the need to investigate and understand the cause. Equally important, a rapid change in contaminant concentration, whether an increase or a decrease, also should be investigated.
 - Cần đặt một mức cảnh báo thứ hai chỉ ra sự cần thiết phải dừng nhà máy. Điểm đặt cao hơn này sẽ do nhà sản xuất cung cấp. Giới hạn dừng máy sẽ được đặt dựa trên các đặc điểm thiết kế cụ thể, phương pháp vận hành và kinh nghiệm của nhà sản xuất. Trừ khi được nhà sản xuất chứng minh cụ thể, các giá trị điểm đặt dừng máy trong Phụ lục E và F sẽ không được vượt quá.
A second alarm level should be set indicating the need to shut down the plant. This greater set point shall be provided by the manufacturer. The shutdown limits shall be set based on the manufacturer's specific design features, operating methods, and experience. Unless specifically justified by the manufacturer, the shutdown set point values in Appendices E and F shall not be exceeded.
 - Cần cẩn thận để đảm bảo duy trì đúng mức vận hành của bộ hoá hơi (bộ hoá hơi kiểu bể, xem 7.2.1) và dòng tuần hoàn (bộ hoá hơi kiểu dòng chảy xuống, xem 7.2.2). Nồng độ tạp chất trung bình đo được trong chất lỏng đáy bể có thể không chính xác và thấp hơn nồng độ cục bộ thực tế bên trong bộ trao đổi nhiệt bộ hoá hơi nếu các mức chất lỏng và dòng chảy này không được duy trì. Nồng độ đáy bể giảm nhanh có thể cho thấy sự tích tụ tạp chất bên trong bộ trao đổi nhiệt.
Care shall be taken to ensure that the correct reboiler operating levels (bath-type reboilers, see 7.2.1) and recirculating flows (downflow reboilers, see 7.2.2) are maintained. The measured average contaminant concentration in the sump liquid can be a misrepresentation and less than the actual local concentration within the reboiler exchanger if these liquid levels and flows are not maintained. A rapidly decreasing sump concentration can indicate an accumulation of contaminants within the exchanger.
 - Việc hiệu chuẩn chính xác thiết bị phân tích là điều cần thiết cho hoạt động an toàn liên tục của ASU. Việc hiệu chuẩn các máy phân tích tại các điểm đã đề cập trước đó phải được duy trì theo tần suất được nêu trong sổ tay vận hành của nhà máy.

Correct calibration of analytical equipment is essential to the continuous safe operation of the ASU. Calibration of the analyzers at the previously mentioned points shall be maintained at the frequency stated in the plant's operating manual.

- Cần cẩn thận khi lấy mẫu dòng lỏng siêu lạnh để tránh hóa hơi một phần mẫu và đo lường không chính xác các thành phần nặng, đặc biệt là hydrocarbon.
Care shall be taken when sampling cryogenic liquid streams to avoid partial vaporization of the sample and inaccurate measurement of heavy components, particularly hydrocarbons.
- Hồ sơ phân tích và vận hành nên được lưu giữ trong thời gian dài để theo dõi các thay đổi dài hạn trong môi trường và hoạt động của nhà máy. Nếu có bất kỳ thay đổi nào được ghi nhận, cần xem xét như đã quy định trong 6.1 để xác định tác động đến hoạt động của nhà máy.
Analytical and operational records should be maintained for an extended time to monitor for long-term changes in plant environment and operations. If any changes are noted, consideration shall be given as specified in 6.1 to determine the impact on plant operation.

7.5. Điều kiện chuyển tiếp / *Transient conditions*

- Điều kiện chuyển tiếp có thể gây ra những nguy hiểm lớn hơn bình thường trong vận hành. Trong những trường hợp này, các thay đổi quy trình trong đơn vị xảy ra mà người vận hành không phải lúc nào cũng nhận thấy.
Transient conditions can cause greater than normal hazards in operations. In these cases, process changes in the unit occur that are not always noticed by the operator.
- Các nguyên nhân gây ra điều kiện chuyển tiếp có thể là:
Causes for transient conditions can be:
 - thay đổi tải nhà máy;
plant load change;
 - dừng nhà máy có kế hoạch hoặc không có kế hoạch;
planned or unplanned shutdown of the plant;
 - khởi động nguội nhà máy có hoặc không có lỏng; hoặc
cold restart of the plant with or without liquid; or
 - các vấn đề chuyển đổi trên hệ thống REVEX/tái sinh và FEP.
switching problems on REVEX/regenerator and FEP systems.

7.5.1. Thay đổi tải nhà máy / *Plant load changes*

7.5.1.1. Bộ hoá hơi kiểu bể / *Bath-type reboilers*

- Mức lỏng trong bộ hoá hơi thường tăng khi giảm tải nhà máy và giảm khi tăng tải.
The liquid level in the reboiler generally increases while reducing the plant load and decreases while increasing the load.
- Tùy thuộc vào tốc độ tăng tải, mức lỏng đáy bể và do đó tốc độ tuần hoàn của bộ hoá hơi có thể giảm rất nhanh. Mức giảm cho phép của mức ngập và khoảng thời gian tối đa cho phép ngập thấp trong các bộ hoá hơi này nên được nhà thiết kế nhà máy cung cấp. Nếu không có, hãy sử dụng 30% dưới mức ngập vận hành bình thường trong khoảng thời gian tối đa 60 phút.
Depending on the speed of the load increase, the sump liquid level and consequently the reboiler recirculation rate can fall very rapidly. The allowable drop of the submergence level and the maximum time period allowed for low submergence in these reboilers should be provided by the plant designer. If none is given, use 30% below the normal operating submergence level for a maximum period of 60 minutes.

7.5.1.2. Bộ hoá hơi kiểu dòng chảy xuống / *Downflow reboilers*

- Tốc độ tuần hoàn phải được duy trì như trong vận hành bình thường. Mức chất lỏng trong bộ phân phối hoặc lưu lượng chất lỏng đo được đến bộ phân phối sẽ không được giảm xuống dưới mức tối thiểu cho phép trong bất kỳ thay đổi tải nhà máy nào. Trong quá trình thay đổi tải nhà máy, mức chất lỏng trong bộ phân phối cấp liệu cho bộ hoá hơi kiểu dòng chảy xuống có thể tạm thời giảm xuống dưới mức vận hành bình thường. Điều này là chấp nhận được, miễn là mức ổn định lớn hơn mức tối thiểu. Lưu ý rằng trong nhiều trường hợp, tốc độ dòng tuần hoàn có thể được sử dụng thay vì đo mức trực tiếp.
The recirculation rate shall be maintained as in normal operation. The level in the distributor or the measured liquid flow to the distributor shall not fall to less than the allowed minimum during any plant load change. During plant load changes, the liquid level in the distributor feeding the downflow reboiler can temporarily fall to less than the normal operating level. This is acceptable, as long as the steady state level is

greater than the minimum. Note that in many cases, the recirculation flow rate can be used instead of a direct level measurement.

- Giữ bể chứa lỏng trong tháp được kiểm soát. Cần chú ý đến các bộ lọc hút của bơm tuần hoàn vì có thể bị tắc do đóng băng carbon dioxide và các tạp chất khác.

Keep the liquid reservoir in the column under control. Attention should be paid to the suction filters of the recirculation pumps as plugging can occur caused by freezing out of carbon dioxide and other contaminants.

7.5.1.3. Sản xuất oxy lỏng / Liquid oxygen production

- Các nhà máy liên tục sản xuất lượng oxy lỏng đáng kể (lớn hơn 2% lượng khí đầu vào) sẽ làm giảm nồng độ hiệu quả các tạp chất đi vào nhà máy phân ly không khí. Trong các nhà máy không có đường xả đáy có thiết bị đo, việc sản xuất oxy lỏng phải được duy trì ở mức bằng hoặc lớn hơn lưu lượng tối thiểu có thể đo được.

Units that continuously produce significant amounts (greater than 2% of incoming air) of liquid oxygen effectively deconcentrate the contaminants entering the air separation plant. In plants without an instrumented purge line, liquid oxygen production shall be maintained at or greater than the minimum measurable flow rate.

7.5.2. Dừng nhà máy và chế độ chờ nguội / Plant shutdown and cold standby

- Sau khi dừng nhà máy, lỏng chứa trong lớp đệm hoặc khay sẽ chảy xuống điểm thấp nhất của tháp. Tại thời điểm này, mức lỏng trong bộ hoá hơi có thể cao hơn 100% so với chỉ báo mức. Lượng lỏng này thường được giữ lại để cho phép khởi động lại nhà máy nhanh chóng. Chế độ này được gọi là chế độ chờ nguội.

Following a plant shutdown, the liquid contained in the packing or trays drains to the low point of the column. At this point, the level in the reboilers can be well greater than 100% of the level indicators. This liquid is generally preserved to permit a quick restart of the plant. This mode is referred to as cold standby.

- LƯU Ý—Sau khi dừng nhà máy, các chỉ báo mức có thể không hoạt động đáng tin cậy do khả năng vòi trên bị đầy lỏng. Có thể cần phải xác minh và có thể hiệu chuẩn lại các bộ truyền tín hiệu quan trọng. Ngoài ra, mật độ lỏng có thể đã thay đổi, điều này có thể gây ra sự không chính xác trong mức bộ hoá hơi được chỉ báo.

NOTE—Following a plant shutdown, level indicators might not be working reliably due to the possibility of the upper tap being filled with liquid. It may be necessary to verify and perhaps recalibrate critical transmitters. In addition, liquid density may have changed that can cause inaccuracy in the indicated reboiler level.

- Trong thời gian chờ nguội một hoặc hai ngày, tiếp tục tuần hoàn dòng chảy qua các bộ hấp phụ oxy lỏng nếu được lắp đặt. Cần tuân thủ các điều sau để duy trì chế độ chờ nguội kéo dài hơn một cách an toàn:

During a one day or two day cold standby period, continue to recirculate flow through liquid oxygen adsorbers if installed. The following shall be followed to maintain a more extended cold standby in a safe manner:

- đóng van đầu vào và đầu ra của bơm tuần hoàn;
close inlet and outlet valves of the recirculation pumps;
- xả bơm và bộ lọc hút; và
drain pumps and suction filters; and
- xả và tái sinh các bộ hấp phụ oxy lỏng. Việc tái sinh nên được thực hiện ngay sau khi xả hoàn toàn chất lỏng và làm sạch bộ hấp phụ bằng nitơ để tránh giải phóng tạp chất vào môi trường oxy khí.
drain and regenerate liquid oxygen adsorbers. The regeneration should be done soon after complete draining of the liquid and purging of the adsorber with nitrogen to avoid the release of contaminants in gaseous oxygen atmosphere.

