



واحد صنعتی امیرکبیر

معاونت پژوهشی



جمهوری اسلامی ایران

وزارت صنایع و معادن

سازمان صنایع کوچک و شهرک‌های صنعتی ایران

عنوان:

# مطالعات امکان‌سنجی مقدماتی تولید آنیلین

کارفرما:

سازمان صنایع کوچک و شهرک‌های صنعتی ایران

مشاور:

جهاد دانشگاهی واحد صنعتی امیرکبیر

معاونت پژوهشی

مرداد ۱۳۸۷

آدرس: تهران - خیابان حافظ - دانشگاه صنعتی امیرکبیر (پلی‌تکنیک تهران) - جهاد دانشگاهی

واحد صنعتی امیرکبیر - معاونت پژوهشی - تلفن: ۸۸۸۰۸۷۵۰ و ۸۸۸۹۲۱۴۳ - فکس: ۸۸۸۰۶۹۸۴

Email: [research@jdamirkabir.ac.ir](mailto:research@jdamirkabir.ac.ir)

[www.jdamirkabir.ac.ir](http://www.jdamirkabir.ac.ir)



معاونت پژوهشی

## مطالعات امکان‌سنجی مقدماتی

### تولید آنیلین



جمهوری اسلامی ایران

وزارت صنایع و معادن

سازمان صنایع کوچک و شهرک‌های صنعتی ایران

## خلاصه طرح

| نام محصول                              | آنیلین                            |       |
|--|-----------------------------------|-------|
| موارد کاربرد:                          | ماده واسطه در تولید MDI، صنعت رنگ |       |
| ظرفیت پیشنهادی طرح                     | (تن)                              | ۳۰    |
| عمده مواد اولیه مصرفی                  | نیتروبنزن، هیدروژن                |       |
| میزان مصرف سالیانه مواد اولیه          | (تن)                              | ۴۰    |
| نیاز به محصول در سال ۱۳۹۰              | (تن)                              | ۴۵    |
| اشتغال‌زایی                            | (نفر)                             | ۸۰    |
| سرمایه‌گذاری ثابت طرح                  | ارزی (یورو)                       | -     |
|  | ریالی (میلیون ریال)               | ۲۰۷۵۳ |
|  | مجموع (میلیون ریال)               | ۲۰۷۵۳ |
| سرمایه در گردش طرح                     | ارزی (یورو)                       | -     |
|  | ریالی (میلیون ریال)               | ۳۷۷۶  |
|  | مجموع (میلیون ریال)               | ۳۷۷۶  |
| زمین مورد نیاز                         | (متر مربع)                        | ۱۵۰۰۰ |
| زیربنا                                 | تولیدی (متر مربع)                 | ۱۰۰۰۰ |
|  | انبار (متر مربع)                  | ۲۰۰۰  |
|  | خدماتی (متر مربع)                 | ۱۵۰۰  |
| مصرف سالیانه آب، برق و گاز             | آب (متر مکعب)                     | ۲۲۰۰  |
|  | برق (کیلو وات ساعت)               | ۱۲۰۰  |
|  | گاز (متر مکعب)                    | ۲۰۰۰  |
| محل‌های پیشنهادی برای احداث واحد صنعتی | بندر ماهشهر                       |       |

## فهرست مطالب

| صفحه | عناوین  |
|------|---|
| ۵    | ۱- معرفی محصول.....   |
| ۵    | ۱-۱- نام و کد آیسیک محصول.....  |
| ۵    | ۱-۲- شماره تعرفه گمرکی.....   |
| ۶    | ۱-۳- شرایط واردات.....  |
| ۶    | ۱-۴- بررسی و ارائه استاندارد (ملی یا بین‌المللی).....   |
| ۷    | ۱-۵- بررسی و ارائه اطلاعات لازم در زمینه قیمت تولید داخلی و جهانی محصول.....  |
| ۷    | ۱-۶- توضیح موارد مصرف و کاربرد.....   |
| ۹    | ۱-۷- بررسی کالاهای جایگزینی و تجزیه و تحلیل اثرات آن بر مصرف محصول.....   |
| ۹    | ۱-۸- اهمیت استراتژیکی کالا در دنیای امروز.....  |
| ۱۰   | ۱-۹- کشورهای عمده تولید کننده و مصرف کننده محصول (حتی‌الامکان سهم تولید یا مصرف ذکر شود).....   |
| ۱۲   | ۱-۱۰- شرایط صادرات.....   |
| ۱۳   | ۲- وضعیت عرضه و تقاضا.....  |
| ۱۳   | ۲-۱- بررسی ظرفیت بهره‌برداری و روند تولید از آغاز برنامه سوم تا کنون و محل واحدها و تعداد آنها و سطح تکنولوژی واحدهای موجود، ظرفیت اسمی، ظرفیت عملی، علل عدم بهره‌برداری کامل از ظرفیت‌ها، نام کشورها و شرکت‌های سازنده ماشین‌آلات مورد استفاده در تولید محصول..... |
| ۱۴   | ۲-۲- بررسی وضعیت طرح‌های جدید و طرح‌های توسعه در دست اجرا (از نظر تعداد، ظرفیت، محل اجراء، میزان پیشرفت فیزیکی و سطح تکنولوژی آنها و سرمایه‌گذاری‌های انجام شده اعم از ارزی و ریالی و مابقی مورد نیاز).....   |
| ۱۵   | ۲-۳- بررسی روند واردات محصول از آغاز برنامه سوم تا پایان سال ۸۴ (چقدر از کجا)   |
| ۱۶   | ۲-۴- بررسی روند مصرف از آغاز برنامه.....  |
| ۱۷   | ۲-۵- بررسی روند صادرات محصول از آغاز برنامه سوم تا پایان سال ۸۴ و امکان توسعه آن (چقدر به کجا صادر شده است).....  |
| ۱۷   | ۲-۶- بررسی نیاز به محصول با اولویت صادرات تا پایان برنامه چهارم.....  |

| صفحه | عناوین   |
|------|--|
| ۱۹   | ۳- بررسی اجمالی تکنولوژی و روش‌های تولید و عرضه محصول در کشور و مقایسه آن با دیگر کشورها.....  |
| ۳۰   | ۴- تعیین نقاط قوت و ضعف تکنولوژی‌های مرسوم (به شکل اجمالی) در فرآیند تولید محصول.....  |
| ۳۱   | ۵- بررسی و تعیین حداقل ظرفیت اقتصادی شامل برآورد حجم سرمایه‌گذاری ثابت به تفکیک ریالی و ارزی (با استفاده از اطلاعات واحدهای موجود، در دست اجراء، UNIDO و اینترنت و بانک‌های اطلاعاتی جهانی، شرکت‌های فروشنده تکنولوژی و تجهیزات و ...) |
| ۴۴   | ۶- میزان مواد اولیه عمده مورد نیاز سالانه و محل تأمین آن از خارج یا داخل کشور قیمت ارزی و ریالی آن و بررسی تحولات اساسی در روند تأمین اقلام عمده مورد نیاز در گذشته و آینده.....   |
| ۴۵   | ۷- پیشنهاد منطقه مناسب برای اجرای طرح.....   |
| ۴۶   | ۸- وضعیت تأمین نیروی انسانی و تعداد اشتغال.....  |
| ۴۷   | ۹- بررسی و تعیین میزان تأمین آب، برق، سوخت، امکانات مخابراتی و ارتباطی (راه - راه‌آهن - فرودگاه - بندر ...) و چگونگی امکان تأمین آنها در منطقه مناسب برای اجرای طرح.....   |
| ۴۸   | ۱۰- وضعیت حمایت‌های اقتصادی و بازرگانی.....  |
| ۴۸   | - حمایت تعرفه گمرکی (محصولات و ماشین‌آلات) و مقایسه با تعرفه‌های جهانی.....  |
| ۴۸   | - حمایت‌های مالی (واحدهای موجود و طرح‌ها)، بانک‌ها - شرکت‌های سرمایه‌گذار.....   |
| ۴۹   | ۱۱- تجزیه و تحلیل و ارائه جمع‌بندی و پیشنهاد نهایی در مورد احداث واحدهای جدید.....   |
| ۵۰   | ۱۲- منابع و مآخذ.....  |

## ۱- معرفی محصول

آنیلین اولین بار در سال ۱۸۲۶ توسط اونفردوربن از تقطیر خشک نیل به دست آمده و در سال ۱۸۴۰ فریتش توانست از حرارت دادن نیل با پتاس نیز آن را تهیه نماید و نام آنیلین را او بر این ماده نهاد. ساختمان آنیلین در سال ۱۸۴۳ توسط هوفمن بررسی شد. او توانست آنیلین را از احیا نیتروبنزن تهیه کند و به این ترتیب ساختمان مولکولی آن را مشخص نماید.

### خواص

آنیلین مایعی روغنی شکل و بی رنگ است که به سرعت در مجاورت هوا قهوه ای رنگ می شود. بخارات این ماده سمی و فرمول شیمیایی آن  $C_6H_5NH_2$  می باشد. این ماده در دمای  $184/2$  درجه سانتیگراد به جوش آمده و در دمای  $6/2$ - درجه سانتیگراد منجمد می شود. چگالی آنیلین در دمای محیط،  $1/0235$  می باشد.

## ۱-۱- نام و کد آیسیک محصول

متداول‌ترین طبقه‌بندی و دسته‌بندی در فعالیت‌های اقتصادی همان تقسیم‌بندی آیسیک است. تقسیم‌بندی آیسیک طبق تعریف عبارت است از: طبقه‌بندی و دسته‌بندی استاندارد بین‌المللی فعالیت‌های اقتصادی. این دسته‌بندی با توجه به نوع صنعت و محصول تولید شده به هریک کدهایی دو، چهار و هشت رقمی اختصاص داده می‌شود. کدهای آیسیک مرتبط با صنعت تولید آنیلین در جدول (۱) ارائه شده است.

جدول (۱): کدهای آیسیک مرتبط با صنعت آنیلین

| ردیف | کد آیسیک      | نام کالا |
|------|---------------|----------|
| ۱    | آنیلین        | ۲۹۲۱۴۱۰۰ |
| ۲    | مشقتات آنیلین | ۲۹۲۱۴۲۰۰ |

## ۱-۲- شماره تعرفه گمرکی

در داد و ستدهای بین‌المللی جهت کدبندی کالا در امر صادرات و واردات و مبادلات تجاری و همچنین تعیین حقوق گمرکی و غیره از دو نوع طبقه‌بندی استفاده می‌شود که عبارت است از طبقه‌بندی و نامگذاری

|  |             |            |
|--|-------------|------------|
| مطالعات امکان‌سنجی مقدماتی طرح‌های صنعتی               | گزارش نهایی | مرداد ۱۳۸۷ |
| مجری: جهاد دانشگاهی واحد صنعتی امیرکبیر- معاونت پژوهشی |             | صفحه (۵)   |

براساس بروکسل و طبقه‌بندی مرکز استاندارد و تجارت بین‌المللی بر همین اساس در مبادلات بازرگانی خارجی ایران طبقه‌بندی بروکسل جهت طبقه‌بندی کالاها استفاده می‌شود که در خصوص آنیلین در جدول (۲) ارائه شده است.

