

مهندسی عمران در صنایع نفت، گاز، پتروشیمی و نیروگاهی



تقدیم به جویندگان علم و دانش

نویسنده : بابک فرهمندشاد

تیم شده به وبسایت Civil808 جهت انتشار در سایت

۱۳۹۲ مرداد

مقدمه نویسنده

میهن عزیزان سرشار از متابع خدادادی نفت و گاز است. این مهم باعث شده تا سفره های زیرزمینی کشورمان همواره مورد توجه کشورهای صنعتی و در حال رشد باشد. احداث پالایشگاه آبادان در سال ۱۹۰۹ میلادی توسط شرکت نفت انگلیس-پرشیا و بهره برداری از آن در سال ۱۹۱۲ و سپس ملی شدن صنعت نفت، نشان دهنده قدمت و اهمیت این صنعت است. در امر طراحی و ساخت یک سایت پالایشگاهی یا نیروگاهی مهندسین مختلفی نظیر عمران و معماری، مکانیک (تجهیزات ثابت یا دورانی)، فرآیند، خط لوله، برق و ابزار دقیق، ایمنی و حفاظت و کنترل پروژه دخیل هستند. مهندسین عمران از ابتدای احداث یک سایت که مرحله تسطیح مقدماتی است تا شروع بهره برداری و حتی پس از آن درگیر مسائل مختلف عمرانی می باشند. مراحلی نظیر عملیات خاکی تسطیح، طراحی و احداث سیستم حفاظت سایت از سیلاب، فنس کشی، تسلیح خاک، دیوار حائل، طراحی جاده، کالورت و مسیرهای دسترسی به واحدها، محوطه سازی، شبکه توزیع آب یا جمع آوری و تصفیه و دفع پساب های صنعتی و بهداشتی و آب باران، طراحی و احداث سازه های صنعتی و غیر صنعتی، طراحی فونداسیون یا شمع برای تجهیزات دوار با بار دینامیکی و ضربه ای، طراحی و ساخت واحدهای مقاوم در برابر آتش یا انفجار و کنترل ضوابط پدافند غیرعامل، طراحی سازه های صنعتی نظیر مخازن *storage tank*، برج خنک کننده *cooling tower*، سازه نگهدارنده خط لوله *pipe rack* دودکش و نظایری از این دست باعث می شود که تیم مهندسی سیویل، سازه و معماری پروژه تسلط کافی به استانداردها، آئین نامه ها و نشریات مرتبط داشته در عین حال هماهنگی مطلوبی با دیگر دیسیپلینها برقرار نمایند.

نگارنده معتقد است که با وجود تلاش فراوان، این اثر مصون از ایرادهایی نظیر غلط های مفهومی، فنی، ابهام و اشکالات موضوعی نیست. از این رو از شما خواننده گرامی صمیمانه تقاضا دارد در صورت مشاهده هرگونه ایراد و اشکال مراتب را از طریق انتشارات علم عمران با مولف در میان بگذارید.

امید است تالیف این کتاب گامی هر چند کوچک در جهت ارتقای دانش فنی و اجرایی مهندسین عمران شاغل در بخش نفت و گاز و صنایع پالایشگاهی و نیروگاهی باشد.

فهرست مطالب

فصل اول: آشنایی اولیه با اصطلاحات و واژگان سایتهاي صنعتی

۱- واحدهای مختلف در سایت های نیروگاهی و پالایشگاهی

۲- نقشه جانمایی واحدها general plot plan

فصل دوم: مدارک مهندسی بخش سیویل و سازه:

۱-۱- گزارشات مکانیک خاک و ژئوتکنیک

۱-۲- نقشه های معماری ساختمانها (اتاق کنترل، آزمایشگاه، اداری، رستوران، کارگاه....)

۱-۳- سازه های فلزی و بتونی و فونداسیون و شمعها concrete and steel structure foundation and piles

۱-۴- بارهای واردہ به سازه ها و تجهیزات load list

۱-۵- پدافند غیرعامل

۱-۶- سازه های مقاوم در برابر آتش fire proofing structure

۱-۷- سازه های مقاوم در برابر انفجار blast resistance structure

۱-۸- پایه های نگهدارنده خطوط لوله pipe rack

۱-۹- حصارکشی سایت fencing and gate

۱-۱۰- دیوار حائل retaining/dike wall and slope protection

۱-۱۱- تسطیح سایت rough grading

۱-۱۲- سیستم کنترل و حفاظت سایت از سیلاب flood control channel

۱-۱۳- شبکه توزیع آب صنعتی و شرب water supply network

۱-۱۴- شبکه های جمع آوری آبهای سطحی، فاضلاب صنعتی و غیر صنعتی rain and foul water drainage

