



IRANIAN PETROLEUM STANDARDS

استانداردهای نفت ایران

IPS

IPS-E-PR-771 (1)

ENGINEERING STANDARD
FOR
PROCESS REQUIREMENTS
OF
HEAT EXCHANGING EQUIPMENT

FIRST REVISION

OCTOBER 2009

استاندارد مهندسی
برای
الزامات فرآیندی
تجهیزات تبادل حرارت

ویرایش اول

مهر ۱۳۸۸

پیش‌گفتار

استانداردهای نفت ایران (IPS) منعکس‌کننده دیدگاه‌های وزارت نفت ایران است و برای استفاده در تأسیسات تولید نفت و گاز، پالایشگاه‌های نفت، واحدهای شیمیایی و پتروشیمی، تأسیسات انتقال و فرآورش گاز و سایر تأسیسات مشابه تهیه شده است.

استانداردهای نفت، براساس استانداردهای قابل قبول بین‌المللی تهیه شده و شامل گزینه‌هایی از استانداردهای مرجع در هر مورد می‌باشد. همچنین براساس تجربیات صنعت نفت کشور و قابلیت تأمین کالا از بازار داخلی و نیز برحسب نیاز، مواردی بطور تکمیلی و یا اصلاحی در این استاندارد لحاظ شده است. مواردی از گزینه‌های فنی که در متن استاندارد آورده نشده است در داده برگ‌ها بصورت شماره گذاری شده برای استفاده مناسب کاربران آورده شده است.

استانداردهای نفت، بشکلی کاملاً انعطاف پذیر تدوین شده است تا کاربران بتوانند نیازهای خود را با آنها منطبق نمایند. با این حال ممکن است تمام نیازمندی‌های پروژه‌ها را پوشش ندهند. در این گونه موارد باید الحاقیه‌ای که نیازهای خاص آنها را تأمین می‌نماید تهیه و پیوست نمایند. این الحاقیه همراه با استاندارد مربوطه، مشخصات فنی آن پروژه و یا کار خاص را تشکیل خواهند داد.

استانداردهای نفت تقریباً هر پنج سال یکبار مورد بررسی قرار گرفته و روزآمد می‌گردند. در این بررسی‌ها ممکن است استانداردی حذف و یا الحاقیه‌ای به آن اضافه شود و بنابراین همواره آخرین ویرایش آنها ملاک عمل می‌باشد.

از کاربران استاندارد، درخواست می‌شود نقطه نظرها و پیشنهادات اصلاحی و یا هرگونه الحاقیه‌ای که برای موارد خاص تهیه نموده‌اند، به نشانی زیر ارسال نمایند. نظرات و پیشنهادات دریافتی در کمیته‌های فنی مربوطه بررسی و در صورت تصویب در تجدید نظرهای بعدی استاندارد منعکس خواهد شد.

ایران، تهران، خیابان کریمخان زند، خردمند شمالی، کوچه چهاردهم، شماره ۱۹
اداره تحقیقات و استانداردها
کدپستی: ۱۵۸۵۸۸۶۸۵۱
تلفن: ۶۰ - ۸۸۸۱۰۴۵۹ و ۶۶۱۵۳۰۵۵
دورنگار: ۸۸۸۱۰۴۶۲
پست الکترونیکی: Standards@nioc.org

FOREWORD

The Iranian Petroleum Standards (IPS) reflect the views of the Iranian Ministry of Petroleum and are intended for use in the oil and gas production facilities, oil refineries, chemical and petrochemical plants, gas handling and processing installations and other such facilities.

IPS is based on internationally acceptable standards and includes selections from the items stipulated in the referenced standards. They are also supplemented by additional requirements and/or modifications based on the experience acquired by the Iranian Petroleum Industry and the local market availability. The options which are not specified in the text of the standards are itemized in data sheet/s, so that, the user can select his appropriate preferences therein.

The IPS standards are therefore expected to be sufficiently flexible so that the users can adapt these standards to their requirements. However, they may not cover every requirement of each project. For such cases, an addendum to IPS Standard shall be prepared by the user which elaborates the particular requirements of the user. This addendum together with the relevant IPS shall form the job specification for the specific project or work.

The IPS is reviewed and up-dated approximately every five years. Each standards are subject to amendment or withdrawal, if required, thus the latest edition of IPS shall be applicable

The users of IPS are therefore requested to send their views and comments, including any addendum prepared for particular cases to the following address. These comments and recommendations will be reviewed by the relevant technical committee and in case of approval will be incorporated in the next revision of the standard.

Standards and Research department
No.19, Street14, North kheradmand
Karimkhan Avenue, Tehran, Iran .
Postal Code- 1585886851
Tel: 88810459-60 & 66153055
Fax: 88810462
Email: Standards@nioc.org

تعاریف عمومی :

در این استاندارد تعاریف زیر به کار می رود.

General Definitions:

Throughout this Standard the following definitions shall apply.

Company :

Refers to one of the related and/or affiliated companies of the Iranian Ministry of Petroleum such as National Iranian Oil Company, National Iranian Gas Company, and National Petrochemical Company etc.

شرکت :

به شرکت های اصلی و وابسته وزارت نفت مثل شرکت ملی نفت ایران، شرکت ملی گاز ایران، شرکت ملی صنایع پتروشیمی و غیره اطلاق میشود.

Purchaser :

Means the "Company" Where this standard is part of direct purchaser order by the "Company", and the "Contractor" where this Standard is a part of contract documents.

خریدار:

یعنی "شرکتی" که این استاندارد بخشی از مدارک سفارش خرید مستقیم آن "شرکت" میباشد و یا "پیمانکاری" که این استاندارد بخشی از مدارک قرارداد آن است .

Vendor And Supplier:

Refers to firm or person who will supply and/or fabricate the equipment or material.

فروشنده و تامین کننده:

به موسسه و یا شخصی گفته میشود که تجهیزات و کالاهای مورد لزوم صنعت را تامین مینماید .

Contractor:

Refers to the persons, firm or company whose tender has been accepted by the company.

پیمانکار:

به شخص ، موسسه و یا شرکتی گفته میشود که پیشنهادش برای مناقصه و یا مزایده پذیرفته شده است.

Executor :

Executor is the party which carries out all or part of construction and/or commissioning for the project.

مجری:

مجری به گروهی اطلاق می شود که تمام یا قسمتی از کارهای اجرایی و یا راه اندازی پروژه را انجام دهد.

Inspector :

The Inspector referred to in this Standard is a person/persons or a body appointed in writing by the company for the inspection of fabrication and installation work

بازرس:

در این استاندارد بازرس به فرد یا گروهی اطلاق می شود که کتباً توسط کارفرما برای بازرسی ساخت و نصب تجهیزات معرفی شده باشد.

Shall:

Is used where a provision is mandatory.

باید:

برای کاری که انجام آن اجباری است استفاده میشود.

Should

Is used where a provision is advisory only.

توصیه:

برای کاری که ضرورت انجام آن توصیه میشود.

Will:

Is normally used in connection with the action by the "Company" rather than by a contractor, supplier or vendor.

ترجیح:

معمولاً در جایی استفاده می شود که انجام آن کار براساس نظارت شرکت باشد.

May:

Is used where a provision is completely discretionary.

ممکن است :

برای کاری که انجام آن اختیاری میباشد .

ENGINEERING STANDARD
FOR
PROCESS REQUIREMENTS
OF
HEAT EXCHANGING EQUIPMENT

FIRST REVISION
OCTOBER 2009

استاندارد مهندسی
برای
الزامات فرآیندی
تجهیزات تبادل حرارت
ویرایش اول
مهر ۱۳۸۸

CONTENTS:	Page No	فهرست مطالب:
0. INTRODUCTION.....	3	۰- مقدمه ۳
1. SCOPE	4	۱- دامنه کاربرد ۴
2. REFERENCES	4	۲- مراجع ۴
3. DEFINITIONS AND TERMINOLOGY	5	۳- تعاریف و واژگان ۵
3.1 Definitions of Different Types of Heat Exchangers.....	5	۳-۱ تعاریف انواع مختلف مبدل‌های حرارتی ۵
3.2 Definition of TEMA Classes.....	10	۳-۲ تعاریف طبقه بندی TEMA ۱۰
4. SYMBOLS & ABBREVIATIONS	11	۴- نشانه ها و اختصارات ۱۱
5. UNITS	12	۵- واحدها ۱۲
PART I PROCESS DESIGN OF SHELL AND TUBE HEAT EXCHANGERS:		
بخش I طراحی فرآیندی مبدل‌های حرارتی پوسته و لوله:		
6. General Considerations.....	13	۶- ملاحظات عمومی ۱۳
7. GENERAL REQUIREMENTS	18	۷- الزامات عمومی ۱۸
7.1 Fluid Allocation	18	۷-۱ اختصاص سیال ۱۸
7.2 Installation	19	۷-۲ نصب ۱۹
7.3 Nozzle Location.....	20	۷-۳ محل نازل ۲۰
7.4 Impingement Baffles and Erosion Protection.....	20	۷-۴ صفحات برخوردی و محافظ سایشی ۲۰
7.5 Geometrical	22	۷-۵ آرایش هندسی ۲۲
8. BASIC RELATIONS	30	۸- روابط پایه ۳۰
8.1 Fluid Temperature Relations	30	۸-۱ روابط دمای سیال ۳۰
8.2 Fouling.....	30	۸-۲ رسوب گرفتگی ۳۰
9. THERMAL DESIGN	36	۹- طراحی حرارتی ۳۶

9.1 Pressure Drop	36	۱-۹ افت فشار.....	۳۶
9.2 Design Velocities	36	۲-۹ سرعت‌های طراحی.....	۳۶
9.3 Exchanger Design Pressures and Temperatures	36	۳-۹ دماها و فشارهای طراحی مبدل.....	۳۶
PART II PROCESS DESIGN OF PLATE HEAT EXCHANGERS (PLATE FIN EXCHANGERS):			
بخش II طراحی فرآیندی مبدلهای حرارتی صفحه‌ای (مبدلهای صفحه‌ای پره دار):			
10. PLATE FIN EXCHANGERS	41	۱۰- مبدلهای صفحه‌ای پره دار.....	۴۱
11. APPLICATION	41	۱۱- کاربرد.....	۴۱
12. MATERIAL	44	۱۲- جنس.....	۴۴
13. CONSTRUCTION.....	44	۱۳- ساخت.....	۴۴
14. ADVANTAGES	44	۱۴- فواید.....	۴۴
15. DISADVANTAGES	45	۱۵- معایب.....	۴۵
16. DESIGN CONSIDERATIONS (PLATE FIN EXCHANGERS).....	45	۱۶- ملاحظات طراحی (مبدلهای صفحه‌ای پره دار).....	۴۵
16.1 Exchanger Geometry	45	۱۶-۱ آرایش هندسی مبدل.....	۴۵
APPENDICES:			
پیوستها:			
APPENDIX A.....	57	پیوست الف.....	۵۷
APPENDIX B.....	58	پیوست ب.....	۵۸
APPENDIX C TYPICAL TEMA RECOMMEND FOULING RESISTANCES FOR INDUSTRIAL FLUIDS.....	61	پیوست ج نمونه مقاومت‌های رسوب پیشنهادی TEMA برای سیالات صنعتی.....	۶۱

0. INTRODUCTION

"Process Design of Non-Combustion Type Heat Exchanging Equipment" are broad and contain variable subjects of paramount importance. Therefore a group of process engineering standard specifications are prepared to cover the subject.

This group includes the following Standards:

STANDARD CODE STANDARD TITLE

IPS-E-PR-771 "Engineering Standard for Process Requirements of Heat Exchanging Equipment"

IPS-E-PR-775 "Engineering Standard for Process Design of Double Pipe Heat Exchangers"

IPS-E-PR-785 "Engineering Standard for Process Design of Air Cooled Heat Exchangers (Air Coolers)"

IPS-E-PR-790 "Engineering Standard for Process Design of Cooling Towers"

This Engineering Standard Specification covers:

"PROCESS REQUIREMENTS OF HEAT EXCHANGING EQUIPMENT"

Non-combustion type heat exchanging equipment consist of various types from which the above mentioned have the most application in Oil, Gas, and Petrochemical (OGP) Industries and each item will be discussed separately.

← مقدمه

"طراحی فرآیندی تجهیزات تبادل حرارت غیر احتراقی" بسیار وسیع و شامل موضوعات متغییر مهمی است. از این رو مجموعه‌ای از مشخصات استاندارد مهندسی فرآیند برای پوشش این موضوع مهیا شده‌اند.

این مجموعه شامل استانداردهای زیر می‌باشد:

عنوان استاندارد

کد استاندارد

IPS-E-PR-771 "استاندارد مهندسی برای الزامات فرآیندی تجهیزات تبادل حرارت"

IPS-E-PR-775 "استاندارد مهندسی برای طراحی فرآیندی مبدل‌های حرارتی دو لوله"

IPS-E-PR-785 "استاندارد مهندسی برای طراحی فرآیندی مبدل‌های حرارتی هوایی (خنک کننده های هوایی)"

IPS-E-PR-790 "استاندارد مهندسی برای طراحی فرآیندی برجهای خنک کننده"

این مشخصه استاندارد مهندسی شامل:

"الزامات فرآیندی تجهیزات تبادل حرارت"

تجهیزات تبادل حرارت غیراحتراقی شامل انواع متنوعی که در بالا اشاره شده، دارای کاربردهای زیادی در صنایع نفت، گاز و پتروشیمی (OGP) هستند که هر بخش بطور جداگانه بررسی خواهد شد.

1. SCOPE

This Engineering Standard Specification covers the minimum process design requirements, for thermal design, field of application, selection of types and hydraulic calculations for shell and tube heat exchangers, and plate heat exchangers (plate fin exchangers).

This Engineering Standard Specification consists of two parts as described below:

Part I: Process Design of Shell and Tube Heat Exchangers.

Part II: Process Design of Plate Heat Exchangers (Plate Fin Exchangers).

For mechanical design requirements of Part I, reference is made to the relevant Fixed Mechanical Equipment Standard [IPS-G-ME-220](#).

Note 1:

This standard specification is reviewed and updated by the relevant technical committee on December 2003, as amendment No. 1 by circular No 215.

Note 2:

This bilingual standard is a revised version of the standard specification by the relevant technical committee on October 2009, which is issued as revision (1). Revision (0) of the said standard specification is withdrawn.

Note 3:

In case of conflict between Farsi and English languages, English language shall govern.

2. REFERENCES

Throughout this Standard the following dated and undated standards/codes are referred to. These referenced documents shall, to the extent specified herein, form a part of this standard. For dated references, the edition cited applies. The applicability of changes in dated references that occur after the cited date shall be mutually agreed upon by the Company and the Vendor. For undated references, the latest edition of the referenced documents (including any

۱- دامنه کاربرد

این مشخصات فنی استاندارد مهندسی، حداقل الزامات طراحی فرآیندی را برای طراحی حرارتی، رشته کاربرد، انتخاب نوع و محاسبات هیدرولیکی را برای مبدل‌های حرارتی پوسته و لوله‌ای و مبدل‌های صفحه‌ای (مبدل‌های صفحه‌ای پره‌دار) شامل می‌شود.

این مشخصات فنی استاندارد مهندسی شامل دو بخش مطابق زیر می‌باشد:

بخش I: طراحی فرآیندی مبدل‌های حرارتی پوسته و لوله‌ای.

بخش II: طراحی فرآیندی مبدل‌های حرارتی صفحه‌ای (مبدل‌های صفحه‌ای پره‌دار)

برای الزامات طراحی مکانیکی بخش I، به استاندارد تجهیزات مکانیکی ثابت IPS-G-ME-220 مراجعه شود.

یادآوری ۱:

این مشخصات فنی استاندارد در دی ماه سال ۱۳۸۲ توسط کمیته فنی مربوطه بررسی و به روز شده و موارد تأیید شده به عنوان اصلاحیه شماره ۱ طی بخشنامه شماره ۲۱۵ ابلاغ گردید. این موارد در این استاندارد لحاظ گردیده است.

یادآوری ۲:

این استاندارد دو زبانه نسخه بازنگری شده استاندارد می‌باشد که در مهر ماه سال ۱۳۸۸ توسط کمیته فنی مربوطه انجام و به عنوان ویرایش (۱) ارائه می‌گردد. از این پس ویرایش (۰) این استاندارد منسوخ می‌باشد.

یادآوری ۳:

در صورت اختلاف بین متن فارسی و انگلیسی، متن انگلیسی ملاک می‌باشد.

۲- مراجع

در این استاندارد به آیین نامه‌ها و استانداردهای تاریخ دار و بدون تاریخ زیر اشاره شده است. این مراجع، تا حدی که در این استاندارد مورد استفاده قرار گرفته‌اند، بخشی از این استاندارد محسوب می‌شوند. در مراجع تاریخ دار، ویرایش گفته شده ملاک بوده و تغییراتی که بعد از تاریخ ویرایش در آنها داده شده است، پس از توافق بین کارفرما و فروشنده قابل اجرا می‌باشد. در مراجع بدون تاریخ، آخرین ویرایش آنها به

supplements and amendments) applies.

انضمام کلیه اصلاحات و پیوست‌های آن ملاک عمل می‌باشند.

IPS (IRANIAN PETROLEUM STANDARDS)

IPS (استانداردهای نفت ایران)

[IPS-E-PR-170](#) "Engineering Standard for Process Flow Diagram"

IPS-E-PR-170 "استاندارد مهندسی برای نمودار جریانی فرآیندی"

[IPS-E-PR-230](#) "Engineering Standard for Piping & Instrumentation Diagrams (P & IDs)"

IPS-E-PR-230 "استاندارد مهندسی برای نمودارهای لوله‌کشی و ابزار دقیق"

[IPS-G-ME-220](#) "Engineering and Material Standard for Shell & Tube Heat Exchangers"

IPS-G-ME-220 "استاندارد مهندسی و مواد برای مبدل‌های حرارتی پوسته و لوله"

[IPS-E-GN-100](#) "Engineering Standard for Units"

IPS-E-GN-100 "استاندارد مهندسی برای واحدها"

TEMA (THE TUBULAR EXCHANGER MANUFACTURERS ASSOCIATION)

TEMA (انجمن سازندگان مبدل‌های حرارتی)

"Standards of the Tubular Exchanger Manufacturers Association (TEMA)" 9th Ed.2007

"استانداردهای انجمن سازندگان مبدل لوله‌ای" ویرایش ۹، سال ۲۰۰۷

API (AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE)

API (موسسه نفت آمریکا)

API Std. 660, "Shell & Tube Heat Exchangers for General Refinery Services" 7th. Ed., April 2003, Reaffirmed Dec. 1987

API Std. 660 "مبدل‌های حرارتی پوسته و لوله برای کاربری‌های عمومی پالایشگاهی" ویرایش ۷ آوریل ۲۰۰۳

API Std. 662 "Plate Heat Exchanger for General Refinery Services"

API Std. 662 "مبدل‌های حرارتی صفحه‌ای برای کاربری‌های عمومی پالایشگاهی"

Part I- Plate-and Frame Heat Exchangers 1st.Ed.Feb.2006

بخش I: مبدل‌های حرارتی صفحه و قابی ویرایش ۱ فوریه ۲۰۰۶

API Std. 662 "Plate Heat Exchanger for General Refinery Services"

API Std. 662 "مبدل حرارتی صفحه‌ای برای کاربری‌های عمومی پالایشگاهی"

Part II- Brazed Aluminum Plate –Fin Heat Exchangers 1st.Ed.Feb.2006

بخش II: مبدل‌های حرارتی صفحه‌ای-پره‌دار جوشکاری آلومینیومی ویرایش ۱ فوریه ۲۰۰۶

3. DEFINITIONS AND TERMINOLOGY

۳- تعاریف و واژگان

3.1 Definitions of Different Types of Heat Exchangers

۳-۱ تعاریف انواع مختلف مبدل‌های حرارتی

Heat transfer equipment can be specified either by type of construction or by service. Generally, they are designated by service. The following terminology is in general use throughout the industry.

تجهیزات انتقال حرارت یا از نوع ساخت یا با نوع کاربری می‌تواند مشخص شود. عموماً آنها توسط نوع کاربری مشخص می‌شود. واژه‌گذاری زیر کاربرد عمومی در کل صنعت دارد.

3.1.1 Chiller

The chiller is a typical kettle type exchanger, and the bundles has tubes to a height of about 60 per cent of the diameter. The vapor space above is for disengagement of the vapor from the liquid. Chillers are used in refrigeration processes of the vapor-compression type. A chiller cools a fluid with a refrigerant to a temperature below that obtainable using air or cooling water as the heat sink. Common refrigerants are propane, ethylene and propylene; chilled water or brines are less frequently used.

3.1.2 Condenser

A condenser is a unit in which a process vapor is totally or partially converted to liquid. The heat sink is ordinarily a utility, such as cooling water. The term "surface condenser" refers specifically to shell and tube units, used to condense the steam from a preceding ejector stage, thus reducing the inlet quantity of vapor mixture to the following stage. This is a means of increasing steam economy. They do not affect ejector performance, but they do avoid the nuisance of exhausting steam to the atmosphere, thus, they allow steam to be recovered. A "direct contact condenser" refers to a unit in which the vapor is condensed by direct contact heat exchange with droplets of water.

3.1.2.1 Surface condenser

Surface condenser is to condense the exhaust steam from a steam turbine to obtain maximum efficiency and also to convert the turbine exhaust steam into pure water (referred to as steam condensate) so that it may be reused in the steam generator or boiler as boiler feed water.

a) Purpose

Surface condenser by condensing the steam exhaust of a turbine at a pressure below atmospheric pressure, the pressure drop between the inlet and exhaust of the turbine is increased, which increases the amount of heat available for conversion to mechanical power.

b) Cooling medium

Most of the heat liberated due to condensation of the exhaust steam is carried away by the cooling medium (water or air) used by the

۳-۱-۱ سردساز

سردساز یک مبدل نوع کتری می‌باشد و دسته‌های لوله‌ها دارای ارتفاعی تا ۶۰ درصد قطر مبدل است. فضای بخار بالایی لوله‌ها برای آزاد شدن بخار از مایع می‌باشد. سردسازها در فرآیندهای تبریدی از نوع تراکم - بخار استفاده می‌شوند. سردساز، سیال را توسط ماده مبرد به دمایی زیر دمایی که توسط هوا یا آب خنک کننده قابل حصول است به عنوان چاله حرارتی، سرد می‌کند. مبردهای متداول، پروپان، اتیلن و پروپیلن هستند، آب سرد شده یا آب نمک به ندرت استفاده می‌شوند.

۳-۱-۲ چگالنده

چگالنده واحدی است که در آن بخار فرآیندی به طور کامل یا جزئی به مایع تبدیل می‌شود. چاله حرارتی عموماً یک سرویس جانبی مثل آب سردکننده می‌باشد. عبارت "چگالنده سطحی" فقط به واحدهای پوسته-لوله‌ای اطلاق می‌شود که بخار مرحله مکنده قبلی را مایع نماید و در نتیجه مقدار بخار مخلوط به مرحله بعدی را کاهش دهد. این یک وسیله برای افزایش صرفه جویی بخار است. آنها کارآیی مکنده را تحت تأثیر قرار نمی‌دهند بلکه از صدای آزاردهنده بخار خروجی به هوا جلوگیری می‌کنند و منجر به بازیافت بخار می‌شوند. "چگالنده تماس مستقیم" به واحدی اطلاق می‌شود که بخار با تبادل حرارت مستقیم با قطرات آب مایع می‌شود.

۳-۱-۲-۱ چگالنده سطحی

چگالنده سطحی برای چگالش بخار خروجی از توربین بخار جهت رسیدن به حداکثر بازده و همچنین تبدیل بخار خروجی توربین به آب خالص (اشاره به میعان بخار) به عنوان آب خوراک دیگ بخار در تولیدکننده بخار یا دیگ بخار بکار می‌رود.

الف) هدف

در چگالنده سطحی با چگالش بخار خروجی از توربین در فشار زیر فشار اتمسفر، افت فشار بین ورودی و خروجی توربین افزایش می‌یابد که در نتیجه مقدار انرژی گرمایی قابل دسترس برای تبدیل به قدرت مکانیکی را افزایش می‌دهد.

ب) ماده واسطه سردساز

بیشتر گرمایی که در اثر چگالش بخار خروجی آزاد می‌شود توسط ماده واسطه سردساز (آب یا هوا) که در

surface condenser.

c) Shell

For most water-cooled surface condensers, the shell is under vacuum during normal operating conditions. Surface condenser shell is fabricated from carbon steel plates and is stiffened as needed to provide rigidity for the shell. When required by the selected design, intermediate plates are installed to serve as baffle plates that provide the desired flow path of the condensing steam.

d) Hotwell

At the bottom of the shell, where the condensate collects, an outlet is installed. In some designs, a sump (often referred to as the hotwell) is provided. Condensate is pumped from the outlet or the hotwell for reuse as boiler feed water,

e) Vacuum system

For water-cooled surface condenser, the shell's internal vacuum is mostly commonly supplied by and maintained by an external steam jet ejector system. Such an ejector system uses steam as the motive fluid to remove any non-condensable gases that may be present in the surface condenser.

Motor driven mechanical vacuum pumps such as liquid ring type vacuum pumps, are also popular for vacuum service.

f) Tube sheets

At each end of the shell, a sheet of sufficient thickness usually made of stainless steel is provided, with holes for the tubes to be inserted and rolled.

g) Tubes

Generally the tubes are made of stainless steel, copper alloys such as brass or bronze, cupro nickel or titanium depending on several selection criteria. The use of copper bearing alloys such as brass or cupro nickel is rare in new plants, due to environmental concerns of toxic copper alloys. Also depending on the steam cycle water treatment for the boiler, it

چگالنده سطحی استفاده می‌شود، جذب می‌گردد.

ج) پوسته

برای اغلب چگالنده های سطحی خنک شونده با آب، پوسته در شرایط معمولی عملیاتی تحت خلاء قرار دارد. پوسته چگالنده سطحی از صفحات فولاد کربنی ساخته شده و به اندازه نیاز برای تأمین سختی پوسته تحکیم یافته است. در صورت نیاز مطابق الزامات طراحی، صفحات میانی به عنوان ممانعت کننده، جهت تعیین مسیر مطلوب جریان بخار چگالش شده، تعبیه می‌شوند.

د) چاله گرم

در پایین پوسته جایی که میعانات جمع می‌شوند، یک خروجی نصب شده است. در برخی طراحی‌ها، یک چاله (اغلب منسوب به چاله گرم) تعبیه شده است. میعانات از خروجی یا چاله گرم برای استفاده دوباره به عنوان آب خوراک دیگ بخار تلمبه می‌شود.

ه) سیستم خلاء

برای چگالنده سطحی خنک شونده با آب، خلاء داخل پوسته اغلب توسط یک سامانه مکنده بیرونی، تأمین و حفظ می‌شود. در چنین سامانه مکنده ای، از بخار به عنوان سیال محرک برای حذف گازهای غیرقابل چگالش که در چگالنده سطحی ممکن است وجود داشته باشد، استفاده می‌گردد.

تلمبه‌های خلاء مکانیکی با گرداننده موتوری نیز مثل تلمبه‌های خلاء از نوع حلقه مایع در کاربری خلاء متداول هستند.

و) صفحات لوله

در انتهای هر پوسته، یک صفحه با ضخامت مناسب که اغلب از فولاد زنگ نزن ساخته شده، تعبیه شده است که دارای سوراخ‌هایی برای داخل شدن و چفت شدن لوله‌ها می‌باشد.

ز) لوله‌ها

با توجه به معیارهای انتخاب، عموماً لوله‌ها از فولاد زنگ نزن، آلیاژهای مس مثل برنج یا برنز، نیکل مسی یا تیتانیوم ساخته می‌شود. استفاده از آلیاژهای مسی مثل برنج یا نیکل مسی در واحدهای جدید به خاطر ملاحظات زیست محیطی آلیاژهای مسی، نادر است. همچنین بسته به چرخه بخار و فرآورش آب برای دیگ بخار، بهتر است که از لوله‌های با جنس حاوی مس استفاده نشود. لوله‌های چگالنده

may be desirable to avoid tube materials containing copper. Titanium condenser tubes are usually the best technical choice; however, the use of titanium condenser tubes has been virtually eliminated by the sharp increase in the cost for this material.