جدول (۲): تعرفه‌های گمرکی مربوط به صنعت آنیلین

| ردیف | شماره تعرفه گمرکی | نوع کالا      | حقوق ورودی | SUQ |
|------|-------------------|---------------|------------|-----|
| ۱    | ۲۹۲۱۴۱۰۰          | آنیلین        | ۴          | Kg  |
| ۲    | ۲۹۲۱۴۲۰۰          | مشتقات آنیلین | ۴          | Kg  |

### ۳-۱- شرایط واردات

هیچ شرایط خاصی برای واردات این محصول در کتب مربوطه آورده نشده است. حقوق گمرکی آن، ۴ درصد می‌باشد.

### ۴-۱- بررسی و ارائه استاندارد (ملی یا بین‌المللی)

#### ایمنی

آنیلین جز مواد سمی است. مسمویت از طریق استنشاق و عموماً از طریق جذب پوست یا چشم‌ها اتفاق می‌افتد. آنیلین باعث کاهش توانایی خون در حمل اکسیژن می‌شود و به دلیل تشکیل منوگلوبین تماس طولانی با بخارات این ماده می‌تواند به بیهوشی و مرگ منجر شود.

انجمن ایمنی و سلامتی آمریکا (NIOSH)، حد مجاز آنیلین در هوا را ۸ ساعت کاری (معادل یک شیفت) ۵ ppm تعیین کرده است. همچنین این مطالعات نشان می‌دهد تماس طولانی کارگر با ترکیب آنیلین و ماده O-tolouidine باعث افزایش احتمال ابتلا به سرطان مثانه می‌شود. به همین علت پیشنهاد می‌شود در شرکتهای مربوطه در غلظت‌های پایین آنیلین فعالیت‌ها صورت پذیرد. آنیلین در لیست مواد بسیار خطرناک آورده

(Extremely Hazardous Substances) شده است.

|            |  |  |
|------------|--|--|
| مرداد ۱۳۸۷ | گزارش نهایی  | مطالعات امکان‌سنجی مقدماتی طرح‌های صنعتی |
| صفحه (۶)   | مجری: جهاد دانشگاهی واحد صنعتی امیر کبیر - معاونت پژوهشی |  |

جدول (۳): استانداردهای مرتبط با آنیلین

| ردیف | شماره استاندارد | عنوان استاندارد            | مرجع |
|------|-----------------|----------------------------|------|
| ۱    | ۶۲-۵۳-۳         | Material Safety Data Sheet | CAS  |

#### ۵-۱- بررسی و ارائه اطلاعات لازم در زمینه قیمت تولید داخلی و جهانی محصول

به دلیل آنکه آنیلین به عنوان یک کالای جاری در بازار شناخته نمی‌شود و موجودی برای فروش آن در بازار داخلی وجود ندارد جهت خرید آن در بازار داخلی تنها می‌توان به قیمت‌های خارجی و ضرایب مربوط به پوشش هزینه واردات اشاره کرد که در حال حاضر قیمت تقریبی کمتر از ۱۶۰۰۰ ریال به ازای هر کیلو قابل دسترسی می‌باشد.

در مورد قیمت جهانی نیز اطلاعات در دو منطقه آمریکا و اروپای غربی طی سال‌های ۲۰۰۲ الی ۲۰۰۶ در جدول زیر بیان شده است.

| سال  | آمریکا (cent/kg) | اروپا (cent/kg) |
|------|------------------|-----------------|
| ۲۰۰۲ | ۸۴-۸۸            | ۷۵-۸۰           |
| ۲۰۰۳ | ۹۹-۱۱۰           | ۱۰۵             |
| ۲۰۰۴ | ۱۱۰-۱۲۱          | ۸۰              |
| ۲۰۰۵ | ۱۱۵-۱۲۵          | ۸۶              |
| ۲۰۰۶ | ۱۱۵-۱۲۵          | ۷۹              |
| ۲۰۰۷ | ۱۱۷-۱۲۶          | ۷۶              |

#### ۶-۱- توضیح موارد مصرف و کاربرد

طبق گزارش‌های موجود بیش از ۸۵ درصد آنیلین تولیدی در دنیا برای تهیه ۴-۴- متیلن بیس (فنیل ایزو سیانات) (MDI)، که یک پلی‌یورتان واسطه است مصرف می‌شود. مصارف دیگر آن برای تهیه لاستیک‌های مصنوعی، مواد شیمیایی مورد استفاده در کشاورزی، رنگ و رنگ‌سازی، فیبرهای مخصوص و همچنین در صنایع داروسازی کاربرد دارد.

|  |             |            |
|--|-------------|------------|
| مطالعات امکان‌سنجی مقدماتی طرح‌های صنعتی               | گزارش نهایی | مرداد ۱۳۸۷ |
| مجری: جهاد دانشگاهی واحد صنعتی امیرکبیر- معاونت پژوهشی |             | صفحه (۷)   |

۶-۱-۱-MDI : همانطور که اشاره شد بیشترین کاربرد آنیلین در تولید MDI و پلیمرهای آن می باشد. MDI به وسیله کندانس آنیلین و فرمالدهید و عملیات فسژناسیون تولید می شود. برای تولید هر واحد MDI حدودا ۰/۷۴-۰/۷۸ واحد آنیلین مورد نیاز می باشد. تولیدکننده های آمریکایی MDI شامل BASF ، ICI ، Miles ، Dow Chem می باشند. بیشترین کاربرد MDI در آمریکا، در تولید پلی یورتان سخت و نیمه سخت می باشد. این فوم در صنعت به عنوان عایق استفاده می شود. مصارف دیگر آن در رزینهای ترموپلاستیک، درون قالب ریخته گری و چسب ها و کفی کفش ها می باشد.

۶-۱-۲- صنایع شیمیایی فرآوری لاستیک : دومین مصرف عمده آنیلین به عنوان ماده ی خام برای مواد شیمیایی فرآیند لاستیک است. سه گروه مهم از این مواد عبارتند از: (۱) آنتی اکسیدانتهای، تثبیت کننده ها (۲) شتاب دهنده ها، فعال کننده ها و افزودنیهای ولکانیزاسیون (۳) کمک کننده متفرقه به فرآیند آنیلین به عنوان ماده ی خام در بیشتر گروه ها مصرف می شود و تخمین میزان دقیق آنیلین دشوار است. زیرا بسیاری از آنها می توانند با بیش از یک روش ساخته شوند.

مهمترین مصرف آنیلین در مواد شیمیایی فرآیند لاستیک، در تولید مشتقات تیزارول است که مهمترین گروه شتاب دهنده ها نی باشد. MBT نه فقط یک شتاب دهنده بلکه یک کلید واسطه برای تعدادی دیگر از شتاب دهنده هاست.

مصارف دیگر آنیلین به صورت تغییر در آنتی اکسیدانتهای، آنتی آزونانتهای، و پایدار کننده شامل جانشینی فنیلن دی آمین ها و دیگر ترکیبات آمینو است.

#### ۶-۱-۳- مواد شیمیایی کشاورزی

آنیلین ماده خام برای دو گروه هربی سایید آمیدها و اوره ها می باشند. مهمترین هربی سایید آمیدها، دسته ای هستند که به وسیله اورتو آلکیلاسیون روی کاتالیست آلومینیوم تولید می شوند.

آنیلین در حضور اتیلین و کاتالیست سدیم به ۲و۶- دی اتیل آنیلین تبدیل می شود. دیگر محصول آنیلین هربیدههای اوره است که توسط واکنش فسژن با آمینهای آروماتیک و تشکیل فنیل ایزوسیاناتها تولید می شود

#### ۶-۱-۴- رنگ و رنگ سازی

رنگ و مواد رنگ زیادی از آنیلین و مشتقات آن ساخته می شود. در ایالات متحده استفاده ی آنیلین در این زمینه در محدوده ی بین ۱۴۰۰۰-۱۰۰۰۰ تن در سال بوده است.

|   |             |            |
|---|-------------|------------|
| مطالعات امکان‌سنجی مقدماتی طرح‌های صنعتی                | گزارش نهایی | مرداد ۱۳۸۷ |
| مجری: جهاد دانشگاهی واحد صنعتی امیرکبیر - معاونت پژوهشی |             | صفحه (۸)   |



در طی ۵ سال بعد از این رشد مصرف آنیلین در ایالات متحده در زمینه‌ی مواد رنگی کند شد که ناشی از رقابت منسوجات و رنگهای صادراتی از شرق دور، افزایش هزینه کنترل آلودگی و رقابت با تولید کنندگان اروپایی می‌باشد. در مجموع بیشتر رشد اخیر در رنگها در روشن کننده های فلئورسنت رخ داده که از آنیلین به عنوان ماده ی اولیه استفاده می‌شود.

۶-۱-۵-دیگر موارد

مهمترین مشتقات دارویی آنیلین سولفونامیدها گروهی از ترکیبات با فعالیت های ضد میکروبی که برای انسان و داروهای دامپزشکی استفاده می‌شوند، می‌باشند. آنیلین به عنوان ماده ی خام برای محصولات دیگری نیز به کار می‌رود. آنیلین در تولید سیکلوهگزیل-مین برای سدیم و کلسیم  $n$ -سیکلو هگزان سولفامات استفاده می‌شود. ( شیرین کننده های مصنوعی که به عنوان سیکلاماتها شناخته می‌شوند).

#### ۷-۱- بررسی کالاهای جایگزینی و تجزیه و تحلیل اثرات آن بر مصرف محصول

با توجه به آنکه بیش از ۸۵ درصد مصرف آنیلین در تولید MDI می‌باشد و سایر مصارف آن نیز از تنوع چشمگیری برخوردار است، آنیلین به عنوان یک ماده ی اولیه مصرفی در فرآیند های تولید MDI جایگزینی ندارد.

تا زمان تهیه گزارش هیچ طرحی در کشور برای تولید آنیلین و یا نیتروبنزن به منظور تولید آنیلین بهره برداری نشده است. البته در پوستره‌های تهیه شده توسط شرکت پتروشیمی آنیلین و نیتروبنزن از واحدهای در دست مطالعه ذکر شده اند.