۱-۱۵- تصفیه فاضلاب بهداشتی systems and underground composite

۱-۱۶- سیستم جدا کننده آب و روغن sanitary sewage treatment oily water separator

۱-۱۷- کانال های عبور کابل ها و لوله ها cable and pipe trench

۱-۱۸- محوطه سازی landscaping

۱-۱۹- خیابانها و مسیرهای دسترسی roads

۱-۲۰- انواع پوشش کف و روپوشی در مناطق مختلف سایت paving and road surfacing

- ۱۹-۲ - تقاطع خطوط لوله با مسیرهای دسترسی، پل ها و کالورتها pipe road crossing ,culvert bridge
 - ۲۰-۲ - ایستگاه ها و حوضچه های شیرآلات valve pit and catch basin
 - ۲۱-۲ - مخازن storage tank
 - ۲۲-۲ - دودکش chimney and stack
 - ۲۳-۲ - برج خنک کننده cooling tower
 - ۲۴-۲ - سازه های فراساحلی offshore structure
- فصل سوم: مراجع، استانداردها، آئین نامه ها و نشریات:

فصل اول:

آشنایی اولیه با اصطلاحات و واژگان سایتهاي صنعتی

در حالت عمومی اصطلاح سایت صنعتی را می توان به گستره وسیعی از پروژه ها تعمیم داد. اما اگر بخواهیم اندکی تخصصی تر به موضوع بنگریم شاید بتوان سایتهاي صنعتی را به چند گروه کلی زیر دسته بندی نمود:

پروژه های نفت ، گاز و پتروشیمی

نیروگاههای حرارتی ، سیکل ترکیبی ، آبی ، بادی و اتمی

خطوط انتقال آب ، نفت ، گاز و فرآورده های پتروشیمی

سکو های فراساحلی استخراج و پالایش نفت و گاز off shore

تاسیسات سرچاهی در میادین نفت و گاز

تاسیسات آب شیرین کن

کارخانه های تولید مواد غذایی ، بهداشتی و دارویی

کارخانه های ذوب فلزات و صنایع سنگین

کارخانه های خودروسازی

تاسیسات زیر بنایی همانند توزیع آب مصرفی و خنک کن و ... و جمع آوری و دفع فاضلاب

تصفیه خانه های آب و فاضلاب

کارخانه های تولید سیمان و مصالح ساختمانی

کارخانه های تزریق پلاستیک

تاسیسات حرارتی ، برودتی و تهیه مطبوع ساختمان های صنعتی ، مسکونی ، تجاری ، اداری ، بیمارستانها ، هتلها ، فرودگاه ها و ...

کشتی های نفت کش ، بازرگانی ، مسافرتی و نظامی

کلیه پروژه های نام برده شده در فوق و سایر موارد مشابه ، هر چند هر یک برای خود استانداردها و روشهای خاص طراحی را طلب می کند لیکن جملگی ارادی یک فصل مشترک می باشد و آن اینکه در همه این پروژه ها تعدادی تجهیزات ثابت و متحرک جهت تولید محصولاتی مشخص نصب شده که ارتباط میان آنها با مجموعه ای از لوله ها برقرار می گردد و در همه این پروژه ها کابل های انتقال قدرت جهت رساندن نیروی برق به نقاط مورد نیاز و کابل های ابزار دقیق و لوله ها و تیوب های هوای فشرده و روغن جهت کنترل اتوماتیک فرآیند و احتمالاً کانال های هوارسانی جهت تهییه مطبوع ، دود کش و ... مورد استفاده قرار می گیرد . البته بدینهیست که برای نصب و نگهداری موارد ذکر شده ، می بایست در هر یک از این پروژه ها متناسب با موقعیت ها و شرایط بارگذاری مورد نیاز انواع سازه های فلزی و بتی نیز طراحی و نصب گردد

تیم طراحی مهندسی:

- ۱	process
- ۲	civil
- ۳	structure
- ۴	معماری architecture
- ۵	تاسیسات برقی electrical
- ۶	سیستم های ابزار دقیق I & C
- ۷	H.V.A.C
- ۸	تجهیزات ثابت fixed equipment
- ۹	تجهیزات دوار rotary equipment
- ۱۰	لوله کشی piping
- ۱۱	خط لوله pipeline
- ۱۲	ایمنی، آتش نشانی safety, firefighting and environmental pollution control
- ۱۳	برآورد کالا و خرید procurement
- ۱۴	هماهنگی و کنترل مدارک document control Coordinator(DCC)

طراحی مفهومی conceptual design

بخشی از فرایند طراحی است که در آن فرایندهای اصلی و کارکرد سیستمهای عمدۀ تشکیل دهنده طرح، تعیین می‌شود. در این فرایند ممکن است بیش از یک گزینه برای برآورده ساختن اهداف طرح ارائه گردد.