The outer diameter of condenser tubes typically ranges from 19mm ($\frac{3}{4}$ inch) to 32mm (1-1/4 inch), based on condenser cooling water friction consideration and overall condenser size.

h) Waterboxes

The tube sheet at each end with tube ends rolled for each end of the condenser is closed by a fabricated box cover known as waterbox, with flanged connection to the tube sheet or condenser shell. The waterbox is usually provided with manholes on hinged covers to allow inspection and cleaning.

i) Codes

Steam surface condensers operate under a vacuum and are, therefore, not considered pressure vessels. The ASME Code is a pressure vessel code and is not, Strictly speaking, applicable to surface condensers operating under vacuum. However, the tube side of a surface condenser is considered a pressure vessel, as it is subjected to the full water pressure. When necessary, this side of the condenser can be designed and constructed to ASME Code requirement.

Most surface condensers are designed and constructed in accordance with HEI Standards.

3.1.3 Cooler

A cooler exchanges heat between a process stream and water or air.

3.1.4 Evaporator

Exchangers specifically designed to process fluid by some heating medium such as steam.

3.1.5 Exchanger and/or heat exchanger

In the broad sense, an exchanger is any item of unfired heat transfer equipment whose function is

تیتانیومی معمولاً بهترین انتخاب فنی هستند با این وجود لوله‌های تیتانیومی چگالنده به خاطر افزایش شدید قیمت این ماده به طور طبیعی حذف شده‌اند.

محدوده قطر بیرونی لوله‌های چگالنده اغلب بین ۱۹ میلیمتر ($\frac{3}{4}$ اینچ) تا ۳۲ میلیمتر ($1\frac{1}{4}$ اینچ) است، که بستگی به اصطکاک آب خنک کن و اندازه کلی چگالنده دارد.

ح) محفظه های آب

در چگالنده، صفحه لوله‌هایی که در هر انتها با لوله‌ها چفت شده‌اند با یک پوشش محفظه پیش ساخته که به اسم محفظه آب شناخته می‌شوند و با اتصال فلنجی به صفحه لوله یا پوسته چگالنده متصل است. در محفظه آب معمولاً دریچه‌های آدم رو با نگهدارنده لولایی به منظور بازرسی و تمیز کردن تعبیه می‌شوند.

ط) آیین نامه ها

چگالنده‌های سطحی بخار، که در شرایط خلاء کار می‌کنند، ظروف تحت فشار محسوب نمی‌شوند. آیین نامه ASME برای ظرف تحت فشار بوده و به طور صریح می‌توان گفت که برای چگالنده سطحی تحت خلاء به کار نمی‌رود. با این وجود سمت لوله چگالنده سطحی به عنوان ظرف تحت فشار در نظر گرفته می‌شود زیرا تحت تأثیر فشار کامل آب قرار دارد. در صورت نیاز، این سمت چگالنده می‌تواند براساس آیین نامه ASME طراحی و ساخته شود.

اغلب چگالنده‌های سطحی مطابق با استانداردهای HEI طراحی و ساخته می‌شوند.

۳-۱-۳ خنک کننده

یک خنک کننده بین جریان فرآیندی و آب یا هوا تبادل حرارت انجام می‌دهد.

۳-۱-۴ تبخیر کننده

مبدل‌هایی که منحصراً برای سیال فرآیندی یا دیگر سیال حرارتی مثل بخار، طراحی می‌شوند.

۳-۱-۵ مبدل و/یا مبدل حرارتی

از دیدگاه کلی، یک مبدل بخشی از تجهیز انتقال حرارت غیر

to change the total enthalpy of a stream. In the specific (and more usual) connotation, an exchanger transfers heat between two process streams.

3.1.6 Fouling resistance

The fouling resistance is a measure of the ultimate additional resistance to heat transfer caused by deposits on and corrosion of the heat transfer material surface.

Note:

The resistance depends on the type of fluid, the material, temperature conditions, flow velocities and the operating period between two successive cleaning actions.

3.1.7 Fouling coefficient

The fouling coefficient is the reciprocal of the fouling resistance.

Note:

The use of the fouling coefficient has generally been abandoned, since it tends to be confusing that an increase in fouling results in a decrease in fouling coefficient.

3.1.8 Reboiler

A reboiler is a vaporizer that provides latent heat of vaporization to the bottom (generally) of a fractionation tower. There are two general classes of reboilers, those which send both phases to the tower for separation of vapor from liquid and those which return only vapor. The former operate by either natural circulation (usually called thermosyphon) or forced circulation.

3.1.8.1 Thermosyphon reboilers are by far the common type. Horizontal thermosyphons with vaporization on the shell side are commonly used in the petroleum industry while vertical units with in-tube vaporization are favored in the chemical industry. In a thermosyphon reboiler, sufficient liquid head is provided so that natural circulation of the boiling medium is maintained.

3.1.8.2 Forced circulation reboilers require a pump to force the boiling medium through the exchanger. This type of reboiler is infrequently used because of the added cost of pumping the reboiler feed, but may be required to overcome

احتراقی است که وظیفه آن تغییر کل آنتالپی جریان می‌باشد. با یک معنی مشخص (و بسیار متداول)، یک مبدل بین دو جریان فرآیندی تبادل حرارت انجام می‌دهد.

۳-۱-۶ مقاومت رسوب گرفتگی

مقاومت رسوب گرفتگی شاخص میزان نهایی مقاومت اضافه شده در انتقال حرارت می‌باشد که توسط ته نشینی ذرات و خوردگی در سطوح انتقال حرارت ایجاد می‌شود.

یادآوری:

مقاومت به نوع سیال، جنس، شرایط دمایی، سرعت‌های جریان و زمان عملیاتی بین دو عملیات متوالی تمیزکاری، بستگی دارد.

۳-۱-۷ ضریب رسوب گرفتگی

ضریب رسوب گرفتگی معکوس مقاومت رسوب گرفتگی می‌باشد.

یادآوری:

از آنجا که افزایش رسوب منجر به کاهش ضریب رسوب می‌شد، عموماً استفاده از ضریب رسوب به دلیل احتمال اشتباه، منسوخ شده است.

۳-۱-۸ باز جوشاننده

باز جوشاننده یک تبخیرکننده است که گرمای نهان را برای تبخیر در پایین (عموماً) برج جداسازی تأمین می‌کند. دو طبقه بندی عمومی برای باز جوشاننده ها وجود دارد، آنهایی که دو فاز را برای جداسازی بخار از مایع به برج می‌فرستند و آنهایی که فقط بخار را برمی‌گردانند. اولی با گردش طبیعی (معمولاً ترموسیفون نامیده می‌شود) یا اجباری کار می‌کند.

۳-۱-۸-۱ باز جوشاننده‌های ترموسیفون بسیار متداول هستند. ترموسیفون های افقی با تبخیر در سمت پوسته عموماً در صنایع نفت استفاده می‌شوند در صورتی که واحدهای عمودی با تبخیر در لوله در صنایع شیمیایی ترجیح داده می‌شوند. در باز جوشاننده ترموسیفون ارتفاع مناسب سیال تأمین می‌شود تا گردش طبیعی سیال جوشان ممکن گردد.

۳-۱-۸-۲ باز جوشاننده‌های گردش اجباری برای انتقال سیال جوشان در طول مبدل به تلمبه نیاز دارند. این نوع از باز جوشاننده‌ها به خاطر اضافه شدن هزینه تلمبه کردن خوراک باز جوشاننده خیلی کم استفاده می‌شوند. اما برای جبران محدودیت ارتفاع ایستایی سیال و مشکلات گردش سیال،

hydrostatic head limitations and/or circulation problems.

3.1.8.3 Reboilers which return only vapor to the tower are called kettle reboilers. The operation of kettle reboilers would be best described as pool boiling.

3.1.9 Steam generators (waste heat boilers)

Steam generators are a special type of vaporizer used to produce steam as the vapor product. Generally, the heat source is excess heat beyond that which is required for process; this accounts for the common name of "waste heat boiler" for these Units. Like reboilers, steam generators can be kettle, pump-through, or thermosyphon type.

3.1.10 Superheater

A superheater heats a vapor above its saturation temperature.

3.1.11 Vaporizer

A vaporizer is an exchanger which converts liquid into vapor. This term is sometimes limited to units handling liquids other than water.

3.2 Definition of TEMA Classes

3.2.1 TEMA "Class R" exchanger

The TEMA Mechanical Standards for "Class R" heat exchanger specify design and fabrication of unfired shell and tube heat exchangers for the generally severe requirements of petroleum and related process application.

3.2.2 TEMA "Class C" exchanger

The TEMA Mechanical Standards for "Class C" heat exchangers specify design and fabrication of unfired shell and tube heat exchangers for the generally moderate requirements of commercial and general process application.

"Class C" units are designed for maximum economy and result in a cost saving of about 5% over "Class R".

3.2.3 TEMA "Class B" exchanger

The TEMA Mechanical Standards for "Class B"

ممکن است مورد استفاده قرار گیرند.

۳-۸-۱-۳ باز جوشاننده‌هایی که فقط بخار را به برج برمی‌گردانند، باز جوشاننده‌های کتری نامیده می‌شوند. بهترین توضیح برای عملیات باز جوشاننده کتری، جوش استخری می‌باشد.

۳-۱-۳ مولدهای بخار (بخارسازهای بازیافت حرارتی)

مولدهای بخار، نوع خاصی از تبخیرکننده است که برای تولید بخار آب به عنوان محصول تبخیر به کار می‌رود. عموماً منبع گرما، حرارت اضافی است که بیشتر از نیاز فرآیند تولید میشود. به این جهت این واحدها به اسم بخارسازهای بازیافت حرارتی نامیده می‌شوند. مولدهای بخار مثل باز جوشاننده‌ها می‌توانند از نوع کتری، تلمبه-درمیان یا ترموسیفون باشند.

۳-۱-۱۰ سوپرهیتر

سوپرهیتر بخار را بالاتر از دمای اشباع گرم می‌کند.

۳-۱-۱۱ تبخیرکننده

تبخیر کننده یک مبدل است که مایع را به بخار تبدیل می‌کند. این عنوان بعضاً به واحدهایی که حاوی مایعی غیر از آب هستند، محدود می‌شود.

۳-۲ تعاریف طبقه بندی TEMA

۳-۲-۱ مبدل "طبقه R" TEMA

استانداردهای مکانیکی TEMA برای مبدل حرارتی "طبقه بندی R"، عموماً طراحی و ساخت مبدل‌های حرارتی پوسته و لوله غیراحتراقی در الزامات شدید نفتی و کاربردهای فرآیندی مربوطه را مشخص می‌کند.

۳-۲-۲ مبدل "طبقه بندی C" TEMA

استانداردهای مکانیکی TEMA برای مبدل‌های حرارتی "طبقه بندی C"، عموماً طراحی و ساخت مبدل‌های حرارتی پوسته و لوله غیراحتراقی در الزامات متعادل بازرگانی و کاربردهای فرآیندی مربوطه را مشخص می‌کند. واحدهای "طبقه بندی C" برای حداکثر اقتصادی بودن و صرفه‌جویی در حدود ۵ درصد نسبت به "طبقه بندی R" طراحی می‌شوند.

۳-۲-۳ "طبقه بندی B" TEMA

استانداردهای مکانیکی TEMA برای مبدل حرارتی "طبقه

heat exchangers specify design & fabrication of unfired shell & tube heat exchangers for chemical process service.

بندی "B"، عموماً طراحی و ساخت مبدل‌های حرارتی پوسته و لوله غیراحتراقی را برای کاربری‌های فرآیندی شیمیایی مشخص می‌کند.

4. SYMBOLS & ABBREVIATIONS

۴- نشانه‌ها و اختصارات

A	Total exchanger area, (m ²).	مساحت کل مبدل (m ²)	A
A_i	Required effective inside transfer surface, (m ²).	سطح موثر لازم داخل سطح انتقال (m ²)	A_i
API	American Petroleum Institute.	موسسه نفت آمریکا	API
Btu	British Thermal Unit.	واحد گرمایی انگلیسی	Btu
CAF	Compressed Asbestos Fiber	فیبر فشرده آزبست	CAF
DEA	Di – Ethanol Amine.	دی – اتانول آمین	DEA
DGA	Di - Glycol Amine.	دی – گلیکول آمین	DGA
DN	Diameter Nominal, (mm).	قطر اسمی (میلی متر)	DN
DS	Design Pressure.	فشار طراحی	DP
DS	Diameter of shell	قطر پوسته	DS
EPDM	Ethylene Propylene Di Monomer.	اتیلن پروپیلن دی منومر	EPDM
F	LMTD Correction Factor	ضریب تصحیح LMTD	F
FPM	Fine Particular Matter.	ماده ریز مخصوص	FPM
h	Segment Opening Height	ارتفاع بخش باز	h
h_f	Film coefficient of tube side fluid, in (W/m ² .°C) or (W/m ² .K)	ضریب فیلم سیال سمت لوله (W/m ² .°C) یا (W/m ² .K)	h_f
ID	Inside Diameter, in (mm).	قطر داخلی (میلی متر)	ID
LMTD	Logarithmic Mean Temperature Difference.	میانگین لگاریتمی اختلاف دما	LMTD
MAWP	Maximum Allowable Working Pressure.	حداکثر فشار کاری مجاز	MAWP
Max.	Maximum.	حداکثر	Max.
MEA	mono-Ethanolamine.	مونو اتانول آمین	MEA
Min.	Minimum.	حداقل	Min.
MOP	Maximum Operating Pressure.	فشار عملیاتی حداکثر	MOP

MOT	Maximum Operating Temperature.	دمای عملیاتی حداکثر	MOT
OD	Outside Diameter, (mm).	قطر خارجی (mm)	OD
OGP	Oil, Gas and Petrochemical.	نفت، گاز و پتروشیمی	OGP
OP	Operating Pressure	فشار عملیاتی	OP
PHE	Plate Heat Exchanger.	مبدل حرارتی صفحه‌ای	PHE
PSV	Pressure Safety Valve.	شیر ایمنی فشاری	PSV
r_i	Fouling resistance on inside surface of tubes, (m ² .°C/W).	مقاومت رسوب گرفتگی سطح درون لوله‌ها (m ² .°C/W)	r_i
r_o	Fouling resistance on outside surface of tubes, (m ² .°C/W).	مقاومت رسوب گرفتگی سطح بیرون لوله‌ها (m ² .°C/W)	r_o
RCB	Resin Cured Butyl.	رزین بوتیل عمل آورده	RCB
RGP	Recommended Good Practice.	تجربیات مناسب توصیه شده	RGP
SS	Stainless Steel.	فولاد زنگ نزن	SS
TEMA	Tubular Exchanger Manufacturers Association.	انجمن سازندگان مبدل لوله‌ای	TEMA
V	Linear Velocity of the fluid, (m/s).	سرعت خطی سیال m/s	V
U	The overall heat transfer coefficient, (W/m ² .°C) or (W/m ² .K)	ضریب کلی انتقال حرارت (W/m ² .°C) یا (W/m ² .K)	U
WC	Water Column, (mm).	ستون آب (mm)	WC
ρ(rho)	Density, (kg/m ³).	چگالی (kg/m ³)	ρ(rho)

5. UNITS

This standard is based on International System of Units (SI), as per [IPS-E-GN-100](#) except where otherwise specified.

۵- واحدها

این استاندارد بر مبنای سامانه بین المللی واحدها (SI)، منطبق با استاندارد [IPS-E-GN-100](#) می باشد مگر آنکه در متن استاندارد به واحد دیگری اشاره شده باشد.

PART I

PROCESS DESIGN OF SHELL AND TUBE
HEAT EXCHANGERS

بخش I

طراحی فرآیندی مبدل‌های حرارتی

پوسته و لوله

6. General Considerations

6.1 The shell and tube type exchanger is commonly used in general petroleum processes. It is inexpensive, easy to clean, available in many sizes, and can be designed for moderate to high pressures at reasonable cost. It consists of a bundle of tubes encased in a shell.

6.2 Tubular units in general should have removable tube bundles and should be of the floating head type with removable shell covers.

Typical exceptions are:

a) Fixed tube sheet exchangers such as refrigeration condensers and vacuum condensers.

In this type of construction, differential expansion of the shell and tubes due to different operating metal temperatures may require the use of an expansion joint or a packed joint.

b) "U" tube type for reboilers using steam in the tube and for exchangers on hydrogen service. Removable shell covers are not required for this type.

Fluids having a fouling factor above $0.00035 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$ ($0.002 \text{ hr} \cdot \text{ft}^2 \cdot ^\circ\text{F/Btu}$) should be routed on the shell side of U-tube exchangers and on the tube side for floating head type exchangers. In all cases U-tubes should be located in the horizontal plane.

For chemical works, fixed head exchangers should be used when the shell side fluid is non-fouling. Where the shell side fluid is fouling. U-tubes or floating head type bundles should be used and floating head type tube bundles when both sides are fouling.

Floating head type tube bundles are to be avoided for kettle type reboilers and chillers unless agreed by the Company.

۶ - ملاحظات عمومی

۱-۶ مبدل حرارتی پوسته و لوله معمولاً در فرآیندهای نفتی متداول استفاده می‌شود. نه چندان گران، راحت برای تمیزکاری، موجود در تمام اندازه‌ها و قابل طراحی برای فشارهای متوسط تا بالا با هزینه معقول می‌باشد، شامل یک دسته لوله‌ها در درون یک پوسته می‌باشد.

۲-۶ واحدهای لوله‌ای عموماً یک دسته لوله متحرک دارند و توصیه می‌گردد از نوع کلگی متحرک با محافظ پوسته متحرک باشد.

انواع استثناء عبارتند از:

الف) مبدل‌های صفحه لوله‌ای ثابت مثل چگالنده‌های تبرید و خلاء.

در این نوع از ساخت، اختلاف انبساط پوسته و لوله‌ها به خاطر دماهای عملیاتی متفاوت فلز ممکن است نیاز به استفاده از اتصال انبساطی یا اتصال فشرده، داشته باشد.

ب) نوع لوله "U" شکل برای باز جوشاننده‌ها که از بخار در لوله استفاده می‌شود و برای مبدل‌های با کاربری هیدروژن. محافظ پوسته متحرک برای این نوع لازم نیست.

سیالاتی که ضریب رسوب گرفتگی بیش از 0.00035 مترمربع در کلون/وات (0.002 ساعت. فوت مربع. درجه فارنهایت بر بی تی یو) دارند توصیه می‌شود در پوسته مبدل‌های نوع U و در لوله مبدل‌های نوع کلگی شناور قرار گیرند. در تمام حالت‌ها، لوله‌های "U" توصیه می‌شود در مسیر افقی قرار گیرند.

در صورتی که سیال سمت پوسته غیر رسوبی باشد توصیه می‌شود برای کارهای شیمیایی از مبدل‌های کلگی ثابت استفاده شوند. در جایی که سیال سمت پوسته رسوب ده باشد مبدل‌های نوع لوله "U" شکل یا کلگی شناور توصیه می‌شود استفاده شوند و دسته لوله‌های کلگی شناور زمانی استفاده می‌شوند که هردو سیال رسوب‌ده باشند.

استفاده از دسته لوله‌های کلگی شناور برای باز جوشاننده‌های نوع کتری و سرد سازها مگر با توافق شرکت، باید اجتناب شود.

6.3 There are two variations of floating tube sheet units, the pull-through and the non-pull-through. In the pullthrough unit, the entire floating tube sheet and cover assembly may be drawn through the shell without disassembly. In the non-pull-through unit, the shell cover and the floating tube sheet cover must be removed before the bundle can be taken out of the shell.

This requirement is the greatest disadvantage of the non-pull-through unit. However, due to the smaller diameter tube sheet which is possible if a split ring assembly is used to fasten the floating head cover, the non-pull-through unit requires a smaller shell for the same surface.

6.4 Listing the above variations in shell and tube units in order of increasing cost would give the following tabulation:

- 1) Simple fixed tube sheet unit.
- 2) U-tube unit.
- 3) Fixed tube sheet unit with an expansion joint or packed joint.
- 4) Floating tube sheet unit (pull-through and non-pull-through).

Shell and tube type exchangers are usually fabricated to conform to "Class R" of the Standards of the Tubular Exchanger Manufacturers Association (TEMA).

6.5 The selection of TEMA "Class R" or TEMA "Class C" exchangers shall be governed by the following:

6.5.1 TEMA "R" is required when:

- a) Tube side or shell side fouling factor is greater than $0.00035 \text{ m}^2.\text{K}/\text{W}$; or
- b) Shell side corrosion allowance is greater than 3.175 mm (1/8 inch);
- c) Shell side corrosion rate is greater than 0.254 mm/y (10 mils per year).

6.5.2 TEMA "C" may be used when exchanger is designed for chemical cleaning maintenance and fouling factor do not exceed $0.00035 \text{ m}^2.\text{K}/\text{W}$ on both tube side and shell side.

۳-۶ دو نوع صفحه لوله شناور وجود دارد، قابل کشیدن و غیر قابل کشیدن. در واحدهای قابل کشیدن، کل صفحه لوله شناور و محافظ آن می‌توانند در پوسته مبدل حرکت کنند بدون جداکردن آن. در واحدهای غیر قابل کشیدن محافظ پوسته و محافظ صفحه لوله شناور باید قبل از خارج کردن دسته لوله از پوسته جدا شوند.

این الزام بزرگترین کاستی واحدهای غیرقابل کشیدن می‌باشد. با این وجود به خاطر قطر کمتر صفحه لوله در صورت استفاده از مجموعه حلقه دو بخشی برای بستن محافظ کلگی، واحدهای غیر قابل کشیدن با سطح یکسان، قطر پوسته کمتری دارند.

۴-۶ با ترتیب بندی حالت‌های فوق در واحدهای پوسته و لوله به ترتیب افزایش هزینه، آرایش زیر به دست می‌آید:

- ۱) واحد صفحه لوله ثابت ساده.
- ۲) واحد لوله "U" شکل.
- ۳) واحد صفحه لوله ثابت با اتصال انبساطی یا اتصال فشرده.
- ۴) واحد صفحه لوله شناور (قابل و غیر قابل کشیدن)

مبدل‌های نوع پوسته و لوله همیشه مطابق با "طبقه بندی R" انجمن سازندگان مبدل لوله‌ای (TEMA) ساخته می‌شوند.

۵-۶ انتخاب مبدل‌های "طبقه بندی R" TEMA یا "طبقه بندی C" TEMA باید مطابق موارد زیر باشد:

۱-۵-۶ طبقه بندی "R" TEMA زمانی لازم است که:

- الف) ضریب رسوب گرفتگی سمت لوله یا پوسته بیش از 0.00035 مترمربع کلوین /وات ؛ باشد.
- ب) خوردگی مجاز سمت پوسته بیش از $3/175$ میلیمتر ($\frac{1}{8}$ اینچ) باشد.
- ج) شدت خوردگی سمت پوسته بیش از 0.254 میلیمتر/سال (۱۰ میلز در سال) تجاوز ننماید.

۲-۵-۶ طبقه بندی "C" TEMA می‌تواند زمانی استفاده شود که مبدل برای نگهداری تمیزکاری شیمیایی طراحی شده و ضریب رسوب گرفتگی هم در سمت لوله و هم در سمت پوسته از 0.00035 متر مربع کلوین /وات تجاوز ننماید.

6.6 Horizontal and Vertical Exchangers

Heat exchangers should be of the horizontal type, however, for process requirements and where cleaning and other maintenance will be infrequent and space requirements make it more attractive, the vertical arrangement may be considered and this should be discussed with the Company. Centerline elevation of the top bundle of stacked exchangers shall be limited to 3.5 m except for large exchangers which shall be limited to two stacked shells.

When horizontal arrangements are preferred, the stacking of exchangers should be considered to conserve space in the structure.

6.7 The Use of Spiral Plate Heat Exchangers May be Considered When:

- a) Small overhead or vent condensers mounted directly on process vessels are required.
- b) Space limitations make use of long shell and tube units impractical.

6.8 Manufacturer's standard for shell and tube heat exchangers may be considered upon approval of the Company and supplied as components of other equipment such as:

- a) Compressor inter/after coolers.
- b) Steam ejector inter/after condensers.
- c) Machinery lube oil coolers.

6.8.1 Fig. A.1 in Appendix A shows different types of shells which has been extracted from TEMA.

6.9 Selection Guide for Heat Exchanger Types

Table B.1 in Appendix B is also selection guide for heat exchanger types which shows significant feature, applications best suited, limitation and relative cost in carbon steel construction of heat exchangers.

6.10 Selection of Type

Fixed tube sheet heat exchangers should only be used in services where:

- Differential expansion between the tubes and the shell does not give rise to unacceptable stresses;

۶-۶ مبدل‌های افقی و عمودی

توصیه می شود مبدل‌های حرارتی از نوع افقی باشند، با این وجود برای الزامات فرآیندی و جایی که تمیزکاری و سایر حفاظت‌ها نادر بوده و الزامات جانمایی ضروری باشد، آرایش عمودی می تواند ملاحظه شده و توصیه می شود با شرکت بحث شود. ارتفاع خط مرکزی دسته لوله بالایی مبدل‌های روی هم باید به ۳/۵ متر محدود شود به جز مبدل‌های بزرگ که به دو پوسته روی هم باید محدود شده‌اند.

زمانی که آرایش افقی ترجیح داده شود، توصیه می گردد امکان روی هم قرار دادن مبدل‌ها برای صرفه‌جویی فضا در ساختار در نظر گرفته شود.

۷-۶ زمانی استفاده از مبدل‌های حرارتی صفحه‌ای حلزونی ممکن است مورد ملاحظه قرار گیرد که:

- الف) چگالنده‌های تخلیه یا بالاسری کوچک مستقیم روی مخازن فرآیندی تعبیه شده، نیاز باشد.
- ب) محدودیت فضا استفاده از واحدهای مبدل‌های پوسته و لوله‌ای طولی را نشدنی بکند.

۸-۶ استاندارد سازنده برای مبدل‌های حرارتی پوسته و لوله در صورت تأیید شرکت ممکن است مورد ملاحظه قرار گرفته و به عنوان بخشی از تجهیزات زیر تأمین گردد:

- الف) خنک کننده های قبل/بعد کمپرسور.
- ب) چگالنده‌های قبل/بعد مکنده بخار.
- ج) خنک کننده های روغن روان کاری ماشین آلات .

۸-۱-۱ شکل الف-۱ در پیوست الف انواع مختلف پوسته‌ها را که از TEMA استخراج شده نشان می‌دهد.

۹-۶ راهنمای انتخاب برای انواع مبدل حرارتی

جدول ب-۱ در پیوست (ب) نیز راهنمای انتخاب برای انواع مبدل حرارتی است که خصوصیات مهم، بهترین مکان کاربرد، محدودیت و هزینه مربوطه در ساخت مبدل‌های حرارتی ساخته شده از فولاد کربن دار را نشان می‌دهد.

۱۰-۶ انتخاب نوع

توصیه می شود مبدل‌های حرارتی صفحه لوله ثابت فقط در کاربری‌هایی استفاده شوند که:

- اختلاف انبساط بین لوله‌ها و پوسته به تنش غیرقابل قبول منجر نشود.

- Tube side cleaning, if required, can be done in situ;

- Shell side fluid is non-fouling, or

- Shell side fouling can be removed by chemical cleaning.

U-tube bundle heat exchangers shall only be used in services where:

- Tube side fouling resistance is less than $0.00035 \text{ (m}^2\text{.K)/W}$;

- Tube side fouling can be removed by chemical cleaning.

U-tube shall not be applied when tube side mechanical cleaning is required.

Floating head heat exchangers should be used in all other services except as noted in item 6.1.2.

6.11 Shell Selection

6.11.1 The single-pass shell, Type E (see Fig. A.1 in Appendix A), has the widest application and should be selected for general duties, except where significant advantage can be obtained by using one of the other shell types:

6.11.2 Where the shell side pressure drop is a restricting factor, the divided flow shell Type J or cross flow shell Type X or double-split flow shell Type H, should be considered.

6.11.3 For horizontal shell side thermosiphon reboilers, the split flow shell Type G or Type H should be selected.

6.11.4 The kettle type, shell Type K, should be selected for boiling, where an almost 100% vaporization, or where a phase separation is required.