#### ۸-۱- اهمیت استراتژیکی کالا در دنیای امروز

امروزه آنیلین به عنوان ماده ای بدون جایگزین در تولید MDI مطرح شده و مصرف آن در صنعت رنگ هر روز بیش از پیش گسترش می‌یابد. به گونه ای که تولید و مصرف آن در دنیا در سال های اخیر همواره روند رو به رشدی داشته است.

|            |   |  |
|------------|---|--|
| مرداد ۱۳۸۷ | گزارش نهایی   | مطالعات امکان‌سنجی مقدماتی طرح‌های صنعتی |
| صفحه (۹)   | مجری: جهاد دانشگاهی واحد صنعتی امیر کبیر- معاونت پژوهشی |  |

۹-۱- کشورهای عمده تولید کننده و مصرف کننده محصول (حتی‌الامکان سهم تولید یا مصرف

ذکر شود)

ظرفیت تولید آنیلین در ایالات متحده آمریکا

جدول زیر خلاصه ای از ظرفیت تولید آنیلین را در ایالات متحده آمریکا به همراه فرایند مورد استفاده

نشان می دهد. ظرفیت های سالانه مربوط به ژانویه سال ۲۰۰۱ می باشند.

جدول (۴): تولیدکننده های عمده آنیلین در آمریکا

| ردیف | شرکت و محل کارخانه | ظرفیت تولید<br>( میلیون پوند) | فرآیند                     |
|------|--------------------|-------------------------------|----------------------------|
| ۱    | BASF               | ۴۵۵                           | هیدروژن زدایی<br>نیتروبنزن |
| ۲    | Bayer              | ۴۰                            | احیا آهن از نیتروبنزن      |
| ۳    | Chemfirst          | ۲۵۰                           | احیا آهن از نیتروبنزن      |
| ۴    | Pascgoula          | ۳۴۰                           | هیدروژن زدایی از بنزن      |
| ۵    | Dupont             | ۲۷۵                           | هیدروژن زدایی از بنزن      |
| ۶    | Rubicon            | ۸۷۰                           | هیدروژن زدایی از بنزن      |
| ۷    | Sunco              | ۱۵۰                           | آمونیزه کردن فنل           |
|      | جمع                | ۲۳۸۰                          |                            |

توضیحات جدول:

ردیف ۱) فرایند تولید این شرکت وابسته به نیتروبنزن می باشد و محصول آن ها مخصوصا در تولید MDI و همچنین برخی دیگر از محصولات مربوطه به فروش می رسد.

ردیف ۲) این شرکت به عنوان یک شرکت تولید کننده رنگ دانه ها ایجاد شده است که محصول آن مخصوصا در تولید MDI مصرف می شود.

ردیف ۵) فرایند وابسته به نیتروبنزن و اسید نیتریک است و عموما برای تولید MDI مصرف می شود.

مرجع: مطالعات بازاریابی و ارزیابی اقتصادی طرح ها (SRI)

جدول (۴-۱): ظرفیت تولید آنیلین در اروپا

| ردیف | شرکت و محل کارخانه | ظرفیت تولید<br>(هزار تن) | فرآیند         |
|------|--------------------|--------------------------|----------------|
| ۱    | BASF (بلژیک)       | ۲۲۰                      | احیا نیتروبنزن |
| ۲    | Bayer (بلژیک)      | ۱۲۰                      | احیا نیتروبنزن |
| ۳    | BASF (آلمان)       | ۴۰                       | احیا نیتروبنزن |

ادامه جدول ۴-۱

|                |      |                                  |   |
|----------------|------|----------------------------------|---|
| احیا نیتروبنزن | ۱۵۵  | Bayer (آلمان)                    | ۴ |
| احیا نیتروبنزن | ۱۵۲  | Krefeld (آلمان)                  | ۵ |
| احیا نیتروبنزن | ۱۳۰  | Dow Dutcheland (آلمان)           | ۶ |
| احیا نیتروبنزن | ۳۰۰  | Huntsman PolyUrethans (انگلستان) | ۷ |
| احیا نیتروبنزن | ۱۲۰  | Qulmlgal-Quimica (پرتغال)        | ۷ |
|                | ۱۲۳۷ | جمع                              |   |

جدول (۴-۲): سایر کشورها

| نام کشورها | ظرفیت سالانه (هزار تن) |
|------------|------------------------|
| برزیل      | ۲۶                     |
| مصر        | ۱                      |
| هند        | ۶۹                     |
| جمع        | ۹۸                     |

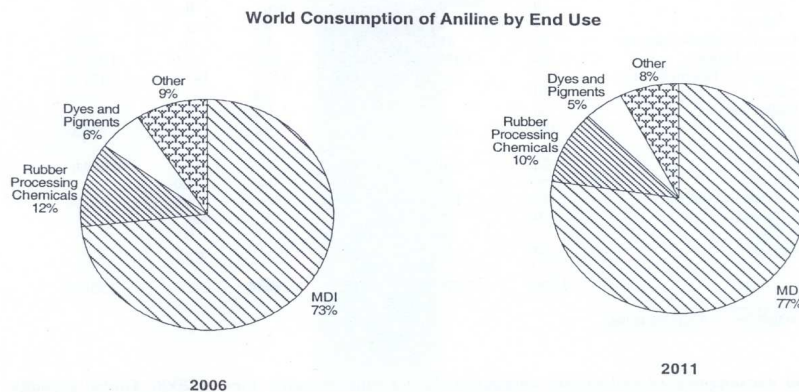
جدول (۴-۳): خلاصه ظرفیت تولید سالانه آنیلین در جهان

| ردیف | منطقه تولید | ظرفیت سالانه (هزار تن) | سهم کل (درصد) |
|------|-------------|------------------------|---------------|
| ۱    | آمریکا      | ۱۰۸۰                   | ۳۰/۷۷         |
| ۲    | اروپا       | ۱۷۷۷                   | ۵۰/۶۲         |
| ۳    | ژاپن        | ۲۵۷                    | ۷/۳۲          |
| ۴    | سایر کشورها | ۳۹۶                    | ۱۱/۲۸         |
|      | جمع ظرفیت   | ۳۵۱۰                   |               |

جدول (۵): کشورهای عمده مصرف‌کننده آنیلین در سال ۲۰۰۶

| ردیف | نام کشور    | عنوان محصول | مقدار مصرف (هزار تن) | سهم جهانی مصرف (درصد) |
|------|-------------|-------------|----------------------|-----------------------|
| ۱    | آمریکا      | آنیلین      | ۱۰۳۳                 | ۲۹/۲                  |
| ۲    | اروپای غربی | آنیلین      | ۱۱۶۲                 | ۳۲/۸                  |
| ۳    | اروپای شرقی | آنیلین      | ۱۷۱/۳                | ۴/۸                   |
| ۴    | آسیا        | آنیلین      | ۱۱۳۷                 | ۳۲/۱                  |
| ۵    | سایر        | آنیلین      | ۳۸                   | ۱/۱                   |

مصرف آنیلین در خاورمیانه حدود ۴۰۰۰ تن در سال برآورد شده است. در نمودار زیر میزان مصرف آنیلین در هر یک از کاربردهای اشاره شده، نشان داده شده است.



شرکت‌های داخلی عمده تولید کننده و مصرف کننده محصول

جدول (۶): برخی تولیدکنندگان عمده آنیلین در ایران

| ردیف | نام کارخانه | نوع تولیدات | محل کارخانه |
|------|-------------|-------------|-------------|
| ۱    | *           |             |             |

\* هیچ شرکت داخلی تا لحظه تهیه گزارش برای تولید آنیلین به ثبت نرسیده است. البته در گزارشات تهیه شده شرکت ملی پتروشیمی، از آنیلین به عنوان یکی از واحدهای در دست مطالعه نام برده شده است

جدول (۷): برخی مصرف‌کنندگان عمده آنیلین در ایران

| ردیف | نام کارخانه | نوع تولیدات | محل کارخانه |
|------|-------------|-------------|-------------|
| ۱    | *           |             |             |

• مصرف‌کنندگان عمده آنیلین کلیه تولیدکنندگان MDI، شرکت‌های تولید رنگ و لاستیک می‌باشند. در منابع موجود هیچ اشاره‌ای به تولیدکنندگان MDI در کشور نشده است و احتمالاً اکثر MDI مصرفی در تولید پلی‌اورتان از خارج وارد می‌شود. بنابراین می‌توان گفت واحد احداثی بیشتر رویکرد صادراتی خواهد داشت.

۱-۱۰- شرایط صادرات

در منابع موجود، شرایط خاصی برای صادرات این محصول ذکر نشده است.

|   |             |            |
|---|-------------|------------|
| مطالعات امکان‌سنجی مقدماتی طرح‌های صنعتی                | گزارش نهایی | مرداد ۱۳۸۷ |
| مجری: جهاد دانشگاهی واحد صنعتی امیرکبیر - معاونت پژوهشی |             | صفحه (۱۲)  |

## ۲- وضعیت عرضه و تقاضا

تمام نیاز کشور به آنیلین از خارج از کشور و به طور عمده از هند و چین وارد می‌شود. با توجه به آنکه آنیلین به طور عمده در تولید MDI مصرف می‌شود و این ماده نیز در کشور تولید نمی‌شود، مصرف اصلی آنیلین در ایران نیز منحصر به فرآوری لاستیک و رنگ می‌شود.

۲-۱- بررسی ظرفیت بهره‌برداری و روند تولید از آغاز برنامه سوم تا کنون و محل واحدها و تعداد آنها و سطح تکنولوژی واحدهای موجود، ظرفیت اسمی، ظرفیت عملی، علل عدم بهره‌برداری کامل از ظرفیت‌ها، نام کشورها و شرکت‌های سازنده ماشین‌آلات مورد استفاده در تولید محصول

آمار و اطلاعات به‌دست آمده از مرکز آمار وزارت صنایع و معادن در خصوص ظرفیت واحدهای موجود و فعال تولید کننده آنیلین به جدول زیر ارائه شده است.

جدول (۸): تعداد کارخانه‌های فعال واقع در استان‌ها به تفکیک و ظرفیت کل تولید آنیلین در ایران

| ردیف | نام استان | تعداد کارخانه | ظرفیت |
|------|-----------|---------------|-------|
| ۱    | *         |               |       |

\* هیچ واحدی برای تولید آنیلین در کشور ذکر نشده است.

جدول (۹): آمار تولید آنیلین در سال‌های اخیر

| نام کالا | واحد<br>سنجش | میزان تولید داخلی |          |          |          |          |
|----------|--------------|-------------------|----------|----------|----------|----------|
|          |              | سال ۱۳۸۱          | سال ۱۳۸۲ | سال ۱۳۸۳ | سال ۱۳۸۴ | سال ۱۳۸۵ |
| *        |              |                   |          |          |          |          |

\* هیچ واحدی برای تولید آنیلین در کشور ذکر نشده است.