- Do rò rỉ nhiệt vào hộp lạnh, quá trình hóa hơi cuối cùng sẽ làm giảm lượng chất lỏng trong bộ hoá hơi xuống thấp hơn nhiều so với mức vận hành bình thường. Khi mức lỏng đã giảm xuống còn một nửa mức bình thường, thì phải bổ sung lỏng bằng cách bơm nitơ lỏng hoặc oxy lỏng hoặc phải xả toàn bộ lỏng trong nhà máy.

Due to the heat leak into the coldbox, vaporization eventually reduces the amount of liquid in the reboiler to well less than the normal operating level. When the liquid has been reduced to half of its normal level, either liquid shall be added using liquid nitrogen or oxygen injection or all liquid in the plant shall be drained.

- Khi bơm lỏng vào nhà máy, nên sử dụng nitơ lỏng hơn là oxy lỏng, đặc biệt đối với chế độ chờ nguội dài hạn. Khi sử dụng oxy lỏng, hãy lưu ý rằng các hydrocarbon,

carbon dioxide, nitơ oxit và các tạp chất nói chung sẽ được thêm vào hệ thống và có thể tích tụ vượt quá mức tạp chất tối đa

When injecting liquid into the plant, it is advisable to use liquid nitrogen rather than liquid oxygen in particular for a long-term cold standby. When liquid oxygen is used, be aware that extra hydrocarbons, carbon dioxide, nitrous oxide, and contaminants in general are added to the system and could accumulate to exceed the maximum contaminant levels.

- Nếu có máy phân tích hydrocarbon, tiếp tục theo dõi hydrocarbon trong thời gian chờ nguội. Tất cả chất lỏng phải được xả nếu đạt đến mức tạp chất trong Phụ lục E hoặc F (tùy theo trường hợp). Tuy nhiên, vì việc lấy mẫu trong thời gian không hoạt động có thể không mang tính đại diện, nên không nên sử dụng kết quả thấp hơn để biện minh cho việc không tuân thủ các hành động khuyến nghị khác.

If a hydrocarbon analyzer is available, continue monitoring hydrocarbons during the cold standby. All liquid shall be drained if the contaminant levels in Appendix E or F (as applicable) are reached. However, since sampling during a non-operating period may not be representative, a lower result should not be used to justify a failure to adhere to other recommended actions.

- Trong trường hợp các nhà máy sử dụng REVEX/bộ tái sinh, nên làm ấm nhà máy hoàn toàn sau khi xả chất lỏng. Nếu không làm như vậy, có khả năng cao carbon dioxide sẽ di chuyển vào tháp khi khởi động lại.

In the case of REVEX/regenerator plants, it is advisable to warm up the plant completely after draining the liquid. If this is not done, there is a high potential of carbon dioxide migrating into the column upon restarting.

7.5.3. Khởi động lại nhà máy / Plant restart

- Các điều kiện chuyển tiếp được mô tả trong các tiểu mục sau không phải lúc nào cũng dễ dàng tách biệt với nhau. Tùy thuộc vào loại nhà máy cũng như thiết kế của nó, có thể khó xác định trước khi khởi động lại một đơn vị liệu có đủ lỏng hay không. Quy trình có thể là sự kết hợp của hai quy trình được mô tả trong 7.5.3.1 và 7.5.3.2. Nếu bộ hoá hơi không có đủ chất lỏng, mức ngập dưới 50%, việc xả lượng lỏng còn lại có thể cần để loại bỏ các tạp chất tập trung trong bể. Để biết các biện pháp phòng ngừa liên quan đến mức chất lỏng cao hoặc thấp, tham khảo 7.2.

The transient conditions described in the following subsections are not always easy to separate from each other. Depending on the type of plant as well as its design, it can be difficult to determine prior to restarting a unit whether there is enough liquid. The procedure can be a combination of the two described in 7.5.3.1 and 7.5.3.2. If the reboiler does not have sufficient liquid, less than 50% submergence, draining of the remaining liquid may be required to remove the contaminants concentrated in the sump. For precautions related to high or low liquid levels, refer to 7.2.

7.5.3.1. Khởi động nguội sau khi dừng máy trong thời gian ngắn / Cold start after a short shutdown

- Nói chung, trong khoảng thời gian lên đến 8 giờ sau khi dừng máy, nhà máy có đủ lỏng để duy trì mức trong các bộ hóa hơi trong quá trình khởi động lại.

Generally, up to a period of 8 hours after a shutdown, the plant has sufficient liquid to maintain the levels in the reboilers during its restart.

- Trong các bộ hóa hơi kiểu bể, giữ mức lỏng được kiểm soát và ở mức ít nhất 80% giá trị ngập bình thường của nó. Đưa mức ngập trở lại mức vận hành bình thường càng sớm càng tốt. Nếu có sẵn, nên bơm lỏng vào ở giai đoạn này. Mức ngập giảm tạm thời xuống 50% được phép trong một thời gian ngắn. Nếu không có sẵn hệ thống bơm lỏng, nên xem xét các bước quy trình khác như giảm lượng khí đầu vào cho quá trình.

In bath-type reboilers, keep the liquid level under control and at a level of at least 80% of its normal submergence value. Return the submergence level to the normal operating level as soon as possible. If available, liquid injection is recommended at this stage. A temporary drop of submergence level to 50% is allowable for a short period. If liquid injection is not available, other process steps such as reducing the incoming air to the process should be considered.

- Trong trường hợp bộ hóa hơi dòng chảy xuống, kiểm soát mức trong bộ phân phối lõi bằng lưu lượng bơm tuần hoàn. Đảm bảo có đủ lỏng trong bể chứa để duy trì lưu lượng bơm. Kiểm soát lượng khí nạp vào cột áp suất cao để duy trì mức này.

In the case of downflow reboilers, control the level in the core distributor with the recirculation pump flow. Ensure that there is enough liquid in the reservoir to maintain the pump flow. Control the air intake to the high pressure column in order to maintain this level.

7.5.3.2. Khởi động nguội sau khi dừng máy trong thời gian dài / Cold start after a long shutdown

- Nếu lỏng trong các bộ hóa hơi giảm xuống dưới 50% mức vận hành bình thường, cần xả lỏng ra khỏi các bộ hóa hơi trước khi khởi động lại. Lỏng có ở mức thấp này có thể bị làm giàu hydrocarbon, nitơ oxit và có thể cả carbon dioxide, điều này có thể gây ra cặn bám trong các kênh lõi của bộ hóa hơi. Cần xây dựng các quy trình để ngăn nồng độ carbon dioxide tăng lên mức lớn hơn một nửa độ hòa tan của carbon dioxide trong chất lỏng trong bộ hóa hơi (tính đến thành phần thực tế) ở áp suất khí quyển.
If the liquid in the reboilers falls to less than 50% of the normal operating level, it is necessary to drain the liquids from the reboilers prior to restarting. The liquid present at this low level can be enriched in hydrocarbons, nitrous oxide, and possibly carbon dioxide, which can cause deposits in the reboiler core passages. Procedures should be developed to prevent the carbon dioxide concentration from increasing to a level greater than one-half of the carbon dioxide solubility in the liquid in the reboiler (accounting for actual composition) at atmospheric pressure.
- Các vấn đề về mức lỏng thấp trong quá trình khởi động có thể dễ dàng khắc phục bằng hệ thống bơm chất lỏng. Như đã lưu ý trong 7.5.2, nitơ lỏng được ưu tiên nhưng oxy lỏng có thể được sử dụng nếu thực hiện các biện pháp phòng ngừa phù hợp.
Problems with low liquid levels during start up can easily be overcome with a liquid injection system. As noted in 7.5.2, liquid nitrogen is preferred but liquid oxygen may be used if the correct precautions are taken.
- Trong quá trình khởi động từ điều kiện bắt đầu với mức ngập thấp hơn đáng kể so với bình thường, điều quan trọng là phải khôi phục mức này trước tiên trước khi đưa oxy đến độ tinh khiết.
During start up from a condition that begins with a significantly lower-than-normal submergence level, it is important to first rebuild this level prior to bringing the oxygen to purity.
- Trong trường hợp có các đơn vị nén bên trong, khởi động các bơm sản phẩm oxy ít nhất với lưu lượng tối thiểu ngay khi khoảng 80% mức bình thường được thiết lập.
In the case of internal compression units, start the oxygen product pumps at least with the minimum flow as soon as approximately 80% of the normal level is established.
- Đảm bảo rằng các bộ hấp phụ oxy lỏng và chất lỏng giàu (nếu có) đã được tái sinh trước khi khởi động.
Ensure that the liquid oxygen and rich liquid adsorbents (if available) have been regenerated prior to start up.
- Đối với các nhà máy REVEX, xả lượng lỏng đầu tiên (khoảng 20% đến 30% mức vận hành bình thường) sau khi tạo ra nó trong bể thu gom của bộ hóa hơi.
For REVEX plants, drain the first liquid (approximately 20% to 30% of normal operating level) after producing it in the sump of the reboiler.

7.6. Rã băng / Deriming

- Các ASU phải được rã băng theo các khoảng thời gian định kỳ nhằm loại bỏ các tạp chất tích tụ quá mức như hydrocarbon, carbon dioxide và nitrous oxide có thể đã xâm nhập vào nhà máy, đặc biệt trong các tình huống vận hành bất thường. Do bộ hóa hơi chính là bộ phận có khả năng tích tụ hydrocarbon cao nhất, việc rã băng cho thiết bị này phải được thực hiện với sự cẩn trọng đặc biệt, tuân thủ theo quy trình nêu tại mục 7.6.1.
ASUs shall be derimed at regular intervals in order to remove any excessive impurities such as hydrocarbons, carbon dioxide, and nitrous oxide that could have entered the plant, particularly during operational upsets. Due to the fact that the main reboiler is the component most liable to accumulate hydrocarbons, it shall be derimed with particular care in accordance with the procedure in 7.6.1.

7.6.1. Quy trình / Procedure

- Quy trình rã băng phải được mô tả chi tiết trong sổ tay vận hành. Mặc dù quy trình khác nhau tùy theo các loại ASU khác nhau, các hướng dẫn trong sổ tay vận hành phải được tuân thủ.
The deriming procedure shall be described in detail in the operating manual. Although the procedure differs with the various types of ASUs, the operating manual instructions are to be adhered to.