6.11.5 Use of the two-pass shell with longitudinal baffle Type F, should be avoided.

6.12 Front End and Rear End Selection

6.12.1 Front end bonnet Type B is generally used for heat exchangers where cleaning on the tube side will be infrequent.

- تمیزکاری بخش لوله در صورت لزوم در محل می‌تواند انجام شود.

- سیال بخش پوسته غیر رسوب ده باشد یا؛

- رسوب گرفتگی بخش پوسته توسط تمیزکاری شیمیایی قابل حذف باشد.

مبدل های حرارتی دسته لوله "U" شکل فقط در کاربری‌هایی باید استفاده شود که:

- مقاومت رسوبی بخش لوله کمتر از $0.00035 \text{ (m}^2\text{.K)/W}$ ؛

- رسوب بخش لوله توسط تمیزکاری شیمیایی قابل حذف باشد.

لوله "U" شکل زمانی که تمیزکاری مکانیکی بخش لوله لازم باشد، نباید استفاده شود.

مبدل‌های حرارتی کلگی شناور در بقیه کاربری‌ها به غیر از موارد بیان شده در ۶-۱-۲ باید استفاده شود.

۱۱-۶ انتخاب پوسته

۱۱-۶-۱ پوسته تک - راهه، نوع E (شکل الف-۱ در پیوست الف) دارای وسیعترین کاربرد و برای وظایف عمومی باید انتخاب شود، مگر با استفاده از نوع دیگر پوسته مزیت مهمتری حاصل شود.

۱۱-۶-۲ در صورتی که افت فشار بخش پوسته پارامتر محدودسازی باشد، پوسته جریان تقسیم شده نوع J یا پوسته جریان متقاطع نوع X یا پوسته جریان تقسیم شده دوگانه نوع H باید مورد بررسی قرار گیرد.

۱۱-۶-۳ برای بخش پوسته افقی باز جوش‌آورهای ترموسیفون، پوسته جریان تقسیم شده نوع G یا نوع H توصیه می‌شود انتخاب شود.

۱۱-۶-۴ جایی که ۱۰۰ درصد تبخیر یا جدا شدن فاز لازم باشد توصیه می‌شود پوسته نوع کتری، نوع K. برای جوشش انتخاب شود.

۱۱-۶-۵ توصیه می‌شود استفاده از پوسته دو راهه با ضخامت جدا کننده طولی نوع F اجتناب شود.

۱۲-۶ انتخاب ابتدا و انتهای مبدل

۱۲-۶-۱ ابتدای کلاک نوع B معمولاً برای مبدلهای حرارتی که تمیزکاری در بخش لوله به ندرت انجام می‌گیرد، استفاده شود.

Rear end Type S should be used for floating head heat exchangers.

6.12.2 Rear end Type M should be applied for fixed tube sheet design.

6.12.3 When frequent tube side cleaning is anticipated, and the tube design pressure is low, the front end stationary head shall be Type A, however, for the corresponding rear end, Type L may be selected.

6.12.4 For high-pressure and/or very toxic service, where it is desirable to limit the number of external joints, stationary heads Type B, Type C or Type N should be selected for the front end, and the corresponding Type M or Type N for the rear end.

6.12.5 The outside packed floating head Type P, and externally sealed floating tubesheet type W rear ends, are not acceptable.

6.13 Water-Cooled Coolers

The following restrictions shall apply to water-cooled coolers:

6.13.1 Cooling water shall run upwards through the tubes in order to avoid build up of gas. The tube side velocity shall be as specified in Table 1.

6.13.2 The tube side shall be maintained at an atmospheric over-pressure so that air cannot separate from the water.

6.13.3 In open cooling water systems, the cooling water outlet temperature shall not be higher than 42°C, and to avoid scaling, the tube wall temperature on the cooling water side shall not exceed 52°C.

6.13.4 Internal bellows shall not be applied.

6.13.5 In fouling services, the following additional restrictions apply:

6.13.5.1 In cases where flow control of the water is required, tube side velocities should not be allowed to fall below the values specified in Table 1, in order to avoid deposits of mud, silt or salt.

توصیه می شود انتهای نوع S برای مبدل‌های حرارتی کلگی شناور استفاده شود.

۲-۱۲-۶ توصیه می شود انتهای نوع M برای طراحی صفحه لوله ثابت به کار رود.

۳-۱۲-۶ زمانی که تمیزکاری بخش لوله به صورت پی در پی پیش بینی شود و فشار طراحی لوله کم باشد، کلگی ثابت ابتدا باید از نوع A باشد. با این وجود، برای تطابق انتهای نوع "L" ممکن است استفاده شود.

۴-۱۲-۶ توصیه می شود برای کاربری‌های فشار بالا و/یا بسیار سمی که محدود کردن تعداد اتصالات خروجی مطلوب است، کلگی‌های ثابت نوع "B" نوع "C" یا نوع "N" برای ابتدا و معادل آن از نوع M یا نوع N برای انتها انتخاب شود.

۵-۱۲-۶ کلگی شناور فشرده خارجی نوع P و صفحه لوله شناور آب بندی شده خارجی نوع W انتها مورد قبول نیستند.

۱۳-۶ خنک کننده‌های سرد کن آبی

محدودیت‌های زیر باید به خنک کننده‌های سردکن آبی اعمال شوند:

۱-۱۳-۶ آب خنک کننده برای جلوگیری از تجمع گاز باید به سمت بالا حرکت کند. سرعت در سمت لوله باید مطابق جدول ۱ باشد.

۲-۱۳-۶ سمت لوله باید در فشار اضافی جوی قرار گیرد تا هوا از آب جدا نشود.

۳-۱۳-۶ در سامانه‌های باز آب خنک کننده، دمای خروجی آب خنک کننده نباید از ۴۲ درجه سانتیگراد بیشتر شود و برای جلوگیری از رسوب، دمای جداره لوله در سمت آب خنک کننده نباید از ۵۲ درجه سانتیگراد بیشتر شود.

۴-۱۳-۶ فانوس‌های داخلی نباید به کار روند.

۵-۱۳-۶ در کاربری‌های رسوبده محدودیت‌های اضافی زیر باید اعمال شود:

۱-۵-۱۳-۶ در حالت‌هایی که کنترل دبی آب لازم باشد، سرعت در سمت لوله توصیه نمی شود به زیر سرعت‌های مشخص شده در جدول ۱ به منظور جلوگیری از ته نشین شدن لجن، لای و نمک، برسد.

6.13.5.2 U-tubes shall not be applied.

6.13.6 Shell and tube exchangers using water as the cooling medium are to be avoided when product side temperatures exceed 200°C.

7. GENERAL REQUIREMENTS

7.1 Fluid Allocation

Fluid allocation shall be made under the following conditions.

7.1.1 Dirty fluids are passed thorough the tubes because they can be easily cleaned, particularly if the tube bundle cannot be removed, but through the shell if the tubes cannot be cleaned (hair pin bundles) or if large amounts of coke or debris are present which can be accumulated in the shell and removed by dumping the shell.

7.1.2 High pressure fluids, corrosive stock, and water are sent through the tubes because the strength of small-diameter (and thin) tube surpasses that of the shell, because corrosion-resistant tubes are relatively cheap, and because corrosion or water scale can be easily removed.

7.1.3 For the same pressure drop, higher heat-transfer coefficients will be obtained on the tube-side than the shell-side.

7.1.4 Large volume fluids (vapors) are passed through the shell because of the availability of adequate space, but small volume fluids are also passed through the shell where cross baffles can be used to increase the transfer rates without producing an excessive pressure drop.

7.1.5 Vapors that contain non-condensable gases are sent through the tubes so that the accumulation of noncondensables will be swept out.

7.1.6 If the pressure drop must be low, the fluids are sent through the shell. The same applies to viscous or low transfer rate fluids because the maximum transfer rates for a fixed pressure drop can be obtained by the use of cross baffles in the shell.

۶-۱۳-۵ لوله‌های نوع "U" نباید به کار رود.

۶-۱۳-۶ در صورت بالابودن دمای سمت محصول از ۲۰۰ درجه سانتیگراد، استفاده از مبدل‌های پوسته و لوله که در آن از آب به عنوان ماده واسطه خنک کننده استفاده می‌شود، اجتناب گردد.

۷- الزامات عمومی

۷-۱ اختصاص سیال

اختصاص سیال باید تحت شرایط زیر انجام شود:

۷-۱-۱ سیالات کثیف به خاطر تمیزکاری آسان از داخل لوله‌ها عبور می‌کنند مخصوصاً اگر دسته لوله غیرقابل تحرک باشد، اما در پوسته اگر لوله‌ها غیر قابل تمیزکاری باشند (دسته لوله‌های میله مویی) یا مقدار زیادی از کک یا ذرات وجود دارند که در داخل پوسته جمع می‌شوند و با روبرداری پوسته از بین می‌روند.

۷-۱-۲ به خاطر بالا بودن استحکام لوله با قطر کوچک (باریک) در پوسته و به علت نسبتاً ارزان بودن لوله‌های مقاوم در برابر خوردگی و اینکه مواد خورنده و رسوب آب به آسانی برطرف می‌شوند، سیال‌های با فشار بالا، خورنده و آب را از داخل لوله‌ها عبور می‌دهند.

۷-۱-۳ با افت فشار یکسان، ضرایب انتقال حرارت بزرگتر در بخش لوله‌ها نسبت به سمت پوسته می‌باشد.

۷-۱-۴ به خاطر وجود فضای مناسب، سیالات با حجم زیاد (بخارات) از سمت پوسته عبور داده می‌شوند اما سیالات با حجم کم نیز در صورتی که از صفحات جدا کننده عرضی برای افزایش شدت انتقال بدون ایجاد افت فشار اضافی استفاده شود، از سمت پوسته عبور داده می‌شوند.

۷-۱-۵ بخارهایی که شامل گازهای غیرقابل چگالش باشند به سمت لوله‌ها فرستاده می‌شوند که از تجمع گازهای غیرقابل تراکم جلوگیری می‌شود.

۷-۱-۶ اگر لازم شود که افت فشار کم باشد، سیالات باید به سمت پوسته فرستاده شوند. و کار مشابه نیز برای سیالات با گرانیوی بالا یا شدت انتقال کم اعمال می‌شود به دلیل اینکه حداکثر مقدار انتقال برای افت فشار ثابت با استفاده از صفحات جدا کننده عرضی در پوسته قابل دستیابی است.

7.1.7 In fin tube equipment, high-pressure, dirty, or corrosive stock is sent through the fin tube because it is relatively cheap, can be easily cleaned, and has a higher strength than the outside tube.

7.1.8 Condensing steam is normally passed through the tubes.

7.1.9 If the temperature change of one fluid is very large (greater than approximately 145°C to 175°C), that fluid is usually passed through the shell, rather than the tubes, if more than one tube pass is to be used. This minimizes the construction problems caused by thermal expansion. Also, to avoid thermal stress problems, fluids with greater than 175°C temperature change cannot be passed through the shell side of a two pass shell.

If the temperatures are high enough to require the use of special alloys placing the higher temperature fluid in the tubes will reduce the overall cost. At moderate temperatures, placing the hotter fluid in the tubes will reduce the shell surface temperatures, and hence the need for lagging to reduce heat loss, or for safety reasons.

7.1.10 If one of the fluids is clean (fouling factor 0.00017 m².°C/W) and is only mildly corrosive to the material selected this fluid is passed through the tubes and U-tube construction is used, where economical.

7.1.11 Viscosity

Generally, a higher heat-transfer coefficient will be obtained by allocating the more viscous material to the shell-side, providing the flow is turbulent. The critical Reynolds number for turbulent flow in the shell is in the region of 200. If turbulent flow cannot be achieved in the shell it is better to place the fluid in the tubes, as the tube-side heat-transfer coefficient can be predicted with more certainty.

7.2 Installation

7.2.1 Vertical

a) Condensate subcooling may be accomplished more easily in a vertical unit.

۷-۱-۷ در تجهیز لوله پره دار، سیال با فشار بالا، کثیف یا خورنده به سمت لوله پره دار فرستاده می‌شود زیرا نسبتاً ارزان بوده و به راحتی تمیز شده و مقاومت بالاتری نسبت به لوله بیرونی دارد.

۷-۱-۸ بخار چگالش شونده به صورت متداول از سمت لوله‌ها عبور می‌کند.

۷-۱-۹ اگر تغییر دما در سیال بسیار بزرگ باشد (بیشتر از تقریباً ۱۴۵ تا ۱۷۵ درجه سانتیگراد)، سیال عموماً در سمت پوسته و نه از سمت لوله عبور می‌کند اگر بیش از یک راهه لوله استفاده شود. این مشکلات ساخت را که از انبساط دمایی منجر می‌شود کاهش می‌دهد. همچنین برای اجتناب از مشکلات تنش حرارتی، سیالات با تغییر دمای بزرگتر از ۱۷۵ درجه سانتیگراد نباید در سمت پوسته از نوع پوسته دو راهه عبور داده شوند.

اگر دما به حد کافی بالا باشد که نیاز به استفاده از آلیاژ خاص باشد، تعبیه سیال دمای بیشتر در لوله‌ها، هزینه کلی را کاهش می‌دهد. در دماهای متوسط تعبیه سیال گرم در لوله‌ها، دمای سطح پوسته و همچنین نیاز به عایق کاری برای کاهش اتلاف حرارتی یا دلایل ایمنی را کاهش می‌دهد.

۷-۱-۱۰ اگر یکی از سیالات تمیز باشد (ضریب رسوب‌گرفتنی ۰/۰۰۰۱۷ m².°C/W) و فقط با درجه خوردگی متوسط فلز انتخاب شده باشد. این سیال از سمت لوله‌ها عبور داده شد و ساختار لوله "U" شکل استفاده می‌شود که اقتصادی می‌باشد.

۷-۱-۱۱ گرانبروی

عموماً، در صورتی که جریان متلاطم باشد ضریب انتقال حرارت بزرگتر با اختصاص مواد گرانبه‌تر به سمت پوسته به دست می‌آیند. عدد رینولدز بحرانی برای جریان درهم در پوسته حدود ۲۰۰ می‌باشد. اگر جریان متلاطم در سمت پوسته ایجاد شود، بهتر است که سیال در لوله‌ها قرار گیرد و ضریب انتقال حرارت سمت لوله با اطمینان بیشتری پیش بینی شود.

۷-۲ نصب

۷-۲-۱ عمودی

الف) فوق سردکردن میعان‌ات در واحدهای عمودی به راحتی انجام می‌شود.

b) For boiling fluids, this is usually a single tube pass type with vaporization occurring in the tubes.

7.2.2 Inclined

For tube side condensing fluids, this type of heat exchanger is sometimes employed to ensure positive drainage of the condensate from the tube. Even a few degrees inclination from the horizontal prevents the accumulation of condensate and possible redistribution, flooding, and surging effects.

7.2.3 Horizontal

Others.

7.3 Nozzle Location

The following rules are suggested as a guide for locating heat exchanger nozzles:

- 1) Streams being heated or vaporized should flow from bottom to top, whether on the tube side or the shell side.
- 2) Streams being condensed should flow from top to bottom, whether on the tube side or the shell side.
- 3) The direction of flow of streams being cooled should be dictated by piping economics.

7.4 Impingement Baffles and Erosion Protection

The following paragraphs should provide limitations to prevent or minimize erosion of tube bundle components at the entrance and exit areas. These limitations have no correlation to tube vibration and the designer should refer to Section 6 of TEMA for information regarding this phenomenon.

7.4.1 Shell side impingement protection requirements

An impingement plate, or other means to protect the tube bundle against impinging fluids, shall be provided when entrance line values of ρV^2 exceed the following: non-corrosive, non-abrasive, single phase fluids, 2230; all other liquids, including a liquid at its boiling point, 744. For all other gases and vapors, including all nominally saturated vapors, and for liquid vapor mixtures, impingement protection is required. V

ب) برای سیالات جوشان نوع یک راهه لوله با تبخیری که در لوله‌ها اتفاق می‌افتد، متداول است.

۲-۲-۷ مورب

برای سیالات مایع شده سمت لوله، این نوع از مبدل حرارتی برای اطمینان از تأمین تخلیه چگالیده از لوله‌ها در برخی مواقع به کار می‌رود. حتی چند درجه تورب از حالت افقی، از جمع شدن چگالیده و امکان توزیع دوباره، طغیان و اثرات موج ممانعت می‌کند.

۳-۲-۷ افقی

سایر موارد.

۳-۷ محل نازل

قواعد زیر برای محل نازل‌های مبدل حرارتی به عنوان راهنما پیشنهاد می‌شوند.

- ۱) جریان‌هایی که باید گرم شوند یا تبخیر شوند خواه سمت لوله یا سمت پوسته باید از پایین به بالا حرکت کنند.
- ۲) توصیه می‌شود جریان‌هایی که چگالیده می‌شوند خواه سمت لوله یا سمت پوسته از بالا به پایین حرکت کنند.
- ۳) توصیه می‌شود جهت جریان‌هایی که سرد می‌شوند توسط اقتصاد لوله‌کشی معین شود.

۴-۷ صفحات برخوردی و محافظ سایشی

پاراگراف‌های زیر محدودیت‌هایی جلوگیری از سایش اجزاء دسته لوله در سطوح ورودی و خروجی و یا به حداقل رساندن آنرا عرضه می‌نماید. این محدودیت‌ها هیچ ارتباطی با ارتعاش لوله ندارد و توصیه می‌شود طراح به قسمت ۶ از TEMA برای اطلاع از این پدیده مراجعه نماید.

۱-۴-۷ الزامات حفاظت برخوردی سمت پوسته

صفحه برخوردی یا وسایل دیگری که دسته لوله را از برخورد سیال محافظت می‌کند، در صورت افزایش ρV^2 ورودی از مقدار زیر باید تعبیه شوند: سیالات غیرخورنده، غیرساینده، تک فاز، ۲۲۳۰؛ سایر مایعات، شامل مایعات در نقطه جوش، ۷۴۴؛ برای سایر گازها و بخارات شامل بخارات اشباع و برای مخلوط مایع بخار حفاظت برخوردی لازم است. V سرعت خطی سیال

is the linear velocity of the fluid in meter per second and ρ is its density in kg per cubic meter. A properly designed diffuser may be used to reduce line velocities at shell entrance.

7.4.2 Shell or bundle entrance and exit areas

In no case shall the shell or bundle entrance or exit area produce a value of ρV^2 in excess of 5950 where V is the linear velocity of the fluid in meter per second and ρ is its density in kilogram per cubic meter.

7.4.2.1 Shell entrance or exit area with impingement plate

When an impingement plate is provided, the flow area shall be considered the unrestricted area between the inside diameter of the shell at the nozzle and the face of the impingement plate.

7.4.2.2 Shell entrance or exit area without impingement plate

For determining the area available for flow at the entrance or exit of the shell where there is no impingement plate, the flow area between the tubes within the projection of the nozzle bore and the actual unrestricted radial flow area from under the nozzle or dome measured between the tube bundle and shell inside diameter may be considered.

7.4.2.3 Bundle entrance or exit area with impingement plate

When an impingement plate is provided under a nozzle, the flow area shall be the unrestricted area between the tubes within the compartments between baffles and/or tubesheet.

7.4.2.4 Bundle entrance or exit area without impingement plate

For determining the area available for flow at the entrance or exit of the tube bundle where there is no impingement plate, the flow area between the tubes within the compartments between baffles and/or tubesheet may be considered.

7.4.3 Tube side

Consideration shall be given to the need for special devices to prevent erosion of the tube ends under the following conditions:

- 1) Use of an axial inlet nozzle.

بر حسب متر بر ثانیه و ρ چگالی آن بر حسب کیلوگرم بر متر مکعب است. پخش کن با طراحی مناسب، ممکن است برای کاهش سرعت خط در ورودی پوسته به کار رود.

۷-۴-۲ سطوح ورود و خروج پوسته و دسته لوله

به هیچ وجه نباید پوسته و یا سطح ورود و خروج پوسته لوله مقدار ρV^2 بیش از ۵۹۵۰ تولید نمایند که V سرعت خطی سیال بر حسب متر بر ثانیه و ρ چگالی آن بر حسب کیلوگرم بر متر مکعب می‌باشد.

۷-۴-۲-۱ سطوح ورود یا خروج پوسته با صفحه برخورد

زمانی که یک صفحه برخورد به کار رود، سطح جریان باید سطح باز بین قطر داخلی پوسته در نازل و صفحه برخورد در نظر گرفته شود.

۷-۴-۲-۲ سطوح ورود یا خروج پوسته بدون صفحه

برخورد

برای تعیین سطح موجود جریان در ورود یا خروج پوسته در صورت نبودن صفحه برخورد، سطح جریان بین لوله‌ها در پیش آمدگی داخلی نازل و سطح جریان باز شعاعی حقیقی که از زیر نازل یا برآمدگی اندازه گرفته می‌شود، بین دسته لوله و قطر داخلی پوسته ممکن است لحاظ شود.

۷-۴-۲-۳ سطح ورود یا خروج دسته لوله با صفحه

برخورد

در صورتی که صفحه برخورد زیر نازل تعبیه شود، سطح جریان باید سطح باز بین لوله‌ها در بخش و صفحات جدا کننده و/یا صفحه لوله باشد.

۷-۴-۲-۴ سطح ورود یا خروج دسته لوله بدون صفحه

برخورد

برای تعیین سطح موجود جریان در ورود یا خروج دسته لوله در صورت نبودن صفحه برخورد، سطح جریان بین لوله‌ها در بخش بین صفحات جدا کننده و/یا صفحه لوله می‌تواند لحاظ شود.

۷-۴-۳ سمت لوله

برای محافظت از سایش سر لوله در شرایط زیر، نیاز به وسایل مخصوص مطابق موارد زیر باید توجه شود:

- ۱) استفاده از نازل محوری ورودی

2) Liquid ρV^2 is in excess of 8925, where V is the linear velocity in meter per second, and ρ is its density in kg per cubic meter.

۲) ρV^2 مایع بیش از ۸۹۲۵ باشد که V سرعت بر حسب متر بر ثانیه و ρ چگالی بر حسب کیلوگرم بر مترمکعب باشد.

7.4.3.1 Shell and tube fluid velocities

High velocities will give high heat-transfer coefficients but also a high-pressure drop. The velocity must be high enough to prevent any suspended solids settling, but not so high as to cause erosion. High velocities will reduce fouling. Plastics inserts are sometimes used to reduce erosion at the tube inlet. Typical design velocities are given below:

۷-۴-۳-۱ سرعت‌های سیال پوسته و لوله

سرعت‌های بالا منجر به ضرایب انتقال حرارت بالا اما همچنین افت فشار بالا می‌شوند. سرعت باید به اندازه‌ای بالا باشد که از ته نشین شدن ذرات معلق جلوگیری کند اما نه آنقدر که منجر به سایش شود. سرعت‌های بالا رسوب را کاهش می‌دهند. تعبیه پلاستیک‌ها اغلب برای کاهش سایش در ورودی لوله استفاده می‌شود. سرعت‌های طراحی نمونه در زیر آمده‌اند:

7.4.3.2 Liquids

Tube-side, process fluids: 1 to 2 m/s, maximum 4 m/s if required to reduce fouling; water: 1.5 to 2.5 m/s as the following Table 1. Shell-side: 0.3 to 1 m/s.

۷-۴-۳-۲ مایعات

سیالات فرآیند سمت لوله: ۱ تا ۲ متر در ثانیه، حداکثر ۴ متر در ثانیه در صورت نیاز به کاهش رسوب: آب: ۱/۵ تا ۲/۵ متر در ثانیه مطابق جدول ۱. سمت پوسته ۰/۳ تا ۱ متر در ثانیه.

TABLE 1 - COOLING WATER VELOCITIES (TUBE SIDE)

جدول ۱- سرعت‌های آب خنک کن (سمت لوله)

TUBE MATERIALS جنس‌های لوله		AVERAGE SPEED سرعت متوسط			
		(m/s)		(ft./sec.)	
		min. حداقل	max. حداکثر	min. حداقل	max. حداکثر
Carbon steel	فولاد کربن دار	0.9	1.8	3	6
Admiralty	آلیاژ آلومینیومی	0.9	1.8	3	6
Aluminum brass	برنج-آلومینیم	0.9	2.4	3	8
Aluminum bronze	برنز-آلومینیم	1.5	3.1	5	10
Cupronickel	مس نیکل دار	1.5	3.1	5	10
Aluminum	آلومینیوم	0.9	3.1	3	10
Monel	مونل	1.8	3.6	6	12
Stainless steel	فولاد زنگ نزن	2.4	3.6	8	12

7.4.3.3 Vapors

For vapors, the velocity used will depend on the operating pressure and fluid density; and allowable pressure drop.

۷-۴-۳-۳ بخارات

برای بخارات، سرعت مورد استفاده به فشار عملیاتی و چگالی سیال و افت فشار مجاز بستگی دارد.

7.5 Geometrical

۷-۵-۱ آرایش هندسی

7.5.1 Tube pattern

۷-۵-۱ آرایش لوله

Standard tube patterns are shown in Fig. 1

آرایش استاندارد لوله‌ها در شکل ۱ نشان داده شده است.

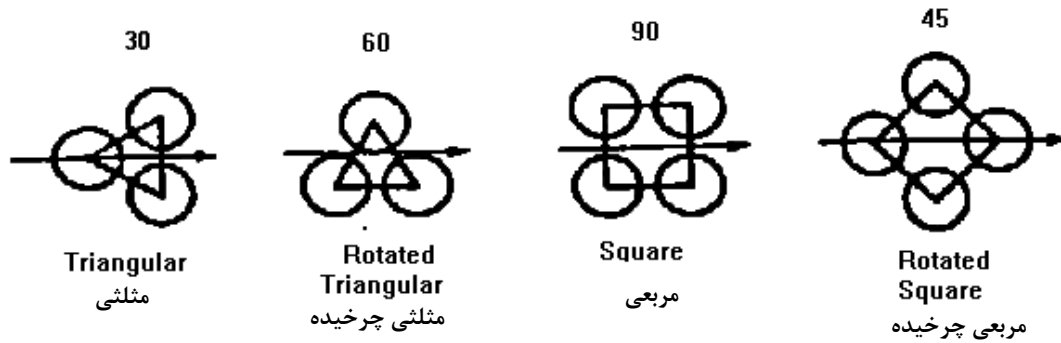


Fig. 1

شکل ۱

Note: Flow Arrows are Perpendicular to the Baffle Cut Edge.

یادآوری: بردارهای جریان عمود بر برش صفحه جدا کننده می باشد.

a) Triangular pattern

Most popular, generally suitable for non-fouling or fouling services of chemical treatment processes medium to high pressure drop; gives better coefficients than square pitch.

b) Rotated triangular pattern

Not as popular as the staggered triangular pitch; coefficients not as high, but better than square pitch; pressure drop about medium to high; generally suitable for same fouling conditions as above

c) Square pattern

Popular for conditions requiring low pressure drop and/or cleaning lanes for mechanical cleaning of outside of tubes; coefficient lower than triangular pitch.

d) Rotated square pattern

Popular arrangement for reasonably low pressure drop (not as low as square), mechanical cleaning requirements, and better coefficient than square pitch.

الف) آرایش مثلثی

بسیار رایج است، عموماً برای کاربری‌های غیررسوبده یا رسوبده فرآیندهای فرآورش شیمیایی با افت فشار متوسط به بالا مناسب است، نسبت به آرایش مربعی ضرایب بهتری دارد.

ب) آرایش مثلثی چرخیده

مثل آرایش مثلثی رایج نیست، ضرایب چندان بالا نبوده اما نسبت به آرایش مربعی بهتر است. افت فشار متوسط به بالا داشته و عموماً برای شرایط رسوبی بالا مناسب می باشد.

ج) آرایش مربعی

برای شرایطی که افت فشار کم و/یا مسیرهایی برای تمیزکاری مکانیکی بیرون لوله‌ها لازم دارند، رایج است و ضرایب کمتری نسبت به آرایش مثلثی دارد.

د) آرایش مربعی چرخیده

برای افت فشارهای نسبتاً کم (نه به کمی مربعی) آرایش رایجی است. نسبت به آرایش مربعی نیاز به الزامات تمیزکاری مکانیکی بیشتر و ضریب بهتری دارد.