۲-۲- بررسی وضعیت طرح‌های جدید و طرح‌های توسعه در دست اجرا (از نظر تعداد، ظرفیت، محل اجراء، میزان پیشرفت فیزیکی و سطح تکنولوژی آنها و سرمایه‌گذاری‌های انجام شده اعم از ارزی و ریالی و مابقی مورد نیاز)

طبق آمار و اطلاعات موجود تنها یک طرح برای تولید آنیلین در کشور به ثبت رسیده است که با تماس تلفنی با سرمایه‌گذار این طرح مشخص شد این طرح برای مدت مدیدیست که مسکوت مانده و هیچ پیشرفتی در آن حاصل نشده است.

جدول (۱۰): تعداد و ظرفیت طرح‌های با ۲۰ درصد پیشرفت فیزیکی در صنعت تولید آنیلین

| نام کالا | تعداد طرح‌های با درصد پیشرفت فیزیکی ۲۰ درصد | ظرفیت تولید | واحد کالا |
|----------|---|-------------|-----------|
| آنیلین   | ۱   | ۱۲          | Ton/year  |

جدول (۱۱): تعداد و ظرفیت طرح‌های بالای بین ۲۰ تا ۶۰ درصد پیشرفت فیزیکی در صنعت تولید آنیلین

| نام کالا | تعداد طرح‌های بین ۲۰ تا ۶۰ درصد پیشرفت فیزیکی | ظرفیت تولید | واحد کالا |
|----------|---|-------------|-----------|
| *        |   |             |           |

\* هیچ طرحی با این مشخصات برای تولید آنیلین در کشور ذکر نشده است.

جدول (۱۲): تعداد و ظرفیت طرح‌های بین ۶۰ تا ۱۰۰ درصد پیشرفت فیزیکی در صنعت تولید آنیلین

| نام کالا | تعداد طرح‌های با درصد پیشرفت فیزیکی بین ۶۰ تا ۱۰۰ درصد | ظرفیت تولید | واحد کالا |
|----------|--|-------------|-----------|
| *        |  |             |           |

• هیچ طرحی با این مشخصات برای تولید آنیلین در کشور ذکر نشده است.

۳-۲- بررسی روند واردات محصول از آغاز برنامه سوم تا پایان سال ۸۴ (چقدر از کجا)

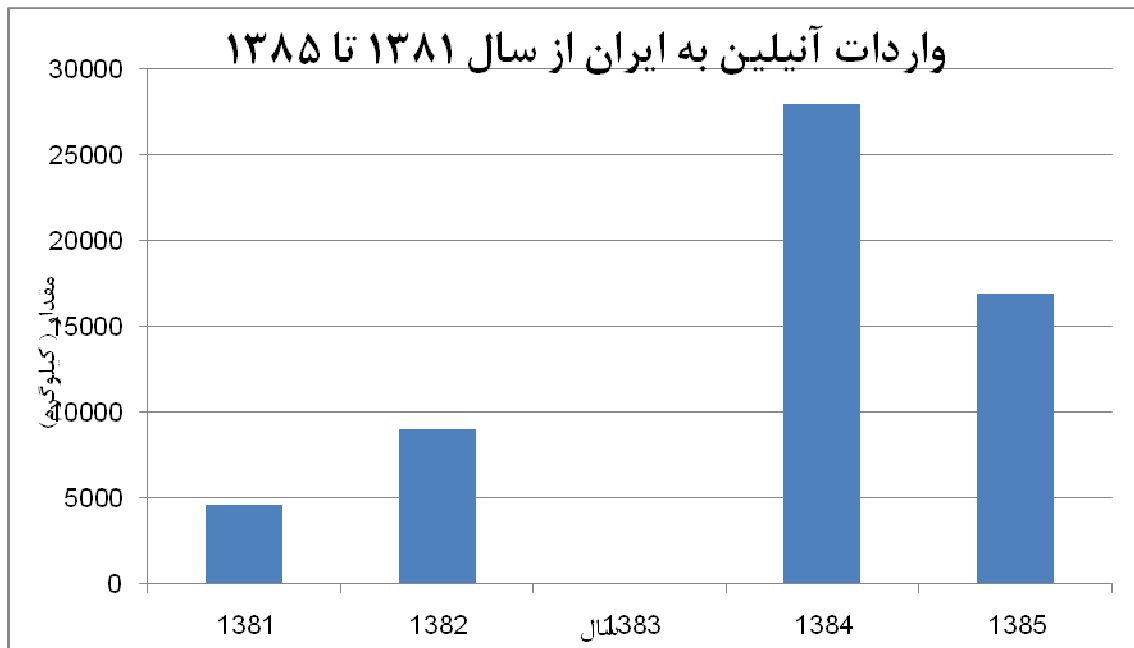
جدول زیر واردات آنیلین را طی سال‌های ۱۳۸۱-۱۳۸۵ ذکر شده است.

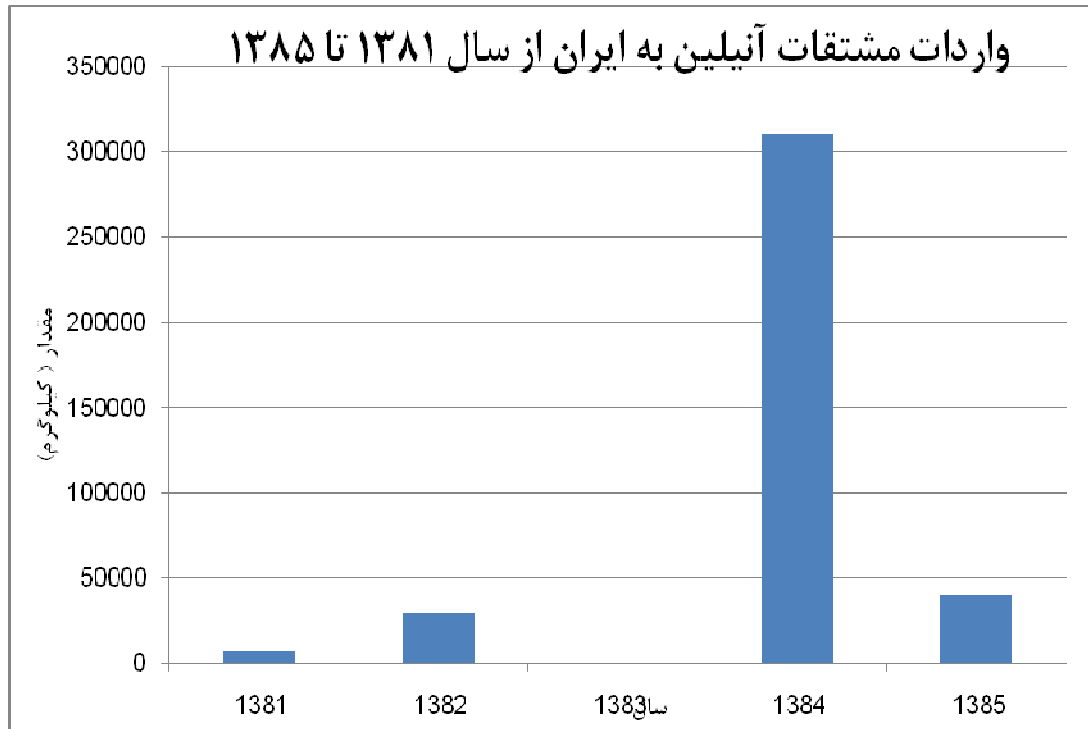
جدول (۱۳): آمار واردات آنیلین در سال‌های اخیر

| سال ۱۳۸۵ |      | سال ۱۳۸۴ |     | سال ۱۳۸۲ |     | سال ۱۳۸۱ |     | عنوان          |
|----------|------|----------|-----|----------|-----|----------|-----|----------------|
| ارزش     | وزن  | ارزش     | وزن | ارزش     | وزن | ارزش     | وزن |                |
| ۳۲۵۴۰    | ۱۶/۹ | ۵۲۲۸۸    | ۲۸  | ۱۷۱۹۲    | ۹   | ۸۶۹۲     | ۴/۶ | آنیلین         |
| ۵۴۴۰۶۹   | ۴۰   | ۸۸۷۰۳۷   | ۳۱۰ | ۱۲۹۴۷۸   | ۲۹  | ۳۹۸۸۶    | ۶/۸ | مشتمقات آنیلین |

ارزش: دلار

وزن: تن





جدول (۱۴): مهم‌ترین کشورهای تأمین‌کننده محصولات آنیلین شرکت‌های داخلی

| سال ۱۳۸۵   |       |     | سال ۱۳۸۴   |       |     | سال ۱۳۸۳   |       |     | عنوان محصول | نام کشور |
|------------|-------|-----|------------|-------|-----|------------|-------|-----|-------------|----------|
| درصد از کل | ارزش  | وزن | درصد از کل | ارزش  | وزن | درصد از کل | ارزش  | وزن |             |          |
| ۹۵         | ۲۲۱۱۳ | ۱۶  | ۵۷         | ۲۱۶۴۶ | ۱۶  | ۱۰۰        | ۱۷۱۹۲ | ۹   | آنیلین      | هند      |
| ۲          | ۷۳۶۴  | ۰/۵ | ۴۳         | ۳۰۶۴۳ | ۱۲  | -          | -     | -   | آنیلین      | چین      |

#### ۴-۲- بررسی روند مصرف از آغاز برنامه

با توجه به اینکه MDI مصرفی در ایران، از خارج وارد می‌شود، آنیلین وارداتی به ایران تنها در فرآوری لاستیک و تولید رنگ و تولید برخی کودهای شیمیایی به کار می‌رود. با توجه به اینکه در سالیان اخیر این صنایع رشد مناسبی داشته‌اند، پیش‌بینی می‌شود، مصرف آنیلین نیز روند رو به رشدی را داشته باشد به گونه‌ای که در سال ۱۳۹۰، به حدود ۳۰ تن در سال برسد.

|            |  |  |
|------------|--|--|
| مرداد ۱۳۸۷ | گزارش نهایی  | مطالعات امکان‌سنجی مقدماتی طرح‌های صنعتی |
| صفحه (۱۶)  | مجری: جهاد دانشگاهی واحد صنعتی امیرکبیر- معاونت پژوهشی |  |



۵-۲- بررسی روند صادرات محصول از آغاز برنامه سوم تا پایان سال ۸۴ و امکان توسعه آن (چقدر به کجا صادر شده است).