مهندسی پایه basic engineering

طراحی که بر اساس نتیجه طراحی مفهومی، با بررسیهای کامل و انجام محاسبات دقیق مهندسی انجام می‌شود، و مشخصات عناصر اصلی طرح را تعیین می‌کند.

طراحی اولیه Basic design

بخشی از فرایند طراحی است که در آن ساختارهای اصلی طرح بر اساس گزینه برتر در مرحله طراحی مفهومی تعیین می‌گردد. در این مرحله، فرایندها به روشنی تعیین و کارکردهای اصلی تمامی سیستمهای سازه‌های تشکیل دهنده طرح مشخص می‌شود.

داده‌های مهندسی پایه basic engineering data

نیازمندیهای خاص مهندسی engineering specific requirement

مشخصات استاندارد مهندسی engineering Standard specification

مهندسی تفصیلی detail engineering

مهندسی تفصیلی، که بر مبنای مهندسی پایه، انجام می‌شود و جزئیات اجرایی در بخش‌های مختلف اعم از خرید و ساخت تجهیزات و کالا، مدارک لازم برای عملیات ساختمان و نصب و راهاندازی و ... را تهیه می‌کند

نقشه جانمایی واحدهای سایت general plot plan layout

نقشه‌ای که رقوم ارتفاعی، مختصات جغرافیایی محل جانمایی واحدها، ساختمانها، سازه‌های صنعتی و تجهیزات فرآیندی و مسیرهای دسترسی به واحدها و مسیر حرکت لوله‌ها در آن مشخص شده است. در نقشه جانمایی می‌باشد محدوده‌های مجتمع (مرز محوطه)، شمال جغرافیایی و شمال قراردادی سایت، جهت باد غالب، رقوم ارتفاعی (براساس مختصات جهانی UTM یا محلی local)

مشخصات اقلیمی منطقه site condition

یکی از پارامترهای بسیار مهم در تعیین محل استقرار تجهیزات و ساختمان‌های یک کارخانه صنعتی جهت وزش باد غالب در منطقه وقوع کارخانه می‌باشد. نحوه چیدمان می‌باشد که گونه‌ای باشد که همواره باد غالب دود و گازهای خروجی از دودکش تجهیزات Flare Heater Boiler را از محل استقرار پرسنل، ساختمان‌ها و هرگونه منطقه مسکونی واقع در مجاورت کارخانه دور نماید. همچنین اطلاعاتی مانند میزان بارش باران، ضربی زلزله، مشخصات عمومی خاک منطقه و ... با توجه به تاثیرگذاری آنها در طراحی ابعاد ساختمان‌ها و مسیرهای آبرو به طور غیر مستقیم در چیدمان نقشه Plot Plan تاثیر خواهد داشت.

چنین اطلاعاتی از مدرک مشخصات اقلیمی منطقه (Site Condition) استخراج می‌گردد. این مدرک معمولاً توسط بخش مهندسی سیویل، سازه و معماری (Civil, Structure, Architect) تهیه شده و در اختیار تیم پروژه قرار می‌گیرد.

نقشه توپوگرافی زمین

این نقشه توسط بخش مهندسی سیویل، سازه و معماری (CSA) تهیه شده و مبنای تصمیم گیری طراح Plot Plan در خصوص انتخاب ارتفاعات مناسب تسطیح زمین و تقسیم بندی زمین کارخانه به چندین ارتفاع مختلف (Terrace) می‌باشد.

