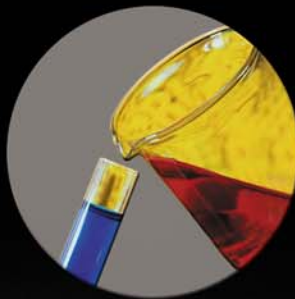




شرکت ملی پالایش و پخش نفت و گاز ایران

# اصول طراحی، ساخت، نصب و راه‌اندازی واحدهای نیمه صنعتی در مهندسی شیمی

با مقدمه دکتر جعفر توفیقی  
استاد دانشگاه تربیت مدرس



مهندس شهرام امیری

دکتر محمد ایازی  
عضو هیئت علمی

به نام خدا

# اصول طراحی، ساخت، نصب و راه اندازی واحدهای نیمه صنعتی در مهندسی شیمی

نویسندگان:

دکتر محمد ایازی (عضو هیئت علمی)

مهندس شهرام امیری



سرشناسه	: ایازی، محمد، ۱۳۳۹ -
عنوان و پدیدآور	: اصول طراحی، ساخت، نصب و راه‌اندازی واحدهای نیمه صنعتی در مهندسی شیمی/ نویسنده محمد ایازی.
مشخصات نشر	: تهران: سارگل، ۱۳۸۷ .
مشخصات ظاهری	: ۱۶۷ص. : جدول، نمودار.
شابک	: ۹۷۸-۹۶۴-۵۸۹۰-۷۶-۴
وضعیت فهرست‌نویسی	: فیپا.
یادداشت	: کتابنامه: ص. ۱۶۷
موضوع	: مواد شیمیایی - - واحدهای نیمه صنعتی.
موضوع	: واحدهای نیمه صنعتی
رده‌بندی کنگره	: ۱۳۸۷ الف۹الف/۵/۱۵۵ TP
رده‌بندی دیویی	: ۶۶۰/۲۸۰۷۲
شماره کتابشناسی ملی	: ۱۲۵۳۱۳۶

حق هر گونه چاپ و تکثیر (به هر طریق ممکن) برای نشر سارگل محفوظ است.

نام کتاب	: اصول طراحی، ساخت، نصب و راه‌اندازی واحدهای نیمه صنعتی در مهندسی شیمی
نویسنده	: دکتر محمد ایازی و مهندس شهرام امیری
ناشر	: سارگل
نوبت چاپ	: اول - ۱۳۸۷
تیراژ	: ۲,۰۰۰
شابک	: ۹۷۸-۹۶۴-۵۸۹۰-۷۶-۴
قیمت	: ۵,۰۰۰ تومان

نشر سارگل: تهران- میدان فاطمی- خیابان یکم- پلاک ۱۴ - طبقه پنجم

تلفن: ۸۸۹۸۳۳۲۴    شماره: ۸۸۹۵۰۴۷۵

تلفن دفتر روابط عمومی و فروش: ۱۳-۸۸۹۸۳۴۱۱

[www.sargolpub.com](http://www.sargolpub.com)

## فهرست مطالب

صفحه	عنوان
...	مقدمه‌ها
۱	فصل اول: واحدهای نیمه صنعتی در مهندسی شیمی
۱	- تعریف واحد نیمه صنعتی
۳	- اهداف واحدهای نیمه صنعتی
۵	- بررسی توسعه فرآیند با استفاده از واحدهای نیمه صنعتی
۸	- خصوصیات واحدهای نیمه صنعتی
۸	- نیروی انسانی واحدهای نیمه صنعتی
۱۱	فصل دوم: تقسیم بندی واحدهای نیمه صنعتی
۱۱	- دسته‌بندی واحدهای نیمه صنعتی از دیدگاه اخذ اطلاعات
۱۲	- انواع واحدهای نیمه صنعتی
۱۶	- میکروراکتورها
۱۷	- مثال عملی از کاربرد میکروراکتورها در صنعت (پروژه NEDO)
۲۰	- انواع واحدهای نیمه صنعتی بر اساس اهداف
۲۳	فصل سوم: اصول طراحی واحدهای نیمه صنعتی
۲۳	- تقریب‌های اولیه
۲۴	- اطلاعات اولیه مورد نیاز جهت طراحی یک واحد نیمه صنعتی
۳۱	- طراحی فرآیند جهت یک واحد نیمه صنعتی
۳۲	- اهداف، محصولات، کنترل و مدیریت
۳۴	- مدارک مورد نیاز در ارائه یک بسته طراحی نیمه صنعتی (محتوا و شکل)
۳۷	- تأسیسات واحدهای نیمه صنعتی
۳۸	- ضوابط غیرمعمول اقتصادی
۳۸	- تأسیسات خارج از محل
۳۸	- نیازهای زیرساختی
۴۰	- محیط زیست و امینی
۴۱	- موارد اصلی مرتبط با حفاظت زیست محیطی
۴۲	- عناصر اصلی مرتبط با ایمنی
۴۲	- عملیات و تعمیرات