7.5.2 Tube pitch

7.5.2.1 Tube pitch (for Class R)

Tubes shall be spaced with a minimum center-to-center distance of 1.25 times the outside diameter of the tube. When mechanical cleaning of the

۷-۵-۲ گام لوله

۷-۵-۲-۱ گام لوله (برای طبقه بندی R)

حداقل فاصله مرکز به مرکز لوله‌ها باید ۱/۲۵ برابر قطر خارجی لوله باشد. در صورتی که تمیزکاری مکانیکی لوله‌ها

tubes is specified by the Company, minimum cleaning lanes of DN6.4 (1/4 inch) shall be provided.

7.5.2.2 Tube pitch (for Class C)

Tubes shall be spaced with a minimum center-to-center distance of 1.25 times the outside diameter of the tube. Where the tube diameters are DN 16 (5/8 inch) or less and tube-to-tubesheet joints are expanded only, the minimum center-to-center distance may be reduced to 1.20 times the outside diameter.

7.5.2.3 Tube pitch (for Class B)

Tubes shall be spaced with a minimum center-to-center distance of 1.25 times the outside diameter of the tube. When mechanical cleaning of the tubes is specified by the Company and the nominal shell diameter is DN300 (12 inches) or less, minimum cleaning lanes of DN 5 (3/16 inch) shall be provided. For shell diameters greater than DN 300 (12 inches), minimum cleaning lanes of DN 6.4 (1/4 inch) shall be provided.

7.5.3 Bypasses and block valves

Bypasses and block valves are used on an exchanger for one or more of the following reasons:

7.5.3.1 Process control

When it is necessary to control the heat transfer in an exchanger, use either:

- 1) A simple bypass and 2 valves or
- 2) A bypass and a three-way valve (or two butterfly valves) which splits the flow between the bypass and the exchanger.

A three-way valve is necessary when the exchanger pressure drop is so small that insufficient fluid diversion would take place through a simple bypass in the wide open position.

7.5.3.2 Leakage

Where leaking of one side of a heat exchanger would result in intolerable contamination of the other fluid (as in an overhead vapor-feed exchanger of a pipestill), blocks and bypasses

توسط شرکت معین شود، حداقل مسیره‌های تمیزکاری با قطر اسمی ۶/۴ (۱/۴ اینچ) باید تعبیه شود.

۷-۲-۵-۲ گام لوله (برای طبقه بندی C)

حداقل فاصله مرکز به مرکز لوله‌ها باید ۱/۲۵ برابر قطر خارجی لوله باشد. جایی که قطرهای اسمی لوله ۱۶ (۵/۸ اینچ) یا کمتر باشد و اتصال لوله به صفحه لوله به صورت انبساطی باشد. حداقل فاصله مرکز به مرکز می‌تواند تا ۱/۲۰ برابر قطر خارجی لوله کاهش یابد.

۷-۲-۵-۳ گام لوله (برای طبقه بندی B)

حداقل فاصله مرکز به مرکز لوله‌ها باید ۱/۲۵ برابر قطر خارجی لوله باشد. در صورتی که تمیزکاری مکانیکی، لوله‌ها توسط شرکت معین شود و قطر اسمی پوسته ۳۰۰ (۱۲ اینچ) یا کمتر باشد، مسیره‌های تمیزکاری با حداقل قطر اسمی ۵ (۳/۱۶ اینچ) باید تعبیه شوند. برای قطر اسمی پوسته بیشتر از ۳۰۰ (۱۲ اینچ)، مسیره‌ها تمیزکاری باید حداقل قطر اسمی ۶/۴ (۱/۴ اینچ) تعبیه گردد.

۷-۵-۳ شیرهای کنارگذر و انسداد

شیرهای کنارگذر و انسداد در مبدل‌ها برای یک یا چند دلیل زیر به کار می‌روند:

۷-۳-۵-۱ کنترل فرآیند

زمانی که انتقال حرارت در مبدل نیاز به کنترل دارد، استفاده هر یک از موارد زیر:

- ۱) یک کنارگذر ساده با ۲ شیر یا
- ۲) یک کنارگذر و یک شیر سه راهه (یا دو شیر پروانه‌ای) که جریان را بین مبدل و کنارگذر تقسیم می‌کند.

شیر سه راهه زمانی لازم است که افت فشار مبدل آنقدر کم است که انحراف جریان غیرکافی در مسیر جریان کنارگذر در حالت کاملاً باز اتفاق می‌افتد.

۷-۳-۵-۲ نشستی

جایی که نشستی از یک سمت مبدل حرارتی منجر به آلودگی شدید سیال دیگر شود (مثل مبدل خوراک - بخار بالاسری دستگاه تقطیر)، مسدود کننده‌ها و کنارگذرها برای مجزا

may be installed to permit isolating the leaking unit from the system. In addition, welded tube to tubesheet joints or double tubesheets should be considered.

7.5.4 Baffles

7.5.4.1 Types

The four types of cross baffles in shell and tube type exchangers are illustrated in Fig. 2:

a) Segmental

This type is the most common baffles.

b) Double segmental

Double segmental baffles give one-third to one-half the pressure drop and 60 to 90 percent of the heat transfer for the same total flow rate compared with units with segmental baffles having the same spacing and cut. Therefore, if the pressure drop is a limitation factor at the maximum allowable segmental baffle spacing, the use of a double segmental baffle should be investigated.

c) Triple segmental

Triple segmental baffles have proved very effective in low pressure drop applications in both laminar and turbulent flows.

d) No-tubes-in-window

Support plates can be used with no-tubes-in-window type baffles. Therefore these type baffles can eliminate flow induced tube vibration.

7.5.4.2 Cut as percentage of shell in side diameter

The percent baffle cut is determined at position 1 as shown in Fig. 3:

a) Segmental

Maximum cuts allowed are 49 percent.

b) Double, triple segmental

Normally specifies the cut of baffles in a manner which gives equal net flow area for each window.

کردن واحد نشستی دار از سامانه باید نصب شوند. بعلاوه، اتصالات جوشی لوله به مفصل‌های صفحه لوله یا صفحات لوله دوتایی باید لحاظ شوند.

۷-۵-۴ صفحات جدا کننده‌ها

۷-۵-۴-۱ انواع

چهار نوع از صفحات جدا کننده عرضی در مبدل‌های پوسته و لوله در شکل ۲ تشریح شده‌اند:

الف) قطعه‌ای

این نوع از صفحات جدا کننده بسیار رایج است.

ب) دو قطعه‌ای

صفحات جدا کننده‌های دو قطعه‌ای افت فشار یک سوم تا نصف و انتقال حرارت ۶۰ تا ۹۰ درصد با دبی جریان کل یکسان به نسبت واحدهایی با صفحات جدا کننده قطعه‌ای که فاصله و برش یکسان دارند. از این رو اگر افت فشار پارامتر محدودکننده در حداکثر فاصله مجاز صفحه جدا کننده‌های قطعه‌ای باشد، استفاده از صفحات جدا کننده دو قطعه‌ای باید بررسی شود.

ج) سه قطعه‌ای

صفحات جدا کننده‌های سه قطعه‌ای برای کاربردهای افت فشار پایین در هر دو جریان آرام و تلاطم بسیار کارآمد است.

د) بدون لوله در دریچه

صفحات نگهدارنده می‌توانند با صفحات جدا کننده بدون لوله در دریچه استفاده شوند. با این وجود، این نوع از صفحات جدا کننده لرزش لوله ناشی از جریان را حذف می‌کنند.

۷-۵-۴-۲ برش درصدی از قطر داخلی پوسته

برش درصدی صفحه جدا کننده در محل ۱ شکل ۳ نشان داده شده است:

الف) قطعه‌ای

حداکثر برش مجاز ۴۹ درصد می‌باشد

ب) دو یا سه قطعه‌ای

معمولاً برش صفحه‌های جدا کننده به طریقی انجام می‌شود که سطح عبور جریان خالص یکسان برای هر روزنه ایجاد شود.

c) No-tubes-in-window

The cut is extremely important because it not only defines the window flow area but also affects the tube count and the height under the window.

7.5.4.3 Baffle cut orientation:**a) Vertical cut**

The baffle edge is usually vertical for service in horizontal condensers, reboilers, vaporizers and heat exchangers carrying suspended matter or heavy fouling fluids. With this arrangement non-condensable vapors and inert gases can escape or flow along the top of the unit and thus prevent vapor binding or vapor lock causing a blanking-to-heat transfer of the upper portion of the shell.

Also, equally important as the passage of vapor, is the release of liquid from the lower portion of the shell as it is produced.

b) Horizontal cut

The horizontal cut baffles are good for all gas phase or liquid phase service in the shell. However, if there is dissolved gas in the liquid which may be released in the exchanger, this baffle should not be used, or else notches should be cut at the top for the passage of gas. Notches, will only be effective for small traces of released gas. Liquid should be clean, otherwise sediment will collect at the base of every other baffle segment and blank off part of the lower tubes to the heat transfer.

ج) بدون لوله در دریچه

از آنجاییکه برش نه تنها سطح جریان در دریچه بلکه تعداد لوله‌ها و ارتفاع زیر دریچه را نیز تحت تأثیر قرار می‌دهد، بسیار حیاتی می‌باشد.

۷-۴-۵ جهت برش صفحه جدا کننده**الف) برش عمودی**

در چگالنده‌های افقی، باز جوشاننده‌ها، بخارسازها و مبدل‌های حرارتی که مواد معلق یا سیالات رسوبده شدید برش صفحات جدا کننده همیشه عمودی است. در این آرایش بخارات غیرقابل چگالش و گازهای خنثی می‌توانند خارج شوند یا به سمت بالا جریان یابند که مانع از محدود شدن یا بسته شدن بخار که منجر به کاهش انتقال حرارت قسمت بالایی پوسته می‌شود.

همچنین به اندازه اهمیت عبور بخار، خروج مایع تولید شده نیز از بخش پایینی پوسته مهم است.

ب) برش افقی

برش افقی برای کاربری فاز گاز یا فاز مایع در پوسته مناسب است. با این وجود اگر گاز محلول در مایع باشد که ممکن است در مبدل آزاد شود، استفاده از این صفحه جدا کننده توصیه نمی‌گردد، یا برای عبور گازها در بالا توصیه می‌شود شکاف‌هایی در نظر گرفته شوند. شکاف‌ها برای مقدار کم خروج گاز ثمربخش هستند. سیال باید تمیز باشد در غیر این صورت ذرات در کف هر بخش صفحه جدا کننده جمع شده و انتقال حرارت لوله‌های پایینی را از بین می‌رود.

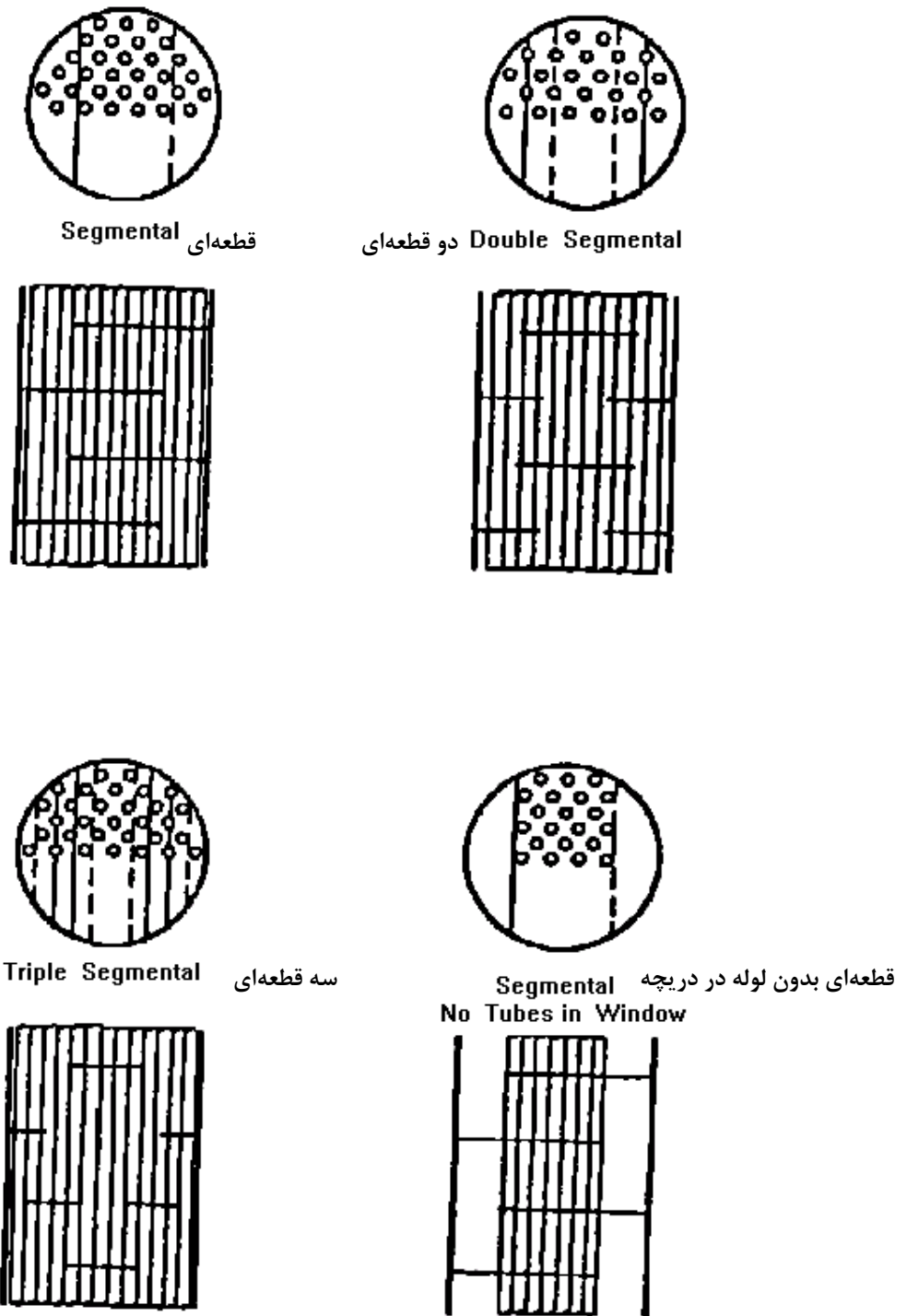


Fig. 2-BAFFLE TYPES

شکل ۲- انواع صفحات جدا کننده

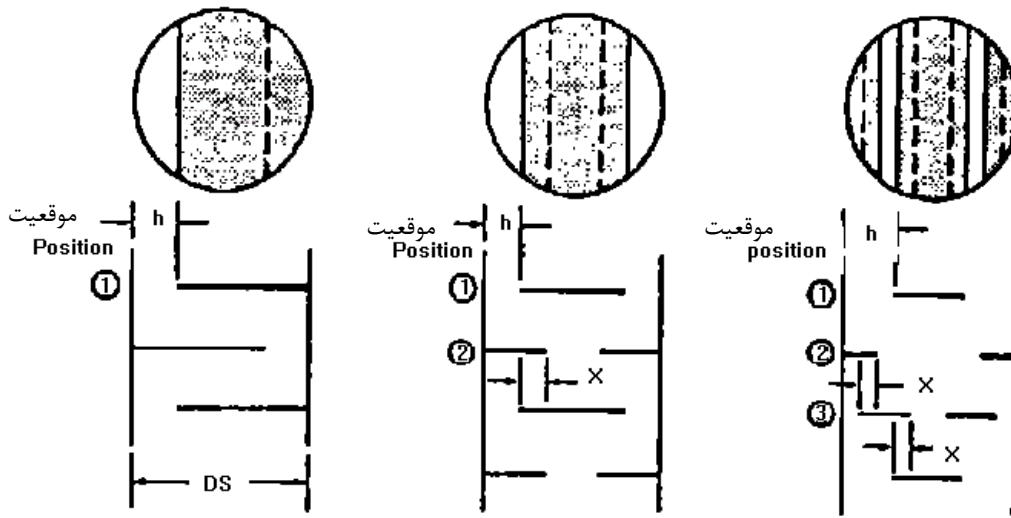


Fig. 3-BAFFLE CUT

شکل ۳- برش صفحات جدا کننده

Note:

$$\% \text{ Baffle cut} = \frac{h}{DS} \times 100$$

X: Overlap (normally two tube rows overlap)

7.5.5 Spacing of baffles and support plates

7.5.5.1 Minimum spacing

Segmental baffles normally should not be spaced closer than 1/5 of the shell ID or DN 50 (2 inches), whichever is greater. However, special design considerations may dictate a closer spacing.

7.5.5.2 Maximum spacing

Tube support plates shall be so spaced that the unsupported tube length does not exceed the value indicated in the project specification for the tube material used.

7.5.5.3 Tie rods and spacers

The rods and spacers or other equivalent means of tying the baffle system together, shall be provided to retain all transverse baffles and tube support plates securely in position.

یادآوری:

$$\frac{h}{DS} \times 100 = \text{درصد برش صفحه جدا کننده}$$

X: هم پوشانی (عموماً دو ردیف لوله هم پوش می شوند)

۷-۵-۵ فاصله گذاری صفحات جدا کننده و صفحات

نگهدارنده

۷-۵-۱ حداقل فاصله گذاری

عموما توصیه نمی شود فاصله گذاری صفحات جدا کننده قطعه‌ای کمتر از $\frac{1}{5}$ قطر داخلی پوسته یا قطر اسمی ۵۰ (۲ اینچ)، هر کدام بزرگتر باشد، انتخاب شود. با این وجود ملاحظات طراحی خاص ممکن است که فاصله گذاری نزدیکتر را تحمیل نماید.

۷-۵-۲ حداکثر فاصله گذاری

فاصله صفحات نگهدارنده لوله باید آنقدر باشد که طول لوله حد فاصل صفحات (با توجه به جنس لوله) از مقدار مشخص شده در مشخصات فنی پروژه بیشتر نباشد.

۷-۵-۳ میله‌های رابط و جداکننده‌ها

باید برای نگهداشتن صفحات جدا کننده عرضی و صفحات محافظ لوله‌ها محکم در موقعیت خود، میله‌ها و جداکننده‌ها یا سایر تجهیزات معادل بستن سامانه صفحه جدا کننده به همدیگر، تعبیه شوند.

7.5.6 Finned tube

It has been recognized for some time that the use of integral finned tubes in shell and tube type heat exchangers can have significant economic advantages in certain applications. On the other hand, there are also conditions under which these tubes would provide no advantage over plain tubes. In order to make proper use of their potential, therefore, each case should be carefully evaluated. Some of the factors which limit the use of finned tubes are as follows:

7.5.6.1 Low tubeside heat transfer coefficient

If the tubeside resistance is a controlling factor, the outside finned surface is almost completely ineffective, and plain tubes should be used instead.

7.5.6.2 High tubeside fouling factor

The additional outside area does nothing to decrease the tubeside fouling resistance and, if this factor is controlling, finned tubes should be used.

7.5.6.3 High shell side fouling factor

The effect of fouling on the outside of finned tubes has long been a controversial subject. It is obvious that if fin valleys become filled with fouling deposit, heat transfer cannot take place at the finned surface.

7.5.6.4 Extended surface

Extended surface exchangers are characterized by tubes with either longitudinal or transverse helical fins. This type of surface is best employed when the heat transfer properties of one fluid result in a high resistance to heat flow and those of the other fluid have a low resistance. The fluid with the high resistance to heat flow contacts the fin surface.

7.5.6.5 Brazed plate fin

Brazed plate fin heat exchangers are made up of a stack of layers which consist of a corrugated fin between plate metal sheets, sealed off on two sides by channels or bars to form a passage for the flow of fluid. Maximum design conditions are about 41 bar(ga) at 38°C. Typical design conditions are for lower pressure and sub zero temperatures. Plate-fin type exchangers in applicable services in some recent ethylene plant

۷-۵-۶ لوله پره‌دار

در برخی موارد واضح است که استفاده از لوله‌های پره‌دار در مبدل‌های حرارتی نوع پوسته و لوله مزایای اقتصادی مشخصی در کاربردهای بخصوص داشته باشد. از طرف دیگر شرایطی وجود دارد که این لوله‌ها هیچ مزایایی نسبت به لوله‌های ساده ندارند. به منظور استفاده مناسب از کارایی آنها هر مورد باید به دقت ارزیابی شود. برخی از فاکتورهایی که استفاده از لوله‌های پره‌دار را محدود می‌کنند، عبارتند از:

۷-۵-۶-۱ ضریب انتقال حرارت کم سمت لوله

اگر مقاومت سمت لوله عامل کنترل کننده باشد، سطح پره‌دار بیرونی همیشه غیرموثر است و بجای آنها توصیه می‌شود از لوله‌های ساده استفاده شود.

۷-۵-۶-۲ ضریب رسوب زیاد سمت لوله

افزایش سطح بیرونی اثری در کاهش مقاومت رسوبی سمت لوله نداشته و اگر این عامل کنترل کننده باشد، توصیه می‌شود از لوله‌های پره‌دار استفاده شوند.

۷-۵-۶-۳ ضریب رسوب زیاد سمت پوسته

اثر رسوب در بیرون لوله‌های پره‌دار موضوع بحث‌انگیز درازی بوده است. روشن است که اگر فضای بین پره‌ها با ذرات رسوب پر شود، انتقال حرارت از سطح پره قابل انجام نخواهد بود.

۷-۵-۶-۴ سطوح توسعه یافته

مبدل‌های سطوح توسعه یافته با لوله‌های با پره‌های طولی یا عرضی مارپیچی شناخته می‌شوند. این نوع از سطح بهترین کاربرد را زمانی دارد که خواص انتقال حرارت یک سیال منجر به مقاومت بالا در انتقال گرما و سیال دیگر مقاومت کمی داشته باشد. سیال با مقاومت بالا در انتقال گرما با سطح پره‌دار در تماس قرار می‌گیرد.

۷-۵-۶-۵ پره برنجی لحیم شده

مبدل‌های حرارتی پره‌دار برنجی لحیم شده از مجموعه‌ای از پره‌های موجدار بین صفحات فلزی، آب‌بندی شده از دو طرف توسط کانال یا میله‌هایی برای تشکیل مسیر جریان سیال ساخته شده است. حداکثر شرایط طراحی ۴۱ بار(نسبی) در ۳۸ درجه سانتیگراد می‌باشد. شرایط طراحی معمولی برای فشار پایین و دمای زیر صفر می‌باشد. مبدل‌های نوع صفحه‌ای پره‌دار در کاربری‌های قابل استفاده در برخی

designs have been used.

طراحی های اخیر واحد اتیلن استفاده شده است.

7.5.6.6 Spiral wound (Hampson Coil)

Spiral tube heat exchangers consist of a group of concentric spirally wound coils, which are connected to tube sheets. Features include countercurrent flow, elimination of differential expansion problems, compactness, and provision for more than two fluids exchanging heat. In general, these units are used in cryogenic applications where the process pressure is 45 bar (ga) or greater.

۷-۵-۶-۶ مارپیچی شده (کویل Hampson)

مبدل های حرارتی لوله ای دوار شامل مجموعه ای از کویل های مارپیچی هم مرکز می باشد که به صفحه لوله ها متصل شده است. مزایای آن شامل جریان غیرهمسو، حذف مشکلات انبساط متفاوت، تراکم حجم و پیش بینی تبادل حرارت برای بیش از دو سیال می باشد. در کل این واحدها برای کاربردهای سرمایشی با فشار فرآیندی ۴۵ بار (نسبی) و بیشتر استفاده می شود.

8. BASIC RELATIONS

۸- روابط پایه

8.1 Fluid Temperature Relations

۸-۱ روابط دمای سیال

8.1.1 Logarithmic mean temperature difference (LMTD)

۸-۱-۱ اختلاف دمای میانگین لگاریتمی (LMTD)

For cases of true countercurrent or cocurrent flow, the logarithmic mean temperature difference should be used if the following conditions substantially apply:

برای حالت های جریان همسو یا غیرهمسو واقعی، توصیه می شود از اختلاف دمای میانگین لگاریتمی استفاده شود، اگر شرایط زیر اساساً به کار رود:

- Constant overall heat transfer coefficient.
- Complete mixing within any shell cross pass or tube pass.
- The number of cross baffles is large.
- Constant flow rate and specific heat.
- Enthalpy is a linear function of temperature.
- Equal surface in each shell pass or tube pass.
- Negligible heat loss to surroundings or internally between passes.

- ضریب کلی انتقال حرارت ثابت.
- اختلاط کامل در هر راهه لوله یا راهه جانبی پوسته.
- تعداد صفحات جدا کننده عرضی زیاد.
- دبی سیال و گرمای ویژه ثابت.
- آنتالپی تابع خطی از دما.
- سطح مساوی در هر راهه لوله یا پوسته.
- اتلاف ناچیز حرارت به محیط یا داخلی بین راهه ها.

8.1.2 Correction for multipass flow

۸-۱-۲ تصحیح برای جریان چند راهه

In multipass heat exchangers, where there is a combination of cocurrent and countercurrent flow in alternate passes, the mean temperature difference is less than the logarithmic mean calculated for countercurrent flow and greater than that based on cocurrent flow. The correct mean temperature difference may be evaluated as the product of the logarithmic mean for countercurrent flow and an LMTD correction factor, F. For these factors refer to TEMA.

در مبدل های حرارتی چند راهه، جایی که ترکیبی از جریان همسو و غیر همسو در راهه های مختلف وجود دارد، اختلاف دمای میانگین کمتر از میانگین لگاریتمی محاسبه شده برای جریان غیرهمسو و بیشتر برای جریان همسو می باشد. اختلاف دمای میانگین تصحیح شده از محاسبه حاصل ضرب میانگین لگاریتمی جریان غیرهمسو و ضریب تصحیح F برای LMTD به دست می آید. برای این ضرایب به TEMA مراجعه شود.

8.2 Fouling

۸-۲ رسوب گرفتگی

8.2.1 Types of fouling

۸-۲-۱ انواع رسوب گرفتگی

Currently five different types of fouling

امروزه پنج نوع از مکانیزم های رسوب گرفتگی شناخته شده

mechanisms are recognized. They are individually complex, often occurring simultaneously, and their effects may increase pressure drop, accelerate corrosion and decrease the overall heat transfer coefficient. The five different types are:

- a) Precipitation fouling.
- b) Particular fouling.
- c) Chemical reaction fouling.
- d) Corrosion fouling.
- e) Biological fouling

For further information refer to TEMA.

8.2.2 Considerations in evaluating fouling resistance

The determination of appropriate fouling resistance values involves both physical and economic factors, many of which vary from user to user, even for identical services. When these factors are known, they can be used to adjust typical base values.

8.2.2.1 Physical considerations

Typical physical factors influencing the determination of fouling resistances are:

- Fluid properties and the propensity for fouling.
- Heat exchanger geometry and orientation.
- Surface and fluid bulk temperatures.
- Local fluid velocities.
- Heat transfer process.
- Fluid treatment to prevent corrosion and biological growth
- Fluid treatment to reduce fouling
- Cathodic protection.
- Tube material, configuration and surface finish

8.2.2.2 Economic considerations

Typical economic factors influencing the determination of appropriate fouling resistances are:

است. هر کدام ذاتا پیچیده، اغلب همزمان اتفاق می‌افتد و اثرات آنها افت فشار را افزایش می‌دهد، خوردگی را شتاب بخشیده و ضریب کلی انتقال حرارت را کاهش می‌دهند. پنج نوع عبارتند از:

الف) رسوب ته نشینی.

ب) رسوب ذرات.

ج) رسوب واکنش شیمیایی.

د) رسوب خوردگی.

ه) رسوب بیولوژیکی

برای اطلاعات بیشتر به TEMA مراجعه شود.

۸-۲-۲ ملاحظات برای محاسبه مقاومت رسوب گرفتگی

مشخص کردن مقدار مقاومت رسوب گرفتگی مناسب شامل عامل های همزمان فیزیکی و اقتصادی می‌باشد که از هر کاربر به کاربر دیگر حتی برای کاربری‌های یکسان بسیار متفاوت است. زمانی که این فاکتورها شناخته شوند، آنها می‌توانند برای تنظیم مقادیر پایه وابسته استفاده شوند.