- Các điểm sau đây nêu bật các bước quan trọng nhất:
The following points highlight the most important steps:
 - a) Xả tất cả lỏng;
Drain all liquids;
 - b) Thiết lập trình tự các mạch cần được rã băng. Rã băng các mạch theo trình tự đó;
Establish the sequence of circuits to be derimed. Derime the circuits in that sequence;
 - c) Buộc dòng chảy đi xa nhất có thể qua tất cả các phần;
Force the flow as far as possible through all the sections;
 - d) Nên tránh rã băng một phần khi không đảm bảo cách ly đúng cách. Kinh nghiệm cho thấy có nguy cơ di chuyển tạp chất hoặc cặn bám từ phần này sang phần khác;
Partial deriming should be avoided when proper isolation is not ensured. Experience has shown that there is a risk of shifting impurities or deposits from one section to another;
 - e) Xác minh sự hiện diện của dòng chảy từ tất cả các cửa xả rã băng;
Verify the presence of a flow from all deriming outlets;
 - f) Mở tất cả các đường ống thiết bị đo về cuối quá trình rã băng; và
Open all instrument lines towards the end of the deriming process; and
 - g) Nếu sổ tay vận hành không đưa ra hướng dẫn cụ thể, việc rã băng cho một nhà máy có FEP thường hoàn thành khi tất cả nhiệt độ cửa xả rã băng xấp xỉ 15 °C (59 °F) trong ít nhất 2 giờ. Tại thời điểm này, nên thực hiện phân tích độ ẩm tại một số cửa xả rã băng để đảm bảo rằng quá trình rã băng đã hoàn thành thành công. Nhiệt độ điểm sương từ -40 °C đến -60 °C xác minh rằng mạch đã được rã băng thành công.
If the operating manual gives no specific instructions, deriming for a plant with FEP is typically completed when all deriming outlet temperatures are approximately 15 °C (59 °F) for at least 2 hours. At this point, a moisture analysis should be performed on several deriming outlets to ensure that the deriming process is successfully finished. A dew point of -40 °C to -60 °C verifies that the circuit has been successfully derimed.
- Nhiệt độ cửa xả rã băng cao hơn là mong muốn đối với các nhà máy có REVEX và những nhà máy có bộ sấy rã băng. Mức tối thiểu 30 °C (86 °F) được ưu tiên và nhiệt độ lên đến 60 °C (140 °F) là chấp nhận được. Sau khi đạt được nhiệt độ mục tiêu, việc rã băng nên được tiếp tục ở nhiệt độ mục tiêu đó trong ít nhất 2 giờ.
A greater derime outlet temperature is desirable for plants with REVEXs and those with derime heaters. A minimum of 30 °C (86 °F) is preferred and temperatures up to 60 °C (140 °F) are acceptable. After the target temperature has been reached, deriming should be continued at that target temperature for at least 2 hours.

7.6.2. Tần suất / Frequency

- Tần suất rã băng phụ thuộc vào thiết kế nhà máy, chu trình quy trình và vị trí của nó. Tần suất bình thường cho một nhà máy cụ thể sẽ được xác định trong giai đoạn thiết kế và xây dựng nhà máy và được mô tả trong sổ tay vận hành của nhà máy. Một đánh giá rủi ro nên được thực hiện bởi nhân sự có trình độ để xác định tần suất cần thiết cho ASU cụ thể tại vị trí cụ thể. Các yếu tố sau đây nên được đưa vào đánh giá rủi ro:
The deriming frequency is dependent on plant design, process cycle, and its location. The normal frequency for a given plant shall be determined during the plant design and construction phase and is to be described in the plant's operation manual. A risk assessment should be performed by qualified personnel to determine the required frequency for the particular ASU in the particular location. The following factors should be included in the risk assessment:
 - các yếu tố thiết kế, ví dụ, FEP/REVEX, loại bộ hóa hơi, tốc độ xả, độ tinh khiết của oxy lỏng;
design factors, for example, FEP/REVEX, reboiler type, purge rate, liquid oxygen purity;
 - các yếu tố vận hành, ví dụ, việc bố trí phân tích lỏng, có người/không người, nhật ký nhà máy;
operating factors, for example, liquid analysis arrangements, manned/unmanned, plant log;
 - các yếu tố môi trường, ví dụ, vị trí nhà máy/ngành công nghiệp xung quanh, các tạp chất không khí tiềm ẩn, chất lượng không khí;
environmental factors, for example, plant location/surrounding industry, potential air contaminants, air quality; and
 - các yếu tố lịch sử, ví dụ, quản lý FEP/REVEX, tần suất dừng máy, biến động mức bình ngưng và các vấn đề trước đây.
historical factors, for example, FEP/REVEX management, plant trip frequency, condenser level variation, and previous problems.

- Thực hiện rã băng nhà máy 3 năm một lần trừ khi có quy định khác trong sổ tay vận hành hoặc trừ khi được chỉ ra bởi đánh giá rủi ro.
Derime the plant every 3 years unless otherwise stated in the operating manual or unless indicated by the risk assessment.
- Tần suất rã băng có thể được kéo dài dựa trên kinh nghiệm vận hành nhưng nên được rút ngắn nếu bất kỳ bất thường nào sau đây xảy ra:
The deriming frequency may be lengthened based on operating experience but should be shortened if any of the following abnormalities have occurred:
 - sụt áp bất thường trong thiết bị siêu lạnh (tức là, bộ trao đổi nhiệt, mâm chưng cất);
abnormal pressure drops in cryogenic equipment (i.e., exchangers, distillation trays);
 - mức hydrocarbon cao trong khí nạp;
high hydrocarbon level in the intake air;
 - các vấn đề chuyển đổi thường xuyên với các hệ thống REVEX, bộ tái sinh hoặc FEP;
frequent switching problems with REVEXs, regenerators, or FEP systems;
 - các trường hợp lặp lại việc rò rỉ carbon dioxide từ hệ thống FEP;
repeated instances of minor carbon dioxide breakthrough from the FEP system;
 - thay đổi điều kiện môi trường khác với thiết kế nhà máy; hoặc
change of the environmental conditions to other than the plant design; or
 - nhiều lần dừng máy không theo kế hoạch, ví dụ, mất điện.
numerous unplanned plant shutdowns, for example, power failures.
- Những thay đổi đáng kể về chế độ vận hành bình thường (như đã đề cập trong danh sách trước) có thể buộc phải quyết định tần suất rã băng cao hơn nhiều.
Significant alterations of the normal operation mode (as mentioned in the previous list) could force the decision for a much higher deriming frequency.
- Nên khuyến nghị thêm rằng khi thực hiện bảo trì lớn, việc rã băng nhà máy luôn nên được xem xét.
It is further recommended that when major maintenance is carried out, a plant derime should always be considered.

7.7. Vệ sinh và bảo trì / *Cleaning and maintenance*

- Với điều kiện nhà máy có lịch sử vận hành bình thường và thiết kế phù hợp, không cần bảo trì định kỳ hoặc yêu cầu vệ sinh cho bộ hóa hơi.
Provided the plant has had a normal operating history and adequate design, no routine maintenance or cleaning requirements for the reboiler are necessary.
- Tuy nhiên, trong một số trường hợp, vật liệu lạ có thể được đưa vào và tích tụ trong các bể thu gom hoặc bên trong chính các bộ hóa hơi dạng tấm/cánh. Trong những trường hợp này, vật liệu lạ là trơ nhưng phải được loại bỏ vì nó có thể gây ra điểm chết cục bộ hoặc sôi khô và các nguy hiểm sau đó.
In some instances, however, foreign material can be introduced and can accumulate in the sumps or within the plate/fin reboilers themselves. In these cases, the foreign material is inert but shall be removed as it can cause localized dead end or dry boiling and subsequent hazards.

7.7.1. Vật liệu lạ do quá trình xây dựng nhà máy / *Foreign material due to plant construction*

- Việc xây dựng nhà máy phải được thực hiện dưới sự giám sát chặt chẽ nhất để đảm bảo không có vật liệu lạ nào lọt vào nhà máy trong quá trình xây dựng. Điều này được đảm bảo bằng việc sử dụng đường ống đã được làm sạch và tẩy dầu mỡ cũng như bằng cách cẩn thận ngăn chặn sự xâm nhập của vật liệu lạ trong quá trình lưu trữ và xây dựng. Trong quá trình chạy thử nhà máy, hệ thống đường ống phải được thổi sạch để đảm bảo mọi vật liệu xây dựng được loại bỏ khỏi quy trình trước khi khởi động. Điều này loại bỏ mọi hạt vật chất như mạt nhôm hoặc thép không gỉ, oxit nhôm, gỉ sét và xỉ hàn.
Plant construction is to be undertaken under the most stringent supervision to ensure that no foreign material enters the plant during construction. This is ensured with the use of cleaned and degreased pipe as well as by taking care to prevent ingress of foreign matter during storage and construction. During plant commissioning, the piping is to be blown through to ensure any construction materials are removed from the process prior to startup. This removes any particulate such as aluminium or stainless steel shavings, aluminium oxide, rust, and welding slag.

7.7.2. Vật liệu lạ do quá trình vận hành nhà máy / *Foreign material due to plant operations*

- Trong quá trình vận hành ASU, các vật liệu lạ sau đây có thể được tạo ra hoặc đưa vào nhà máy. Những vật liệu này không thể được loại bỏ bằng cách rẽ đông định kỳ của nhà máy.

During the operation of the ASU, the following foreign materials can be generated or introduced into the plant. These cannot be removed by routine deriming of the plant.

7.7.2.1. Bụi từ chất hấp phụ / Adsorbent dust

- Bụi chất hấp phụ có thể được tạo ra trong các bình hấp phụ FEP, bộ tái sinh, hoặc trong các bộ hấp phụ pha lỏng hoặc khí lạnh. Thông qua quá trình sôi và tuần hoàn, bụi này có thể đi qua các cánh tản nhiệt của lõi bộ hoá hơi, làm tắc nghẽn các kênh riêng lẻ và dẫn đến hiện tượng sôi cục bộ. Trong mọi trường hợp, bụi cuối cùng sẽ tích tụ trong bể chứa oxy lỏng. Sự tạo bụi hoặc di chuyển bụi xuống phía dưới có thể được ngăn chặn bằng thiết kế đặc biệt của hệ thống hấp phụ hoặc bằng cách lắp đặt một bộ lọc.