۴۳	- ظرفیت
۴۳	- اجرای پروژه
۴۳	- روش‌های مختلف جهت طراحی، ساخت و بکارگیری واحدهای نیمه صنعتی
۴۷	- تفاوت‌های طراحی واحد اصلی با واحد نیمه صنعتی
۴۸	- عوامل اصلی در افزایش مقیاس
۴۹	- نکات مهم در افزایش مقیاس
۴۹	- مسائلی که می‌بایستی در هنگام افزایش مقیاس از آنها احتراز نمود
۵۶	- شبیه‌سازی فرآیندها با استفاده از واحدهای نیمه صنعتی
۵۶	- شبیه‌سازی در عملیات اختلاط مواد
۵۸	- شبیه‌سازی شیمیایی
۵۹	- انحراف از نتایج شبیه‌سازی
۶۱	<b>فصل چهارم: ادوات فرآیندی</b>
۶۱	- راکتورها
۶۸	- مخازن همزن‌دار
۷۰	- افزایش مقیاس و کاهش مقیاس
۷۱	- پارامترهای اختلاط
۷۷	<b>فصل پنجم: ساخت و نصب واحدهای نیمه صنعتی</b>
۷۷	- نکات اساسی در احداث واحدهای نیمه صنعتی
۷۸	- انتخاب مقیاس مناسب
۷۹	- نظارت بر مراحل ساخت
۸۰	- نصب و استقرار تجهیزات
۸۳	<b>فصل ششم: راه‌اندازی واحدهای نیمه صنعتی</b>
۸۳	- آماده‌سازی واحد نیمه صنعتی جهت راه‌اندازی
۹۲	- آماده‌سازی سرویس‌های کمکی
۹۳	- آزمایش‌های نشستی
۹۳	- خشک کردن
۹۳	- گاززدایی با ازت
۹۴	- تنظیم ماشین‌آلات و راه‌اندازی آزمایشی آنها
۹۴	- جمع‌آوری اطلاعات
۹۵	- نمونه‌گیری و ضرورت آن

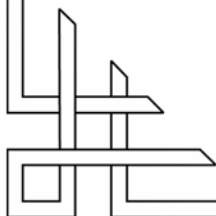
۹۷	<b>فصل هفتم: کنترل واحدهای نیمه صنعتی</b>
۹۷	- مبانی کنترل فرآیند
۱۰۲	- انواع کنترلرها
۱۰۵	- اتوماسیون فرآیند
۱۱۹	- کاربردهای پیشرفته کنترل فرآیندها
۱۲۹	<b>فصل هشتم: خوردگی</b>
۱۲۹	- تعریف خوردگی
۱۳۳	- واحدهای اندازه‌گیری خوردگی
۱۳۴	- محیط‌های خوردنده
۱۳۴	- عوامل خوردنده عمومی
۱۳۷	<b>فصل نهم: ایمنی</b>
۱۳۷	- تعریف ایمنی
۱۴۱	- جلوگیری از آتش‌سوزی و انفجار در واحدهای نیمه صنعتی
۱۴۲	- بررسی ساختار اولیه ایمنی
۱۴۳	- طراحی ساختار مناسب (بدون نشت)
۱۴۷	<b>فصل دهم: اقتصاد واحدهای نیمه صنعتی</b>
۱۴۷	- تخمین هزینه‌ها و مخارج
۱۴۸	- برآورد هزینه‌های احداث واحدهای نیمه صنعتی
۱۴۹	- تخمین هزینه‌های واحد نیمه صنعتی
۱۵۰	- انواع روش‌های برآورد هزینه
۱۵۲	- شیوه‌های ارزیابی
۱۵۷	- برآورد هزینه‌های راه‌اندازی
۱۵۸	- برآورد هزینه‌های عملیاتی
۱۶۰	- هزینه‌های عمومی یک واحد نیمه صنعتی
۱۶۱	- هزینه‌های اختصاصی یک واحد نیمه صنعتی
۱۶۲	- بررسی جزئیات
۱۶۴	- شش اصل مهم در کاهش هزینه‌های طراحی و ساخت واحدهای نیمه صنعتی
۱۶۷	<b>فهرست منابع و مراجع</b>

اگر ایمن کار را اجتمه باشد تقدیم است به روح شهید لیس:

سردار سرتیپ مهندس محمدرقی بهرام مصیر

سردار سرتیپ رضا تریناس

وشید شهاب امیر



## مقدمه

نقش اطلاعات و دانش در توسعه تکنولوژی روز به روز در حال افزایش است و اتکا صرف به ظرفیت‌های تجربی جوابگوی رقابت در این عرصه نخواهد بود. امروزه واحدهای نیمه صنعتی مهمترین وسیله برای تولید دانش مورد نیاز برای توسعه تکنولوژی و طراحی در مقیاس صنعتی به شمار می‌آیند. اطلاعات به دست آمده از این واحدها موجب کاهش حجم سرمایه گذاری و ریسک پذیری در مقیاس صنعتی شده و در دست یابی به شرایط بهینه عملیات واحد کمک شایان توجهی می‌نماید. به ویژه در مدل سازی ریاضی و توسعه نرم افزارهای طراحی و شبیه سازی اطلاعات حاصل از واحدهای نیمه صنعتی نقش بسیار تعیین کننده ای ایفا می‌کنند. از دیگر کاربردهای واحدهای نیمه صنعتی می‌توان به مطالعه تاثیر پارامترهای مختلف عملیاتی بر روی عملکرد واحد اشاره نمود. به کرات ضرورت پیدا می‌کند که به دلیل نوسانات در شرایط خوراک ورودی و یا تغییر در وضعیت بازار پارامترهای عملیاتی مورد بازنگری قرار گیرند. اعمال این تغییرات و بررسی رفتار سیستم جز از طریق واحدهای نیمه صنعتی امکان پذیر نمی باشد. همچنین به کمک آزمایشات انجام شده در این واحدها می‌توان به قوانین و روابطی برای افزایش مقیاس واحدها دست یافت که در طراحی صنایع شیمیایی کاربردهای فراوانی دارد.

علیرغم تجربه‌های عملی فراوان در طراحی و ساخت واحدهای نیمه صنعتی، نگارش مقالات و تالیف کتب مرتبط در این زمینه چندان گسترش نیافته است و دانشجویان دانشگاه‌ها و مهندسان واحدهای تحقیق و توسعه صنعت که با امور آزمایشگاهی و طراحی سرو کار دارند با مشکل دسترسی به مراجع سودمند در این زمینه مواجه هستند. در این کتاب مجموعه ای ارزشمند از تجربیات عملی و مبانی نظری برای آشنایی با واحدهای نیمه صنعتی توسط مولف ارائه گردیده است به طوری که تمام علاقه مندان به این مبحث می‌توانند از محتوای کتاب به خوبی بهره مند گردند.

**جعفر توفیقی داریان**

**استاد دانشگاه تربیت مدرس**



## مقدمه مؤلفان

واحدهای نیمه صنعتی در توسعه، گسترش و بهبود مستمر فرآیندها نقش مهمی بر عده داشته و هر روز بیش از پیش با توجه به مسائل فنی، اقتصادی، و ... این نقش نمایان تر می شود.

پس از سالها تجربه در زمینه کار با واحدهای نیمه صنعتی در پژوهشگاه صنعت نفت، مطالعه کتب و مقالات، و شرکت در سمینارهای مختلف و همچنین به دلیل عدم وجود کتابی به صورت مدون در این زمینه به فارسی، به این نتیجه رسیدیم که حاصل این تجربیات و مطالعات را به صورت کاربردی تهیه و در اختیار علاقه مندان قرار دهیم. سعی فراوان به کار بردیم که این مجموعه تا حد امکان به صورت کاربردی و کامل تهیه شود و هر فصل بارها مورد بررسی و تجدید نظر قرار گرفت که تا حد امکان عاری از عیب و نقص باشد.

بر خود لازم می دانیم که از زحمات و راهنمایی های بی دریغ استاد ارجمند، جناب آقای دکتر جعفر توفیقی، تشکر و سپاسگزاری نماییم که با مطالعه متن کتاب و ارائه نظرات سازنده خود ما را یاری فرمودند.

همچنین، سپاس و تشکر خود را از همکاران ارجمندمان آقایان دکتر حمید گنجی و مهندس سعید شکری به خاطر همکاری صمیمانه در بازخوانی و بازنویسی فصل هفتم (کنترل واحدهای نیمه صنعتی) اعلام می کنیم.

تو خوشنود باشی و ما رستگار

خدایا چنان کن که سرانجام کار

محمد ایازی - شهرام امیری

## فصل اول

# واحدهای نیمه صنعتی در مهندسی شیمی

### تعریف واحد نیمه صنعتی

سازمانها و شرکتهای فعال در بخش توسعه فرآیندهای شیمیایی، پتروشیمی و صنایع مرتبط با نفت و گاز، هر یک روشها و دستورالعملهای مشخصی دارند که مسلماً مشترکات زیادی با هم دارند. در کشور ما نیز سازمانها و شرکتهایی که در این زمینه فعالیت می نمایند لازم است روشهای مناسب و تعریف عمده ای جهت گذر از آزمایشگاه تا صنعت را بیابند.