واحدهای مختلف موجود در یک سایت صنعتی (لیست ساختمانها):

این لیست بیانگر تعداد ساختمان‌های پیش‌بینی شده در سایت و نوع کاربری، مساحت، تعداد طبقات و ابعاد کلی هر یک از آنها می‌باشد که توسط بخش مهندسی سیویل، سازه و معماری (CSA) تهیه می‌گردد

Fire Fighting System

Emergency Power System

Condensate Storage and Export System

Chemical Storage

Relevant Roads and Paving

Relevant Technical Buildings

All non-technical Buildings

Administration Buildings

Indoor Warehouse

Main Workshop

Canteen

Compressor room

Security Building/Gate Keeper

Car Maintenance Building/Truck Maintenance Building

Main Substation

Fire Fighting Building

Central Control Building

Laboratory

Telecommunication Building

دسته بندی ها و انواع شالوده های ماشین آلات

انواع مختلفی از ماشین آلات وجود دارد که نیروهای تناوبی مختلفی تولید می کنند . سه دسته از مهم ترین آنها عبارتند از:

ماشینهایی ماشینهای رفت و برگشتی؛ که نیروهای تناوبی نامتعادل تولید می کنند) نظیر کمپرسورها و موتورهای رفت و برگشتی

ماشین آلات ضربه ای؛ این دسته شامل ماشینهایی است که بارهای ضربه ای تولید می کنند مانند پرس های آهنگری.

ماشین آلات دور **rotating equipment**؛ ماشینهایی با سرعت بالا، مانند توربوزناتورها یا کمپرسورهای دورانی.

شالوده های مناسب باید بر اساس نوع ماشینی که روی آن نصب می شود انتخاب شود . بعضی از رایج ترین آنها به شرح زیر است:

شالوده نوع یکپارچه، شامل یک دال بتنه ضخیم است که مستقیماً ماشین و سایر تجهیزات جانبی را نگهداری می کند.

شالوده پایه ستونهای بلند) صفحه فوقانی(، شامل یک دال تکیه گاهی و ستونهای قائم که شبکه تیرها در بالای آن قرار می گیرد و ماشین آلات روی آنها نصب می شود.

شالوده های شمعی اغلب به منظور تحمل بارهای ارتعاشی در مواردی بکار می روند که شرایط خاک محل نمایانگر این است که شالوده های سطحی منجر به نشستهای دائمی غیر قابل قبول خواهند شد
بارهای واردہ:

- بارهای واردہ به فونداسیون تجهیزات صنعتی
- بارهای متعارف سازه های غیرصنعتی نظیر بارهای مرده برف زلزله باد
- بارهای ناشی از سیالات، بارهای ناشی از وزن و فشار جانبی خاک و آب موجود در خاک
- بار ناشی از ضربه
- بار تعمیر و نگهداری
- بارهای حرارتی
- بار ارتعاشی (دینامیکی)
- روش تحلیل:

جهت تحلیل شالوده ماشین آلات دو روش اصلی وجود دارد:

روش بر اساس فنرهای بدون وزن الاستیک خطی

روش بر اساس تئوری الاستیسیته خطی (نیم فضای الاستیک)

روش برتر در تحلیل شالوده تحت بار دینامیکی بر اساس تئوری "نیم فضای" می باشد و نیازمند اندازه گیری یا تخمین مدول الاستیسیته دینامیکی زمین است

ملاحظات طراحی:

اولین ضرورت طراحی، اطمینان از عدم ایجاد تشدید بین فرکانس بار ضربه ای و فرکانس بحرانی سیستم شالوده - خاک خواهد بود. تشدید ممکن است منجر به دامن ههای ارتعاشی اضافی سیستم شود.

حتی در مواردیکه از تشدید جلوگیری شده است همچنان لازم است که دامنه نوسان در محدوده ای که قابل تحمل توسط شالوده و ماشین باشد، قرار گیرد. عیلرغم آنکه در مواردی میزان نوسان می تواند از نقطه نظر نشست توسط ماشین و خاک قابل پذیرش باشد، ممکن است منجر به افزایش ارتعاش و تشدید در پنجرهای، درهای و جداگرها متعلق به سازه شود و این مستلزم کاهش دامن ههای ارتعاش یا عایق بندی سیستم ارتعاش کننده م بیاشد.

اگر فرکانسهای عملیاتی کمتر از فرکانسهای بحرانی شالوده باشد همانطور که برای موتورهای رفت و برگشتی معمول است فرکانس طبیعی شالوده را می توان با افزایش سطح تماس شالوده به خاک و ممان اینرسی آن، زیاد کرد. افزایش سختی سیستم خاک-شالوده همچنین باعث افزایش فرکانس طبیعی می شود. این امر می تواند در صورت امکان از طریق تزریق دوغاب یا شمع کوبی انجام شود.