Adsorbent dust can be generated in the FEP adsorber vessels, regenerators, or in the cryogenic liquid or gas phase adsorbers. Through boiling and circulation, this dust can pass through the fins of the reboiler core, block individual passages, and lead to dead end boiling. In all cases, dust eventually accumulates in the liquid oxygen sump. Dust generation or migration downstream can be prevented by specific design of the adsorber system or by incorporating a filter.

7.7.2.2. Nhiễm bẩn dầu / Oil contamination

- Sự nhiễm bẩn dầu có thể xảy ra bất cứ khi nào máy móc bôi trơn bằng dầu được sử dụng làm thiết bị công nghệ. Ví dụ là các tuabin lạnh bị mất khí làm kín hoặc hỏng ổ trục. Sự nhiễm bẩn như vậy cũng có thể xảy ra với các động cơ giãn nở bôi trơn bằng dầu.

Oil contamination is possible whenever oil-lubricated machinery is used as process equipment. Examples are cryogenic turbines with loss of seal gas or bearing failure. Such contamination also can occur with oil-lubricated expansion engines.

- Dầu di chuyển từ loại thiết bị này có thể làm nhiễm bẩn đầu lạnh của thiết bị nhà máy liền kề với thiết bị đang xét và thường lắng đọng tại điểm đó.

Oil migrating from this type of equipment can contaminate the cold end of the plant equipment adjacent to the equipment in question and usually deposits at that point.

- Việc tiếp tục vận hành cho phép dầu này di chuyển đến các bộ phận khác của quy trình và có thể tích tụ trong bể chứa oxy lỏng. Việc ngừng nhà máy hoặc rẽ đông có thể khiến dầu/mỡ trở nên lỏng và có thể di chuyển đến các bộ phận khác của quy trình. Do đó, việc loại bỏ tạp chất này là rất quan trọng và có thể liên quan đến việc sử dụng dung môi. Nhà sản xuất hoặc nhà cung cấp nhà máy phải được tham khảo ý kiến nếu điều này trở nên cần thiết (xem 7.7.4.1).

Continued operation allows movement of this oil to other parts of the process and possible accumulation in the liquid oxygen sump. Shutting down the plant or deriming can cause the oil/grease to become fluid and can move it to other parts of the process. Removal of this contaminant is therefore critical and can involve the use of solvents. The plant manufacturer or supplier shall be consulted if this becomes necessary (see 7.7.4.1).

7.7.2.3. Perlite

- Các sự cố đã liên quan đến việc tắc nghẽn bộ hoá hơi do perlite. Điều này có thể xảy ra do hỏng hóc một bộ phận hoặc đường ống bên trong hộp lạnh cách nhiệt bằng perlite. Giống như bất kỳ vật liệu lạ nào khác, perlite tìm đường đến các bộ hoá hơi và có thể gây tắc nghẽn nguy hiểm các kênh của bộ trao đổi nhiệt. Việc loại bỏ perlite này là rất cần thiết trước khi khởi động lại nhà máy.

Incidents have been associated with plugging of reboilers with perlite. This can occur as a consequence of a component or piping failure within a perlite-insulated coldbox. As with any other foreign material, the perlite finds its way to the reboilers and can cause hazardous plugging of exchanger passages. Removal of this perlite is essential prior to restarting the plant.

7.7.2.4. Bộ lọc bơm oxy lỏng / Liquid oxygen pump filters

- Trong trường hợp có bộ lọc bơm oxy lỏng, điều cần thiết là chúng không được tháo ra khi nhà máy đang hoạt động. Mục đích của các bộ lọc này là bảo vệ chính bơm và để đảm bảo không có hạt nào bị kẹt trong bộ phận

phối bộ hoá hơi dòng chảy xuống hoặc trong bất kỳ thiết bị quy trình nào khác. Nếu xảy ra tắc nghẽn các bộ lọc này, nguyên nhân phải được điều tra. *Where liquid oxygen pump filters are provided, it is essential that they are not removed while the plant is in operation. The purpose of these filters is to protect the pump itself and to ensure that no particles become trapped in the downflow reboiler distributor or in any other process equipment. If blocking of these filters occurs, the cause shall be investigated.*

7.7.3. **Vật liệu lạ do bảo trì nhà máy / Foreign material due to plant maintenance**

- Trong quá trình bảo trì nhà máy và thiết bị, điều quan trọng là không đưa các tạp chất hydrocarbon như dầu mỡ hoặc các hạt khác vào đường ống hoặc thiết bị công nghệ bằng cách đảm bảo sử dụng các thực hành tốt cho thiết bị oxy. Hướng dẫn được cung cấp bởi các ấn phẩm được liệt kê trong Mục 8 và 9. Các bộ phận được lắp đặt phải được niêm phong, lưu trữ và dán nhãn để chỉ ra rằng chúng đã được làm sạch cho hệ thống oxy. Việc làm sạch và tẩy dầu mỡ được thực hiện bằng cách sử dụng một loạt các sản phẩm tiêu chuẩn tương thích với oxy. Việc sử dụng các dung môi hoặc chất tẩy rửa này đòi hỏi sự kiểm soát chặt chẽ và phải đảm bảo rằng chúng được loại bỏ trước khi nhà máy được đưa vào hoạt động trở lại. Trong một số trường hợp, có thể cần kiểm tra bằng ống phân tích hoặc đèn cực tím.

During plant and equipment maintenance, it is important not to introduce hydrocarbon contaminants such as oil and grease or other particles into the process piping or equipment by ensuring the use of good practices for oxygen equipment. Guidance is provided by publications listed in Sections 8 and 9. Components to be installed shall be sealed, stored, and labelled to indicate that they have been cleaned for oxygen service. Cleaning and degreasing are achieved using a range of standard products compatible with oxygen. The use of these solvents or detergents requires strict control and it shall be ensured that they are removed prior to the plant being put back in service. In some cases, testing using analyser tubes or ultraviolet lamps may be necessary.

- Trong trường hợp cần dầu để bôi trơn và có thể tiếp xúc với dòng khí giàu oxy, phải sử dụng dầu và mỡ tương thích với oxy. *Where oils are needed for lubrication and can come in contact with an oxygen-enriched stream, oxygen-compatible oils and greases shall be used.*
- Cần đặc biệt chú ý đến việc sử dụng gioăng đệm tương thích với oxy trong các hệ thống đường ống tiếp xúc với dòng khí hoặc lỏng giàu oxy. *Particular attention should be given to the use of oxygen-compatible gaskets in piping systems that come into contact with oxygen-enriched gas or liquid streams.*

7.7.4. **Làm sạch bộ hoá hơi và bể chứa cột / Cleaning reboilers and column sumps**

- Việc làm sạch bộ hoá hơi, cột, bể chứa và các bộ phận bên trong của thiết bị công nghệ khác trong hộp lạnh là một nhiệm vụ lớn, đòi hỏi phải đánh giá rủi ro và thường là sự hỗ trợ kỹ thuật từ nhà thiết kế nhà máy. *Cleaning reboilers, columns, sumps, and the internals of other coldbox process equipment is a major task requiring a risk assessment and usually the technical support of the plant designer.*

7.7.4.1. **Loại bỏ hydrocarbon nặng, dầu và mỡ / Heavy hydrocarbon, oil and grease removal**

- Tạp chất hydrocarbon nặng, dầu và mỡ chỉ có thể được loại bỏ tốt nhất bằng các kỹ thuật tẩy dầu mỡ bằng dung môi. Các kỹ thuật này có thể khác nhau, từ việc xả lỏng lạnh qua các lõi bằng cách tuần hoàn bơm hoặc phun qua các kênh riêng lẻ. Việc lấy mẫu dung môi thường xuyên và kiểm tra hydrocarbon là một chỉ số về lượng hydrocarbon đang được loại bỏ và liệu việc làm sạch có đạt được hay không. Để đạt được độ sạch yêu cầu cần phải vào bên trong cột. *Heavy hydrocarbons, oil, and grease contamination can best be removed only by solvent degreasing techniques. These can vary from cold liquid flushing through the cores by pumped recirculation or spraying across or through individual passages. Regular sampling of the solvent and testing for hydrocarbon is an indication of the quantity of hydrocarbon being removed and whether clean up is being achieved. To achieve the required cleanliness requires entry to the column.*
- Ngoài ra, kỹ thuật tái ngưng tụ hơi nóng cũng được sử dụng. Điều này đạt được bằng cách đưa hơi dung môi nóng vào thiết bị mà khi tái ngưng tụ trong thiết bị, sẽ hòa tan các hydrocarbon, sau đó chúng xuất hiện trong chất ngưng tụ được thu gom. Điều này có thể đạt được mà không cần vào khu vực cột.

Alternatively, the hot vapour recondensation technique is used. This is achieved by introducing hot solvent vapours into the equipment that, when recondensed in the equipment, dissolve the hydrocarbons, which then appear in the collected condensate. This can be achieved without entry to the column area.

CẢNH BÁO: *Cả hai phương pháp này đều dựa vào việc dung môi tiếp cận tất cả các bề mặt, điều này có thể không được đảm bảo nếu một số kênh bị tắc nghẽn hoặc nếu xảy ra dòng chảy ưu tiên. Nếu nghi ngờ có tắc nghẽn, phải loại bỏ sự tắc nghẽn trước khi rửa bằng dung môi.*

WARNING: *Both of these methods rely on the solvent reaching all surfaces, which may not be guaranteed if some passages are blocked or if preferential flow occurs. If a blockage is suspected, it shall be cleared prior to solvent washing.*

- Đối với cả hai kỹ thuật, điều quan trọng là phải đảm bảo rằng dung môi được sử dụng tương thích với oxy hoặc đã được loại bỏ hoàn toàn. Xem AIGA 012, *Làm sạch thiết bị cho dịch vụ oxy* [2].

For either technique, it is critical to ensure that the solvent used is either oxygen compatible or totally removed. See AIGA 012, Cleaning of Equipment for Oxygen Service [2].

- Việc sục rửa thiết bị bằng nitơ, ngay cả khi dung môi không dễ cháy sau khi sử dụng, là rất quan trọng để đảm bảo rằng mọi dung môi lỏng và hơi được loại bỏ khỏi các đường ống xung, ống thoát nước và các đoạn ống chết trước khi nhà máy được đưa vào hoạt động trở lại.