بدون شک راه صحیح جهت این امر استفاده از واحدهای نیمه صنعتی می باشد که نقش هدایت کننده در این زمینه را داشته و کلیه جنبه های مختلف یک واحد صنعتی در آنها مورد بررسی و ارزیابی قرار گرفته و اطلاعات مورد نیاز جهت طراحی و ساخت واحد صنعتی، تولید آزمایشی محصول، بهینه سازی مستمر و... را بطور دقیق ارائه می دهند.

واحد نیمه صنعتی، یک واحد نمونه کوچک، در اندازه مناسب از واحدهای بزرگتر صنعتی می باشد که از مواد و مصالح مهندسی ساخته شده و به منظور بررسی و مطالعه یک فرآیند ناشناخته و کسب نتایج تجربی بر روی یک فرآیند جدید مورد استفاده قرار می گیرد. در واقع واحد نیمه صنعتی، نمونه اولیه واحد صنعتی می باشد. به عبارت دیگر اولین واحد عملیاتی پس از طی مراحل آزمایشگاهی یک فرآیند جدید است که بر اساس کار مهندسی و در زمانی که همه شرایط عملیاتی و عوامل موثر هنوز بطور کامل تعریف نشده اند طراحی و ساخته می شود. طراحی و ساخت واحدهای صنعتی بزرگ و سرمایه بر بدون تجربه کافی می تواند خسارت زیادی به همراه داشته باشد، واحدهای نیمه صنعتی جهت کسب اطلاعات فنی و مهندسی لازم برای به حداقل رساندن ریسک طراحی و ساخت واحد صنعتی اصلی بکار می روند. در واحدهای نیمه صنعتی اطلاعات آزمایشگاهی حاصله به پارامترهای طراحی برای ایجاد یک واحد صنعتی تبدیل می شوند.

## فصل اول

در گذشته تاکید اصلی بر روی انجام آزمایشات و کاربرد قواعد مهندسی در یک واکنش شیمیایی (یا یک سری از واکنشها) با هدف جمع آوری اطلاعات طراحی کافی جهت ساخت تجهیزات فرآیندی بود. به عبارتی گذر از مرحله آزمایشگاه به صنعت با یک پرش و در یک مرحله صورت می‌پذیرفت، اما امروزه هنر مهندسی شیمی بر روی صحنه به صورت واحدی نیمه صنعتی که در مقیاس کوچکتری از واحد صنعتی نهایی یا حداقل بخش اساسی آن می‌باشد ظاهر شده است. واحدهای نیمه صنعتی یک مرحله، در فازهای متوالی توسعه عملیات تحقیقاتی می‌باشند که در طی آن اطلاعات آزمایشگاهی حاصله به پارامترهای طراحی برای ایجاد یک واحد صنعتی تبدیل می‌شوند، به عبارت دیگر می‌توان گفت، گذر از مرحله آزمایشگاهی و ورود به واحد اصلی تولیدی بطور مستقیم عمل بسیار غیر منطقی و اشتباه بزرگی می‌باشد.

واحد نیمه صنعتی در واقع جهت کسب اطلاعاتی می‌باشد که موجب به حداقل رساندن هزینه ساخت و تولید واحد صنعتی- تجاری اصلی می‌گردد.



شکل ۱-۱- نمایش از یک واحد نیمه صنعتی

## ۲- اهداف واحدهای نیمه صنعتی

### ۲-۱- بررسی و تأیید امکان پذیری فرآیند مورد نظر در مقیاس صنعتی

طراحی یک واحد پیچیده تنها با استفاده از نتایج آزمایشگاهی، اغلب ممکن نیست. واحد نیمه صنعتی که از لحاظ اندازه بین واحد صنعتی و ابزار آزمایشگاهی است، وظیفه سنجش تئوری ها و نتایج حاصله از آزمایشگاه را به عهده دارد و امکان پذیری انجام آن را در مقیاس صنعتی مورد بررسی قرار می دهد.

### ۲-۲- کسب دانش لازم به منظور طراحی در مقیاس صنعتی

با اطلاعات حاصل از کار آزمایشگاهی به تنهایی امکان دستیابی به دانش فنی لازم جهت طراحی واحد اصلی صنعتی وجود ندارد و واحدهای نیمه صنعتی بعنوان نمونه کوچکتر واحدهای صنعتی طراحی و ساخته می شوند تا دانش فنی لازم جهت طراحی و ساخت واحد اصلی صنعتی فراهم گردد.