۸-۲-۲-۱ ملاحظات فیزیکی

عامل های فیزیکی نمونه که محاسبه مقاومت رسوب گرفتگی را تحت تأثیر قرار می‌دهند عبارتند از:

- خواص سیال و تمایل به رسوب.
- شکل هندسی و جهت قرار گرفتن مبدل حرارتی
- دمای سطح انتقال حرارت و توده سیال .
- سرعت های نقطه ای سیال.
- مکانیزم انتقال حرارت.
- فرآورش سیال برای ممانعت از خوردگی و رشد بیولوژیکی.
- فرآورش سیال برای کاهش رسوب دهی.
- محافظت کاتدیک.
- جنس لوله، آرایش و پردازش سطح.

۸-۲-۲-۲ ملاحظات اقتصادی

فاکتورهای اقتصادی نمونه که محاسبه مقاومت رسوب گرفتگی را تحت تأثیر قرار می‌دهند عبارتند از:

- Frequency and amount of cleaning costs.
 - Maintenance costs.
 - Operating and production costs.
 - Longer periods of time on stream.
 - Fluid pumping costs.
 - Depreciation rates.
 - Tax rates.
 - Initial cost and variation with size.
 - Shut down costs.
 - Out-of-service costs.
- توالی و مقدار هزینه تمیزکاری.
 - هزینه نگهداری
 - هزینه عملیات و تولید.
 - دوره‌های طولی‌تر زمان کارکرد.
 - هزینه تلمبه کردن سیال.
 - نرخ استهلاک.
 - نرخ مالیات.
 - هزینه اولیه و تغییرات آن با اندازه.
 - هزینه بستن.
 - هزینه‌های خروج از کاربری.

8.2.2.3 Further explanation to physical considerations

a) Surface and bulk temperatures

For many kinds of fouling, as the temperatures increase, the amount of fouling increases. Lower temperatures produce slower fouling build-up and deposits that often are easier to remove.

b) Local velocities

Normally, keeping the velocities high reduces the tendency to foul. Velocities on the tube side are limited by erosion and on the shell side by flow-induced vibration. Stagnant and recirculation regions on the shell side lead to heavy fouling.

c) Tube material, configuration and surface finish

The selection of tube material is significant when it comes to corrosion. Some kinds of biological fouling can be lessened by copper-bearing tube materials. There can be differences between finned and plain tubing. Surface finish has been shown to influence the rate of fouling and the ease of cleaning.

d) Heat exchanger geometry and orientation

The geometry of a particular heat exchanger can influence the uniformity of the flows on the tube side and the shell side. The ease of cleaning can be greatly influenced by the orientation of the heat exchanger.

۸-۲-۲-۳ شرح بیشتر به ملاحظات فیزیکی

الف) سطح و دمای توده سیال

برای بیشتر انواع رسوب ده، با افزایش دما، مقدار رسوب دهی نیز افزایش می‌یابد. دماهای کمتر، رسوب و ته نشینی کمتری تولید می‌کنند که اغلب حذف راحت‌تری دارند.

ب) سرعت‌های نقطه ای

معمولاً بالا نگهداشتن سرعت، تمایل به رسوب را کاهش می‌دهد. سرعت‌ها در سمت لوله توسط سایش و در سمت پوسته توسط لرزش ناشی از جریان محدود شده‌اند. ناحیه‌های ایستا و چرخشی در سمت پوسته، رسوب‌دهی زیادی دارند.

ج) جنس لوله، آرایش و پردازش سطح

انتخاب جنس لوله زمانی که احتمال خوردگی وجود داشته باشد، مهم است. برخی انواع رسوب بیولوژیکی توسط لوله‌های با جنس مس کاهش می‌یابند. بین لوله‌های صاف و پره‌دار تفاوت وجود دارد. پردازش سطح بر شدت رسوب‌دهی و راحتی تمیزکاری اثر می‌گذارد.

د) آرایش هندسی و جهت مبدل حرارتی

هندسه یک مبدل حرارتی خاص می‌تواند یکنواختی جریان در سمت لوله و سمت پوسته را تحت تأثیر قرار دهد. سهولت تمیزکاری به مقدار زیادی تحت تأثیر جهت نصب مبدل حرارتی قرار دارد.

e) Heat transfer process

The fouling resistances for the same fluid can be considerably different depending upon whether heat is being transferred through sensible heating or cooling, boiling, or condensing.

f) Place the more fouling fluid on the tube side

There are two benefits from placing the more fouling fluid on the tube side. There is less danger of low velocity or stagnant flow regions on the tube side, and, it is generally easier to clean the tube side than the shell side. It is often possible to clean the tube side with the exchanger in place while it may be necessary to remove the bundle to clean the shell side.

g) Cathodic protection

One of the effective ways to reduce the possibility of corrosion and corrosion fouling is to provide cathodic protection in the design.

h) Fouling is more severe when heating hydrocarbons than when cooling them. In the case of pipe stills, this is due to "salting out". To minimize this sort of fouling, a crude preheat train sometimes includes a desalter or a flash drum to remove water before the crude reaches the "salting out" temperature.

i) Vaporization in an exchanger can cause severe fouling.

a) High velocities reduce fouling. This is especially true in the case of cooling water that contains salt.

k) The feed to catalytic reformers and catalytic cracking plants is sometimes severely fouled due to organic reactions with oxygen while the feed is in intermediate tankage. Inert gas blanketing of the tankage is often used to reduce this fouling.

l) Bottoms from a crude distillation tower, even though heavy and at a high temperature

ه) مکانیزم انتقال حرارت

مقاومت رسوب گرفتگی برای یک سیال به مقدار قابل ملاحظه‌ای بسته به نحوه انتقال حرارت از گرمای محسوس یا سرد شدن، جوشش یا چگالش، متفاوت می‌باشد.

و) هدایت سیال با رسوب دهی بیشتر در سمت لوله

هدایت سیال با رسوب دهی بیشتر در سمت لوله دو مزیت دارد. خطر سرعت پایین یا ناحیه جریان ایستا در سمت لوله کمتر و عموماً سمت لوله نسبت به سمت پوسته راحت‌تر تمیز می‌شود. اغلب تمیز کردن سمت لوله در مبدل در محل خود امکان‌پذیر است در حالی که برای تمیز کردن سمت پوسته لازم است دسته لوله خارج شوند.

ز) حفاظت کاتدی

یکی از روش‌های موثر در کاهش احتمال خوردگی و رسوب خوردگی، پیش بینی حفاظت کاتدی در طراحی می‌باشد.

ح) رسوب دهی در موقع گرم کردن هیدروکربن‌ها نسبت به سرد کردن آنها شدیدتر است. در حالت تقطیر (Pipe Still) رسوب گذاری به علت "نمک دهی" می‌باشد. برای کاهش این نوع رسوب‌دهی، واحد پیش گرم کن نفت خام در بعضی مواقع شامل نمک زدا یا یک مخزن تبخیر آبی برای حذف آب قبل از رسیدن نفت خام به دمای "نمک دهی" می‌باشد.

ط) تبخیر در مبدل ممکن است موجب رسوب دهی شدید شود.

ی) سرعت‌های بالا رسوب دهی را کاهش می‌دهند. مخصوصاً در حالت آب خنک کننده که شامل نمک است، صحیح می‌باشد.

ک) خوراک واحدهای رفرمر کاتالیستی و کراکینگ کاتالیستی در بعضی مواقع به خاطر واکنش مواد آلی با اکسیژن زمانی که در مخازن واسطه هستند شدیداً رسوب‌ده هستند. گاز پوششی خنثی در مخازن اغلب برای کاهش رسوب استفاده می‌شود.

ل) محصولات زیر برج آتمسفریک تقطیر نفت خام، اگرچه سنگین و در دمای بالا هستند منجر به رسوب دهی زیاد

will not normally cause much fouling (provided flash zone temperatures are not excessive).

m) Fluid treatment to provide corrosion and biological growth. Fluid treatment is commonly carried out to prevent corrosion and / or biological growth. If these treatments are neglected, rapid fouling can occur.

n) Fluid treatment to reduce fouling

There are additives that can disperse the fouling material so it does not deposit. Additives may also alter the structure of the fouling layers that deposit so that they are easily removed. The use of these treatments is a product quality and economic decision.

O) Fluid properties and the propensity for fouling

The most important consideration is the fluid and conditions when it produces fouling. At times, a process modification can result in conditions that are less likely to cause fouling.

8.2.3 Application of lower fouling resistances

Lower fouling resistances may be appropriate if one or more of the circumstances described below apply. However, such lower values may be applied only where specifically approved by the Company in writing.

8.2.3.1 In services where the surface requirements are significantly influenced by the magnitude of fouling, it may be advantageous to specify a lower resistance if a reduced period between two successive shutdown is feasible. This can be achieved for instance by the installation of a spare exchanger in parallel with the one in operation, thus enabling cleaning at any time, without plant shut-down. This is especially important where controllability/stability is influenced by fouling, e.g., thermosiphon reboilers.

8.2.3.2 The maximum allowable pressure drop generally limits the fluid velocity. This means that for designs where low pressure drops have to be applied fluid velocities will often become low. If the specified fouling resistance is also high, resulting in the installation of considerable oversurface in clean condition, the maximum

نی‌شوند (دماهای ناحیه تبخیر آبی ایجاد شده زیاد نیستند).

م) فرآورش سیال برای آماده کردن خوردگی و رشد بیولوژیکی. فرآورش سیال برای جلوگیری از خوردگی و/یا رشد بیولوژیکی انجام می‌شود. اگر این فرآورش‌ها صرفنظر شوند، رسوب‌دهی سریع امکان وقوع دارد.

ن) فرآورش سیال برای کاهش رسوب‌دهی

افزودنی‌هایی وجود دارد که می‌تواند مواد رسوبی را پراکنده کنند که ته نشین نشوند. افزودنی‌ها همچنین ممکن است ساختار لایه‌های رسوبی ته نشین شده را تغییر دهند که به راحتی حذف شوند. در استفاده از این فرآورش‌ها کیفیت محصول و اقتصاد تصمیم‌گیرنده‌اند.

س) خواص سیال و گرایش به رسوب‌دهی

ملاحظه خیلی مهم سیال و شرایطی که رسوب تولید می‌کند در زمان‌هایی، اصلاح فرآیند منجر به شرایطی می‌شود که تمایل کمتری به ایجاد رسوب ایجاد می‌شود.

۸-۲-۳ کاربرد مقاومت‌های رسوب گرفتگی کم

مقاومت‌های رسوب گرفتگی کم ممکن است مناسب باشد اگر یک یا چند وضعیت تشریح شده در زیر اعمال شود. با این وجود چنان مقادیر کمی ممکن است به کار رود فقط جایی که اختصاصاً توسط شرکت در نامه نگاری مشخص شود.

۸-۲-۳-۱ در کاربری‌هایی که الزامات سطح تحت تأثیر مقدار رسوب گرفتگی قرار می‌گیرد، بهتر است یک مقاومت کم مشخص گردد در صورتیکه بتوان زمان بین دو بستن پی در پی را کاهش داد. این قابل حصول است با نصب یک مبدل یدکی موازی با مبدلی که در بهره برداری است. با این کار امکان تمیز کردن در هر زمان بدون نیاز به بستن برنامه ریزی شده خواهد بود. این خصوصاً حائز اهمیت است در جائیکه قابلیت کنترل / ثبات تحت تأثیر رسوب گرفتگی می‌باشد مانند باز جوشاننده‌های ترموسیفونی.

۸-۲-۳-۲ حداکثر افت فشار مجاز عموماً سرعت سیال را محدود می‌کند. این بدان معنی است که برای طراحی که افت فشار کم باید بکار رود، سرعت‌های سیال اغلب پایین می‌آید. اگر همچنین مقاومت رسوبی مشخص شده نیز بالا باشد، منجر به نصب سطوح اضافی قابل ملاحظه در شرایط تمیز

attainable velocities will appreciably reduce, which will increase the tendency to fouling. By taking a small fouling resistance, a smaller heat exchanger will be adequate, thus making it possible to apply a higher velocity and still stay within the limits of allowable pressure drop.

Though some construction materials can have a beneficial influence on fouling, there is generally inadequate information available. An exception can be made for titanium in cooling water service, where some relaxation of the specified fouling values may be considered for each separate case.

8.2.4 The best design fouling resistances, chosen with all physical and economic factors properly evaluated, will result in a minimum cost based on fixed charges of the initial investment (which increase with added fouling resistance) and on cleaning and down-time expenses (which decrease with added fouling resistance). By the very nature of the factors involved, the manufacturer is seldom in a position to determine optimum fouling resistances. The user, therefore, on the basis of past experience and current or projected costs, should specify the design fouling resistances for his particular services and operating conditions. In the absence of specific data for setting proper resistances as described in the previous paragraphs, the user may be guided by the values tabulated in the section of TEMA standards. In the case of inside surface fouling, these values must be multiplied by the outside/inside surface ratio.

8.2.4.1 Design fouling resistances ($m^2 \cdot ^\circ C/W$)

The user should attempt to select an optimal fouling resistance that will result in a minimum sum of fixed shut-down and cleaning costs. The following tabulated values of fouling resistances allow for oversizing the heat exchanger so that it will meet performance requirements with reasonable intervals between shut-downs and cleaning. These values do not recognize the time related behavior of fouling with regard to specific design and operational characteristics of particular heat exchangers.

8.2.4.2 The normal fouling factors for a variety of process services are recommended by TEMA. The tabulated fouling factors are intended to

شده، حداکثر سرعت‌های قابل رسیدن به مقدار محسوسی کاهش خواهند یافت که تمایل به رسوب دهی را افزایش می‌دهد. با در نظر گرفتن مقاومت‌های رسوب گرفتگی کم، مبدل حرارتی کوچکتر کافی خواهد بود که استفاده از سرعت‌های زیاد را ممکن می‌کند در حالیکه هنوز در مرز افت فشار مجاز می‌باشد.

اگرچه برخی مواد ساخت تأثیر سودمندی در رسوب گرفتگی دارند، عموماً اطلاعات کمی در دست می‌باشد. استثناء استفاده از تیتانیوم در کاربری آب خنک کننده می‌باشد جایی که برخی ملایم‌سازی‌ها در مقادیر رسوب مشخص شده برای هر حالت به طور مجزا ممکن است در نظر گرفته شوند.

۸-۲-۴-۱ بهترین طراحی مقاومت‌های رسوب گرفتگی، با فاکتورهای فیزیکی و اقتصادی به دقت ارزیابی شده منجر به حداقل هزینه برای ظرفیت ثابت سرمایه‌گذاری اولیه (که با افزایش مقاومت رسوب گرفتگی اضافه می‌شود) و هزینه‌های تمیز کردن و بستن (که با اضافه شدن مقاومت رسوب دهی کم می‌شود) به خاطر فاکتورهای خیلی ذاتی، سازنده به ندرت در موقعیتی است که مقاومت رسوبی بهینه را مشخص کند. به کاربر توصیه می‌شود بر پایه تجربیات گذشته و هزینه‌های ویژه فعلی، مقاومت‌های رسوبی طراحی را برای کاربری مخصوص و شرایط عملیاتی مشخص کند. در غیاب اطلاعات مشخص برای تعیین مقاومت صحیح مطابق آورده شده در پاراگراف قبلی، کاربر باید توسط مقادیر مشخص شده در استاندارد TEMA راهنمایی شود. در حالت رسوب سطح داخلی، این مقادیر باید در نسبت سطح بیرون/درون ضرب شود.

۸-۲-۴-۱ مقاومت‌های رسوبی طراحی ($m^2 \cdot ^\circ C/W$)

کاربر باید تلاش کند تا مقاومت رسوبی بهینه‌ای را انتخاب کند که منجر به حداقل مجموع هزینه ثابت بستن و تمیزکاری شود. مقادیر مقاومت‌های رسوبی زیر اجازه طراحی بزرگتر از اندازه مبدل حرارتی را می‌دهد تا بتواند کارایی مورد نیاز را با دوره‌های منطقی بستن و تمیزکاری بدهد. این مقادیر رفتار تبعیت زمانی رسوب‌دهی را در رعایت طراحی مشخص و خصوصیات عملیاتی مبدل‌های حرارتی را مشخص نمی‌کنند.

۸-۲-۴-۲ ضرایب رسوب گرفتگی عادی برای انواع کاربری‌های فرآیندی توسط TEMA پیشنهاد شده‌اند.

prevent the exchanger from delivering less than the required process heat load for a period of about a year to a year and a half. That table is only a guide, however, and if specific data is available which can be used to determine a more accurate fouling factor for a particular service, that data should be used in preference to Table C.1 of Appendix C.

8.2.4.3 The actual importance of the fouling factors depends on the value of the clean coefficient U_c , that is the better the coefficient, the more important is the fouling factor.

8.2.4.4 After making a preliminary calculation of U_c , it is easy to determine the effect of doubling (or halving) the assumed fouling factors on the size of the exchanger. If this effect is small (5% or less), it is not worthwhile trying to determine a more accurate fouling factor. There are many occasions, however, when U_c is so large that the size of the exchanger depends almost entirely on the value of the fouling factor. For these cases, all available plant data should be closely examined.

9. THERMAL DESIGN

9.1 Pressure Drop

Maximum acceptable pressure drops indicated in the process data sheet shall be understood for fouled exchangers and as inclusive of the pressure drops through inlet and outlet nozzles. In cases of alternate conditions these shall apply to the worst operating condition.

9.2 Design Velocities

Design velocities in tubes for cooling water shall be kept within the under mentioned operating range (see Table 1).

9.3 Exchanger Design Pressures and Temperatures

9.3.1 Design pressures

9.3.1.1 Design pressures shall be as shown on the individual process data sheet.

9.3.1.2 Unless otherwise specified, design pressure for heat exchangers shall be established according to the following criteria:

فاکتورهای رسوب گرفتگی بیان شده از تمایل مبدل به انتقال کمتر گرمای فرآیندی لازم برای مدت یک سال تا یک سال یا نیم جلوگیری می نماید. جدول فقط یک راهنماست با این وجود اگر اطلاعات خاصی موجود باشد که فاکتور رسوب دقیقتری را برای کاربری خاصی می دهد، آن اطلاعات رجحان داشته و در مقایسه با جدول ج-۱ از پیوست (ج) توصیه می شود مورد استفاده قرار گیرد.

۳-۴-۲-۸ اهمیت واقعی فاکتورهای رسوب به مقدار ضریب تمیزی U_c بستگی دارد، یعنی هرچه ضریب تمیزی بهتر باشد اهمیت ضریب رسوب گرفتگی بیشتر خواهد بود.

۴-۴-۲-۸ پس از محاسبه اولیه U_c ، تعیین اثر دوبرابر شدن (یا نصف شدن) عامل های رسوب فرض شده روی اندازه مبدل آسان خواهد بود. اگر این اثر کوچک (۵ درصد یا کمتر) باشد، تلاش برای تعیین فاکتور رسوب دقیق تر، ارزش نخواهد داشت. اگر چه حالت های زیادی وجود دارد که U_c آنقدر بزرگ است که اندازه مبدل تقریباً به طور کامل به مقدار عامل رسوب بستگی دارد. برای این حالت توصیه می شود تمام اطلاعات قابل دسترس واحد دقیقاً آزمایش شوند.

۹- طراحی حرارتی

۱-۹ افت فشار

حداکثر افت فشارهای قابل قبول مشخص شده در داده برگه های فرآیندی باید برای مبدل های رسوب گرفته درج شوند و شامل افت فشارهای در نازل های ورودی و خروجی شوند. در حالت شرایط متفاوت اینها باید به بدترین شرایط عملیاتی اعمال شوند.

۲-۹ سرعت های طراحی

سرعت های طراحی در لوله ها برای آب خنک کننده باید زیر محدوده عملیاتی اشاره شده نگهداشته شوند (جدول ۱ را ببینید).

۳-۹ دماها و فشارهای طراحی مبدل

۱-۳-۹ فشارهای طراحی

۱-۳-۹-۱ فشارهای طراحی باید مطابق با داده برگه ها فرآیندی مربوطه باشند.

۲-۳-۹-۱ فشار طراحی برای مبدل های حرارتی باید مطابق معیارهای زیر باشد، مگر در مواردی که مشخص شود:

Max. Operating Pressure (MOP) حداکثر فشار عملیاتی (MOP)	Design Pressure (DP) (See Notes 6 and 7) فشار طراحی (DP) یادآوری های ۶ و ۷ را ببینید
- Atmospheric pressure - فشار اتمسفریک	Hydrostatic (water) pressure + 35 mm WC min.(see Note 4) فشار هیدرواستاتیک (آب) + حداقل ۳۵ میلیمتر ارتفاع آب (یادآوری ۴)
- Vacuum (see Note 3) - خلاء (یادآوری ۳)	Absolute vacuum and 3.5 bar (ga) min. خلاء کامل و حداقل ۳/۵ بار(نسبی)
- Between 0 and 1.5 bar (ga) - بین ۰ تا ۱/۵ بار(نسبی)	3.5 bar (ga) min. حداقل ۳/۵ بار(نسبی)
- Between 1.5 and 20 bar (ga) - بین ۱/۵ تا ۲۰ بار(نسبی)	max. oper. pressure + 2 bar min. حداکثر فشار عملیاتی + حداقل ۲ بار(نسبی)
- Between 20 bar (ga) and 80 bar (ga) - بین ۲۰ تا ۸۰ بار(نسبی)	max. oper. press. + 10% min. حداکثر فشار عملیاتی + حداقل ۱۰ درصد
- Between 80 bar (ga) and 140 bar (ga) - بین ۸۰ تا ۱۴۰ بار(نسبی)	max. oper. press. + 8 bar min. (see Note 5) حداکثر فشار عملیاتی + حداقل ۸ بار(نسبی)(یادآوری ۵)
- Above 140 bar (ga) - بالای ۱۴۰ بار(نسبی)	max. oper. press. + 5% min. (see Note 5) حداکثر فشار عملیاتی + حداقل ۵ درصد (یادآوری ۵)

Notes:
یادآوری ها:

1) In defining the design temperature due consideration shall be given to the start-up, shutdown upset or any other condition that could result in a temperature lower than the normal operating. However, for all of the above conditions, the corresponding pressure shall be considered too.

۱) در تعریف دمای طراحی ملاحظات کافی باید برای تلاطم زمان راه اندازی و توقف یا هر وضعیت دیگر که منجر به دمای کمتری از دمای عملیاتی عادی شود، در نظر گرفته شود. با این وجود برای تمام شرایط بالا فشار متناظر باید در نظر گرفته شود.

2) Design temperatures lower than 85°C are allowed only for insulated equipment for which a design temperature of 60°C shall be selected.

۲) دماهای طراحی کمتر از ۸۵ درجه سانتیگراد فقط برای تجهیزات عایق شده ای مجاز است که برای آنها دمای طراحی ۶۰ درجه سانتیگراد باید انتخاب شود.

3) Steam drums shall be designed for full vacuum conditions.

۳) مخازن بخار باید برای شرایط خلاء کامل طراحی شوند:

- Due consideration shall be taken to establish external design pressure for vessels subject to internal pressure but connected to the suction of compressor or other evacuating equipment.

- ملاحظه کافی باید برای فشار طراحی خارجی برای مخازنی که در معرض فشار داخلی هستند اما به مکش کمپرسور یا تجهیز مکش دیگر وصل است، نهاده شود.

- Vacuum design conditions shall not be required as consequence of equipment block in after steam out operation.

- شرایط طراحی خلاء به خاطر نتیجه بسته شدن تجهیز پس از عملیات بخار زنی لازم نمی باشد.

4) Same criteria is applied for the design of atmospheric storage tanks.

۴) معیارهای یکسان برای طراحی مخازن اتمسفریک به کار می رود.

5) When design pressure lower than 110% max. operating is specified, safety valves blowdown shall be selected accordingly.

۵) زمانی که فشار طراحی کمتر از ۱۱۰ درصد حداکثر عملیاتی مشخص شده باشد. تخلیه توسط شیر اطمینان باید بر طبق آن انتخاب شود.

6) Exchangers in gas turbine driven compressor discharge circuits shall have the setting of the PSV (Pressure Safety Valve) in that circuit. In low pressure systems (less than 20-25 bar), the relief valve setting should be equal to the compressor's maximum case working pressure.

In higher pressure systems, the PSV setting should be considered on a case by case basis.

7) Exchangers in refrigerant service shall have a minimum DP based on vapor pressure of refrigerant maximum temperature.

8) Indicate maximum sun temperature for uninsulated exchangers. Insulated case should be calculated.

9.3.1.3 In case of equipment connected in series, without block valves in between, the design pressure for the upstream equipment shall be the same as the design pressure for the downstream equipment (equipped with safety valve) increased by 110% of the pressure drop foreseen between the two equipment, under safety valve discharge conditions.

9.3.1.4 Where the actual test pressure of the low-pressure side is less than 150 percent of the design pressure, this lower pressure should be used to determine whether overpressure protection is needed. Pressure relief for tube rupture is not required where the low-pressure exchanger side (including upstream and downstream systems) is designed at or above two-thirds of high-pressure exchanger side design pressure.

For new installations, increasing the design pressure of the low-pressure side may reduce risk.

9.3.1.5 Exchangers operating under a vacuum shall be designed for full vacuum.

9.3.1.6 Tube plates may be required to withstand differential pressure in high pressure exchanger when specified on the process data sheet.

9.3.2 Design Temperatures

9.3.2.1 Design temperature shall be as shown on the individual process data sheet.

۶) مبدل‌های در مدار خروجی کمپرسورهای با محرک توربین گازی باید تنظیم PSV (شیر ایمنی فشار) در مدار را داشته باشند. در سامانه های فشار کم (کمتر از ۲۰-۲۵ بار)، توصیه می شود تنظیم شیر اطمینان برابر با حداکثر فشار کاری پوسسته کمپرسور باشد.

در سامانه های با فشار بالاتر، توصیه می شود تنظیم شیر ایمنی فشار، بر مبنای هر حالت انتخاب شود.

۷) مبدل‌های در کاربری مبرد باید افت فشار حداقل طراحی (DP) براساس فشار بخار مبرد در حداکثر دما، داشته باشند.

۸) برای مبدل‌های عایق نشده حداکثر دمای آفتاب مشخص شود. توصیه می شود حالت عایق محاسبه شود.

۹-۳-۱-۳ در حالت اتصال سری تجهیزات بدون شیر انسداد در میان آنها، فشار طراحی برای تجهیز بالادست باید با فشار طراحی تجهیز پایین دست (مجهز به شیر اطمینان) بعلاوه ۱۱۰ درصد افت فشار پیش بینی شده بین دو تجهیز، در شرایط تخلیه شیر اطمینان، مساوی باشد.

۹-۳-۱-۴ جایکه فشار آزمون واقعی سمت فشار پایین، کمتر از ۱۵۰ درصد فشار طراحی باشد، توصیه می شود این فشار پایین برای تعیین نیاز به محافظت از فشار اضافی بکار رود. در صورتی که سمت فشار پایین مبدل (شامل پایین دست و بالادست) در/یا بالاتر از دوسوم فشار طراحی سمت فشار بالای مبدل طراحی شود، تخلیه فشار به خاطر پارگی لوله لازم نمی باشد.

برای تاسیسات جدید، افزایش فشار طراحی سمت فشار پایین، ممکن است خطر را کاهش دهد.

۹-۳-۱-۵ مبدل‌هایی که تحت خلاء کار می کنند باید برای خلاء کامل طراحی شوند.

۹-۳-۱-۶ صفحات لوله ممکن است برای تحمل اختلاف فشار در مبدل فشار بالا احتیاج باشند. زمانی که در صفحه اطلاعات فرآیندی مشخص شده باشد.

۹-۳-۲ دماهای طراحی

۹-۳-۲-۱ دمای طراحی باید در صفحه داده‌های فرآیندی مجزا نشان داده شود.