تا توجه به اینکه آنیلین در داخل تولید نمی‌شود، تبعاً هیچ‌گونه صادراتی نیز برای آن گزارش نشده است.

جدول (۱۵): آمار صادرات آنیلین در سال‌های اخیر

| سال ۱۳۸۴ |     | سال ۱۳۸۳ |     | سال ۱۳۸۲ |     | سال ۱۳۸۱ |     | عنوان |
|----------|-----|----------|-----|----------|-----|----------|-----|-------|
| ارزش     | وزن | ارزش     | وزن | ارزش     | وزن | ارزش     | وزن |       |
|          |     |          |     |          |     |          |     | *     |

وزن: تن ارزش: دلار

\* با توجه به اینکه این کالا در کشور تولید نمی‌شود تبعاً صادراتی نیز نخواهد داشت.

جدول (۱۶): مهم‌ترین کشورهای مقصد صادرات آنیلین

| صادرات سال ۱۳۸۴ |      |     | صادرات در سال ۱۳۸۳ |      |     | صادرات در سال ۱۳۸۲ |      |     | عنوان<br>محصول | نام کشور |
|-----------------|------|-----|--------------------|------|-----|--------------------|------|-----|----------------|----------|
| درصد<br>از کل   | ارزش | وزن | درصد<br>از کل      | ارزش | وزن | درصد<br>از کل      | ارزش | وزن |                |          |
|                 |      |     |                    |      |     |                    |      |     |                | *        |

وزن: تن ارزش: دلار

\* با توجه به اینکه این کالا در کشور تولید نمی‌شود تبعاً صادراتی نیز نخواهد داشت.

### ۶-۲- بررسی نیاز به محصول با اولویت صادرات تا پایان برنامه چهارم

با توجه به رشد مصرف MDI برای تولید پلی‌اورتان و از آنجا که برای تولید MDI آنیلین یک ماده ضروری محسوب می‌شود و گسترش کاربرد آنیلین در صنایع رنگ می‌تواند پیش‌بینی کرد که نیاز کشور به آنیلین افزایش یابد. البته با در نظر داشتن رویکرد صادراتی و بازار مناسب موجود در منطقه می‌توان آینده روشنی را برای این صنعت پیش‌بینی نمود.

بررسی میزان نیاز کشور به محصول مورد نظر در سال ۱۳۹۰ مستلزم برآورد تولید و مصرف در این سال می‌باشد. از این‌رو تخمین میزان تولید و مصرف در سال ۱۳۹۰ به صورت زیر انجام شد.

- تولید در سال ۱۳۹۰:

|            |             |  |
|------------|-------------|--|
| مرداد ۱۳۸۷ | گزارش نهایی | مطالعات امکان‌سنجی مقدماتی طرح‌های صنعتی                 |
| صفحه (۱۷)  |             | مجری: جهاد دانشگاهی واحد صنعتی امیر کبیر - معاونت پژوهشی |

صنعت تولیدی کشور در هر محصول متکی بر واحدهای تولیدی در حال فعالیت و واحدهای در حال احداث می‌باشد. از این جهت تعیین میزان تولید محصول در سال ۱۳۹۰ علاوه بر میزان تولید حال حاضر واحدهای صنعتی، میزان تولید واحدهای در حال احداث که تا سال ۱۳۹۰ به بهره‌برداری می‌رسند نیز در نظر گرفته می‌شود. در برآورد تولید محصول فوق در واحدهای در دست اجرا برای سال ۱۳۹۰، در خوش‌بینانه‌ترین حالت، حدود ۶۰ درصد ظرفیت واحدهای در دست اجرا با پیشرفت فیزیکی ۱۰۰-۶۰ درصد و حدود ۳۰ درصد ظرفیت واحدهای در دست اجرا با پیشرفت فیزیکی ۶۰-۲۰ درصد در سال ۱۳۹۰ می‌باشد.

شایان ذکر است اغلب واحدهای با پیشرفت فیزیکی کمتر از ۲۰ درصد، در مرحله صدور مجوز بوده و به احتمال زیاد تا سال ۱۳۹۰ به مرحله بهره‌برداری نخواهد رسید.

۳۰ درصد ظرفیت واحدهای در دست اجرا با پیشرفت فیزیکی ۱۰۰-۶۰ درصد در سال ۱۳۹۰ = برآورد آمار تولید واحدهای در دست اجرا با پیشرفت فیزیکی ۱۰۰-۶۰ درصد در سال ۱۳۹۰ به بهره‌برداری رسیده‌اند  
۲۰ تا ۶۰ درصد از ۶۰ درصد دست اجرا با پیشرفت فیزیکی بیش از ۶۰ درصد به بهره‌برداری رسیده‌اند

با توجه به آمار حاصله از وزارت صنایع و معادن هیچ گونه تولیدی در کشور در این خصوص وجود ندارد. - مصرف در سال ۱۳۹۰:

در بحث‌های قبل میزان مصرف محصول در سال ۱۳۸۵ برآورد شده است. میزان مصرف کشور در محصول فوق علاوه بر پیشرفت‌های صورت گرفته در صنایع، به میزان رشد جمعیت و بالتبع آن رشد مصرف بستگی خواهد داشت. از آنجایی که هیچ گونه تولید و صادراتی از این محصول در کشور انجام نمی‌شود، می‌توان این فرض را در نظر گرفت که میزان واردات این محصول برابر میزان مصرف این محصول در کشور می‌باشد. با توجه به برآوردهای صورت گرفته در خصوص جمعیت کشور در سال ۱۳۹۰ و میزان مصرف این محصول، فرض گردید که میزان مصرف این محصول هر ساله حدود ۲۰ درصد افزایش می‌یابد. از این‌رو برآورد مصرف این محصول در سال ۱۳۹۰ به صورت زیر به دست می‌آید:

$$\text{تن } 45 = 18 \times (1/2)^5 = \text{میانگین میزان مصرف در سه سال اخیر } \times (1/2)^5 = \text{برآورد مصرف در سال } 1390$$

با توجه به برآورد میزان تولید و مصرف محصول ذکر شده، میزان ۵۰۰۵ تن محصول فوق‌الذکر بر نیاز می‌باشد.

|  |             |            |
|--|-------------|------------|
| مطالعات امکان‌سنجی مقدماتی طرح‌های صنعتی                 | گزارش نهایی | مرداد ۱۳۸۷ |
| مجری: جهاد دانشگاهی واحد صنعتی امیر کبیر - معاونت پژوهشی |             | صفحه (۱۸)  |

### ۳- بررسی اجمالی تکنولوژی و روش‌های تولید و عرضه محصول در کشور و مقایسه

#### آن با دیگر کشورها

روش‌های تولید:

#### ۱- هیدروژناسیون کاتالیزوری نیتروبنزن در فاز بخار

با استفاده از فرایندهای فاز بخار ثابت یا بستر سیال، نیتروبنزن با بازده بیش از ۹۹ درصد به آنیلین تبدیل می‌شود. موثرترین کاتالیزور برای هیدروژناسیون فاز بخار ترکیبات مس یا پالادیم با سایر فلزات در روی کربن فعال است. ۳ روش مهم برای تولید آنیلین در فاز بخار عبارت است از:

#### الف- فرایند LONZA

در این فرایند خوراک همگن شده از هیدروژن و نیتروبنزن با دمای ورودی ۲۰۰ درجه سانتیگراد از روی بستر ثابت کاتالیزوری عبور می‌کنند. عملیات همگن‌سازی با اسپری کردن نیتروبنزن و هیدروژن تازه به گاز گرم شده موجود در چرخه انجام می‌گیرد. نسبت مولی نیتروبنزن به کل هیدروژن در ورودی راکتور تقریباً ۱/۱۰۰ است. محصولات واکنش راکتور را در دمای بیش از ۳۰۰ درجه سانتیگراد ترک می‌کنند. گرمای هیدروژناسیون برای تولید بخار و گرم کردن جریان راکتور برگشتی استفاده می‌شود. خروجی راکتور در یک کندانسور خشک می‌شود. هیدروژن اضافی، آنیلین خام و آب از همدیگر جدا می‌شوند. آنیلین توسط عمل تقطیر خالص می‌شود.

#### ب- فرایند Bayer

در این فرایند از راکتورهای ثابت با کاتالیزور پالادیم با پایه آلومینیومی استفاده می‌شود که با اضافه کردن سرب و وانادیم به کاتالیزور فعالیت آن بهبود یافته است. مخلوطی از بخار نیتروبنزن و هیدروژن با نسبت مولی، ۱/۱۲۰ در فشار ۷۰۰-۱۰۰ Kpa در دمای ۲۵۰-۳۵ درجه سانتیگراد وارد یک راکتور آدیاباتیک می‌شوند. ارتفاع بستر کاتالیزوری در راکتور ۱/۱۰-۱۰ است. محصولات واکنش بدون خنک شدن در بیشترین دمای خود یعنی ۴۵۰ درجه سانتیگراد راکتور را ترک می‌کنند. گرمای تولید شده در واکنش برای تولید بخار فشار بالا استفاده می‌شود. بعد از خنک شدن جریان تا ۱۸۰-۱۴۰ درجه سانتیگراد، خروجی از آخرین راکتور، وارد واحد جداسازی می‌شود که بعد از خنک شدن بیشتر، آنیلین خام، آب پسمان و هیدروژن برگشتی تحت فشار از همدیگر جدا می‌شوند. آنیلین خام با عمل تقطیر تخلیص می‌شود.

|  |             |            |
|--|-------------|------------|
| مطالعات امکان‌سنجی مقدماتی طرح‌های صنعتی               | گزارش نهایی | مرداد ۱۳۸۷ |
| مجری: جهاد دانشگاهی واحد صنعتی امیرکبیر- معاونت پژوهشی |             | صفحه (۱۹)  |

## ج- فرایند BASF

در این روش از یک بستر فاز بخار استفاده می‌شود. نیتروبنزن به کمک جریانی از گاز داغ که شامل هیدروژن است اتیزه شده و تبخیر می‌گردد. جریان گاز در حضور کاتالیزور سیال سیرکوله، محصولات واکنش کندانس و آنیلین از محصولات خام واکنش جدا می‌شود. مخلوط دوفازی نیتروبنزن و هیدروژن از میان نازل‌هایی که در ارتفاع‌های مختلف بستر سیال واقع شده‌اند، تزریق می‌شود و هیدروژناسیون در دمای ۲۵۰-۳۰۰ درجه سانتی‌گراد و فشار ۱۰۰۰-۴۰۰ kap در حضور هیدروژن اضافی انجام می‌شود. گاز داغ تولید شده با عبور از یک مبدل خنک می‌شود و آنیلین در یک جداکننده گاز-مایع جدا می‌شود. گرمای واکنش برای تولید بخار استفاده می‌شود. برای احیا کردن کاتالیزور، بعد از شستشوی کل سیستم با نیتروژن، مواد آلی که در سطح کاتالیزور رسوب کرده‌اند، در دمای ۲۵۰-۲۰۰ درجه سانتی‌گراد توسط هوا سوزانده می‌شود.