### ۲-۳- مطالعه کنترل پذیری فرآیند با ابزار دقیق موجود

با طراحی و ساخت واحدهای نیمه صنعتی در مقیاس مناسب کنترل پذیری فرآیند در مقیاس صنعتی توسط ابزار دقیق موجود مورد بررسی و مطالعه قرار می گیرد.

### ۲-۴- بررسی و برآورد نیازهای تعمیراتی واحد در مقیاس صنعتی

در جریان عملیات واحدهای نیمه صنعتی، که در حقیقت نمونه ای کوچک از واحد اصلی صنعتی می باشند، نیازهای عملیاتی و تعمیراتی این واحدها مورد ارزیابی و بررسی قرار می گیرد تا پیش بینی های لازم برای واحد اصلی صنعتی صورت پذیرد.

### ۲-۵- تولید محصول به مقدار لازم برای بررسی و آزمایش کیفیت و ارزیابی بازار

یکی از دلایل ایجاد واحدهای نیمه صنعتی، ضرورت تولید مقادیر کم از محصول نهایی برای بررسی خواص و کاربردهای آن است. همچنین با تولید آزمایشی محصول در مقیاس کم و عرضه آن به خریداران و مصرف کنندگان، زمینه معرفی محصول، ایجاد بازار و ارزیابی آن فراهم می گردد.

### ۲-۶- آزمایش مواد و مصالح بکار رفته در ساخت بخشهای مختلف

با تولید آزمایشی محصول و قرار دادن واحد نیمه صنعتی در معرض شرایط واقعی عملیات می توان ارزیابی دقیق و کاملی از اثرات مواد اولیه، محصول و سایر موارد جانبی را بر روی مواد و مصالح بکار گرفته شده مورد بررسی قرار داد.

## ۲-۷- بهینه سازی شرایط عملیاتی

با مطالعه تاثیر عوامل مختلف عملیاتی از جمله زمان واکنش ها، دما و فشار عملیاتی سرعت جریانها و نحوه اختلاط آنها با هم و سایر عوامل می توان به بهترین شرایط عملیاتی با کمترین هزینه دست یافت.

## ۲-۸- آموزش کارکنان

آموزش کارکنانی که جهت راه اندازی و عملیات واحد اصلی صنعتی بکار گرفته می شوند یکی از اهداف و ضرورت های مهم در ایجاد واحدهای نیمه صنعتی می باشد که نمونه ای کوچک از واحد اصلی بوده و اکثر جزئیات را در خود دارند.

## ۲-۹- مطالعه میزان آلوده سازی محیط زیست و روشهای مقابله با آن

بسیاری از صنایع در عمل مقادیر قابل توجهی پس آب صنعتی دارند، ابزار آزمایشگاهی به اندازه کافی بزرگ نیستند که وجود مقادیر کم محصولات جنبی غیر مطلوب را مشخص کنند. با ایجاد واحدهای نیمه صنعتی میزان تولید محصولات نامطلوب و اثرات ناشی از عملکرد واحد اصلی صنعتی بر روی محیط زیست و راههای مقابله با آن مشخص می گردد.

## ۲-۱۰- ارائه اطلاعات قطعی و دقیق به مدیران به منظور تعیین سیاستهای لازم

با استناد به اطلاعات آزمایشگاهی نمی توان در مورد یک فرآیند جدید و انجام آن در مقیاس صنعتی تصمیم گیری مناسبی به عمل آورد. واحدهای نیمه صنعتی این امکان را فراهم می آورند تا اطلاعات دقیق و نهایی جهت اتخاذ تصمیم های مناسب و سیاست گذاری های لازم بدست آیند.

## ۲-۱۱- تصحیح اشتباهات طراحی

با طراحی و احداث یک واحد نیمه صنعتی نقایص و اشتباهات طراحی و ساخت در مرحله ای که هزینه های آن قابل قیاس با هزینه های اجرای واحد صنعتی نیست مشخص می گردد. این امر در اقتصاد طرح از اهمیت بالایی برخوردار است.

## ۲-۱۲- برآورد هزینه های واحد صنعتی اصلی

از آنجایی که یک واحد نیمه صنعتی نمونه ای کوچک از واحد اصلی می باشد به راحتی می توان با توجه به هزینه های انجام شده در طراحی، ساخت و عملیات آن و برآورد سایر هزینه های جانبی، تخمینی مناسب و دقیق از هزینه های واحد صنعتی اصلی بدست آورد. این امر کمک شایانی به سیاست گذاری و اخذ تصمیم نهایی خواهد نمود.

## ۱۳-۲- بررسی و ارزیابی مواد اولیه جدید

با احداث واحدهای نیمه صنعتی جهت واحدهای اصلی صنعتی می‌توان بدون صرف هزینه زیاد، تاثیر استفاده از مواد اولیه جدید در عملکرد واحد اصلی صنعتی را بررسی نمود و در صورت کسب نتایج رضایت بخش این مواد اولیه را جایگزین مواد مورد استفاده قدیمی تر نمود.