9.3.2.2 Unless otherwise specified, design temperature for heat exchangers, shall be established according to the following criteria:

۲-۳-۹ مگر در مواردی که مشخص شود دمای طراحی برای مبدل‌های حرارتی باید مطابق با ضوابط زیر باشد:

Operating Temperature (OT) دمای عملیاتی (OT)	Design Temperature (DT) (See Note 4) دمای طراحی (DT) (یادآوری ۴ را ببینید)
- Less than -100°C - کمتر از ۱۰۰ °C	min. oper. temp./85°C min. (see Note 2) حداقل دمای عملیاتی/حداقل ۸۵°C (یادآوری ۲ را ببینید)
- Between -40°C and -100°C - بین ۴۰ °C و ۱۰۰ °C	-100°C/85°C min. (see Note 2) - ۱۰۰°C/حداقل ۸۵°C (یادآوری ۲ را ببینید)
- Between -30°C and -39°C - بین ۳۰ °C و ۳۹ °C	-45°C/85°C min. (see Note 2) - ۴۵°C/حداقل ۸۵°C (یادآوری ۲ را ببینید)
- Between -29°C and +60°C - بین ۲۹ °C و ۶۰ °C	min. oper. temp. /85°C min. (see Note 2) حداقل دمای عملیاتی/حداقل ۸۵°C (یادآوری ۲ را ببینید)
- Between 60°C and 343°C - بین ۶۰ °C و ۳۴۳ °C	max. oper. temp. +25°C. (see Note 8) حداکثر دمای عملیاتی + ۲۵°C (یادآوری ۸ را ببینید)
- Above 343°C - بالای ۳۴۳ °C	To be specified according to selected material and process requirement. باید مطابق با جنس انتخاب شده و الزامات فرآیندی مشخص شود.

Note: For note explanation see Article 9.3.1.2.

یادآوری: برای توضیح یادآوری، پاراگراف ۲-۳-۹-۱ را ببینید.

9.3.2.3 The design temperature is determined for the maximum temperature coincident with the design pressure as determined above. Indicate any higher temperatures as alternate design conditions.

۳-۲-۳-۹ دمای طراحی برای حداکثر دمایی که منطبق با فشار طراحی که در بالا تعیین شد، مشخص می‌شود. دماهای بالاتر به عنوان جایگزین شرایط طراحی نشان داده شود.

9.3.2.4 Exchangers which will operate at temperatures 0°C and below shall be designed for minimum anticipated operating temperature.

۴-۲-۳-۹ مبدل‌هایی که در دماهای صفر درجه سانتیگراد و پایین‌تر کار می‌کنند باید برای حداقل دمای قابل انتظار عملیاتی طراحی شوند.

9.3.2.5 Maximum water outlet temperatures on coolers and condensers shall be based on the water characteristics.

۵-۲-۳-۹ حداکثر دماهای خروجی آب در خنک‌کننده‌ها و چگالنده‌ها باید براساس خواص آب باشد.

9.3.2.6 When, due to the possible loss of flow of the cooling medium, the tubes, tube sheets and floating heads may be subject to the full inlet temperature, it shall be indicated on the individual process data sheet and these components shall be designed for the maximum anticipated operating temperature of the hotter medium.

۶-۲-۳-۹ زمانی که به خاطر قطع احتمالی سیال خنک‌کننده، لوله‌ها، صفحات لوله و کلگی‌های شناور ممکن است در معرض دمای کامل ورودی قرار گیرند، این مسئله باید در داده برگ‌ها فرآیندی مجزا مشخص شده و این اجزا باید برای حداکثر دمای عملیاتی قابل پیش‌بینی سیال گرم‌تر طراحی شوند.

9.3.2.7 The design temperatures for multiple exchangers in series shall be selected in accordance with the maximum temperatures likely to occur on each exchanger in both clean and fouled condition. The design temperature indicated on the process data sheet is the

۷-۲-۳-۹ دماهای طراحی برای مبدل‌های چندتایی سری باید مطابق با حداکثر دمایی که در هر مبدل در هر دو شرایط تمیز و کثیف اتفاق می‌افتد، انتخاب شود. دمای طراحی نشان داده شده در داده برگ فرآیندی دمای گرم‌ترین مبدل

temperature of the hottest exchanger.

Intermediate design temperatures shall be calculated assuming the highest heat transfer coefficient with fouled surface and the lowest heat transfer coefficient with fouled surface for the colder and hotter sections respectively.

If irregular heat profiles are indicated on the process data sheet, design data will be supplied on which the Vendor shall base all calculations, which shall be submitted to the Company for approval.

9.3.2.8 For fixed tubesheet exchangers without expansion joints, the differential between the average shell metal temperature and the average metal temperature of any one tube pass shall not exceed 28°C. When temperature differentials exceed 28°C an expansion joint shall be furnished.

For two-pass-shell exchangers the differential between the inlet and the outlet temperature of the shell side fluid shall not exceed 194°C.

می‌باشد.

دماهای طراحی میانه باید با فرض بالاترین ضریب انتقال حرارت با سطح رسوب‌دار و کمترین ضریب انتقال حرارت با سطح رسوب‌دار برای بخش‌های سردتر و گرمتر به ترتیب حساب شوند.

اگر نمودارهای گرمایی نامنظم در صفحه داده‌های فرآیندی نشان داده شود، داده‌های طراحی براساس آنچه سازنده محاسبات را بر پایه آن انجام داده، تأمین شود، که باید برای شرکت، برای تأیید ارسال شود.

۹-۳-۲-۸ برای مبدل‌های صفحه لوله‌ای ثابت بدون اتصالات انبساطی، اختلاف بین دمای میانگین فلز پوسته و دمای میانگین هر راه لوله نباید ۲۸ درجه سانتیگراد تجاوز کند. زمانی که اختلاف دمایی از ۲۸ درجه سانتیگراد بیشتر شود، اتصال انبساطی باید بکار رود.

برای مبدل‌های با دو راهه پوسته اختلاف بین دمای ورودی و خروجی سیال سمت پوسته نباید از ۱۹۴ درجه سانتیگراد بیشتر شود.

PART II

PROCESS DESIGN OF PLATE HEAT EXCHANGERS

(PLATE FIN EXCHANGERS)

10. PLATE FIN EXCHANGERS

As the name implies, a plate-fin exchanger consists of a series of: parallel metal (usually aluminum) plates between which are sandwiched corrugated metal (usually aluminum) sheets. The corrugations act as fins providing extended surface area for heat transfer, giving the unit mechanical strength and forming a large number of parallel flow channels.

The sides of each sandwich are sealed with metal (usually aluminum) bars thereby forming the overall flow passage and the entire construction is brazed in a molten salt bath. Metal (usually aluminum) headers are then welded to the ends of the core.

As the subject of the standard implies, standard gives requirement and recommendations for the process design of fine plate exchangers. Mechanical design of fin plate heat exchanges which are constructed on the base of this standard, shall be accommodated with international standard API standard 662, 1st edition Feb. 2006.

11. APPLICATION

11.1 Typical petrochemical processes utilizing plate-fin exchangers are:

- Air separation;
- Helium extraction from natural gas;
- Ethylene recovery;
- Natural gas liquefaction;
- Hydrogen purification and liquefaction; and,
- Refrigeration systems used in conjunction with any of these processes.

11.2 Suitable for fouling services and where a high degree of sanitation is required, as in food, dairy, brewing industries and pharmaceutical

بخش II

طراحی فرآیندی مبدل‌های حرارتی صفحه‌ای

(مبدل‌های صفحه‌ای پره‌دار)

۱۰- مبدل‌های صفحه‌ای پره‌دار

همانطور که از اسمش پیداست یک مبدل صفحه‌ای پره‌دار شامل یک سری از صفحات موازی فلزی (عموماً آلومینیوم) که بین صفحات موج‌دار فلزی (عموماً آلومینیوم) فشرده شده‌اند. شیارهای موج مانند پره نقش سطح اضافی را برای انتقال حرارت ایفا می‌کنند و به واحد مقاومت مکانیکی می‌دهد و مقدار زیاد کانال جریان موازی ایجاد می‌کند.

کناره‌های هر فشرده‌گی توسط میله‌های فلزی (عموماً آلومینیوم) آب‌بندی شده‌اند که مسیر جریان کلی را تشکیل می‌دهند و کل ساختار در حمام مذاب نمک برنزه می‌شود. کنگی فلز (عموماً آلومینیوم) سپس به انتهای هسته جوش داده می‌شود.

بطوریکه موضوع استاندارد اشاره دارد، استاندارد الزامات و توصیه‌هایی برای طراحی فرآیندی مبدل‌های صفحه‌ای پره دار ارائه می‌دهد. طراحی مکانیکی مبدل‌های حرارتی صفحه‌ای پره دار، که بر اساس این استاندارد ساخته می‌شود، باید با استاندارد API 662 ویرایش ۱ فوریه ۲۰۰۶ تطبیق داده شود.

۱۱- کاربرد

۱۱-۱ فرآیندهای پتروشیمی نمونه که از مبدل‌های صفحه‌ای پره‌دار استفاده می‌کنند عبارتند از:

- جداسازی هوا،
- استخراج هلیوم از گاز طبیعی؛
- بازیافت اتیلن؛
- میعان گاز طبیعی
- خالص سازی و مایع سازی هیدروژن و
- سامانه‌های تبرید مورد استفاده مرتبط با این فرآیندها.

۱۱-۲ برای کاربری‌های رسوبی و جایی که درجه بالایی از بهداشت احتیاج باشد مثل صنایع غذایی، لبنیاتی، تخمیری و

processing.

فرآیندهای دارویی، مناسب است.

11.3 Treating Crudes

The low cost of titanium in the PHE (Plate Heat Exchanger) has made it a favorite in treating crudes. Highly corrosive crudes, produced water, desalter water and brackish and sea water coolants have little effect on the plates of a titanium PHE. Fouling factors only 1/10 that of shell and tube heat exchangers lend extra reliability in these services.

۱۱-۳ فرآورش نفت‌های خام

هزینه پایین تیتانیوم در PHE (مبدل حرارتی صفحه‌ای) آن را برای استفاده در فرآورش نفت خام جذاب کرده است. نفت خام‌های بسیار خورنده، آب تولید شده، آب نمک زدا و شور و خنک‌کن‌های آب دریا اثر کمی روی صفحات تیتانیومی مبدل حرارتی صفحه‌ای دارد. ضرایب رسوب فقط $\frac{1}{10}$ آن در مبدل‌های حرارتی پوسته و لوله دارد که اطمینان زیادی در این کاربری‌ها دارند.

11.4 Gas Absorption Systems

A number of PHEs has been installed in gas processing absorption systems. PHE amine water and amine amine interchangers are common. Common amines such as MEA (mono-Ethanol Amine) and DEA (di-Ethanol Amine) as well as proprietary absorbents such as DGA (di-Glycol Amine), Sulfinol and Selexol are all handled by PHEs in gas absorption service.

۱۱-۴ سیستم‌های جذب گاز

تعدادی از مبدل حرارتی صفحه‌ای در سامانه‌های فرآیندی جذب گاز نصب شده‌اند. تبادل کننده‌های مبدل حرارتی صفحه‌ای آمین - آب و آمین - آمین معمول هستند. آمین‌های معمولی مثل MEA (منواتانول آمین) و DEA (دی - اتانول آمین) مثل جذب‌های خاص مثل DGA (دی گلایکول آمین) سولفینول و سلکسول که تماماً توسط مبدل‌های حرارتی صفحه‌ای در کاربری جذب گاز به کار می‌رود.

11.5 Some of these call for very long temperature programs. To cool Selexol from 99 to -12°C, for example, would have required 13 two-pass shell and tube units. Instead, two PHEs were installed. These PHEs had nine passes on each side. Use of brine as a coolant indicated titanium plates, which would be impractical in conventional heat exchangers.

۱۱-۵ برخی از اینها برای برنامه‌های دمایی طولانی به کار می‌روند. برای سرد کردن سلکسول از ۹۹ به -۱۲ درجه سانتیگراد، به عنوان مثال به ۱۳ مبدل دوپاس پوسته و لوله نیاز دارد. در عوض دو PHE نصب می‌شوند. این PHE ها ۹ پاس در هر طرف دارند. استفاده از آب نمک به عنوان خنک کن نشانگر صفحات تیتانیومی است که در مبدل‌های حرارتی متداول غیرعملی است.

11.6 Tail Gas Treatment

Sulfidity removal from tail gas is another increasingly common PHE application. The PHE easily met the 35 kPa limit on pressure drop across each side.

۱۱-۶ فرآورش گاز انتهایی

حذف سولفور از گاز انتهایی کاربرد روز افزون متداول دیگر مبدل حرارتی صفحه‌ای می‌باشد. مبدل حرارتی صفحه‌ای به راحتی می‌تواند در محدودیت ۳۵ کیلو پاسکال افت فشار در هر طرف کار کند.

11.7 Water-to-Water Applications

In the refinery, water-to-water temperature control has been the most frequent application of the PHE. Indirect cooling, often using brackish or natural salt water once through and discharged, is common. Tempered water, fresh water, condensate and process water are cooled. PHEs also have been used for heating and cooling

۱۱-۷ کاربردهای آب - آب

در پالایشگاه، کنترل دمای آب - آب بیشترین کاربرد مکرر مبدل حرارتی صفحه‌ای می‌باشد. سرد کردن غیرمستقیم که اغلب با استفاده یکبار و تخلیه آب نمک طبیعی یا شور متداول است. آب نرم، آب خام، چگالیده و آب فرآیندی سرد می‌شوند. مبدل‌های حرارتی صفحه‌ای همچنین

glycol and glycol water in a number of refineries.

11.8 Most application for plate heat exchangers are for liquid/liquid duties at operating pressure below 2,100 kPa (ga) or 21 bar (ga) and temperatures below 150°C, although some models can operate at temperature up to 275°C.

11.8.1 Pressure limitation

Maximum Allowable Working Pressure (MAWP) may be determined by frame strength, gasket retainment, or plate deformation resistance. It is often the frame that limits operating pressure.

All Plate Heat Exchanger used in chemical industries are capable of operating at 600 kPa(g) or 6 bar(g), most at 1000 kPa(g) or 10 bar(g), many at 1600 kPa(g) or 16 bar(g) and some at 2100 kPa(g) or 21 bar(g).

11.8.2 Temperature limitation

Normally it is the gasket that limit the Maximum Operating Temperature (MOT) for Plate Heat Exchanger.

In the absence of chemical attack, following may serve as a rough indication guide:

	Max حداکثر
- Natural Rubber, Styrene Resin, Neoprene	70°C
- Nitrile, Viton (FPM) Resin*.	190°C
- Cured Butyl.	120°C
- Ethylene/Propylene, Silicone.	140°C
- Compressed Asbestos Fiber (CAF).	200°C

Operating temperature may also be limited by plate corrosion effect.

*** Note:**

Viton is trademark for a series of fluoroelastomers based on the copolymers of vinylidene fluoride and hexafluoropropylene, with the repeating structure Possibly - CF₂ - CH₂

برای گرم یا سرد کردن گلیکول و آب -گلیکول در تعدادی از پالایشگاه‌ها استفاده می‌شوند.

۱۱-۸ بیشتر کاربردهای مبدل‌های حرارتی صفحه‌ای برای حالت‌های مایع/مایع در فشار عملیاتی زیر ۲۱۰۰ کیلو پاسکال (نسبی) یا ۲۱ بار (نسبی) و دمای زیر ۱۵۰ درجه سانتیگراد می‌باشد اگر چه برخی مدل‌ها تا دمای ۲۷۵ درجه سانتیگراد می‌توانند عمل نمایند.

۱۱-۸-۱ محدودیت فشار

حداکثر فشار کاری مجاز (MAWP) توسط مقاومت قاب، لایه محافظ یا مقاومت تغییر شکل صفحه می‌تواند تعیین شوند. اغلب قاب است که فشار عملیاتی را محدود می‌کند.

تمام مبدل‌های حرارتی که در صنایع شیمیایی استفاده می‌شوند قادر به عملیات در ۶۰۰ کیلو پاسکال (نسبی) یا ۶ بار (نسبی)، بیشتر در ۱۰۰۰ کیلو پاسکال (نسبی) یا ۱۰ بار (نسبی) و تعداد زیادی در ۱۶۰۰ کیلو پاسکال (نسبی) یا ۱۶ بار (نسبی) و برخی در ۲۱۰۰ کیلو پاسکال (نسبی) یا ۲۱ بار (نسبی) می‌باشد.

۱۱-۸-۲ محدودیت دما

عموماً حداکثر دمای عملیاتی (MOT) برای مبدل حرارتی صفحه‌ای، توسط قسمت لایه محدود می‌شود.

در غیاب حمله شیمیایی، موارد زیر به عنوان راهنمایی اولیه به کار می‌روند:

دمای عملیاتی نیز ممکن است در اثر خوردگی صفحه محدود شود.

*** یادآوری:**

ویتون نام تجاری مجموعه‌ای از فلوروالاستومرها بر پایه هم-پلیمرهای وینیلیدن فلورید و هگزا فلوروپروپیلن، با ساختار تکراری احتمالی -CF₂-CH₂-CF₂-CF(CF₃) می‌باشد.

- CF₂ - CF (CF₃) -. It is non-flammable and resistant to corrosive liquids and chemicals up to 315°C. Useful continuous service at 204 - 232°C. It is further resistant to ozone, weather, flame, oils, fuels, lubricants and many solvents. Further has a good radiation resistance.

12. MATERIAL

12.1 Plates can be pressed in many different metals, including Aluminum, (usually) Stainless Steel (304SS, 316SS), Titanium, Hastelloy Alloys, Nickel, Monel, Incolloy 825, Inconel 600 and 625, Aluminum Brass and Hastelloy B & C.

12.2 Gaskets are available in nitrile, Resin Cured Butyl (RCB), viton (FPM) resin, EPDM, silicon, and fluorocarbon rubbers and natural rubber, styrene resin; in addition, certain plates can be supplied with gaskets of Compressed Asbestos Fiber (CAF).

13. CONSTRUCTION

13.1 Unlike shell and tube units which can be custom built to conform to virtually any capacity and operating conditions, plates are mass produced in thicknesses range from 0.6 to 1 mm by complex and expensive press tools. They are therefore available only in a limited number of types and sizes, each of which has its own clearly defined specification with regard to performance and operating conditions.

14. ADVANTAGES

Some of the advantages inherent in the plate-fin construction are as follows:

14.1 A very high degree of compactness can be achieved. Surface area to volume ratios of 1476 m²/m³ are quite common and values up to 2526 m²/m³ have been reported. In comparison, conventional shell and tube units have ratios of 164 to 246 m²/m³.

14.2 Three or four process streams can be easily accommodated in a single unit with the plate spacing and fin construction optimized for each of the streams. Such multi-stream units are ideal for operating as reversing units for the removal of impurities.

ویتون غیر قابل اشتعال و مقاوم در مقابل مایعات خورنده و شیمیایی تا ۳۱۵ درجه سانتیگراد می باشد. برای کاربرد مداوم در ۲۰۴ تا ۲۳۲ مفید می باشد. همچنین مقاوم در مقابل ازن، آب و هوا، شعله روغن ها، سوخت ها، روانکارها و خیلی از حلال ها می باشد. بعلاوه مقاومت خوبی در مقابل تشعشع دارد.

۱۲- جنس

۱۲-۱ صفحات می توانند از انواع مختلف زیادی از فلزات فشرده شوند، شامل آلومینیوم، (همیشه) فولاد زنگ نزن (۳۰۴SS و ۳۱۶SS)، تیتانیوم، آلیاژ Hastelloy، نیکل، مونل، اینکونل ۸۲۵، اینکونل ۶۰۰ و ۶۲۵ برنج آلومینیوم و Hastelloy B & C.

۱۲-۲ لایهها به صورت نیتریل، رزین بوتیل عمل آورده (RCB)، رزین ویتون (FPM)، EPDM، سیلیکون و لاستیک های فلوروکربن و لاستیک طبیعی، رزین استایرن، به علاوه برخی صفحات خصوصی می توانند از لایه فیبرآزبست فشرده شده (CAF) تأمین شوند.

۱۳- ساخت

۱۳-۱ برخلاف واحدهای پوسته و لوله که متداول است مطابق با ظرفیت واقعی و شرایط عملیاتی ساخته شوند، صفحات به صورت انبوه در ضخامت ۰/۶ تا ۱ میلیمتر توسط ابزارهای پیچیده و گران تولید شوند. بنابراین آنها در انواع و اندازه های محدود وجود دارند که هرکدام خواص مشخص تعریف شده در رابطه با کارایی و شرایط عملیاتی دارند.

۱۴- فواید

برخی از فواید در ساخت صفحات پره دار مطابق زیر است:

۱۴-۱ درجه بالایی از فشردگی قابل یافتن است. نسبت های سطح به حجم ۱۴۷۶ متر مربع /متر مکعب کاملاً متداول و مقادیر تا ۲۵۲۶ متر مربع /متر مکعب نیز گزارش شده اند. در مقایسه واحدهای پوسته و لوله متداول نسبت ۱۶۴ تا ۲۴۶ متر مربع /متر مکعب دارند.

۱۴-۲ با صفحات جداکننده و ساخت پره که برای هرکدام از جریان ها بهینه شده اند، سه یا چهار جریان فرآیندی به راحتی در یک واحد مجزا می توانند جمع می شوند. چنین واحدهای چندجریانه برای فعالیت در واحدهای با عملیات معکوس جهت حذف ناخالصی ها مطلوب می باشند.

14.3 Cores can be used individually or connected in series and/or parallel as manifolded assemblies.

14.4 Small size and light mass permit compact installations with minimum foundations and supporting structures.

14.5 Pumping costs per unit of heat transfer are said to be lower than for shell and tube equipment.

14.6 Plate heat exchangers achieve high heat transfer rates that greatly reduce the surface area required. Since these low surface areas are on thin plates, plate heat exchangers need much less material than comparable conventional units.

The plate heat exchangers take less space in the refinery and cost less even when expensive materials are used. Noncorrosive titanium has become a standard for plate heat exchangers in oil and gas processing.

15. DISADVANTAGES

Against these advantages several disadvantages and limitations must be kept in mind.

15.1 Maximum operating pressures are limited to 4500 kPa (ga) or 45 bar (ga) under steady conditions and up to 2100 kPa (ga) or 21 bar (ga) under reversing conditions.

15.2 Plate-fin exchangers cannot be used where one or more of the process streams have a tendency to foul.

15.3 Internal leaks between passes are difficult to locate and correct in the field. Equipment for different alloy welding is necessary, and highly skilled personnel are required.

16. DESIGN CONSIDERATIONS (PLATE FIN EXCHANGERS)

16.1 Exchanger Geometry

The core of a plate-fin exchanger is built up of a number of elemental sandwiches of the type shown in Fig. 4. Several types of flow patterns are possible and with any of these patterns the size and type of corrugation may be varied for each stream.

۱۴-۳ هسته‌ها به تنهایی یا به صورت اتصال سری و/یا موازی مثل مونتاژ چند راهه می‌توانند استفاده شوند.

۱۴-۴ اندازه کوچک و وزن کم، نصب‌های فشرده با حداقل فونداسیون و سازه محافظ را اجازه می‌دهد.

۱۴-۵ می‌توان گفت که هزینه‌های تلمبه کردن به ازاء واحد انتقال حرارت برای تجهیزات پوسته و لوله کمتر است.

۱۴-۶ مبدل‌های حرارتی صفحه‌ای شدت انتقال حرارت زیادی دارند که به مقدار زیادی سطح تماس لازم را کم می‌کند. چون این سطوح روی صفحات نازک می‌باشند، مبدل‌های حرارتی صفحه‌ای، مواد کمتری نسبت به واحدهای متداول قابل مقایسه نیاز دارند.

مبدل‌های حرارتی صفحه‌ای فضای کمتری را در پالایشگاه می‌گیرند حتی زمانی که از مواد گران‌تر استفاده شود هزینه پایین‌تری دارند. تیتانیوم غیرقابل خوردگی برای مبدل‌های حرارتی صفحه‌ای در فرآیند نفت و گاز استاندارد شده است.

۱۵- معایب

در مقابل این امتیازات، چندین محدودیت و معایب زیر را باید در نظر داشت.

۱۵-۱ حداکثر فشارهای عملیاتی تا ۴۵۰۰ کیلوپاسکال (نسبی) یا ۴۵ بار (نسبی) در شرایط پایا و تا ۲۱۰۰ کیلوپاسکال یا ۲۱ بار (نسبی) در شرایط معکوس محدود شده است.

۱۵-۲ مبدل‌های صفحه‌ای پره‌دار، جایی که یک یا چند تا از جریانهای فرآیندی تمایل به رسوب دارند، نمی‌توانند استفاده شوند.

۱۵-۳ پیدا کردن نشتی و اصلاح آن در داخل بین راهه‌ها در محل مشکل است. تجهیزاتی برای جوشکاری آلیاژهای متفاوت و پرسنل ماهر احتیاج است.

۱۶- ملاحظات طراحی (مبدلهای صفحه‌ای پره‌دار)

۱۶-۱ آرایش هندسی مبدل

هسته مبدل صفحه‌ای پره‌دار از تعدادی از اجزاء ساندویچی از انواع نشان داده شده در شکل ۴ ساخته شده است. چندین نوع از الگوهای جریانی ممکن بوده که با هر آرایش، اندازه و نوع صفحات موج دار برای هر جریان، ممکن است متفاوت باشد.

16.1.1 Flow patterns

Plate fin exchangers have two basic flow patterns, crossflow and counterflow which are illustrated in Fig. 4. These basic patterns are then built up to form simple crossflow, multi-pass crossflow, counterflow and multi-stream units by using suitable internal seals, distributors and external header tanks. Some typical arrangements are illustrated in Fig. 5.

Selection of the proper flow pattern for a particular application depends on several factors including flow rates, pressure levels and the temperature effectiveness of each stream. Temperature effectiveness determines the LMTD correction factor and therefore the size penalty associated with flow patterns other than counterflow.

In the simple crossflow exchanger shown in Fig. 5, the fins run throughout the full length of each passage and no internal distributors are necessary. This configuration is often used in liquefiers where the warm stream is condensed, with little temperature change, while exchanging heat with a large throughput of a low pressure gas. Temperature effectiveness is generally greater than 60 percent if an excessive size penalty is to be avoided.

In the multi-pass unit shown in Fig. 5, one stream flows straight through while the other is guided by internal seals and external tanks to make the required number of passes. The unit basically consists of several crossflow sections assembled in counterflow formation with a mean effective temperature difference approaching that of counterflow.

In most low temperature applications counterflow is generally specified. Header arrangements must be matched to the type of service. The counterflow units shown in Fig. 5 include:

- Type 1:** which is mainly used in low pressure applications;
- Type 2:** a symmetrical arrangement suitable for reversing duty and for high pressure units; and

۱۶-۱-۱ الگوهای جریان

مبدل‌های صفحه‌ای پره‌دار دو الگوی جریانی پایه دارند، جریان متقاطع و جریان متقابل که در شکل ۴ تشریح شده‌اند. این آرایش‌های پایه از جریان ساده متقاطع، جریان چند راهه متقاطع، جریان متقابل و واحدهای چند جریانه با استفاده از آب بندهای داخلی مناسب. توزیع کننده‌ها و سرشاخه بیرونی مخازن تشکیل شده‌اند. برخی از آرایش‌های نمونه در شکل ۵ تشریح شده‌اند.

انتخاب و الگوی جریان مناسب برای کاربرد مخصوص به چند عامل شامل دبی جریان، سطح فشار و تأثیر دمای هر جریان بستگی دارد. اثر دما ضریب تصحیح LMTD را تعیین و در نتیجه خطای اندازه همراه با الگوی جریان غیر از جریان متقابل ایجاد شده را مشخص می‌کند.

در مبدل جریان متقاطع ساده نشان داده شده در شکل ۵، پره‌ها در کل طول مسیر قرار داشته و هیچ توزیع کننده داخلی لازم نمی‌باشد. این آرایش اغلب در مایع کننده‌هایی که جریان گرم، با اندک تغییر دما، زمانی که تبادل حرارت بوسیله حجم انبوهی از گاز کم فشار ورودی باشد، چگالیده می‌شود، بکار می‌رود. به منظور اجتناب از اندازه بزرگ مبدل، تأثیر دما عموماً بزرگتر از ۶۰ درصد می‌باشد.

در واحد چند راهه که در شکل ۵ نشان داده شده است، یک جریان به صورت مستقیم جریان یافته و دیگری توسط آب بندهای داخلی و مخازن خارجی هدایت می‌شود تا تعداد راهه‌های لازم را ایجاد کنند. واحد اساساً شامل چندین بخش جریان متقاطع که روی نمونه جریان متقابل سوار شده‌اند با میانگین اختلاف دمای موثر نزدیک جریان متقابل می‌باشد.