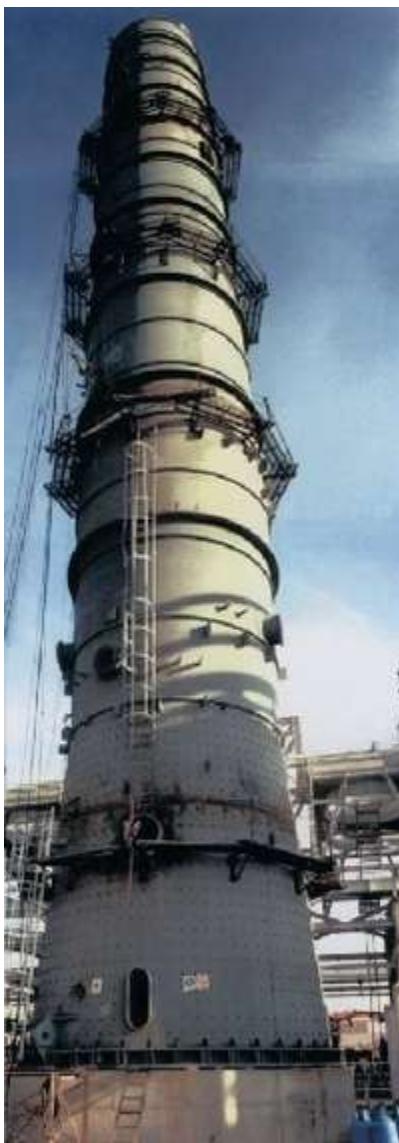
اگر فرکانس عملیاتی بیش از فرکانس بحرانی شالوده باشد، در آن صورت افزایش سطح تماس شالوده با خاک و افزایش سختی خاک ممکن است منجر به بدتر شدن شرایط شود. تحت این شرایط بهتر است فرکانس طبیعی شالوده را حتی بیشتر کاهش داد. این امر می تواند از طریق افزایش جرم شالوده بدون تغییر در سطح حاصل شود که منجر به افزایش فشار استاتیکی روی خاک می شود، که حدنهایی آن باربری فشاری مجاز خاک است.

طراحی راههای دسترسی

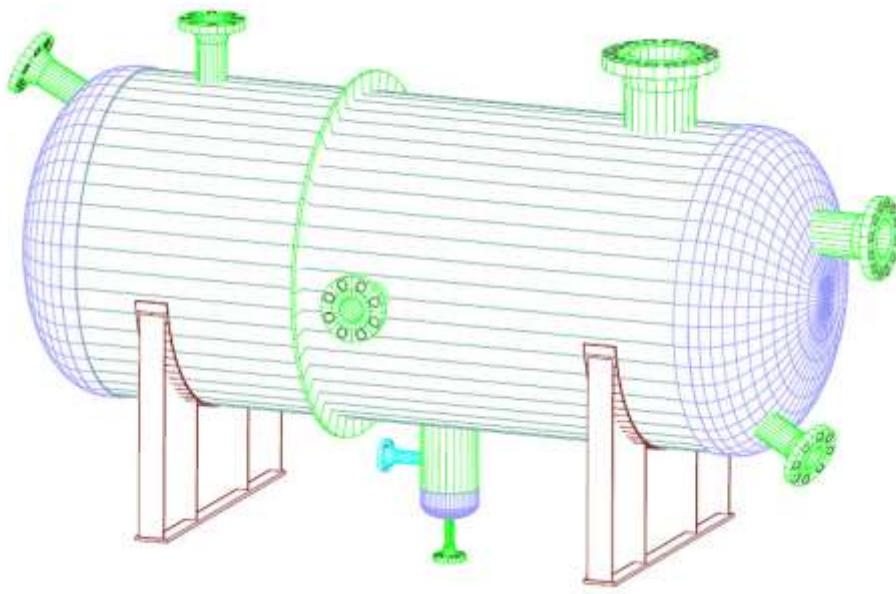
برای طراحی و جانمایی جاده ها و خیابانهای واقع در سایت می توان از ضوابط مشخص شده در استاندارد مهندسی برای طراحی هندسی جاده ها به شماره IPS-E-CE-160 و نشریه شماره ۴۱۵ (آئین نامه طرح هندسی راه های ایران) و لحاظ حداقل فاصله با دیگر تجهیزات که در استاندارد مهندسی برای جانمایی و فاصله گذاری IPS-E-PR-190 آمده است استفاده نمود.