## ۳- بررسی توسعه فرآیند با استفاده از واحدهای نیمه صنعتی

همانگونه که قبلاً به تفصیل شرح داده شد، واحدهای نیمه صنعتی بطور عام نقش کلیدی و مهمی در کل صنایع شیمیایی ایفاء می‌کنند. از آنجا که از نقطه نظر تقسیم بندی‌های علمی و فنی، صنایع نفت، گاز و پتروشیمی در مجموعه صنایع شیمیایی قرار دارند، و کل فرآیندها و روشهایی که بطور عام در صنایع شیمیایی بکار می‌روند در مورد صنایع نفت، گاز و پتروشیمی نیز مصداق دارد، لذا آنچه که در اهمیت واحدهای نیمه صنعتی در صنایع شیمیایی مورد بحث قرار گرفت، می‌تواند در مورد صنایع نفت، گاز و پتروشیمی هم ذکر گردد. در اینجا بطور نمونه به ذکر تجربیات یکی از مؤسسات بسیار معتبر نفتی که در زمینه احداث و بهره برداری از واحدهای نیمه صنعتی و افزایش مقیاس (Scale Up) اینگونه واحدها به نتایج بسیار درخشانی در ظرف کمتر از سه دهه نائل گردید است، پرداخته می‌شود.

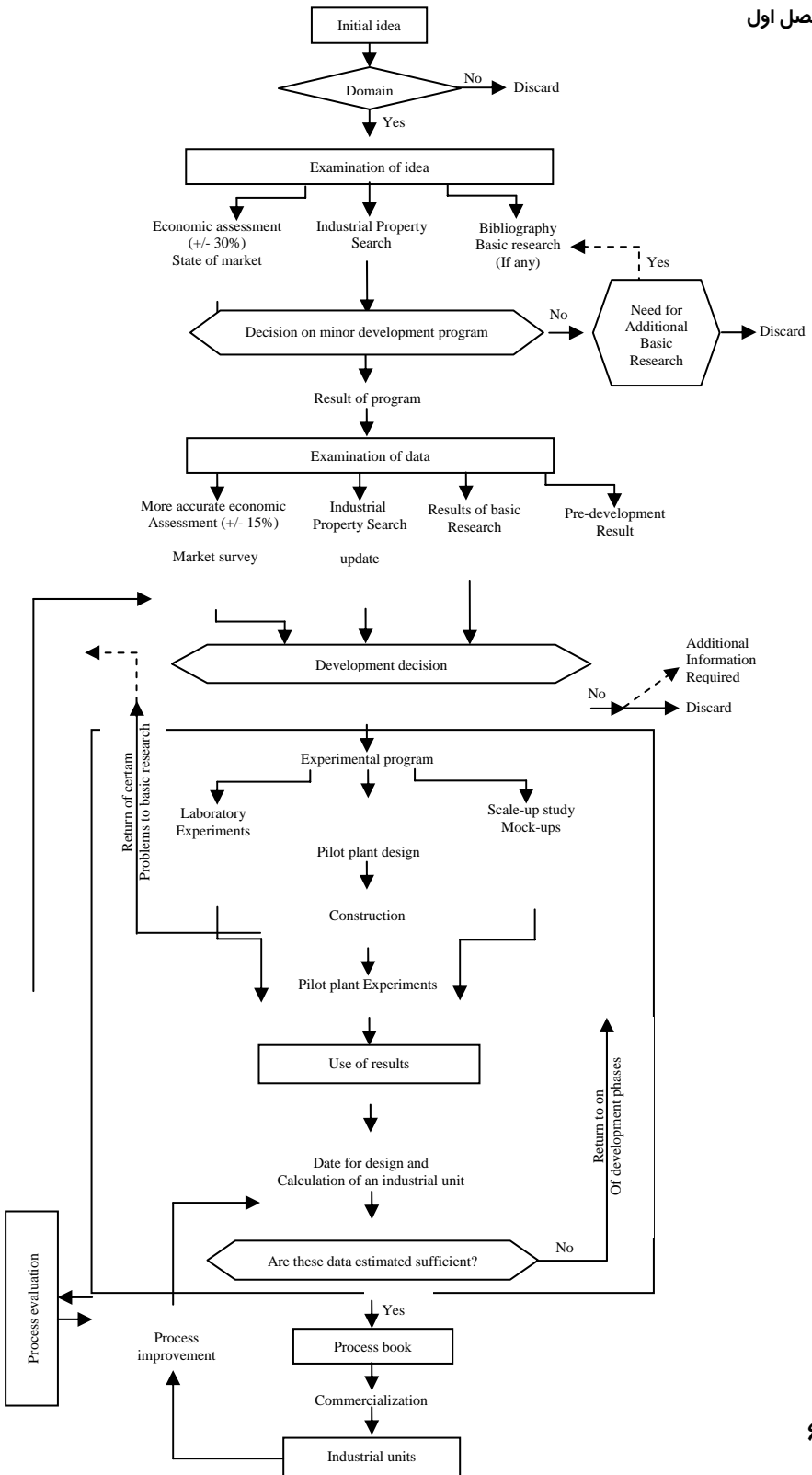
انستیتوی نفت فرانسه (IFP) از معتبرترین مؤسسات در زمینه فناوری نفت است که با بهره‌گیری از دانش واحدهای نیمه صنعتی و افزایش مقیاس، ظرف کمتر از ۳۰ سال فناوری‌های پیشرفته در زمینه‌های صنایع نفت، پتروشیمی و حفاظت محیط زیست (با تأکید بر عوامل نفتی) دست یافته است.