در اکثر کاربردها در دمای پایین، عموماً جریان متقابل تعیین می‌شود. آرایش‌های سرشاخه باید مطابق با نوع کاربرد باشد. واحدهای جریان متقابل که در شکل ۵ نشان داده شده‌اند شامل کاربری‌های زیر می‌باشد:

- نوع ۱:** عمدتاً در کاربردهای فشار پایین استفاده می‌شود.
- نوع ۲:** آرایش متقارن مناسب برای وظایف معکوس و واحدهای فشار بالا، و

Type 3: which may be used for three or more streams.

نوع ۳: برای سه یا چند جریان ممکن است استفاده شود.

16.1.2 Corrugations

To satisfy widely differing requirements, several types of corrugations have been developed. The more commonly used corrugations are listed as follows along with their alternate designations:

- 1) Plain - (straight).
- 2) Lanced - (strip, serrated, multi-entry).
- 3) Ruffled - (wavy, herringbone).
- 4) Perforated.

Plain fin surfaces are characterized by long uninterrupted flow passages with performance similar to that obtained inside circular tubes. Plain-fin surfaces include those with rectangular passages, triangular passages and passages with rounded corners. In general, the lanced, ruffled, and perforated corrugations offer enhanced heat transfer and pressure drop characteristics. When compared to the plain fin, their use results in a reduction in length with some increase in cross-sectional area for a given thermal load and pressure loss.

Within each general category of corrugation there are variations in specific fin geometry. For industrial applications fin dimensions generally lie within the following ranges:

- height	- ارتفاع	3.81	to	11.43 mm;
- thickness	- ضخامت	0.153	to	0.635 mm;
- pitch	- گام	8	to	18 fins per 25.4 mm. ۲۵/۴ میلیمتر

The percentage of fin surface area removed in perforated fins generally lies between 10 and 25 percent. The resulting surface area per unit core volume lies between 820 and 1476 m²/m³.

16.1.3 Nomenclature specific to plate-fin exchanger geometry is given in Table 2. Also given in Table 2 are relations for calculating the geometrical properties of a plate-fin surface from the fin dimensions. Note that although the calculated geometrical properties of plain and lanced fins having the same dimensions are the same, their heat transfer and pressure drop characteristics are markedly different as will be seen later in this subsection.

۱۶-۱-۲ صفحات موجدار

برای نیازهای بسیار متفاوت، چندین نوع از صفحات موجدار توسعه یافته‌اند. تعدادی از صفحات موجدار بسیار متداول با مشخصه های متفاوت در زیر فهرست شده‌اند:

- ۱) مسطح - (صاف).
- ۲) نیزه‌ای (نواری، دندانه‌دار، ورودی چندگانه).
- ۳) ناهموار - (موجدار، جناقی).
- ۴) سوراخدار.

سطوح پره‌دار مسطح بوسیله مسیره‌های جریانی غیرمنقطع طولانی با کارایی مشابه آنچه در داخل لوله‌های مدور وجود دارد، مشخص می‌شود. سطوح پره‌دار مسطح شامل مسیره‌های مستطیلی، مسیره‌های مثلثی و مسیره‌هایی با گوشه‌های گرد می‌باشند. در کل، موج دارهای نیزه‌ای، ناهموار و سوراخدار، ویژگی انتقال حرارت و افت فشار بیشتری دارند. در مقایسه با پره‌های مسطح، استفاده از آنها به کاهش طول و افزایش اندکی در سطح مقطع جانبی برای یک بار حرارتی و افت فشار مشخص، منجر می‌گردد.

در هر گروه کلی از صفحات موجدار، در شکل هندسی پره‌ها تفاوت‌های مشخصی وجود دارد. برای کاربردهای صنعتی، ابعاد پره عموماً در محدوده زیر قرار می‌گیرد:

درصد سطح حذف شده در پره‌های سوراخ‌دار، عموماً بین ۱۰ تا ۲۵ درصد می‌باشد. در نتیجه نسبت سطح به واحد حجم هسته بین ۸۲۰ تا ۱۴۷۶ متر مربع /متر مکعب است.

۱۶-۱-۳ واژه‌هایی که مخصوص شکل هندسی مبدل صفحه‌ای پره‌دار می‌باشد در جدول ۲ آمده است. همچنین در جدول ۲ روابط محاسبه خواص هندسی سطح صفحه‌ای پره‌دار با استفاده از ابعاد پره داده شده است. توجه شود که اگر چه خواص هندسی محاسبه شده پره‌های مسطح و نیزه‌ای که ابعاد یکسانی دارند مساوی هستند ولی مشخصه انتقال حرارت و افت فشار آنها همانطور که در زیرمجموعه بعدی مشاهده خواهد شد کاملاً متفاوت می‌باشد.

A partial list of the many industrial corrugations available from the principal U.S. manufacturers is given in Table 3.

Included in this table are the geometrical properties calculated using the relationships of Table 2.

16.1.4 Fin selection criteria

16.1.4.1 The selection of the optimum fins for a particular application is at best a difficult trial procedure due to the large number of process variables involved and the large number of available surfaces. However, some general preliminary fin selection criteria can be given based on the nature of the fluid stream and on the working pressure.

The most widely used fin is the lanced fin. It is generally suitable for application in all gas, all liquid, condensing, and vaporizing services. It is the first fin that should be considered when selecting surfaces for a particular application. The use of plain fins is generally limited to special cases of liquid and condensing flow and to cases where the free passage of contaminating solids is desired. Perforated fins are often used in condensing and vaporizing service and in the distribution sections of counterflow units.

16.1.4.2 Fin height and thickness are subject to working pressure limitations. The use of fins that are 9.52 mm and taller and less than 0.3048 mm thick is limited to working pressures below 21 bar (ga). At higher pressures, shorter and thicker fins are necessary. Pressure considerations permitting, the taller corrugations are used for gas streams while those with heights 6.35 mm and smaller are used for liquids. Wavy fins are generally at least 9.52 mm high and as such are sometimes used with low pressure gas streams.

16.1.5 Core size limitations

The maximum size of a single core is limited by mechanical design considerations and by manufacturing facilities.

Pressure loadings limit core cross-sections to between 0.232 and 0.836 m². The size of brazing

یک فهرست جزئی از اکثر صفحات موجدار صنعتی قابل دسترس بر اساس اطلاعات سازندگان اصلی آمریکایی در جدول ۳ آمده است.

این جدول شامل خواص هندسی محاسبه شده براساس روابط جدول ۲ می باشد.

۱۶-۱-۴ ضوابط انتخاب پره

۱۶-۱-۴-۱ انتخاب پره‌های بهینه برای یک کاربرد مشخص در بهترین حالت یک روش آزمودنی دشوار به جهت وجود تعداد زیاد متغیرهای فرآیندی و تعداد زیاد سطوح است. با این وجود، برخی معیارهای عمومی انتخاب اولیه پره می‌تواند براساس ماهیت جریان سیال و فشار کارکرد داده شده باشد.

پره نیزه‌ای پر کاربردترین نوع پره می باشد. این نوع پره عموماً برای کاربرد در تمام گازها، تمام مایعات؛ کاربریهای چگالش و تبخیر مناسب است. برای انتخاب پره در یک کاربری خاص اولین نوع پره‌ای است که توصیه می گردد در نظر گرفته شود. استفاده از پره‌های مسطح عموماً به موارد خاصی از جریان مایع و چگالیده و به حالاتی که مسیرآزاد برای جامدات آلوده کننده مد نظر باشد، محدود شده است. پره‌های سوراخدار اغلب در کاربری های چگالش و تبخیر و قسمت‌های توزیع واحدهای جریان متقابل استفاده می‌شوند.

۱۶-۱-۴-۲ ارتفاع و ضخامت پره تابعی از محدودیت‌های فشار کاری می‌باشد. استفاده از پره‌هایی با ارتفاع ۹/۵۲ میلیمتر و بلندتر و با ضخامت کمتر از ۰/۳۰۴۸ میلیمتر باشد به فشار کاری زیر ۲۱ بار(نسبی) محدود می گردند. در فشارهای بالاتر، پره‌های کوتاه‌تر و ضخیم‌تر لازم است. ملاحظات فشاری اجازه می‌دهد که از صفحات موجدار بلندتر برای جریان گاز استفاده شود در حالی که با ارتفاع ۶/۳۵ میلیمتر و کوچکتر برای مایعات استفاده شود. پره‌های موجدار عموماً حداقل ۹/۵۲ میلیمتر ارتفاع دارند و همچنین برخی اوقات برای جریان‌های گازی کم فشار استفاده می‌شوند.

۱۶-۱-۵ محدودیت‌های اندازه هسته

حداکثر اندازه هسته به رعایت ملاحظات طراحی مکانیکی و امکانات شرکت سازنده محدود می‌شود.

بارهای فشاری، سطح مقطع هسته را بین ۰/۲۳۲ و ۰/۸۳۶ مترمربع محدود می‌کند. اندازه کوره لحیم کاری (brazing)

ovens limit core lengths to about 3.048 m although recently some 6.096 cores have become available for low pressure operation. A list of the maximum size cores for various non-reversing pressure levels is given in Table 4. For reversing operation, the maximum working pressure for each of the cores listed should be taken as one half the values given in the table.

Included in Table 4 are the thicknesses of the separation sheets required at the various pressure levels.

16.1.6 Dummy passages and outside sheets

To protect the exchanger core during shipping and installation, dummy layers of 6.35 mm fins and outside sheets 6.35 mm thick are brazed to the top and bottom of the core. In some cases the dummy passages are not necessary.

16.1.7 Distribution section

The counterflow units shown in Fig. 5 require distributor sections to uniformly spread the flow from the headers over the width of the core. These sections are simply plate-fin arrangements installed at an angle to the core fin direction. In addition, there are suitable internal seals to help guide the flow.

ovens) طول هسته را به حدود ۳/۰۴۸ متر محدود می‌کند اگر چه اخیراً برخی هسته‌های ۶/۰۹۶ برای فعالیت‌های فشار کم قابل دسترس شده‌اند. فهرست حداکثر اندازه هسته‌ها برای سطوح فشاری غیر معکوس مختلف در جدول ۴ داده شده است. برای عملیات معکوس، توصیه می‌شود حداکثر فشار کاری برای هر کدام از هسته‌ها نصف مقادیر مندرج در جدول باشد.

جدول ۴ شامل ضخامت‌های صفحات جداکننده لازم در سطوح فشاری مختلف می‌باشد.

۱۶-۱-۶ مسیرهای کاذب و صفحات بیرونی

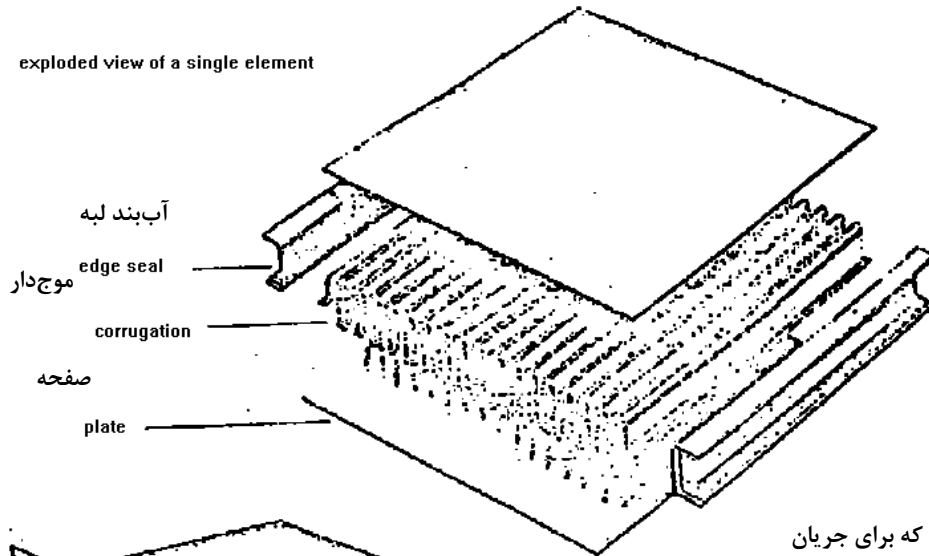
برای محافظت هسته مبدل در طول حمل و نصب، صفحات کاذب از پره‌های ۶/۳۵ میلی‌متر و صفحات بیرونی با ضخامت ۶/۳۵ میلی‌متر به بالا و پایین هسته لحیم کاری می‌شود. در برخی موارد مسیرهای کاذب لازم نیست.

۱۶-۱-۷ بخش توزیع

واحدهای جریان متقابل نشان داده شده در شکل ۵ به قسمت توزیع برای گسترش یکنواخت جریان از سرشاخه‌ها در پهنای هسته نیاز دارد. این قسمت‌ها آرایش ساده ای از صفحات پره‌دار هستند که با زاویه در جهت پره هسته نصب شده است. علاوه بر آن آب بندهای داخلی مناسب برای کمک به هدایت جریان وجود دارد.

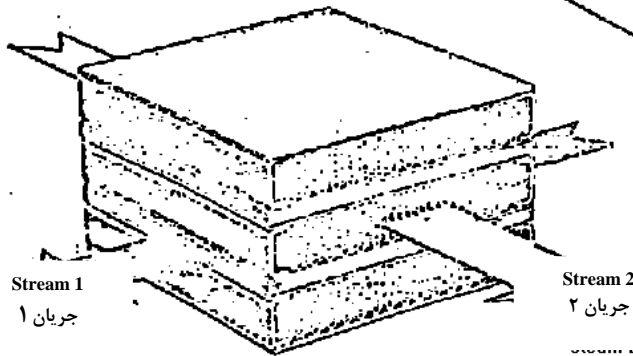
نمای باز یک جزء منفرد

exploded view of a single element



اجزائی که برای جریان متقاطع سوار شده‌اند

elements assembled for cross flow



اجزائی که برای جریان متقابل سوار شده‌اند

elements assembled for counter current flow

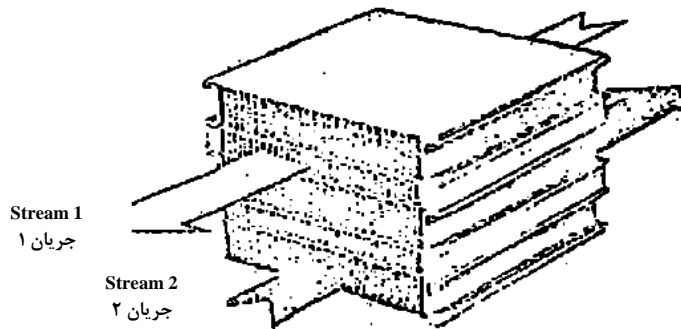


Fig. 4-PLATE FIN EXCHANGER ASSEMBLY

شکل ۴- جمع کردن مبدل صفحه‌ای پره‌دار

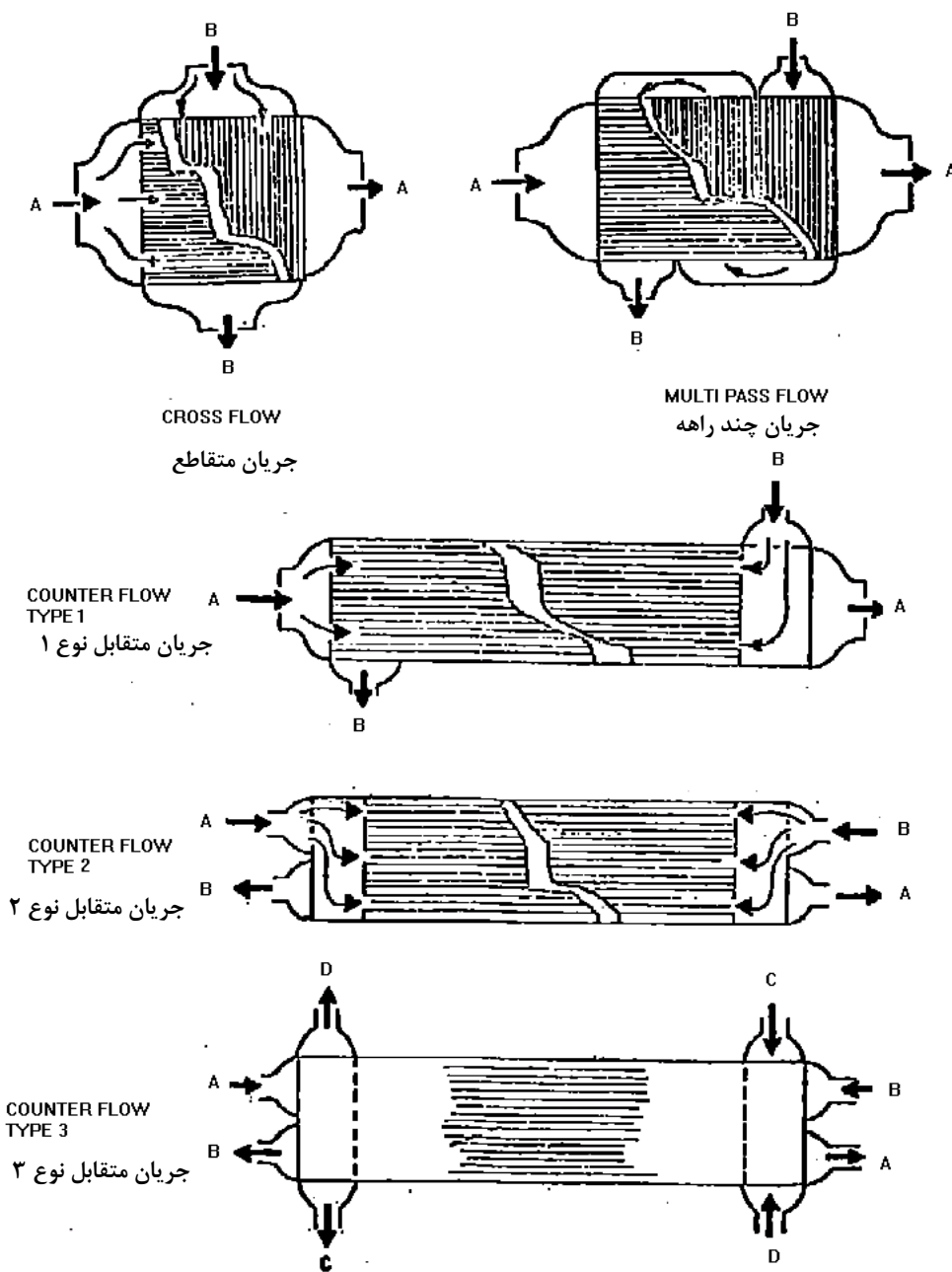


Fig. 5-PLATE FIN EXCHANGER FLOW ARRANGEMENTS

شکل ۵- آرایش جریانی مبدل صفحه ای پرده‌دار

TABLE 2 - GEOMETRICAL RELATIONSHIPS OF PLATE FIN SURFACES

جدول ۲- روابط هندسی سطوح پره‌دار صفحه‌ای

The following are the basic geometry data for a plate fin surface:

موارد زیر اطلاعات پایه هندسی برای سطوح پره‌دار صفحه‌ای هستند:

$b =$	fin height = plate spacing ارتفاع پره = فاصله صفحات	25.4 mm (inch)
$n =$	fin pitch or spacing گام یا فاصله پره	fins/25.4 mm (fins/inch)
$X_f =$	fin thickness ضخامت پره	25.4 mm (inch)
$Y =$	fraction of fin perforated (for perforated fins only) کسر سوراخ کاری شده پره (فقط برای پره‌های سوراخ‌دار)	----
$K =$	ratio of actual length to projected length . نسبت طول واقعی به طول تصویر	----

From the basic fin dimensions the following geometrical properties can be calculated for a plate fin passage.

از ابعاد اصلی پره، خواص هندسی زیر برای مسیر پره قابل محاسبه است.

$A_x =$	free flow area of each stream سطح عبور آزاد هر جریان	m^2 (sq ft)
$A_T =$	total heat transfer area of each stream کل سطح انتقال حرارت هر جریان	m^2 (sq ft)
$L =$	effective passage length طول موثر مسیر	m (ft)
$W =$	effective passage width عرض موثر مسیر	25.4 mm (inch)
$X_p =$	plate thickness ضخامت صفحه	25.4 mm (inch)
$N =$	number of passages of each stream . تعداد مسیرهای هر جریان	----

From the basic fin dimensions the following geometrical properties can be calculated for a plate fin passage.

از ابعاد اصلی پره، خواص هندسی زیر برای مسیر پره قابل محاسبه است.

$A'_x =$	free flow area per passage per 25.4 mm (inch) of passage effective width سطح عبور آزاد بر مسیر به ازاء ۲۵/۴mm از عرض موثر مسیر		m^2/mm (sq ft/inch)
$A_p =$	primary (plate) surface area per passage سطح اولیه (صفحه) در هر مسیر	m^2 (sq ft)	
$A_p'' =$	primary (plate) surface area per passage per 0.3048 m (foot) of length per effective width سطح اولیه (صفحه) در هر مسیر در هر ۰/۳۰۴۸m (فوت) از طول بر عرض موثر		25.4 mm (inch) of
			m^2/mm (sq ft/inch)
$A_f =$	secondary (fin) surface area per passage سطح کل ثانویه (پره) در هر مسیر	m^2 (sq ft)	
$A_f'' =$	secondary (fin) surface area per passage per 0.3048m (foot) of length per 25.4 mm (inch) of effective width سطح کل ثانویه (پره) در هر مسیر در هر ۰/۳۰۴۸m (فوت) از طول در هر ۲۵/۴mm (اینچ) از عرض موثر	m^2/mm	(sq ft/inch)
$A_T'' =$	total surface area per passage per 0.3048 m (foot) of length per 25.4 mm (inch) of effective width سطح کل ثانویه (پره) در هر مسیر در هر ۰/۳۰۴۸m (فوت) از طول در هر ۲۵/۴mm (اینچ) از عرض موثر		$m^2/m.mm$ (sq ft/ft inch)
$r_h =$	flow passage hydraulic radius, $A_x L / A_T$ شعاع هیدرولیکی مسیر جریان $A_x L / A_T$	m (ft)	
$D_h =$	hydraulic diameter = $4 r_h$ قطر هیدرولیکی $4 r_h$	m (ft)	
$\beta =$	ratio of total transfer area on one side of the exchanger to volume between plates on that side نسبت سطح انتقال کل در یک طرف از مبدل به حجم بین صفحات در همان طرف		m^2/m^3 (sq ft/cu ft)

$\frac{A_f}{A_T} = \frac{A_f''}{A_T''} =$ ratio of fin surface area to total surface are (Eq. 1)

$=$ نسبت سطح پره به سطح کل $= \frac{A_f''}{A_T''} = \frac{A_f}{A_T}$ (معادله ۱)

(Eq. 2) $A'_x = A'_x = \frac{A_x}{W.N} = \frac{(bX_f)(\frac{1}{n} - X_f)^n}{144}$ (معادله ۲)

(Eq. 3) $A_p'' = \frac{A_p}{W.L} = \left(\frac{1}{n} - X_f\right) \frac{n}{6}$ (معادله ۳)

(Eq. 4) $A_f'' = \frac{A_f}{W.L} = (b - X_f) \frac{n}{6} \times K(1 - Y)$ (معادله ۴)

(Eq. 5) $A_T'' = \frac{A_T}{N.W.L} = A_p'' + A_f''$ (معادله ۵)

$$(Eq. 6) \quad r_h = \frac{A_x \cdot L}{A_T} = \frac{A'_x}{A_T} = \frac{1}{24} \times \frac{(b - X_f) \left(\frac{1}{n} - X_f \right)}{\left(\frac{1}{n} - X_f \right) + (b - X_f)K(1 - Y)} \quad (\text{معادله ۶})$$

$$(Eq. 7) \quad \beta = \frac{24 \left(\frac{1}{n} - X_f \right) + (b - X_f)K(1 - Y)}{b \times \frac{1}{n}} \quad (\text{معادله ۷})$$

TABLE 3 - FIN GEOMETRY DATA

جدول ۳- اطلاعات هندسی پره

نوع	کارفرما	ارتفاع	گام	ضخامت		Approx MAX Pressure bar(g)(psig)					
				HEIGHT	PITCH		FIN	TNICK			
TYPE	Compay	h mm(inch)	n fin/25.4 mm (fin/inch)	X1 mm (inch)	A _f ^o A _f ^o	A _f ^o A _f ^o					
Plain (straight) مسطح صاف	•	5.080 [0.200]	14 [14]	0.076 [0.003]	[0.001184]	[0.148]	[0.448]	[0.596]	[0.751]	[0.00794]	14 [200]
	•	5.080 [0.200]	14 [14]	0.305 [0.012]	[0.001086]	[0.138]	[0.439]	[0.577]	[0.760]	[0.00753]	21 [300]
	•	6.350 [0.250]	10 [10]	0.635 [0.025]	[0.001172]	[0.150]	[0.375]	[0.500]	[0.750]	[0.00937]	49 [700]
	•	7.112 [0.280]	14 [14]	0.635 [0.016]	[0.001422]	[0.130]	[0.515]	[0.745]	[0.825]	[0.00763]	35 [500]
	•	5.842 [0.230]	15 [15]	0.305 [0.012]	[0.001335]	[0.137]	[0.595]	[0.732]	[0.813]	[0.00741]	21 [300]
(Lanced) نیزه‌ای	•	9.525 [0.375]	15 [15]	0.203 [0.008]	[0.00224]	[0.147]	[0.917]	[1.064]	[0.862]	[0.00843]	14 [200]
	•	9.525 [0.375]	11.5 [11.5]	0.305 [0.012]	[0.00217]	[0.144]	[0.695]	[0.833]	[0.828]	[0.01038]	21 [300]
	•	9.525 [0.375]	8 [8]	0.635 [0.025]	[0.001944]	[0.134]	[0.466]	[0.000]	[0.778]	[0.01296]	14 [200]
	•	6.350 [0.250]	15 [15]	0.305 [0.012]	[0.001355]	[0.137]	[0.595]	[0.732]	[0.813]	[0.00742]	24 [300]
Ruffled ناهموار		6.350 [0.250]	14 [14]	0.508 [0.020]	[0.001150]	[0.120]	[0.535]	[0.655]	[0.817]	0.00700	49 [700]
		9.525 [0.375]	15 [15]	0.203 [0.008]	[0.00224]	[0.145]	[0.919]	[1.034]	[0.862]	[0.00843]	14 [200]
		7.874 [0.310]	15 [15]	0.152 [0.006]	[0.00192]	[0.152]	[0.760]	[0.912]	[0.833]	[0.00843]	14 [200]
		9.525 [0.375]	10.5 [10.5]	0.305 [0.012]	[0.00220]	[0.146]	[0.635]	[0.781]	[0.813]	[0.01128]	21 [300]
		5.080 [0.200]	Data	Not Available							49 [700]
	7.112 [0.280]	Data	Not Available							35 [500]	
	11.303 [0.445]	18 [18]	0.152 [0.006]	[0.00272]	[0.147]	[1.318]	[1.465]	[0.899]	[0.899]	[0.00744]	14 [200]
	9.525 [0.375]	12 [12]	0.076 [0.003]	[0.00230]	[0.151]	[0.734]	[0.885]	[0.830]	[0.830]	[0.01040]	14 [200]
	10.820 [0.426]	12 [12]	0.152 [0.006]	[0.00271]	[0.155]	[0.340]	[0.995]	[0.939]	[0.939]	[0.01096]	14 [200]

* = Also available perforated.

* همچنین بصورت سوراخ‌دار نیز در دسترس هستند.