طراحی ساختمانهای مقاوم در برابر انفجار (ضد انفجار)

سازه های ضد انفجار به ساختمانها و سازه هایی اتلاق می شود که توانایی تحمل یک انفجار خارجی که در اثر فشار بالای 69 کیلو پاسکال و در مدت 20 میلی ثانیه اعمال می شود را داشته باشند . این فشار تقریباً معادل فشاری است که در اثر انفجار یک تن مواد تی.ان.تی در هوای آزاد در فاصله 31.5 متری ایجاد می نماید . برای مقابله با چنین انفجاری، در حدود خسارت متوسط به سازه (ضریب اطمینان حداقل ۲.۵ در مقابل واژگونی قابل قبول است . هدف حفظ ایمنی کارکنان و باقی ماندن قابلیت بهره برداری تأسیسات ناشی از وقوع حادثه می باشد.



Vertical vessel tower



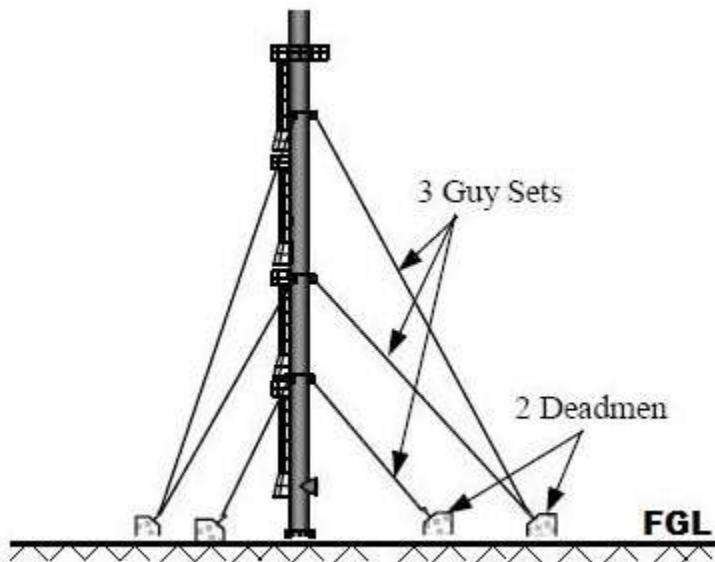
Horizontal vessel



Shell & Tube Exchanger



Transformer Pit



Flare Stack

منابع:

IPS IRANIAN PETROLUM STANDARDS	استانداردهای نفت ایران
NPCS NATIONAL PETROCHEMICAL COMPANY STANDARDS	استاندارد شرکت ملی پتروشیمی
MPO (MANAGEMENT AND PROGRAMMING ORGANIZATION) PUBLICATIONS	نشریات سازمان مدیریت و برنامه ریزی کشور
IRANIAN NATIONAL BULDING CODES (INBC)	مقرات ملی ساختمان ایران
ISIRI (INSTITUTE OF STANDARDS AND INDUSTRIAL RESEARCH OF IRAN)	موسسه استاندارد و تحقیقات صنعتی ایران
ACI 318M- 2011, AMERICAN CONCRETE INSTITUTE Building code requirements for structural concrete	
آئین نامه الزامات طراحی سازه های بتنی	
Iranian Code of Practice for Seismic Resistant Design of Buildings Standard No. 2800	
API 650 AMERICAN PETROLUM INSTITUTE	
UBC-97 Uniform Building Code	
AISC-ASD89 (AMERICAN INSTITUTE OF STEEL CONSTRUCTION)	
ASCE-7(AMERICAN SOCIETY OF CIVIL ENGINEERS) Minimum Design Loads for Buildings and Other Structures	
ASCE42- Design of structures to resist nuclear weapons effects	
ASCE Design of blast resistant buildings in petrochemical facilities	
ASCE Guidelines for seismic evaluation and design of petrochemical facilities	
ASCE Wind loads for petrochemical and other industrial facilities	
NFPA	
ASTM AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS	انجمن آزمون و مواد آمریکا
ASME	
BSI BRITISH STANDARDS INSTITUTION	
AASHTO AMERICAN ASSOCIATION OF STATE HIGHWAY AND TRANSPORTATION OFFICIALS	
UFC	
FEMA	
AWS (AMERICAN WELDING SOCIETY)	
Design of structures and foundations for vibrating machines by S. Arya, M. O'Neill and G. Pincus	
Foundation analysis and design by J. E. Bowels	
نشریات معاونت امور مهندسی وزارت نفت	
مقالات اصول طراحی نقشه های key plan و plot plan در پروژه های صنعتی ، مهندس فرشاد سرایی	