Purging of the equipment with nitrogen even if the solvent is not flammable after use is critical to ensure that any liquid and vapour solvent is removed from impulse lines, drains, and dead legs before the plant is recommissioned.

7.7.4.2. Loại bỏ hạt vật chất và perlite / Particulate and perlite removal

- Việc loại bỏ perlite và các chất rắn vĩnh cửu khác là rất quan trọng để tránh rủi ro nghiêm trọng của hiện tượng sôi cục bộ, và chỉ có thể đạt được bằng công việc bên trong đòi hỏi phải vào khu vực bộ hoá hơi và bể chứa cột. Các kỹ thuật bao gồm:

The removal of perlite and other permanent solids is critical to avoid the serious risk of dead end boiling, and can be achieved only by internal work requiring entry to the reboiler and column sump areas. Techniques include:

- kỹ thuật đĩa nổ (đối với bộ trao đổi nhiệt); và
rupture disk technique (for exchangers); and
 - làm sạch cơ học bằng cách sử dụng rung, thổi qua và hút chân không.
mechanical cleaning using vibration, blow through, and vacuuming.
- Kỹ thuật đĩa nổ bao gồm việc tạo áp suất và giảm áp suất nhanh chóng, tạo ra sóc và vận tốc cao để đánh bật và thoát perlite. Một gioăng đệm mỏng, có rãnh được đặt trên một vòi phun (mặt bích) có sẵn gần đầu vào của bộ trao đổi nhiệt bị nhiễm bẩn. Một nguồn nitơ (hoặc khí) từ từ tạo áp suất cho bộ trao đổi nhiệt từ một vòi phun khác cho đến khi gioăng đệm vỡ và giải phóng perlite. Các gioăng đệm dày hơn dần dần được sử dụng để tăng áp suất vỡ (trong giới hạn áp suất làm việc an toàn của bình hoặc thiết bị). Quá trình này tiếp tục cho đến khi không còn thấy dấu hiệu perlite nào nữa. Kỹ thuật này đã được sử dụng thành công trên các bộ trao đổi nhiệt chính (lượng bụi FEP mang theo) và bộ làm lạnh phụ (lượng bụi chất hấp phụ mang theo). Kỹ thuật này không nên được sử dụng trên các cột vì nó có thể dẫn đến sự sập khay.
The rupture disk technique involves pressurization and rapid depressurization and creating shock and high velocity to dislodge and vent the perlite. A thin, scored gasket is placed over an available nozzle (flange) near to the inlet of the contaminated exchanger. A source of nitrogen (or air) slowly pressurizes the exchanger from an alternative nozzle until the gasket bursts and releases the perlite. Progressively thicker gaskets are used to increase the burst pressure (within the safe working pressure of the vessel or equipment). This continues until no further evidence of perlite is seen. This technique has been used on main exchangers (FEP dust carryover) and subcoolers (adsorber dust carryover) successfully. This technique should not be used on columns as it can result in tray collapse.
 - Việc làm sạch cơ học bao gồm việc sử dụng các tấm rung trên các mặt của bộ trao đổi nhiệt để làm lỏng các hạt bị kẹt bên trong lõi. Có thể sử dụng phương pháp thổi qua hoặc hút chân không để loại bỏ các hạt.

Mechanical cleaning includes the use of vibration pads on the sides of the exchangers to loosen trapped particles within the cores. Either blowing through or vacuuming can be used to remove particles.

- Bằng chứng về việc loại bỏ thành công có thể được cung cấp bằng cách sử dụng ống nội soi và đi vào từng cánh tản nhiệt dọc theo toàn bộ chiều dài của bộ trao đổi nhiệt và kiểm tra trực quan để đảm bảo không còn perlite.
Evidence of successful removal may be provided by using a boroscope and entering each fin through the whole length of the exchanger and visually examining that no perlite remains.

7.7.5. Bộ hấp phụ pha khí và lỏng / Gas and liquid phase adsorbers

- Nếu có bất kỳ bằng chứng bên ngoài nào cho thấy chất hấp phụ đã bị mất một lượng đáng kể từ bộ hấp phụ pha khí hoặc lỏng, chẳng hạn như phải bổ sung vật liệu lớp đệm khí kiểm tra trong quá trình dừng bảo trì hoặc nếu vật liệu bị nghiền thành bột đáng kể, hãy điều tra sâu hơn về mạch công nghệ. Xác định xem vật liệu bị mất có tích tụ trong bất kỳ bộ hóa hơi ở hạ lưu nào hoặc bên trong cột áp suất thấp mà dòng oxy lỏng hồi lưu được kết nối. Nếu xác định có bằng chứng về việc mất vật liệu chất hấp phụ, cần liên hệ với nhà chế tạo nhà máy.
If there is any external evidence that adsorbent has been lost in significant quantity from a gas or liquid phase adsorber such as by having to top off the bed material on inspection during a maintenance shutdown or if the material is significantly powdered, investigate the circuit further. Determine if the missing material has accumulated in any downstream vaporizers or within the low pressure column to which the liquid oxygen return is connected. If evidence of loss of adsorbent is determined, the plant manufacturer should be contacted.
- **CẢNH BÁO: Vận hành bộ hoá hơi khi các hạt làm tắc nghẽn một phần hoặc hoàn toàn, các kênh có thể dẫn đến tích tụ hydrocarbon và có khả năng gây nổ.**
WARNING: Operating a reboiler with particulates partially or completely blocking passages can lead to hydrocarbon accumulation and potentially an explosion.

8. Tài liệu tham khảo / References

- Trừ khi có quy định khác, phiên bản mới nhất sẽ được áp dụng.
Unless otherwise specified, the latest edition shall apply.
- [1] AIGA 056, *Hướng dẫn Thực hành An toàn cho Nhà máy Tách Khí Siêu lạnh*, Hiệp hội Khí Công nghiệp Châu Á. www.asiaiga.org
AIGA 056, Safe Practices Guide for Cryogenic Air Separation Plants, Asia Industrial Gases Association. www.asiaiga.org
LƯU Ý— Ấn phẩm này là một phần của chương trình hài hòa quốc tế về các tiêu chuẩn công nghiệp. Nội dung kỹ thuật của mỗi tài liệu khu vực là giống hệt nhau, ngoại trừ các yêu cầu quy định khu vực. Xem lời tựa tài liệu tham chiếu để biết danh sách các tài liệu tham chiếu khu vực đã được hài hòa.
NOTE— This publication is part of an international harmonization program for industry standards. The technical content of each regional document is identical, except for regional regulatory requirements. See the referenced document preface for a list of harmonized regional references.
- [2] AIGA 012, *Làm sạch Thiết bị cho Dịch vụ Oxy*, Hiệp hội Khí Công nghiệp Châu Á. www.asiaiga.org
AIGA 012, Cleaning of Equipment for Oxygen Service, Asia Industrial Gases Association. www.asiaiga.org
LƯU Ý— Ấn phẩm này là một phần của chương trình hài hòa quốc tế về các tiêu chuẩn công nghiệp. Nội dung kỹ thuật của mỗi tài liệu khu vực là giống hệt nhau, ngoại trừ các yêu cầu quy định khu vực. Xem lời tựa tài liệu tham chiếu để biết danh sách các tài liệu tham chiếu khu vực đã được hài hòa.
NOTE— This publication is part of an international harmonization program for industry standards. The technical content of each regional document is identical, except for regional regulatory requirements. See the referenced document preface for a list of harmonized regional references.
- [3] Karwat, Ernst. “Hydrocarbon trong Nhà máy Tách Khí,” *Chemical Engineering Progress*, Tập 54, Số 10, Tháng 10 năm 1958. www.aiche.org
Karwat, Ernst. “Hydrocarbons in Air Separation Plants,” Chemical Engineering Progress, Vol. 54, No. 10, October 1958. www.aiche.org
- [4] McKinley, C., và E.S.J. Wang. “Độ hòa tan của hệ hydrocarbon”, Những tiến bộ quốc tế trong kỹ thuật siêu lạnh, Tập 4, trang 11-25 (1958). www.aiche.org
McKinley, C., and E.S.J. Wang. “Hydrocarbon System Solubility”, International Advances in Cryogenic Engineering, Volume 4, pp.11-25 (1958). www.aiche.org

- [5] AIGA 057, *Sử dụng An toàn Bộ trao đổi nhiệt nhôm hàn cứng để Sản xuất Oxy dưới áp suất*, Hiệp hội Khí Công nghiệp Châu Á. www.asiaiga.org
AIGA 057, Safe Use of Brazed Aluminum Heat Exchangers for Producing Pressurized Oxygen, Asia Industrial Gases Association. www.asiaiga.org

LƯU Ý— Ấn phẩm này là một phần của chương trình hài hòa quốc tế về các tiêu chuẩn công nghiệp. Nội dung kỹ thuật của mỗi tài liệu khu vực là giống hệt nhau, ngoại trừ các yêu cầu quy định khu vực. Xem lời tựa tài liệu tham chiếu để biết danh sách các tài liệu tham chiếu khu vực đã được hài hòa.

NOTE—This publication is part of an international harmonization program for industry standards. The technical content of each regional document is identical, except for regional regulatory requirements. See the referenced document preface for a list of harmonized regional references.