TABLE 4 - MAXIMUM CORE DIMENSIONS

جدول ۴ - حداکثر ابعاد هسته

MAX. ASME WORKING PRESS bar (ga), (psig) حداکثر فشار کاری	MAX. OVERALL WIDTH mm (inch) حداکثر عرض کلی (میلیمتر (اینچ))	MAX. EFFECTIVE WIDTH mm (inch) حداکثر عرض موثر (میلیمتر (اینچ))	MAX. OVERALL HEIGHT mm (inch) حداکثر ارتفاع کلی (میلیمتر (اینچ))	MAX. EFFECTIVE LENGTH mm (inch) حداکثر ارتفاع موثر (میلیمتر (اینچ))	SEPARATOR SHEET THICKNESS mm (inch) ضخامت صفحه جداکننده (میلیمتر (اینچ))
14 (200)	914.4 (36)	885.8 (347/8)	914.4 (36)	762 (30)	0.813 (0.032)
24 (300)	914.4 (36)	885.8 (347/8)	914.4 (36)	3657.6 (144)	1.626 (0.064)
35 (500)	635 (25)	606.4 (237/8)	535 (211/16)	3048 (120)	1.626 (0.064)
49 (700)	457.2 (18)	431.8 (17)	514.4 (20¼)	3048 (120)	1.626 (0.064)
14 (200)	762 (30)	730.3 (28¾)	762 (30)	3168.7(124 ¼)	0.813 (0.032)
31 (450)	660.4 (26)	628.7 (24¾)	762 (30)	3168.7(124¾)	1.270 (0.050)
49 (700)	450 (17¾)	419.1 (16½)	762 (30)	3168.7(124¾)	1.626 (0.064)

APPENDICES
APPENDIX A

پیوست‌ها
پیوست الف

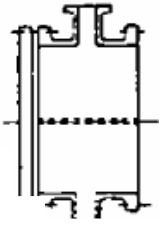
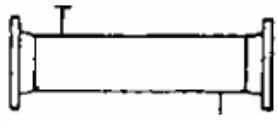
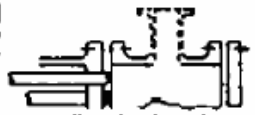
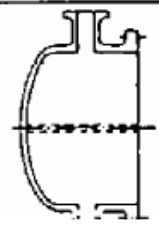
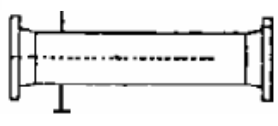
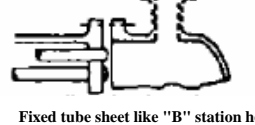
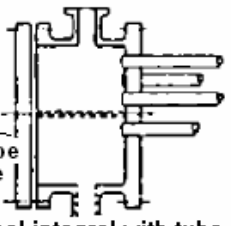
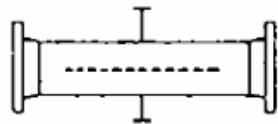
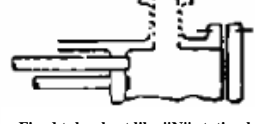
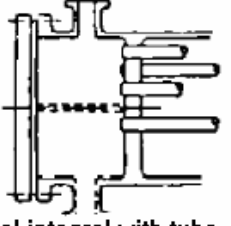
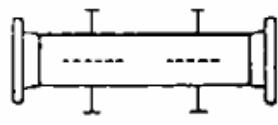
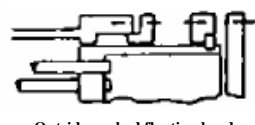
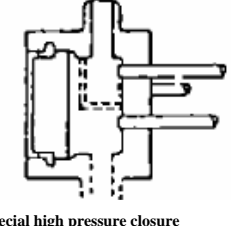
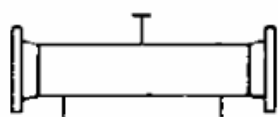
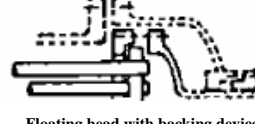
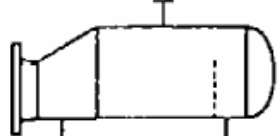
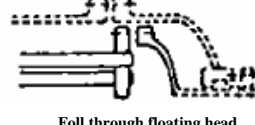
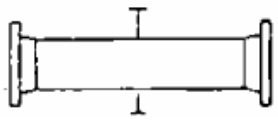
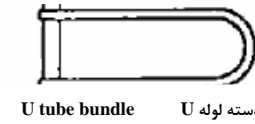
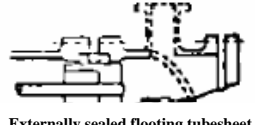
Front end stationary head types انواع کلگی ثابت انتهایی جلو		Shell types انواع پوسته		Rear end head types انواع کلگی انتهایی عقب	
A	 <p>hannel پوشش قابل حرکت و کانالی And removable cover</p>	E	 <p>One pass shell پوسته یک راهه</p>	L	 <p>Fixed tube sheet like "A" station head صفحه لوله ثابت شبیه کلگی ثابت "A"</p>
B	 <p>Bonnet (integral cover) کلگی (پوشش پوسته)</p>	F	 <p>Two pass shele with incingirudhal baffle پوسته دوره با بفل</p>	M	 <p>Fixed tube sheet like "B" station head صفحه لوله ثابت شبیه کلگی ثابت "B"</p>
C	 <p>Removable tube bundle only channel integral with tube sheet and removable cover</p>	G	 <p>Split flow جریان تفکیک شده</p>	N	 <p>Fixed tube sheet like "N" station head صفحه لوله ثابت شبیه کلگی ثابت "N"</p>
N	 <p>channel integral with tube sheet and removable cover</p>	H	 <p>Double split flow جریان تفکیک شده دو تایی</p>	P	 <p>Outside packed floating head کلگی شناور فشرده بیرونی</p>
D	 <p>Special high pressure closure محفظه مخصوص فشار بالا</p>	J	 <p>divided flow جریان تقسیم شده</p>	S	 <p>Floating head with backing device کلگی شناور با تجهیز انتهایی</p>
		K	 <p>Kettle type reboiler باز جوشان کنتری</p>	T	 <p>Foll through floating head کلگی شناور</p>
		X	 <p>Cross flow جریان متقاطع</p>	U	 <p>U tube bundle دسته لوله U</p>
				W	 <p>Externally sealed floating tubesheet صفحه لوله شناور آب بندی خارجی</p>

Fig. A.1-TYPE DESIGNATION BY TEMA

شکل الف-۱ تعریف نوع توسط TEMA

APPENDIX B
TABLE B.1 - SELECTION GUIDE FOR
HEAT EXCHANGER TYPES

پیوست ب
جدول ب-۱ راهنمای انتخاب برای انواع مبدل حرارتی

TYPE DESIGNATION تعریف نوع	SIGNIFICANT FEATURE ویژگی اصلی	APPLICATIONS BEST SUITED بهترین کاربرد	LIMITATIONS محدودیتها	RELATIVE COST IN CARBON STEEL CONSTRUCTION هزینه نسبی در ساخت با فولاد کربنی
Fixed Tube Sheet صفحه لوله ثابت	Both tube sheets fixed to shell هر دو صفحه لوله به پوسته ثابت شده‌اند	Condensers: liquid-liquid; gas-gas; gas-liquid; cooling and heating, horizontal or vertical, reboiling چگالنده‌ها: مایع - مایع، گاز - گاز، گاز - مایع گرمایش و سرمایش، افقی یا عمودی، باز جوشانی	Temperature difference at extremes of about 93°C due to differential expansion حداکثر اختلاف دما در حدود ۹۳°C به خاطر انبساط مختلف می‌باشد.	1.0
Floating Head or Tube Sheet (Removable and non-removable bundles) کلگی شناور یا صفحه لوله (دسته لوله‌های متحرک یا غیر متحرک)	One tube sheet "floats" in shell or with shell, tube bundle may or may not be removable from shell, but back cover can be removed to expose tube ends. یک صفحه لوله در پوسته یا با پوسته شناور است. دسته لوله می‌تواند یا نمی‌تواند از پوسته جدا شود اما پوشش انتهایی می‌تواند برای نشان دادن انتهای لوله‌ها جدا شود.	High temperature differentials above about 93°C extremes; dirty fluids requiring cleaning of inside as well as outside of shell, horizontal or vertical. اختلاف دمای زیاد بالا در حدود ۹۳°C، سیالات کثیف که نیاز به تمیزکاری داخل مثل بیرون پوسته دارند، افقی یا عمودی	Internal gaskets offer danger of leaking. Corrosiveness of fluids on shell side floating parts. Usually confined to horizontal units. لایه‌های داخلی خطر نشتی دارند. خورنده بودن سیال سمت پوسته اجزاء شناور. عموماً به واحدهای افقی محدود شده است.	1.28
U-Tube; U-Bundle لوله U شکل - دسته لوله U شکل	Only one tube sheet required. Tubes bent in U-shape. Bundle is removable. فقط یک صفحه لوله لازم دارند. لوله‌ها به صورت U خم شده‌اند. دسته لوله قابل حرکت است.	High temperature differentials which might require provision for expansion in fixed tube units. Clean service or easily cleaned conditions on both tube side and shell side. Horizontal or vertical. اختلاف دمای زیاد که ممکن است نیاز به ملاحظاتی برای انبساط در واحدهای لوله ثابت داشته باشد. کاربری تمیز یا راحت تمیز شو در هر دو سمت لوله و پوسته. افقی یا عمودی.	Bends must be carefully made or mechanical damage and danger of rupture can result. Tube side velocities can cause erosion of inside of bends. Fluid should be free of suspended particles. خم‌ها باید به دقت ساخته شوند یا منجر به آسیب مکانیکی و خطر پارگی می‌شوند. سرعت سمت لوله ممکن است منجر به سایش در خم‌ها شود. سیال باید عاری از ذرات معلق باشد.	1.08

APPENDIX B (continued)

پیوست ب (ادامه)

TYPE DESIGNATION تعریف نوع	SIGNIFICANT FEATURE مشخصات مهم	APPLICATIONS BEST SUITED بهترین کاربردها	LIMITATIONS محدودیت‌ها	RELATIVE COST IN CARBON STEEL CONSTRUCTION هزینه نسبی در ساخت با فولاد کربنی
Kettle کتری	Tube bundle removable as U-type or floating head. Shell enlarged to allow boiling and vapor disengaging. دسته لوله U شکل قابل جدا شدن یا کلگی شناور. پوسته به خاطر جوشش و جدا شدن بخار بزرگ شده است.	Boiling fluid on shell side, as refrigerant, or process fluid being vaporized. Chilling or cooling of tube side fluid in refrigerant evaporation on shell side. سیال جوشان در سمت پوسته، مثل سیال مبرد، یا سیال فرآیندی که تبخیر می‌شود. تبرید یا سرد کردن سیال سمت لوله تبخیر تبریدی در سمت پوسته	For horizontal installation. نصب به صورت افقی. Physically large for other applications. برای سایر کاربردها از نظر فیزیکی بزرگ است.	1.2 - 1.4
Double Pipe دولوله‌ای	Each tube has own shell forming annular space for shell side fluid. Usually use externally finned tube. هر لوله، پوسته مخصوص به خود دارد که فضای حلقوی را برای سیال سمت پوسته ایجاد می‌کند. عموماً از لوله‌های با پره بیرونی استفاده شود.	Relatively small transfer area service, applications. Especially suited for high pressures in tube above 27.6 bar (ga). کاربریهای با سطح انتقال حرارت کوچک، مخصوصاً برای لوله‌هایی با فشار بالای ۲۷/۶ بار نسبی مناسب است.	Services suitable for finned tube. Piping-up a large number often requires cost and space. برای کاربری لوله‌های پرده‌دار مناسب است. لوله‌کشی برای تعداد زیاد اغلب نیاز به هزینه و فضا دارد.	0.8 - 1.4
Pipe Coil حلقه لوله‌ای	Pipe coil for submersion in coil-box of water or sprayed with water is simplest type of exchanger. حلقه لوله برای غوطه ور شدن در محفظه حلقه آب یا تحت پاشش با آب، ساده‌ترین نوع مبدل است.	Condensing, or relatively low heat loads on sensible transfer. چگالش یا بار حرارتی نسبی کم در انتقال حرارت محسوس.	Transfer coefficient is low, requires relatively large space if heat load is high. ضریب انتقال حرارت کم است، در صورتی که بار حرارتی زیاد باشد به فضای نسبتاً زیادی نیاز دارد.	0.5 - 0.7

APPENDIX B (continued)

پیوست ب (ادامه)

TYPE DESIGNATION تعریف نوع	SIGNIFICANT FEATURE مشخصات مهم	APPLICATIONS BEST SUITED بهترین کاربرد	LIMITATIONS محدودیت‌ها	RELATIVE COST IN CARBON STEEL CONSTRUCTION هزینه نسبی در ساخت با فولاد کربنی
Open Tube Sections (Water Cooled) قسمت‌های لوله‌ای باز (خنک کننده با آب)	Tubes require no shell, only end headers, usually long, water sprays over surface, sheds scales on outside tubes by expansion and contraction. Can also be used in water box. لوله‌ها به پوسته نیاز ندارند، فقط کلگی انتهایی، اغلب بلند، آب روی سطح پاشیده می‌شود، رسوبها در لوله-های بیرونی در اثر انبساط و انقباض می‌ریزند. در محفظه آب نیز می‌تواند استفاده شوند.	Condensing, relatively low heat loads on sensible transfer. چگالش، بارهای حرارتی نسبتاً کم در انتقال حرارت محسوس	Transfer coefficient is low, takes up less space than pipe coil. ضریب انتقال حرارت کم است. فضای کمتری را نسبت به حلقه لوله‌ای می‌گیرد.	0.8 - 1.1
Open Tube Sections (Air Cooled) Plain or finned tubes قسمت‌های لوله‌ای باز (خنک کننده هوایی) لوله‌های ساده یا پرده‌دار	No shell required, only end headers similar to water units. نیاز به پوسته نیست، فقط کلگی انتهایی مثل نوع خنک کننده با آب.	Condensing, high level heat transfer. چگالش، انتقال حرارت زیاد.	Transfer coefficient is low, if natural convection circulation, but is improved with forced air flow across tubes. اگر جابجایی گردشی طبیعی باشد ضریب انتقال حرارت کم است، اما با جریان اجباری هوا در مقطع لوله‌ها افزایش می‌یابد.	0.8 - 1.8
Plate and Frame صفحه و قاب	Composed of metal-formed thin plates separated by gaskets. Compact, easy to clean. از صفحات فلزی نازک شکل داده شده که توسط لایه‌ها از هم جدا شده اند ساخته شده است. فشرده، تمیزکاری راحت.	Viscous fluids, corrosive fluids slurries, High heat transfer. سیالات گرانرو، سیالات دوغابی خورنده، انتقال حرارت بالا.	Not well suited for boiling or condensing; limit 177-260°C by gaskets. Used for Liquid-Liquid only; not gas-gas. برای چگالش و جوشش مناسب نیستند. تا ۲۶۰°C - ۱۷۷ توسط لایه محدود شده‌اند، فقط برای مایع - مایع به کار می‌روند، نه گاز - گاز.	0.8 - 1.5
Spiral حلزونی	Compact, concentric plates; no bypassing, high turbulence. فشرده، صفحات هم مرکز بدون کنارگذر، تلاطم بالا	Cross-flow, condensing, heating جریان متقاطع، چگالش، گرمایش	Process corrosion, suspended materials. خوردگی فرآیندی، مواد معلق	0.8 - 1.5
Small-tube Teflon لوله کوتاه تفلونی	Chemical resistance of tubes; no tube fouling. مقاومت شیمیایی لوله‌ها، بدون رسوب در لوله‌ها	Clean fluids, condensing, cross-exchange. سیالات تمیز، چگالش، تبادل مقطعی.	Low heat transfer coefficient. ضریب انتقال حرارت کم	2.0 - 4.0

APPENDIX C
TYPICAL TEMA RECOMMEND FOULING
RESISTANCES FOR INDUSTRIAL FLUIDS

پیوست ج
 نمونه مقاومت‌های رسوب پیشنهادی TEMA برای
 سیالات صنعتی

TABLE C.1 - TYPICAL FOULING RESISTANCES FOR INDUSTRIAL FLUIDS

جدول ج-۱ مقاومت‌های رسوب گرفتگی برای سیالات صنعتی

Oils:	روغن‌ها:	M ² .°C/W
Fuel Oil #2	نفت کوره # ۲	0.00035
Fuel Oil #6	نفت کوره # ۶	0.00085
Transformer Oil	روغن ترانسفورمر	0.00017
Engine Lube Oil	روغن روانکاری موتور	0.00017
Quench Oil	روغن خنک کن	0.0007
Gases and Vapors:	گازها و بخارات:	
Manufactured Gas	گاز ساخته شده	0.0017
Engine exhaust Gas	گاز خروجی موتور	0.0017
Steam (Non-Oil Bearing)	بخار (باتاقان غیر روغنی)	0.000085
Exhaust Steam (Oil Bearing)	بخار خروجی (باتاقان روغنی)	0.000255 - 0.00035
Refrigerant Vapors (Oil Bearing)	بخارات مبرد (باتاقان روغنی)	0.00035
Compressed Air	هوای فشرده	0.00017
Ammonia Vapor	بخار آمونیاک	0.00017
CO2 Vapor	بخار CO2	0.00017
Chlorine Vapor	بخار کلر	0.00035
Coal Flue Gas	گاز حاصل از احتراق ذغال	0.00017
Natural Gas Flue Gas	گاز حاصل از احتراق گاز طبیعی	0.00085
Liquids:	مایعات:	
Molten Heat Transfer Salts	نمک‌های مذاب انتقال حرارت	0.000088
Refrigerant Liquids	مایعات تبریدی	0.00017
Hydraulic Fluid	سیال هیدرولیکی	0.00017
Industrial Organic Heat Transfer Media	سیال آلی صنعتی انتقال حرارت	0.00035
Ammonia Liquid	آمونیاک مایع	0.00017
Ammonia Liquid (Oil Bearing)	آمونیاک مایع (باتاقان روغنی)	0.000528
Calcium Chloride Solutions	محلول‌های کلرید کلسیم	0.000528
Sodium Chloride Solutions	محلول‌های کلرید سدیم	0.000528
CO2 Liquid	CO2 مایع	0.00017
Chlorine Liquid	مایع کلر	0.00035
Methanol Solutions	محلول‌های متانول	0.00035
Ethanol Solutions	محلول‌های اتانول	0.00035
Ethylene Glycol Solutions	محلول‌های اتیلن گلیکول	0.00035

FOULING RESISTANCES FOR CHEMICAL PROCESSING STREAMS

مقاومت رسوب برای جریان‌های فرآیندی شیمیایی

Gases and Vapors:	گازها و بخارها:	
Acid Gases	گازهای اسیدی	0.00035 - 0.000528
Solvent Vapors	بخارات حلال	0.00017
Stable Overhead Products	محصولات پایدار بالاسری	0.00017
Liquids:	مایعات:	
MEA and DEA Solutions	محلول‌های MEA و DEA	0.00035
DEG and TEG Solutions	محلول‌های DEG و TEG	0.00035
Stable Side Draw and Bottom Product	محصول پایدار جانبی و پایینی	0.00017 - 0.00035
Caustic Solutions	محلول‌های سود سوز آور	0.00035
Vegetable Oils	روغن‌های نباتی	0.000528

FOULING RESISTANCES FOR NATURAL GAS-GASOLINE PROCESSING STREAMS

مقاومت رسوب برای جریان‌های فرآیندی گاز - بنزین

Gases and Vapors:	گازها و بخارها:	
Natural Gas	گاز طبیعی	0.00017 - 0.00035
Overhead Products	محصولات بالاسری	0.00017 - 0.00035
Liquids:	مایعات:	
Lean Oil	روغن عاری شده (رقیق)	0.00035
Rich Oil	روغن غنی	0.00017 - 0.00035
Natural Gasoline and Liquefied Petroleum Gases	بنزین طبیعی و گازهای نفتی مایع شده	0.00017 - 0.00035

(to be continued)

TABLE C.1 (continued)
TYPICAL FOULING RESISTANCES FOR OIL REFINERY STREAMS

جدول ج-۱ (ادامه)

نمونه مقاومت رسوب برای جریان‌های پالایشگاه نفت

Crude and Vacuum Unit Gases and Vapors:			گازها و بخارات واحد نفت خام و خلاء:			
Atmospheric Tower Overhead Vapors	بخارات بالاسری برج اتمسفریک		0.00017			
Light Naphthas	نفتای سبک		0.00017			
Vacuum Overhead Vapors	بخارات بالاسری خلاء		0.00035			
Crude and Vacuum Liquids:			مایعات نفت خام و خلاء:			
Crude Oil			نفت خام			
	-17 to 121°C			121 to 176°C		
	Velocity (m/s) (m/s) سرعت			Velocity (m/s) (m/s) سرعت		
	< 0.6	0.6 - 1.2	> 1.2	< 0.6	0.6 - 1.2	> 1.2
Dry خشک	0.00053	0.00035	0.00035	0.00053	0.00035	0.00035
Salt* نمک*	0.00053	0.00035	0.00035	0.00088	0.000704	0.000704
0.00053	176 to 232°C			232°C and over		
	Velocity (m/s) (m/s) سرعت			Velocity (m/s) (m/s) سرعت		
	< 0.6	0.6 - 1.2	> 1.2	< 0.6	0.6 - 1.2	> 1.2
Dry خشک	0.704	0.00053	0.00053	0.00088	0.000704	0.000704
Salt* نمک*	1.056	0.00088	0.00088	0.00123	0.00106	0.00106
* Assumes desalting @ approx. 121°C			* با فرض نمک زدایی در تقریباً ۱۲۱°C			
Gasoline	بنزین		0.00035			
Naphtha and Light Distillates	نفتا و تقطیرشده سبک		0.00035 - 0.000528			
Kerosene	نفت سفید		0.00035 - 0.000528			
Light Gas Oil	گازوییل سبک		0.00035 - 0.000528			
Heavy Fuel Oils	نفت کوره‌های سنگین		0.000528 - 0.00088			
Heavy Gas Oil	گازوییل سنگین		0.00088 - 0.00123			
Asphalt and Residuum:			آسفالت و ته ماند:			
Vacuum Tower Bottoms	ته مانده برج خلاء		0.00017			
- Atmospheric Tower Bottoms	ته مانده برج اتمسفریک		0.00123			
Cracking and Coking Unit Streams:			جریان‌های واحد شکست مولکولی و کک‌سازی:			
Overhead Vapors	بخارات بالاسری		0.00035			
Light Cycle Oil	روغن گردشی سبک		0.00035 - 0.000528			
Heavy Cycle Oil	روغن گردشی سنگین		0.000528 - 0.000704			
Light Coker Gas Oil	گازوییل سبک کک‌سازی		0.000528 - 0.000704			
Heavy Coker Gas Oil	گازوییل سنگین کک‌سازی		0.000704 - 0.00088			
Bottoms Slurry Oil (1.35 m/s minimum)	روغن دوغابی ته ماند (حداقل ۱/۳۵)		0.000528			
Light Liquid Products	محصولات مایع سبک		0.00035			
Catalytic Reforming, Hydrocracking and Hydrodesulfurization Streams:			جریان‌های تبدیل کاتالیستی، شکست با هیدروژن و سولفورزدایی با هیدروژن:			
Reformer Charge	خوراک واحد تبدیل		0.000264			
Reformer Effluent	خروجی واحد تبدیل		0.000264			
Hydrocracker Charge and Effluent*	ورودی و خروجی واحد شکست با هیدروژن*		0.00035			
Recycle Gas	گازهای بازگشتی		0.00017			

TABLE C.1 (continued)

جدول ج-۱ (ادامه)

Hydrodesulfurization Charge and Effluent*	ورودی و خروجی واحد سولفور زدایی با هیدروژن *	0.00035
Overhead Vapors	بخارات بالاسری	0.00017
Liquid Product Over 50° API	محصولات مایع بالای ۵۰ API	0.00017
Liquid Product 30 - 50° API	محصولات مایع ۳۰- ۵۰ API	0.00035
* Depending on charge, characteristics and storage history, charge resistance may be many times this value. * مقاومت خوراک، بسته به خوراک، مشخصات و سابقه انبارش ممکن است اکثر مواقع این مقدار باشد.		
Light Ends Processing Streams:	جریان‌های فرآیندی برشهای سبک:	
Overhead Vapors and Gases	بخارها و گازهای بالاسری	0.00017
Liquid Products	محصولات مایع	0.00017
Absorption Oils	روغن‌های جاذب	0.00035 - 0.000528
Alkylation Trace Acid Streams	جریان‌های کم اسیدی آلکیلاسیون	0.00035
Reboiler Streams	جریان‌های باز جوشاننده	0.00035 - 0.000528
Lube Oil Processing Streams:	جریان‌های فرآیندی روغن روان کاری:	
Feed Stock	خوراک	0.00035
Solvent Feed Mix	مخلوط حلال و خوراک	0.00035
Solvent	حلال	0.00017
Extract*	عصاره *	0.000528
Raffinate	تصفیه شده	0.00017
Asphalt	آسفالت	0.00088
Wax Slurries*	دوغاب موم *	0.000528
Refined Lube Oil	روغن روان کاری تصفیه شده	0.00017
*Precautions must be taken to prevent wax deposition on cold tube walls. *برای جلوگیری از ته نشینی موم در دیواره لوله سرد، احتیاط لازم باید انجام شود.		
Visbreaker:	واحد کاهش گرانی:وی	
Overhead Vapor	بخارات بالاسری	0.000528
Visbreaker Bottoms	ته مانده‌های برج کاهش گرانی	0.0017
Naphtha Hydrotreater:	فرآوری هیدروژنی نفتا:	
Feed	خوراک	0.000528
Effluent	خروجی	0.00035
Naphthas	نفتاها	0.00035
Overhead Vapors	بخارات بالاسری	0.000204
Catalytic Hydro Desulfurizer:	سولفورزدایی هیدروژنی کاتالیستی:	
Charge	خوراک	0.000704 - 0.00088
Effluent	خوراک خروجی	0.00035
HT Sep. Overhead	بالاسری جداکننده دمای بالا	0.00035
Stripper Charge	خوراک عاری ساز	0.000528
Liquid Products	محصولات مایع	0.00035
HF Alky Unit:	واحد آلکالی HF:	
Alkylate, Deprop. Bottoms, Main Fract. Overhead, Main Fract. Feed	آلکیلات، ته ماند برج پروپان زدا، بالاسری برج تفکیک کننده اصلی، خوراک برج تفکیک کننده اصلی	0.000528
All Other Process Streams	سایر جریان‌های فرآیندی	0.00035

FOULING RESISTANCES FOR WATER
مقاومت رسوب برای آب

Temperature of Heating Medium*	دمای سیال گرم کننده	Up to 116°C		116 to 204°C	
Temperature of Water	دمای آب	51°C		Over 51°C	
		Water Velocity (m/s) سرعت آب (m/s)		Water Velocity (m/s) سرعت آب (m/s)	
		0.9 and Less	Over 0.9	0.9 and Less	Over 0.9
Sea Water	آب دریا	0.000088	0.000088	0.00017	0.00017
Brackish Water	آب شور	0.00035	0.00017	0.000528	0.00035
Cooling Tower and Artificial Spray Pond: برج خنک کننده و استخر پاشش مصنوعی:					
Treated Make Up	جبرانی تصفیه شده	0.00017	0.00017	0.00035	0.000704
Untreated	تصفیه نشده	0.000528	0.000528	0.00088	0.00035
City or Well Water	آب شهر یا چاه	0.00017	0.00017	0.00035	0.00035
River Water: آب رودخانه:					
Minimum	حداقل	0.00035	0.00017	0.000528	0.00035
Average	میانگین	0.000528	0.00035	0.000704	0.000528
Muddy or Silty	گل آلود یا لجنی	0.000528	0.00035	0.000704	0.000528
Hard (over 258 g/m ³)	سخت (بالای ۲۵۸)	0.000528	0.000528	0.00088	0.00088
Engine Jacket	جداره موتور	0.00017	0.00017	0.00017	0.00017
Distilled or Closed Cycle چرخه بسته یا آب مقطر					
Condensate	چگالیده	0.000088	0.000088	0.000088	0.000088
Treated Boiler Feedwater	آب تصفیه شده خوراک دیگ بخار	0.00017	0.000088	0.00017	0.00017
Boiler Blowdown	دور ریز دیگ بخار	0.00035	0.00035	0.00035	0.00035
* If the heating medium temperature is over 204°C and the cooling medium is known to scale, these ratings should be modified accordingly. * اگر دما سیال گرم کننده بالاتر از ۲۰۴°C و سیال سرد به عنوان رسوب کننده شناخته شود، این دسته بندی باید متناسباً اصلاح شود.					