روش دوم: هیدروژناسیون کاتالیزوری نیتروبنزن در فاز بخار

در فرایندهای صنعتی شرکت‌های ICI و Dupont از این روش استفاده می‌شود.

فرآیند هیدروژناسیون در فاز مایع در فشار ۶۰۰-۱۰۰ و دمای ۲۰۰-۹۰ درجه سانتی‌گراد انجام می‌شود. نیترو بنزن بعد از عبور از یک راکتور به طور کامل تبدیل می‌شود و به بازده ۹۹ درصد می‌رسد. آب همراه با بخارات خروجی خارج می‌شود و آنیلین به اندازه کافی به محفظه واکنش برگردانده تا شرایط پایدار حفظ شود.

Dupont با استفاده از کاتالیزور پلاتین-پالادیم با پایه کربنی که با آهن اصلاح شده است، نیتروبنزن را هیدروژنه می‌کند. این فرایند پیوسته از یک راکتور لوله‌ای که بازده کمی دارد استفاده می‌کند. محصولات خروجی از راکتور عاری از نیتروبنزن می‌باشد.

روشهای دیگر تولید:

۱- احیا نیتروبنزن توسط آهن یا نمک‌های آهن

۲- آمیناسیون فنل

|  |             |            |
|--|-------------|------------|
| مطالعات امکان‌سنجی مقدماتی طرح‌های صنعتی               | گزارش نهایی | مرداد ۱۳۸۷ |
| مجری: جهاد دانشگاهی واحد صنعتی امیرکبیر- معاونت پژوهشی |             | صفحه (۲۰)  |

## بررسی فنی

## مقدمه

بررسی فنی در طرح‌های صنعتی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است در واقع نتایج بررسی فنی است که نشان می‌دهد برای برآوردهای مالی باید از چه استانداردها و شاخص‌هایی استفاده نمود. بررسی فنی در طرح حاضر به مطالعه‌ی فرالندها و انتخاب تکنولوژی مناسب اختصاص دارد که بر اساس آن فازهای زیربنایی و تاسیسات و تجهیزات کارخانه و همچنین ورودی فرایند مشخص می‌شوند.

## بررسی فنی آنیلین

در این بخش ضمن شناسایی و معرفی فرایندهای مختلف تولید سعی در بررسی فرایند مناسب پس از تجزیه و تحلیل مشخصات هر فرایند می‌شود.

## ۱- تکنولوژی روز دنیا و صاحبان دانش فنی مربوطه

## تولید آنیلین

در دنیا بیشترین تولید آنیلین از روش هیدروژناسیون نیتروبنزن، در فاز مایع یا بخار و در حضور کاتالیست مس / سیلیکا یا پلاتینیوم / پالادیم صورت می‌گیرد. راندمان تئوری این فرایند بیش از ۹۹ درصد است.

در آمریکا، شرکتهای BASF و Dupont ، Chemfirst ، Rabicon از این فرایند استفاده می‌کنند. همچنین نیتروبنزن به وسیله واکنش احیا توسط آهن و در حضور کاتالیست اسید هیدروکلریک به آنیلین تبدیل می‌شود. آهن به فرو و فریک اکسید شده و آنیلین جدا می‌شود. بازده تئوری این فرایند ۹۵-۹۰ درصد است. شرکت Bayer از این فرایند استفاده می‌کند.

در سومین روش تولید آنیلین از نیتروبنزن استفاده نمی‌شود. در این روش فنل در فاز گاز در حضور کاتالیست آلومینا، آمونیزه شده و آنیلین و دی فنیل آمین به عنوان محصول جانبی تولید می‌شوند. بازده تئوری واکنش ۹۹ درصد است.

شرکتهای Ohio& Mitsi Chemicals. Aristech Chemical از این روش استفاده می‌کنند.

مطالعه فرایندهای مختلف تولید آنیلین و تعیین فرایند مناسب

## ۱- فرایند تولید آنیلین بوسیله‌ی آمونیزه کردن فنل

|  |             |            |
|--|-------------|------------|
| مطالعات امکان‌سنجی مقدماتی طرح‌های صنعتی               | گزارش نهایی | مرداد ۱۳۸۷ |
| مجری: جهاد دانشگاهی واحد صنعتی امیرکبیر- معاونت پژوهشی |             | صفحه (۲۱)  |

-مرور فرایند: آمونیزه کردن فنل برای تولید آنیلین اولین بار توسط Halcon انجام شد. در این فرایند، فنل در فاز بخار توسط آمونیاک، در حضور کاتالیست سیلیکا-آلومینا آمونیزه می‌شود. Aritech همین واحد را در آمریکا و Mitsui در ژاپن دارد.

واکنش بین فنل و آمونیا برگشت پذیر است. بنابراین درصد تبدیل بابا با استفاده از میزان اضافی آمونیا به دست می‌آید. دمای اولی واکنش حدود  $360-390^{\circ}\text{C}$  است. زمانیکه دما به سطح خاصی برسد ( $500-$   $450^{\circ}\text{C}$  درجه سانتیگراد) کاتالیستها احیا می‌شوند. در یکی از مراجع شرکت Aritech نشان داده شده که یک کاتالیست گاما آلومینا شامل میزان کمی فلوراید زمان استفاده ی بیشتری دارد و چند ساله می‌تواند احیا شود. همچنین دمای کمتری مورد نیاز است.

در الگویی از شرکت Mitsui ، یک کاتالیست آلومینای اسیدی ضعیف ( $320-400^{\circ}\text{C}$ ) شامل حداکثر  $5,0$  درصد وزنی از اکسید فلز آلكالی عمر بیشتری دارد و می‌تواند تا ۸ سال بدون احیا استفاده شود. بر اساس برخی مراجع، آمینهای حلقوی به موازات آنیلین در واکنش فنل تشکیل می‌شوند ( مخلوط الکیل فنل با ترکیب نیتروژن شامل نیتروژن روی آلومینا). آریل آمینها و دی آریل آمینها می‌توانند به طور متناوب با استفاده از گاما-آلومینا به عنوان کاتالیست تولید شوند.  
شرح فرایند:

در این قسمت شرح فرایند آمونیزه کردن فنل بر مبنای Halcon Patent و با توجه به نمودار جریان فرایندی و مفروضات طراحی عنوان شده در جدول ارائه شده است.

فنل تازه با یک جریان بازگشتی شامل فنل و آنیلین (جریان ۲۸) ترکیب شده و تا  $156^{\circ}\text{C}$  درجه سانتیگراد در  $E-103$  با استفاده از خروجی راکتور ( جریان ۶) پیش گرم شده و سپس در  $C-101$  در  $328^{\circ}\text{C}$  تبخیر می‌شود. گرمای مورد نیاز تبخیر را  $F-101$  فراهم می‌کند. آمویای بازگشتی ( جریان ۱۲ ) با آمونیا ی جبرانی مخلوط شده و در  $E-101$  تبخیر شده و در  $E-102$  تا  $363^{\circ}\text{C}$  با خروجی راکتور پیش گرم می‌شود.

سپس در  $F-101$  به عنوان پیش گرم کننده ی خوراک تا  $384^{\circ}\text{C}$  گرم می‌شود. جریان بخار از  $C-101$  با جریان آمونیا مخلوط شده و به راکتور  $R-101$  تزریق می‌شود. سرعت تبخیر به دقت کنترل می‌شوند و نسبت مولی آمونیا به فنل ۲۰ به ۱ نگه داشته می‌شود.

|  |             |            |
|--|-------------|------------|
| مطالعات امکان‌سنجی مقدماتی طرح‌های صنعتی               | گزارش نهایی | مرداد ۱۳۸۷ |
| مجری: جهاد دانشگاهی واحد صنعتی امیرکبیر- معاونت پژوهشی |             | صفحه (۲۲)  |

راکتور بستر ثابت آدیاباتیک R-101، شامل کاتالیست سیلیکا-آمونیا است. میزان کم‌گرمزایی واکنش در حضور آمونیای اضافی منتقل می‌شود و دمای آدیاباتیک تنها  $10\text{ }^{\circ}\text{C}$  افزایش می‌یابد. در شروع، شرایط برای راکتور در  $385\text{ }^{\circ}\text{C}$  و  $240\text{ psia}$  در خروجی نگه داشته می‌شود. آنیلین به راکتور بازمی‌گردد ( جریان 28) و بدون هیچ تغییری از راکتور می‌گذرد که به عنوان یک بی‌اثر عمل می‌کند.

گازهای خروجی راکتور به وسیله‌ی تبادل حرارتی با آمونیا و فنل خوراک، خنک می‌شوند. سپس برای کندانس شدن تا  $60\text{ }^{\circ}\text{C}$  خنک می‌گردد. بخش کندانس شده حاوی مواد آلی و آب به همراه آمونیاک حل شده در آن، در V-101 از گاز جدا می‌شوند.

بخش کوچکی از این جریان گازی برای جلوگیری از تشکیل ناخالصیهای گازی، پالایش می‌شوند ( این ازها از جداسازی آمونیاک در راکتور حاصل می‌شوند، گاز پالایش شده ابتدا با آب ( Waste Water از C-202 ) در C-201 شسته می‌شود تا آمونیاک بازیافت گردد. باقیمانده جریان گاز توسط کمپرسور K-101 به راکتور باز می‌گردد.

مایع از V-101 به V-201 ( Surge Vessel ) تخلیه شده و سپس به برج دفع آمونیاک C-201 که در فشار  $230\text{ psia}$  کار میکند، تزریق می‌شود. بخار بالاسری در E-202 کندانس جزئی می‌شود. بخار کندانس نشده که حاوی آمونیاک می‌باشد، از طریق K-101 به راکتور بازمی‌گردد. مایع کندانس شده به برج رفلاکس فرستاده می‌شود. محصول پایین برج آمونیاک آزاد، در E-201 به وسیله خوراک ورودی به برج خنک می‌گردد و در E-304 تا  $43\text{ }^{\circ}\text{C}$  مجدداً خنک می‌شود سپس به V-203 فرستاده می‌شود. آنچه در این جداکننده جمع می‌شود جریان‌ها از دفع کننده آنیلین C-202 و برج تکمیلی C-204 است. یک فاز آلی و یک فاز آبی در V-203 تشکیل می‌شود. لایه‌ی بالایی، آب حاوی 4 درصد آنیلین حل شده و کمی فنل و لایه‌ی زیرین نیز شامل آنیلین خام دارای فنل که وارد واکنش نشده و حدود 6 درصد آب است.