9. Tài liệu tham khảo bổ sung / *Additional References*

- Hardeveld, R.M., M.J. Groeneveld, J.Y. Lehman và D.C. Bull, “Điều tra vụ nổ thiết bị tách khí”, Tạp chí Phòng ngừa tổn thất trong ngành công nghiệp chế biến, 14 (2001), trang 167-180, Elsevier. www.elsevier.com
Hardeveld, R.M., M.J. Groeneveld, J.Y. Lehman, and D.C. Bull, “Investigation of an Air Separation Unit Explosion,” Journal of Loss Prevention in the Process Industries, 14 (2001), pp. 167-180, Elsevier. www.elsevier.com
- Houghton, Sunder, Weist, và Trexler, “Sự Tích tụ Thành phần Vết trong Bộ hoá hơi dòng chảy xuống” Hội nghị Mùa xuân AIChE, Atlanta, GA, Tháng 3 năm 2000. www.aiche.org
Houghton, Sunder, Weist, and Trexler, “Trace Component Accumulation in Downflow Reboilers,” AIChE Spring Meeting, Atlanta, GA, March 2000. www.aiche.org
- Lassmann và Meilinger, “Xác định Hấp phụ Hydrocarbon trên CO₂ rắn và N₂O ở Áp suất Môi trường” Flammability and Sensitivity of Materials in Oxygen-Enriched Atmospheres: Tập chín, ASTM STP 1395; Steinberg, Newton, Beeson, Biên tập viên, ASTM International. www.astm.org
Lassmann and Meilinger, “Determination of Hydrocarbon Adsorption on Solid CO₂ and N₂O at Ambient Pressures,” Flammability and Sensitivity of Materials in Oxygen-Enriched Atmospheres: Ninth Volume, ASTM STP 1395; Steinberg, Newton, Beeson, Eds., ASTM International. www.astm.org
- Lehman, J.Y., Wei, X.C., Hua, Q.X., và Delannoy, G., “Điều tra Vụ nổ ASU Fushun năm 1997,” Journal of Loss Prevention in the Process Industries, Tập 16, trang 209-221, 2003. www.elsevier.com
Lehman, J.Y., Wei, X.C., Hua, Q.X., and Delannoy, G., “Investigation of the Fushun ASU Explosion in 1997,” Journal of Loss Prevention in the Process Industries, Vol. 16, pp 209-221, 2003. www.elsevier.com
- Meneses, D., J. Thonnellier, C. Szulman, và E. Werlen, “Hành vi của Tạp chất vết trong Nhà máy Tách Khí,” Hội nghị Cryogenics 2000, Prague, Tháng 10 năm 2000, Viện Điện lạnh Quốc tế. www.iifiir.org
Meneses, D., J. Thonnellier, C. Szulman, and E. Werlen, “Trace Contaminant Behavior in Air Separation Units,” Cryogenics 2000 Conference, Prague, October 2000, International Institute of Refrigeration. www.iifiir.org
- Miller, E. Auvil, S., Giles, N., và Wilson, G., “Độ hòa tan của Nitrous Oxide như một Chất tan tinh khiết và trong Hỗn hợp với Carbon Dioxide trong Tách Khí,” Hội nghị Mùa xuân AIChE, Atlanta, GA, Tháng 3 năm 2000. www.aiche.org
Miller, E. Auvil, S., Giles, N., and Wilson, G., “The Solubility of Nitrous Oxide as a Pure Solute and in Mixtures with Carbon Dioxide in Air Separation,” AIChE Spring Meeting, Atlanta, GA, March 2000. www.aiche.org

Phụ lục A – Vận hành bộ hoá hơi liên quan đến sản xuất krypton/xenon
Appendix A—Operation of a reboiler associated with krypton/xenon production

- Sản xuất krypton/xenon từ một ASU thường yêu cầu cô đặc krypton và xenon trong bộ hoá hơi kiểu thermosyphon bổ sung trước khi đưa dòng đến một đơn vị tinh chế để xử lý tiếp. Bộ hoá hơi bổ sung có thể nằm trong một bình riêng biệt hoặc trong bể của cột chưng cất. Thông thường, nhà máy tách khí sẽ bao gồm thiết bị bổ sung để loại bỏ lượng vết carbon dioxide, nitrous oxide và các hydrocarbon không bão hòa như axetylen, etylen và propylen để các thành phần này không có nồng độ cao hơn bình thường trong bộ hoá hơi bổ sung. Tuy nhiên, việc cô đặc krypton/xenon dẫn đến cô đặc metan, etan và propan trong bộ hoá hơi bổ sung. Nồng độ cao hơn của các hydrocarbon này trong bể có thể dẫn đến tích tụ hydrocarbon nhanh chóng bên trong bộ hoá hơi bổ sung trong trường hợp vận hành ở mức thấp hoặc tắc nghẽn trong bộ hoá hơi bổ sung. Ngoài ra, do mức độ tạp chất cao hơn trong bộ hoá hơi bổ sung trong quá trình vận hành bình thường, nếu dòng xả bị dừng, một điều kiện nguy hiểm có thể xảy ra nhanh hơn so với bộ hoá hơi ASU thông thường.

Production of krypton/xenon from an ASU typically requires concentration of the krypton and xenon in a supplemental thermosyphon reboiler bath prior to sending the stream to a purification unit for further processing. The supplemental reboiler can be either in a separate vessel or in the sump of the distillation column. Typically, the air separation plant will include additional equipment to remove trace quantities of carbon dioxide, nitrous oxide, and unsaturated hydrocarbons such as acetylene, ethylene, and propylene so that these components do not also have a higher than typical concentration in the supplemental reboiler bath. However, the concentration of the krypton/xenon leads to concentration of methane, ethane, and propane in the supplemental reboiler bath. The higher concentration of these hydrocarbons in the bath can lead to a rapid build-up of hydrocarbons inside of the supplemental reboiler in the event of operation at low level or a blockage in the supplemental reboiler. In addition, due to the higher levels of impurities in the supplemental reboiler during normal operation, if the purge flow is stopped, a hazardous condition could be reached more rapidly than a typical ASU reboiler bath.

- Đối với bộ hoá hơi bổ sung, Bảng A-1 đưa ra các điểm cảnh báo khuyến nghị để chỉ ra sự cần thiết phải điều tra và khắc phục nguyên nhân cảnh báo cũng như nồng độ tối đa cho phép. Metan (hoặc THC đo bằng CH₄), carbon dioxide và nitrous oxide phải được giám sát thường xuyên. Dựa trên thiết kế nhà máy hoặc kinh nghiệm, nhà sản xuất có thể khuyến nghị giám sát các tạp chất khác được liệt kê trong bảng. Nếu nồng độ tối đa cho phép bị vượt quá, bộ hoá hơi phải được tắt. Thông thường, dòng xả được cài đặt để giữ mức metan (hoặc THC đo bằng CH₄), carbon dioxide và/hoặc nitrous oxide thấp hơn các mức cảnh báo được hiển thị trong bảng. Các mức này là một chức năng của thiết kế nhà máy cũng như mức hydrocarbon trong không khí. Thông thường, có thiết bị để loại bỏ carbon dioxide, nitrous oxide, hydrocarbon không bão hòa và hydrocarbon C₄+. Metan, etan và phần lớn propan trong không khí sẽ cô đặc trong bộ hoá hơi bổ sung. Nồng độ này được kiểm soát bằng cách xả lỏng từ bể. Điểm cài đặt cảnh báo và tắt cho dòng xả thấp được xác định bởi nhà sản xuất dựa trên thiết kế và vận hành thiết bị. Các điểm cảnh báo và tắt cho mức bể được hiển thị trong bảng sau cũng phải được tuân thủ.

For a supplemental reboiler, Table A-1 gives recommended alarm points to indicate the need to investigate and correct the cause of the alarm as well as the maximum allowable concentration. Methane (or THC measured as CH₄), carbon dioxide, and nitrous oxide shall be routinely monitored. Based on the plant design or experience, the manufacturer may recommend monitoring other contaminants listed in the table. If the maximum allowable concentrations are exceeded, the reboiler shall be shut down. Typically, the purge flow is set to keep the methane (or THC measured as CH₄), carbon dioxide and/or the nitrous oxide levels less than the alarm levels shown in the table. These are a function of plant design as well as the level of hydrocarbons in the air. Typically, there is equipment to remove carbon dioxide, nitrous oxide, unsaturated hydrocarbons, and C₄+ hydrocarbons. The methane, ethane, and much of the propane in the air will concentrate in the supplemental reboiler bath. This concentration is controlled by purging liquid from the bath. The set point for alarm and shutdown for low purge flow is determined by the manufacturer based on design and operation of the equipment. The alarm and shutdown points for the bath level shown in the following table shall also be followed.

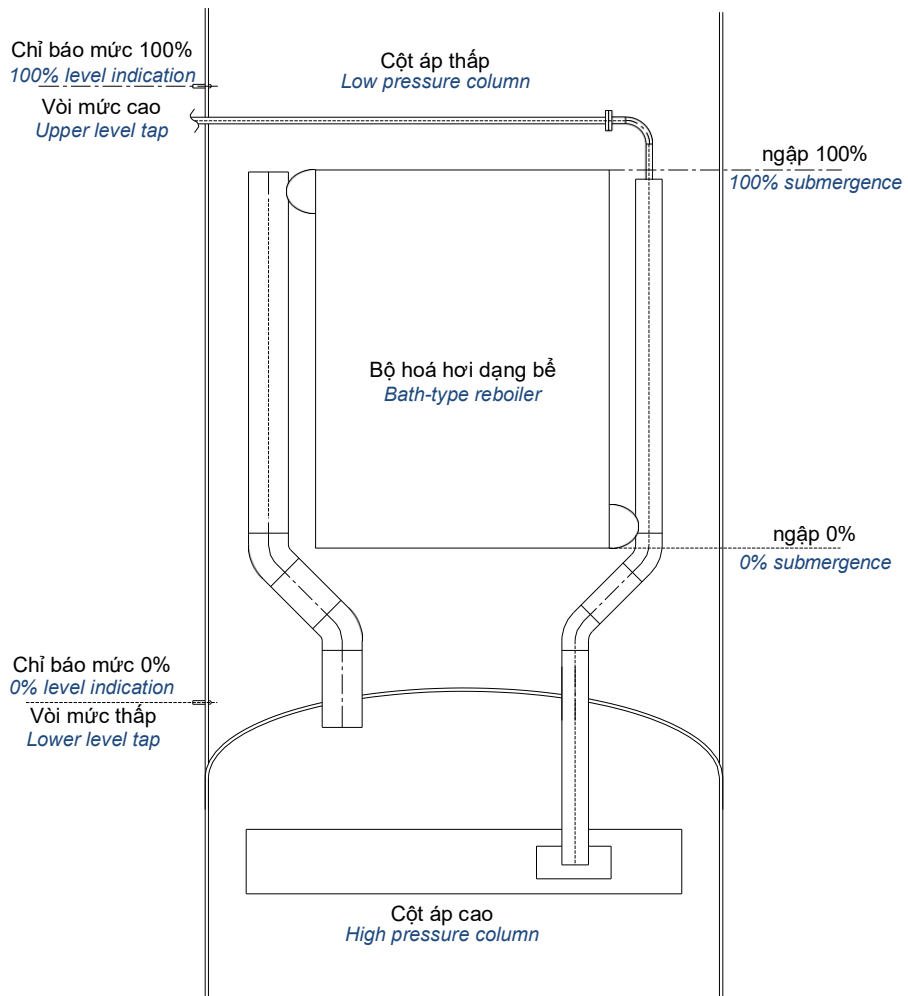
- Khi sản xuất krypton/xenon, bộ hoá hơi chính có thể vận hành với mức hydrocarbon cao hơn bình thường. Trong trường hợp giới hạn tắt cần được đặt cao hơn những giới hạn được liệt kê trong Phụ lục E, phải tuân thủ hướng dẫn của nhà thiết kế nhà máy.