مجدداً در این قسمت بر فرآیند توسعه یک پروژه، از مرحله ایده اولیه تا احداث واحد صنعتی نظری کلی افکنده می‌شود، و بر این نکته تأکید می‌شود که متدولوژی و روش تشریح شده نیز در صنایع نفت، گاز، پتروشیمی کاملاً تجربه شده و مؤثر است.

با استفاده از روش‌های تجربه شده، انستیتو نفت فرانسه موفق شد که در طی دو دهه، فرآیندهای مختلفی در حوزه پالایش نفت، پتروشیمی و حفاظت از محیط زیست را ارائه کند.

با توجه به تجارب ذکر شده مؤسسه IFP و بسیاری از دیگر مؤسسات و شرکت‌های معتبر نفتی نظیر CONOCO و MOBIL - DUTCH SHELL; EXXON-TOTAL, B. P. ; ROYAL دستیابی به هزاران پنت و مراجع علمی و تکنولوژیکی شده‌اند، این نتیجه استنباط می‌گردد که واحدهای نیمه صنعتی در کلیه شاخه‌های صنایع نفت، گاز و پتروشیمی بطور مؤثر بکار گرفته شده، و سبب ایجاد تحولات شگرف، دستیابی به فناوری‌های نو و سایر دگرگونی‌های چشمگیر در این زمینه شده‌اند.

نمودار ۱-۱- نمودار جریان یک پروژه توسعه فرآیند که در آن مراحل متوالی از ایده اولیه تا تبدیل به یک واحد صنعتی نشان داده شده است.



واحد‌های نیمه صنعتی در مهندسی شیمی

جدول ۱-۲- فهرست بعضی از واحدهای صنعتی که مؤسسه IFP موفق به دستیابی به دانش فنی آنها گردیده است.

List of processes industrialized by IFP
<p style="text-align: center;"><i>REFINING</i></p> <p>Hydrodesulfurization of distillates</p> <p>Hydrocracking, hydroconversion</p> <p>Visbreaking</p> <p>Deasphalting</p> <p>Production and treatment of lubricating oils</p> <p>Hydrogenation of special oils, paraffin's and solvents</p> <p>Catalytic reforming, isomerization</p> <p>Catalytic cracking</p> <p>aromatization_Catalytic de</p> <p>(Dimerization of olefins (Dimersol</p> <p>Oligomerization and upgrading of olefins</p> <p>(Sweetening of gasoline or kerosene (sulfrex</p> <p>Production of MTBE, TAME and ETBE</p>
<p style="text-align: center;"><i>PETROCHEMISTRY</i></p> <p>Steamcracking and decontamination of steamcracker feeds</p> <p>Hydrogenation of pyrolysis products</p> <p>(Cyclohexane (benzene hydrogenation</p> <p>(AlphabutoL_Dimerization of ethylene to butene</p> <p>Production and extraction of aromatics</p> <p>Cyclohexane oxidation, phenol production</p> <p>Production of kerones by dehydrogenation</p> <p>Production of heavy alcohols</p> <p>Production of synthesis gas</p> <p>(Special products (cyclopentadiene, isobutylbenzene</p> <p>Production of additives for gasoline, diesel, lubricants</p> <p>Edible oil transesterification</p>



## ۴- خصوصیات واحدهای نیمه صنعتی

۴-۱- واحد نیمه صنعتی بطور کلی واحدی است نظیر واحد اصلی با مقیاس کوچکتر که از روی آن می‌توان اطلاعات مهم مورد نیاز را برای طراحی و ساخت واحد اصلی تعیین نمود و باید توجه داشت که واحد نیمه صنعتی به هیچ وجه مقیاس بزرگتری از وسایل آزمایشگاهی نمی‌باشد.