فاز آبی از V-203 به تانک آب T-203 تخلیه می‌شود. به این تانک جریان 20 از برج خشک کن C-203 نیز اضافه می‌شود. آب در برج C-202 توسط جریان مستقیم، عاری از آنیلین می‌شود. جریان بالاسری، شامل آنیلین، آب و میزان کمی فنل، در E-207 کندانس شده و به V-203 برای جداسازی فازها فرستاده می‌شود. جریان پایینی حوی کمتر از 20 ppm آنیلین در E-205 توسط تبادل حرارت با آب، خنک شده و به تصفیه بیوتلوژیکی فرستاده می‌شود.

|   |             |            |
|---|-------------|------------|
| مطالعات امکان‌سنجی مقدماتی طرح‌های صنعتی                | گزارش نهایی | مرداد ۱۳۸۷ |
| مجری: جهاد دانشگاهی واحد صنعتی امیرکبیر - معاونت پژوهشی |             | صفحه (۲۳)  |

فاز آبی از V-203 مستقیماً به V-204 ظروف مواد خامو برج خشک کن C-203 می‌رود و از طریق F-208 آن را پیش‌گرم می‌کنند. برج خشک کن در فشار 56 psia در بخش بالایی کار می‌کند. بخاربالاسری یک آزنوتروپ آب-آنیلین است که در E-210 کندانس شده و لز دکانتور V-205 جاییکه دو فاز مایع، تشکیل می‌شوند، می‌گذرد. لایه بالایی که حاوی حدود 4 درصد آنیلین است به V-205 فرستاده می‌شود. این آب به T-202 برای بازیافت آنیلین حل شده در آن برگردانده می‌شود. لایه پایینی حاوی آنیلین و حدود 6 درصد آب به عنوان رفلاکس به برج خشک کن فرستاده می‌شود.

مخلوط عاری از فنل - آنیلین به انتهای برج C-203 فرستاده شده و در آنجا در E-217 تبخیر و، سپس به برج C-204 تکمیلی خورانده می‌شود که بالای آن در فشار 205 psia آنکه داشته می‌شود.

بخاربالاسری از C-204 جریان با خلوص بالای آنیلین می‌باشد که در E-212 کندانس می‌شود. در این حالت با فشار 10 psig تولید می‌شود که برای دفع آنیلین از آب استفاده می‌شود. آنیلین کندانس شده به مخازن برگشتی V-206 تخلیه می‌شود. بخش کندانس نشده از کولر رفلاکس E-213 می‌گذرد، سپس به اژکتور جت بخار M-202 و میرد ثانویه E-214 وارد می‌گردد. کندانسها از E-214 به V-203 ریسایکل می‌شود. محصول آنیلین با عبور از E-208 خنک می‌شود و در F-215 نیز بیشتر خنک می‌شود. سپس به یک تانک آنالیز A/B T-201 فرستاده می‌شود. اگر محصول ویژگی‌های مطلوب را داشته باشد به مخازن A/B T-251 فرستاده می‌شود. در غیر این صورت مخلوط شده و جهت خالص سازی به V-204 ریسایکل می‌شود. آزنوتروپ فنل - آنیلین نسبت به آنیلین فراریت کمتری دارد. در بخش پایینتر برج تغلیظ می‌شود. این سیال به عنوان جریلن جانبی یک محصول انتهای برج سیال با دمای جوش بالا شامل دی فنیل آمین است که می‌تواند به عنوان محصول جانبی خالص شود.

باقیمانده با دمای جوش بالا، انتهای برج تکمیل C-204 خارج شده و در تانک T-204 جمع می‌شود. برای بازیافت آنیلین، فنل و دی فنیل ه‌مین، این جریان به صورت Batch در ستون C-205 و کندانسور E-216 و 217 تقطیر می‌شود. تقطیر مستلزم دو مرحله است. پایین برج با فشار 2.5 psig آنیلین و فنل تقطیر شده سپس بالای برج خلا تا 1 psia برای برای برج جداسازی دی فنیل آمین بالاسری ایجاد می‌شود. دی فنیل آمین در تانک ذخیره T-205 جمع‌آوری می‌شود، در پایان عملیات ناپیوسته (Batch)، باقیمانده V-207 توسط تجهیزات مخصوص سوزانده می‌شود.

بحث فنی:

|  |             |            |
|--|-------------|------------|
| مطالعات امکان‌سنجی مقدماتی طرح‌های صنعتی                 | گزارش نهایی | مرداد ۱۳۸۷ |
| مجری: جهاد دانشگاهی واحد صنعتی امیر کبیر - معاونت پژوهشی |             | صفحه (۲۴)  |



با توجه به درصد بالای تبدیل فنل به آنیلین، میزان جریان در پایین دست برج نسبتاً کم بوده و می‌تواند به راکتور ریسایکل شود. لذا نیازی به عملیات تقطیر و جداسازی آنیلین و فنل در این بخش نمی‌باشد. در هر حال با توجه به برآوردهای اقتصادی به عمل‌آمدع در مراجع، این فرایند کمترین هزینه سرمایه‌گذاری را داراست ولی به دلیل استفاده از فنل به عنوان ماده‌آغاز کنندهمفرایند، گرانتزیت واحد به شمار می‌رود.

طول عمر کاتالیست‌های این فرایند نیز مساله‌ایست که باید در نظر گرفته شود. احیا کاتالیست در هر ۳۰ تا ۵۰ روز عملیاتی انجام‌مشود که هزینه اقتصادی آن بالاست. اگرچه ارائه‌کنندگان این Patent کاتالیست‌هایی معرفی کرده‌اند که می‌توانند تا چندین سال بدون وقفه کار کنند.

مفروضات طراحی در فرایند تولید آنیلین توسط آموناسیون فنل

#### Reaction Conditions

|   |                              |
|---|------------------------------|
| Reaction Type:                            | Adiabatic packed bed reactor |
| Reactor outlet Temperature (C) :          | ۳۸۵                          |
| Reactor Outlet Pressure:                  | ۲۴۰ psig                     |
| Ammonia: phenol feed Mol ratio:           | ۲۰:۱                         |
| Liquid hourly space velocity( $hr^{-1}$ ) | ۰,۰۶                         |
| Vapor hourly space velocity( $hr^{-1}$ )  | ۲۴۰                          |
| Conversion of Phenol:                     | ۹۵%                          |
| Selectivity of nitrobenzene(%)            |                              |
| To Aniline                                | ۹۸,۳                         |
| To diphenylamine                          | ۱,۵                          |
| To High-boiling impurities                | ۰,۲                          |
| Dissociation of Ammonia(%)                | ۰,۱                          |
| Overall yield of aniline(%)               |                              |
| Based on Phenol                           | ۹۸,۳                         |
| Based on ammonia                          | ۹۷,۲                         |
| Catalyst                                  | Silica- Alumina              |
| Aniline in Waste water                    | Less than ۲۰۰ ppm            |

فرایند تولید آنیلین توسط احیای کاتالیستی نیتروبنزن در فاز بخار برای تولید آنیلین

در این بخش، شرح فرایند تولید آنیلین توسط احیا کاتالیستی نیتروبنزن در فاز بخار با توجه به نمودار

جریان فرایند ارائه می‌شود.

|            |             |  |
|------------|-------------|--|
| مرداد ۱۳۸۷ | گزارش نهایی | مطالعات امکان‌سنجی مقدماتی طرح‌های صنعتی                 |
| صفحه (۲۵)  |             | مجری: جهاد دانشگاهی واحد صنعتی امیر کبیر - معاونت پژوهشی |

مطابق نمودار جریان فرایند، ابتدا نیتروبنزن در  $E-103$  توسط خروجی راکتور تا  $177\text{ C}$  پیش گرم شده و در  $E-101$  تبخیر جزئی می‌شود. سپس به بالاترین سینی  $C-101$  تزریق می‌شود. هیدروژن ریسایکل به همراه هیدروژن آماده شده در  $E-102$  با خروجی راکتور تا  $249\text{ C}$  پیش گرم شده و به سینی انتهایی  $C-101$  جایی که با بخار نیتروبنزن مخلوط می‌شود، وارد می‌شود. سرعت تبخیر به دقت کنترل می‌شود به طوری که نسبت مولی هیدروژن به نیتروبنزن ۹ به ۱ باقی بماند.

مخلوط گازی نیتروبنزن و هیدروژن به انتهای راکتور بستر سیال  $R-101$  از طریق یک صفحه توزیع کننده متخلخل وارد می‌شود. کاتالیست هیدروژناسیون، مس روی سیلیکا، توسط مخلوط گازی عبورکننده با سرعت  $2\text{ ft/s}$  به صورت سیال در می‌آید. بخش بالایی راکتور، ابتدا خالی است و به عنوان یک ناحیه آزاد عمل کرده و باعث می‌شود بخش مهمی از کاتالیست که به همراه جریان گاز است دوباره به داخل بستر بیفتد. گاز خروجی فیلتر شده و عاری از هر کاتالیست می‌گردد. (در فیلترهای فلزی متخلخل) نیمی از آن به طور دوره‌ای به عقب بر می‌گردد با بخش کوچکی از گاز هیدروژن که در  $F-101$  پیش گرم شده است. جریان معکوس گاز از پلاک شدن فیلترها با ذرات ریز کاتالیست جلوگیری می‌کند. راکتور در  $20\text{ psig}$  و  $275\text{ C}$  در خروجی کار می‌کند. گرمای واکنش با یک دسته لوله عمودی که آب در آنس ی رکوله می‌شود، حذف می‌گردد. گرمای واکنش بخار با فشار  $250\text{ psig}$  تولید می‌کند به میزانی که بیش از نیاز واحد است. گازهای فیلتر شده بعد از خروج از راکتور در مبدل به وسیله گاز ریسایکل و خوراک نیتروبنزن  $E-104$  تا  $40\text{ C}$  خنک و محصول کندانس می‌شود. برای جلوگیری از مسدود شدن توسط ناخالصیهای گازی، گازهای باقیمانده توسط کمپرسور  $K-101$  به راکتور ریسایکل می‌شود.