When producing krypton/xenon, the main reboiler bath may operate with higher than normal hydrocarbons. In the case that shutdown limits need to be set higher than those listed in Appendix E, the plant designer's guidelines shall be followed.

Bảng A-1— Mức cảnh báo khuyến nghị về Bộ hoá hơi bổ sung
Table A-1— Supplemental Reboiler Recommended Alarm Points

Thành phần tạp chất vết <i>Trace impurities component</i>	Ký hiệu <i>Symbol</i>	Bộ hoá hơi tuần hoàn Krypton/Xenon hoạt động ở 1.2 bara <i>Krypton/Xenon reboiler operating at 1.2 bara</i>	
		Mức cảnh báo (ppm/v) <i>Alarm level (ppm/v)</i>	Nồng độ cho phép tối đa (ppm/v) <i>Maximum allowable concentration (ppm/v)</i>
Methane	CH ₄	4500	5000 với độ trễ 1 giờ <i>5000 with time delay of 1 hour</i> 7000 với độ trễ 1 phút <i>7000 with time delay of 1 minute</i>
Tổng hydrocarbon (THC) (tính theo CH ₄) <i>Total hydrocarbons (THC) (as CH₄)</i>		4500	5000 với độ trễ 1 giờ <i>5000 with time delay of 1 hour</i> 7000 với độ trễ 1 phút <i>7000 with time delay of 1 minute</i>
Acetylene	C ₂ H ₂	Thông thường, giống hệt Phụ lục E (Xem đoạn trước) <i>Typically, identical to Appendix E (See previous paragraph)</i>	
Ethylene	C ₂ H ₄		
Propylene	C ₃ H ₆		
Carbon dioxide	CO ₂	1.0	4 ¹⁾
Nitrous oxide	N ₂ O	10	100 (không yêu cầu tắt tự động, chấp nhận độ trễ 8 giờ) ¹⁾ <i>100 (no automatic shutdown required 8-hour delay acceptable)</i>
Các thông số khác <i>Other parameters</i>	Mức cảnh báo <i>Alarm level</i>		Mức dừng <i>Shutdown level</i>
Độ ngập của bộ hoá hơi tuần hoàn <i>Reboiler submergence</i> Xem 3.2.19 và Phụ lục B (độ ngập 100% là bình thường) <i>See 3.2.19 and Appendix B (100% submergence is normal)</i>	90%		80% với độ trễ 1 giờ <i>80% with time delay of 1 hour</i> 50% với độ trễ 1 phút <i>50% with time delay of 1 minute</i>
Lưu lượng xả ²⁾ <i>Purge flow</i>	50% giá trị được thiết lập theo thiết kế của nhà sản xuất nhà máy <i>50% of the value established by the plant manufacturer design</i>		25% giá trị được thiết lập bởi nhà sản xuất nhà máy (chấp nhận độ trễ 1 giờ) <i>25% of the value established by the plant manufacturer (1 hour time delay acceptable)</i>
GHI CHÚ / NOTES			
<p>1 Cần cẩn thận khi lấy mẫu lỏng siêu lạnh để đạt được kết quả chính xác, nhất quán. Bất kỳ dòng chất lỏng liên tục nào phải được hóa hơi để đảm bảo nồng độ pha khí vẫn giống như trong nồng độ chất lỏng. Việc không thực hiện điều này có thể dẫn đến việc đánh giá thấp nồng độ hydrocarbon trong lỏng. <i>Care shall be taken in sampling cryogenic liquids to achieve accurate, consistent results. Any continuous liquid stream shall be vaporized to ensure that the gas phase concentration remains the same as the bulk liquid concentration. Failure to do this can lead to underestimating the hydrocarbon concentration in the bulk.</i></p> <p>2 Nồng độ tạp chất sẽ thay đổi nhanh hơn đối với bể của bộ hoá hơi tuần hoàn bổ sung so với bể chính do lượng lỏng trong đó nhỏ hơn với cùng lượng tạp chất đầu vào. <i>The impurity concentrations will vary more quickly for a supplemental reboiler bath than for the main bath due to the smaller inventory of liquid with the same feed of impurities.</i></p> <p>¹⁾ Do khả năng đồng hòa tan của carbon đioxit và nitơ oxit, các giới hạn cho phép tối đa này có thể cần được điều chỉnh. Liên hệ với nhà sản xuất nhà máy để xác định các giới hạn cụ thể cần sử dụng. <i>Due to co-solubility of carbon dioxide and nitrous oxide, these maximum allowable limits may need to be adjusted. Contact the plant manufacturer to determine the specific limits to be used.</i></p> <p>²⁾ Điểm đặt lưu lượng xả có thể được điều chỉnh cho các điều kiện khởi động và giảm tải và khởi động dựa trên khuyến nghị của nhà sản xuất nhà máy. <i>Purge flow set point may be adjusted for startup and turndown and startup conditions based on plant manufacturer's recommendations.</i></p>			

Phụ lục B—Mô tả bộ hoá hơi dạng lõi ngập
Appendix B—Representation of reboiler core submergence



Phụ lục C—Các tạp chất gây nghẽn, dễ cháy và ăn mòn trong không khí
Appendix C—Plugging, flammable, and corrosive contaminants of air

Tạp chất gây nghẽn <i>Plugging contaminants</i>		Tạp chất dễ cháy hoặc phản ứng <i>Flammable or reactive contaminants</i>		Tạp chất gây ăn mòn <i>Corrosive contaminants</i>	
Tên hóa chất <i>Chemical name</i>	Ký hiệu <i>Symbol</i>	Tên hóa chất <i>Chemical name</i>	Ký hiệu <i>Symbol</i>	Tên hóa chất <i>Chemical name</i>	Ký hiệu <i>Symbol</i>
Nước <i>Water</i>	H ₂ O	Metan <i>Methane</i>	CH ₄	Lưu huỳnh đioxit <i>Sulphur dioxide</i>	SO ₂
Carbon đioxit <i>Carbon dioxide</i>	CO ₂	Axetylen <i>Acetylene</i>	C ₂ H ₂	Lưu huỳnh trioxit <i>Sulphur trioxide</i>	SO ₃
Nitơ oxit <i>Nitrous oxide</i>	N ₂ O	Etylen <i>Ethylene</i>	C ₂ H ₄	Hydro sulfua <i>Hydrogen sulphide</i>	H ₂ S
		Etan <i>Ethane</i>	C ₂ H ₆	Clo <i>Chlorine</i>	Cl ₂
		Propylen <i>Propylene</i>	C ₃ H ₆	Axit clohydric <i>Hydrochloric acid</i>	HCl
		Propan <i>Propane</i>	C ₃ H ₈	Amoniac <i>Ammonia</i>	NH ₃
		Các hydrocarbon khác <i>Other hydrocarbons</i>		Các hợp chất lưu huỳnh khác <i>Other sulphur compounds</i>	
		Các oxit của nitơ <i>Oxides of nitrogen</i>	NO _x	Các clorua khác <i>Other chlorides</i>	
		Ozon <i>Ozone</i>	O ₃		

GHI CHÚ—Bảng này được sao chép trong AIGA 056, *Hướng dẫn Thực hành An toàn cho Các Nhà máy Tách khí Siêu lạnh* [1]
 NOTE—This table is duplicated in AIGA 056, *Safe Practices Guide for Cryogenic Air Separation Plants* [1]

Phụ lục D—Tính chất của các tạp chất trong không khí
Appendix D—Properties of air contaminants

Tạp chất trong không khí <i>Air contaminants</i>	Tính chất <i>Properties</i>				
	Độ hòa tan trong oxy ở 90.2 K, 1.013 bar, abs <i>Solubility in oxygen at 90.2 K, 1.013 bar, abs (ppm/v) ¹⁾</i>	Giá trị K trong oxy ở 90.2 K, 1.013 bar, abs ²⁾ <i>K-value in oxygen at 90.2 K, 1.013 bar, abs ²⁾</i>	Giới hạn cháy dưới trong không khí ở 293 K, 1.013 bar, abs (%) <i>Lower flammability limit in air at 293 K, 1.013 bar, abs (%)</i>	Pha ngưng tụ (rắn hoặc lỏng) <i>Condensed phase (solid or liquid)</i>	Tỷ trọng so với oxy lỏng ở 90.2 K, 1.013 bar abs <i>Density relative to liquid oxygen at 90.2 K, 1.013 bar abs</i>
Acetylene (C ₂ H ₂)	4 đến 6 <i>4 to 6</i>	2×10^{-2}	2.5	Rắn <i>Solid</i>	0.64
Carbon dioxide (CO ₂)	4 đến 5 <i>4 to 5</i>	10^{-3}	Không cháy <i>Non-flammable</i>	Rắn <i>Solid</i>	1.4
Ethane (C ₂ H ₆)	128 000 đến 250 000 <i>128 000 to 250 000</i>	2×10^{-4}	3	Lỏng <i>Liquid</i>	
Ethylene (C ₂ H ₄)	13 000 đến 30 000 <i>13 000 to 30 000</i>	2×10^{-3}	2.7	Rắn <i>Solid</i>	0.66
Methane (CH ₄)	Hòa tan <i>Miscible</i>	0.3	5	Không tạo pha lỏng thứ hai <i>Does not form second liquid phase</i>	Không tạo pha lỏng thứ hai <i>Does not form second liquid phase</i>
Nitrous oxide (N ₂ O)	140 đến 160 <i>140 to 160</i>	5×10^{-4}	Không cháy <i>Non-flammable</i>	Rắn <i>Solid</i>	1.4
Propane (C ₃ H ₈)	9800	3×10^{-7}	2.1	Lỏng <i>Liquid</i>	
Propylene (C ₃ H ₆)	3600 đến 6700 <i>3600 to 6700</i>	3×10^{-6}	2.1	Lỏng <i>Liquid</i>	

¹⁾ Phạm vi độ hòa tan phản ánh các nguồn dữ liệu thực nghiệm khác nhau. Hai tài liệu tham khảo đầy đủ nhất là Karwat và McKinley [3, 4]. Độ hòa tan lớn hơn trong chất lỏng bão hòa ở nhiệt độ và áp suất cao hơn.
Ranges in solubility reflect different sources of experimental data. The two most comprehensive references are Karwat and McKinley [3, 4]. Solubility is greater in saturated liquid at higher temperatures and pressures.