۴-۲- باید این اطمینان بدست آید که دستگاههای بکار برده شده در ساخت واحد نیمه صنعتی، قابلیت توسعه برای واحد تولیدی را دارا می‌باشند، در بعضی موارد ممکن است احتیاج به وجود چندین واحد نیمه صنعتی با مقیاس‌های متفاوت باشد تا بتدریج فاصله بین مقیاس آزمایشگاهی و واحد اصلی از بین برود.

۴-۳- مراحل از فرآیند که باید قبل از طراحی صنعتی بصورت واحد نیمه صنعتی در آید:

این مراحل در پروژه‌های مختلف متفاوت است و جهت کاهش هزینه‌ها و زمان، بهتر است تا حد امکان از نرم افزارهای شبیه ساز که می‌توانند در بررسی فرآیند کمک نمایند استفاده نمود و تنها به ساخت قسمتهایی که از پیچیدگی‌ها و شرایط عملیاتی خاص برخوردارند اقدام نمود.

اما چنانچه ویژگی فرآیند ایجاب نماید کلیه مراحل بصورت واحد نیمه صنعتی ساخته شوند از انجام آن گریزی نیست.

## ۵- نیروی انسانی مورد نیاز واحدهای نیمه صنعتی

نوع و میزان نیروی انسانی لازم برای یک واحد نیمه صنعتی بستگی به خود واحد دارد که معمولاً در برگزیده هزینه عمده واحد نیمه صنعتی می‌باشد. البته باید در نظر داشت سرعت تولید محصول و دست یافتن به نتایج از واحد، بستگی به کمیت و کیفیت و توانایی افراد بکار گرفته شده دارد.

کار کردن با دستگاههای دارای ابعاد کوچک، راه اندازی و از سرویس خارج نمودن واحد و مشکلات تمام نشدنی آن، نیاز به افراد مستعد، تربیت یافته با قدرت بدنی مناسب دارد و در انتخاب آنها باید دقت کافی صورت گیرد.

حدوداً در طول یک سال مهندس واحد نیمه صنعتی نیمی از وقت خود را صرف خود واحد نیمه صنعتی، به دست آوردن نتایج و راه اندازی دستگاهها و نیم دوم آن را مشغول به جمع بندی نتایج و مقاله و گزارش نویسی و کارهای جنبی واحد نیمه صنعتی می‌کند.

برای طراحی واحد نیمه صنعتی ابتدا گزارشات لازم تهیه شده و قطعات مورد نیاز و مواد اولیه مرتب گردیده و بعد از جمع آوری نتایج محاسبات طراحی انجام می‌گیرد.

### واحدهای نیمه صنعتی در مهندسی شیمی

در ابتدای راه اندازی واحد نیمه صنعتی نیروی متخصص همواره باید در کنار آن حضور داشته باشد. حتی در شرایطی که واحد به صورت پیوسته کار می‌کند این حضور باید به صورت نوبت کاری ادامه یابد. مهندس این واحد باید با مشخصات تجهیزات مکانیکی مثل پمپها، موتورهای الکتریکی، ابزار دقیق، مقاومت مواد سازنده واحد در برابر خوردگی، تعمیر و فرسایش دستگاهها به خوبی آشنا باشد. جهت بهره گیری از نیروهای فنی با توان علمی بالاتر معمولاً ده درصد نیروی مهندسی واحدهای نیمه صنعتی را افرادی با درجه دکترا عهده دار می‌شوند.

در پروژه‌های نیمه صنعتی باید با دقت افراد را به کار گماشت. معمولاً شخصی که هم به فرآیند شیمیایی و هم به دستگاهها آشنایی داشته باشد به عنوان سرپرست پروژه انتخاب می‌شود که این فرد باید عضو گروه تحقیق باشد و در کارهای روزمره هم شرکت کند.

سرپرست پروژه مانند پلی بین آزمایشگاه و واحد نیمه صنعتی به حساب می‌آید. برای نظارت بر راه اندازی حقیقی باید یک تیم از مهندسی فرآیند حضور داشته باشند که تعداد آنها بستگی به تعداد نوبت‌های کاری واحد نیمه صنعتی دارد.

تکنیسین ها و اپراتورها کارهای عملیاتی دستگاهها را به عهده داشته و تعداد آنها نیز بستگی به پیچیدگی فرآیند و تعداد دستگاههای نیمه صنعتی دارد.

گزارش کلی عملیات و کارهایی که باید انجام گیرد در تعیین تعداد تکنیسینها و کارگران کمک فراوانی خواهد کرد. همیشه باید سعی نمود تعداد بیشتری کارگر و تکنیسین در هنگام راه اندازی و عملیات حضور داشته باشند تا در موقع ضرورت واحد با کمبود افراد مواجه نشویم.