²⁾ Dữ liệu giá trị K chỉ chính xác đến khoảng 1 bậc độ lớn. Các giá trị này thay đổi đáng kể theo nhiệt độ và áp suất.
K-value data is only accurate to approximately 1 order of magnitude. These values vary significantly with temperature and pressure.

Phụ lục E—Mức tạp chất tối đa trong vận hành bộ hoá hơi oxy lỏng tuần hoàn kiểu ống nhiệt ở 1.2 bar tuyệt đối
Appendix E—Maximum contaminant levels in liquid oxygen thermosyphon reboiler operation at 1.2 bar, abs

Thành phần <i>Component</i>	Ký hiệu <i>Symbol</i>	Nồng độ tối đa cho phép (ppm/v) <i>Maximum allowable concentration (ppm/v)</i>
Methane	CH ₄	500
Acetylene	C ₂ H ₂	0.5
Ethylene	C ₂ H ₄	200
Ethane	C ₂ H ₆	250
Propylene	C ₃ H ₆	35
Propane	C ₃ H ₈	100
Hydrocacbon C4 <i>C4 Hydrocarbons</i>		5
Tổng hydrocacbon (THC) (tính theo CH ₄) <i>Total hydrocarbons (THC) (as CH₄)</i>		500
Carbon dioxide	CO ₂	4.0
Nitrous oxide	N ₂ O	100
LƯU Ý / NOTES		
<p>1 Cần cẩn thận khi lấy mẫu lỏng lạnh để đạt được kết quả chính xác, nhất quán. Bất kỳ dòng lỏng liên tục nào cũng phải được hóa hơi nhanh để đảm bảo nồng độ pha khí vẫn giữ nguyên như thành phần lỏng lượng lớn. Việc không thực hiện điều này có thể dẫn đến việc đánh giá thấp nồng độ hydrocacbon trong lỏng. <i>Care shall be taken in sampling cryogenic liquids to achieve accurate, consistent results. Any continuous liquid stream shall be vaporized quickly to ensure that the gas phase concentration remains the same as the bulk liquid composition. Failure to do this can lead to underestimating the hydrocarbon concentration in the bulk.</i></p> <p>2 Đối với các nhà máy sản xuất oxy chịu áp bằng cách nén bên trong, xem AIGA 057, <i>Sử dụng an toàn bộ trao đổi nhiệt nhôm hàn để sản xuất oxy chịu áp</i> [5]. <i>For plants with production of pressurized oxygen by internal compression, see AIGA 057, Safe Use of Brazed Aluminum Heat Exchangers for Producing Pressurized Oxygen</i> [5].</p>		

**Phụ lục F—Mức độ tạp chất tối đa trong vận hành bộ hoá hơi tuần hoàn kiểu
dòng chảy xuống oxy lỏng ở 1.2 bar tuyệt đối**
*Appendix F—Maximum contaminant levels in liquid oxygen downflow reboiler
operation at 1.2 bar, abs*

Thành phần <i>Component</i>	Ký hiệu <i>Symbol</i>	Nồng độ tối đa cho phép (ppm/v) <i>Maximum allowable concentration (ppm/v)</i>
Methane	CH ₄	500
Acetylene	C ₂ H ₂	0.5
Ethylene	C ₂ H ₄	15
Ethane	C ₂ H ₆	15
Propylene	C ₃ H ₆	1
Propane	C ₃ H ₈	1
Hydrocacbon C4 <i>C4 Hydrocarbons</i>		1
Tổng hydrocacbon (THC) (tính theo CH ₄) <i>Total hydrocarbons (THC) (as CH4)</i>		500
Carbon dioxide	CO ₂	0.5
Nitrous oxide	N ₂ O	5
LƯU Ý / NOTES		
<p>1 Bất kỳ sự gia tăng đáng kể nào về nồng độ thành phần hydrocacbon trong bể đáy bộ hoá hơi tái sôi trong quá trình thay đổi tải của nhà máy hoặc ngừng hoạt động là dấu hiệu cho thấy hydrocacbon đã tích tụ. Cần xem xét việc xả chất lỏng trong bể đáy bộ hoá hơi tái sôi hoặc làm sạch bộ hoá hơi tái sôi. <i>Any significant increase in hydrocarbon component concentrations in the reboiler sump during plant load changes or shutdowns is a sign that hydrocarbon accumulation has taken place. Draining of the reboiler sump liquid or reboiler derime should be considered.</i></p> <p>2 Cần lưu ý rằng phải cẩn thận khi lấy mẫu lỏng siêu lạnh để đạt được kết quả chính xác, nhất quán. Bất kỳ dòng lỏng liên tục nào cũng phải được hóa hơi nhanh chóng để đảm bảo nồng độ pha khí vẫn giữ nguyên như thành phần trong lỏng. Việc không thực hiện điều này có thể dẫn đến việc đánh giá thấp nồng độ hydrocacbon trong lỏng. <i>It should be noted that care shall be taken in sampling cryogenic liquids to achieve accurate, consistent results. Any continuous liquid stream shall be vaporized quickly to ensure that the gas phase concentration remains the same as the bulk liquid composition. Failure to do this can lead to underestimating the hydrocarbon concentration in the bulk.</i></p> <p>3 Đối với các nhà máy sản xuất oxy chịu áp bằng cách nén bên trong, xem thêm AIGA 057 [5]. <i>For plants with production of pressurized oxygen by internal compression, see also AIGA 057 [5].</i></p>		

Phụ lục G—Sự hấp phụ của các tạp chất trong không khí
Appendix G—Adsorption of air contaminants

	Không hấp phụ <i>No adsorption</i>		Hấp phụ một phần 1) <i>Partial adsorption 1)</i>		Hấp phụ toàn phần <i>Total adsorption</i>	
Alumina FEP	Methane Ethylene	CH ₄ C ₂ H ₄	Carbon dioxide ²⁾ Nitrous oxide	CO ₂ N ₂ O	Ozone ³⁾ Các oxit của nitơ <i>Oxides of nitrogen</i> Nước <i>Water</i>	O ₃ NO ₂ N ₂ O ₃ H ₂ O
	Ethane Propylene Propane Nitric oxide n-butane	C ₂ H ₆ C ₃ H ₆ C ₃ H ₈ NO nC ₄ H ₁₀	Acetylene	C ₂ H ₂		
Sàng phân tử <i>Molecular sieve</i> FEP	Methane Ethane Nitric oxide ⁴⁾	CH ₄ C ₂ H ₆ NO	Ethylene Propane Nitrous oxide	C ₂ H ₄ C ₃ H ₈ N ₂ O	Carbon dioxide Acetylene Propylene Ozone ³⁾ Các oxit của nitơ <i>Oxides of nitrogen</i> n-Butane Nước <i>Water</i> Các hợp chất chứa oxy <i>Oxygenates</i> Hydrocarbon đã clo hóa <i>Chlorinated Hydrocarbons</i>	CO ₂ C ₂ H ₂ C ₃ H ₆ O ₃ NO ₂ N ₂ O ₃ nC ₄ H ₁₀ H ₂ O
Silica gel Bộ hấp phụ chất giàu lỏng <i>Rich liquid adsorbers</i> Bộ hấp phụ pha hơi <i>Vapour phase adsorbers</i> Bộ hấp phụ oxy lỏng <i>Liquid oxygen adsorbers</i>	Methane Ethane	CH ₄ C ₂ H ₆	Carbon dioxide Ethylene	CO ₂ C ₂ H ₄	Acetylene Ozone	C ₂ H ₂ O ₃
			Propylene Propane Nitrous oxide	C ₃ H ₆ C ₃ H ₈ N ₂ O	Dienes	
LƯU Ý / NOTES						
Giả định: Tạp chất dưới 10 ppm/v; cacbon đioxit ở 425 ppm/v. Hấp phụ toàn phần các hydrocarbon nặng (C4+) <i>Assumptions: Contaminant at less than 10 ppm/v; carbon dioxide at 425ppm/v Total adsorption of heavy hydrocarbons (C4+)</i>						
1) Mức độ loại bỏ phụ thuộc vào các thông số thiết kế và vận hành. Việc loại bỏ hoàn toàn có thể thực hiện được với thiết kế phù hợp. <i>Degree of removal is dependent on design and operating parameters. Total removal might be possible with adequate design.</i>						
2) Sàng phân tử thường được thiết kế để loại bỏ carbon dioxide. Tham khảo Mục 7 để biết các hoạt động vận hành phù hợp cần thiết nhằm ngăn chặn sự xuyên thủng. <i>Molecular sieve is normally designed to remove carbon dioxide. Refer to Section 7 for proper operations required to prevent breakthrough.</i>						
3) Bằng cách phân hủy. <i>By decomposition.</i>						
4) Nitric oxit bị oxy hóa bởi không khí và sau đó được giữ lại. <i>Nitric oxide is oxidized by air and subsequently trapped.</i>						

**Phụ lục H—Cơ sở thiết kế theo mức chất lượng không khí mặc định điển hình
(cho hệ thống FEP hấp phụ)**

Appendix H—Typical default air quality design basis (for adsorptive FEP system)

Thành phần <i>Component</i>	Chất lượng không khí thiết kế (ppm/v) <i>Design air quality (ppm/v)</i>
Methane	5
Ethane	0.1
Acetylene	0.3
Ethylene	0.1
Propane	0.05
Propylene	0.2
C4+ hydrocarbons	1
Carbon dioxide	425
NO _x (NO+ NO ₂)	0.1
Nitrous oxide	0.35
<p>LƯU Ý—Bảng này thể hiện nồng độ đồng thời tối đa trong luồng không khí nạp vào nhà máy. Chúng được giả định cho mục đích thiết kế khi không có dữ liệu cụ thể. Có thể cần thay đổi thiết kế của các thành phần khác nhau nếu các nồng độ này bị vượt quá. Dữ liệu thực tế cho địa phương nên được cung cấp cho nhà cung cấp bất cứ khi nào có thông tin đó.</p> <p><i>NOTE—This table represents the maximum simultaneous concentrations in the air intake to the plant. They are assumed for design purposes in the absence of specific data. Changes to the designs of various components may be required if these concentrations are exceeded. Actual data for the locality should be provided to the supplier whenever such information is available.</i></p>	