مایعات زیرین خروجی از  $V-101$  به جداکننده  $V-102$  می‌رود و به دو فاز آلی و آبی تبدیل می‌شود. همچنین جریاناتی ستو دفع آنیلین  $C-102$  و برج  $C-203$  تکمیل نیز به جداکننده می‌آید. لایه بالایی در  $V-201$  آب است که حاوی تقریباً ۴ درصد آنیلین حل شده و لایه زیرین آنیلین محتوی ۶ درصد آب می‌باشد. لایه آبی از  $V-201$  و  $V-204$  با هم ترکیب شده در تانک ذخیره آب  $T-202$  جمع می‌شوند. آب سپس به  $C-201$  فرستاده می‌شود. جاییکه آنیلین توسط بخار از آب دفع می‌شود. جریان بالایی  $C-201$  یک آزنوتروپ آب-آنیلین استو این مخلوط در  $E-203$  کندانس شده و به جداکننده  $V-201$  برای بازیافت ریسایکل می‌شود. خروجی پایینی دارای کمتر از  $200\text{ ppm}$  آنیلین در  $E-103$  خنک می‌شود (توسط تبادل حرارتی با آب خوراک) و سپس برای تصفیه بیولوژیکی خارج می‌شود.

|   |             |            |
|---|-------------|------------|
| مطالعات امکان‌سنجی مقدماتی طرح‌های صنعتی                | گزارش نهایی | مرداد ۱۳۸۷ |
| مجری: جهاد دانشگاهی واحد صنعتی امیرکبیر - معاونت پژوهشی |             | صفحه (۲۶)  |

لایه ی آلی از V-201 به مخزن محصول خام فرستاده می شود. این محصول خام در E-204 پیش گرم شده و به برج خشک کن C-202 خورانده می شود. بخارات بالاسری C-202 در E-205 کندانس شده و به جداکننده V-204 جاییکه لایه های آبی و آلی تشکیل شده اند تخلیه می گردد. لایه ی آبی شامل نیزان کمی آنیلین، به تانک آب T-202 فرستاده می شود. لایه ی آلی ابتدا حاوی آنیلین با ۶ درصد آب و بعضی ناخالصیهای با نقطه جوش پایین است. بخشی از این لایه جدا شده و برای جلوگیری از تجمع ناخالصی های با نقطه جوش پایین، سوزانده می شود و باقیمانده به برج رفلاکس می شود.

محصول پایینی از برج خشک کن C-202 در E-212 بخار شده و به برج C-203 تکمیلی تزریق می شود. بخار آنیلین از بالا در E-208 کندانس می شود و بخار 40 psig حاصل می شود. این بخار کم فشار در دفع آب از آنیلین استفاده می شود.

جریان آنیلین کندانس شده به V-203 رفلاکس می شود. بخش کندانس نشده به کولر E-210 رفته، سپس به اژکتور جت بخار M-202 و سپس به مبرد ثانویه E-211. کندانس ها از E-211 به V-201 برگردانده می شود. بخشی از محصول از V-203 به ستون تکمیل ریسایکل می شود. باقیمانده به مبدل E-204 برای پیش گرم خوراک و برج خشک کن پمپ شده، سپس در E-209 خنک می شود و به یکی از تانک های B یا 201 T-A فرستاده می شود. اگر آنیلین مشخصات مورد نظر را داشته باشد به تانکهای محصول T-A 125 فرستاده می شود. در غیر این صورت مخلوط می شود. (V-202 برای خالص سازی ریسایکل می گردد. محصول پایینی از برج تکمیل، مخلوطی از آنیلین و ناخالصیهای با دمای جوش بالاست با میزان کمی نیتروبنزن واکنش نداده، که به بخش سوزاندن فرستاده می شود.

وقتی در محصول آنیلین مقداری نیتروبنزن ظاهر شود، لازم است عمل احیای کاتالیستهای راکتور R-101 انجام شود. برای این کار جریان خوراک نیترو بنزن را متوقف می کنند، همچنین خوراک هیدروژن و جریان ریسایکل و سپس عمل نهایی سیستم با نیتروژن از K-101 صورت می گیرد. سپس هوا از طریق K-101 وارد می شود، در F-101 گرم شده و از راکتور در C 250-350 عبور می کند. مواد آلی روی کاتالیست می سوزند و بخشی از مس نیز ممکن است به اکسید تبدیل شود. وقتی این مواد سوختند، سیستم دوباره با نیتروژن Flush می شود. سرانجام هیدروژن گرم شده در F-101 تا C 250 از راکتور برای احیا اکسید مس عبور داده می شود تا وقتی میزان تبدیل نیتروبنزن به آنیلین حتی در آغاز عملیات مطلوب نباشد. در این زمان، کاتالیست باید تعویض گردد.

|   |             |            |
|---|-------------|------------|
| مطالعات امکان‌سنجی مقدماتی طرح‌های صنعتی                | گزارش نهایی | مرداد ۱۳۸۷ |
| مجری: جهاد دانشگاهی واحد صنعتی امیرکبیر - معاونت پژوهشی |             | صفحه (۲۷)  |

پساب خوراک بویلر ۱۰۳-۷ با یک کویل گرم کننده همراه است. در هنگام راه اندازی، بخار به کویل وارد شده و از دسته لول‌ها در راکتور می‌گذرد بنابراین بستر کاتالیست تا دمای واکنش گرم می‌شود.

بحث فنی:

- از لحاظ طراحی راکتور یک راکتور بستر ثابت یا بستر سیال می‌تواند برای این فرایند استفاده شود. روش‌های ثبت شده سیانامید آمریکایی از فیلترها برای جداسازی ذرات کاتالیست از جریان گاز به جای سیکلون‌ها استفاده می‌کنند (به دلیل سایز کوچک ذرات  $150-200 \mu m$ ). کاتالیست‌های حاضر در مرجع BASF شامل ذراتی با قطر ۳۰۰-۲۰۰ میکرومتر هستند و سیکلون‌ها می‌توانند به راحتی کاتالیست‌های جریان گاز را جدا کنند.

نیتروبنزن در جریان هیدروژن تبخیر شده و سپس به راکتور خورنده می‌شود. بدین وسیله تماس یکنواختی بین دو واکنش دهنده فراهم می‌شود (نسبت به خوراک نیتروبنزن مایع). بار حرارتی راکتور افزایش می‌یابد ولی اثر هزینه مهم نیست. هیتر F-۱۰۱ برای راه اندازی فراهم شده است. برای کاتالیست جدید، تبدیل نیتروبنزن کامل انجام می‌شود. تبدیل ۹۹/۷ درصد به عنوان تبدیل کلی در نظر گرفته شده است در نتیجه کوششی برای بازیافت نیتروبنزن واکنش نداده از انتهای C-۲۰۲ نمی‌شود. تحت شرایط غیر عادی (مثلاً کمی قبل از خاموش شدن راکتور برای احیا) وقتی تبدیل نیتروبنزن به میزان زیادی کمتر از ۱۰۰ درصد شود، محصول واکنش از V-۱۰۱ به T-۱۰۴ هدایت می‌شود. محتویات T-۱۰۴ خوراک تازه ی نیتروبنزن به راکتور ریسایکل می‌شود.

میزان گاز پالایش بستگی به میزان CO و CO<sub>2</sub> در هیدروژن و میزان ناخالصی سولفور در نیتروبنزن دارد. عملیات در فشار بالاتر، میزان بیشتری ناخالصی را تحمل می‌کند. بنابراین پالایش کمتری نیاز دارد. احیا کاتالیست: کاتالیست‌ها مسلماً به دلیل ساختار آن‌ها در واکنش نیاز به احیا دارند. در این طراحی فرض شده که احیا کاتالیست‌ها بعد از ۴۵ روز عملیات نیاز است و تعویض کاتالیزور بعد از ۴ بار احیا و یا ۶ ماه استفاده صورت می‌گیرد. ما معتقدیم این روش محافظه کارانه است. فرض می‌شود که توقف تولید، احیا کاتالیست و راه اندازی دوباره واحد تقریباً ۵ روز طول می‌کشد. به دلیل اینکه احیا کاتالیست تناوبی است، پیشنهاد دیگر برای احیا نیاز به خاموش کردن واحد ندارد و می‌توان عملیات پیوسته را روی مفروضات طراحی در فرایند تولید آنیلین توسط احیای کاتالیستی نیتروبنزن در فاز بخار احیای بخشی از کاتالیست در مخزن جداگانه ای انجام داد.

#### Reaction Conditions

|            |             |   |
|------------|-------------|---|
| مرداد ۱۳۸۷ | گزارش نهایی | مطالعات امکان‌سنجی مقدماتی طرح‌های صنعتی                |
| صفحه (۲۸)  |             | مجری: جهاد دانشگاهی واحد صنعتی امیرکبیر - معاونت پژوهشی |



|   |   |
|---|---|
| Reaction Type:                                | Fludized-Bed reactor with cooling bundles |
| Reactor outlet Temperature (C) :              | ۲۷۵                                       |
| Reactor Outlet Pressure:                      | ۲۰ psig                                   |
| H <sub>۲</sub> :MNB feed Mol ratio:           | ۹:۱                                       |
| Gas SuperFicial Velocity(ft/sec):             | ۲   |
| Weight of Catalyst/feed Rate(lb/lbmole/hr):   | ۱۷  |
| Conversion of Nitrobenzene:                   | ۹۹,۷ %                                    |
| Selectivity of nitrobenzene(%)                |   |
| To Aniline                                    | ۹۹,۶                                      |
| To Low-boiling impurities                     | ۰,۱                                       |
| To High-boiling impurities                    | ۰,۳                                       |
| Catalyst                                      | Copper On Silica                          |
| Catalyst Regeneration                         |   |
| Regeneration Frequency                        | About ۴۵ operating days                   |
| Time for regeneration                         | ۳۶ hours                                  |
| Burn-off temperatue(C)                        | ۲۵۰-۳۲۰                                   |
| Activation temperatue with H <sub>۲</sub> (C) | ۲۵۰                                       |
| Aniline in Waste water                        | Less than ۲۰۰ ppm                         |

|            |  |  |
|------------|--|--|
| مرداد ۱۳۸۷ | گزارش نهایی  | مطالعات امکان‌سنجی مقدماتی طرح‌های صنعتی |
| صفحه (۲۹)  | مجری: جهاد دانشگاهی واحد صنعتی امیرکبیر- معاونت پژوهشی |  |



#### ۴- تعیین نقاط قوت و ضعف تکنولوژی‌های مرسوم (به شکل اجمالی) در فرآیند

##### تولید محصول

با توجه به گزارش بررسی های اقتصادی در مراجع SRI ، فرآیند تولید آنیلین از روش آمونیزه کردن فنل کمترین هزینه سرمایه گذاری را دارد. ولی به دلیل استفاده از فنل به عنوان ماده آغاز کننده فرآیند، گرانترین واحد بر شمرده می شود. لذا فرآیند انتخابی همان هیدروژناسیون نیتروبنزن می باشد باتبع همزمان با بررسی اقتصادی این فرآیند جهت مولید آنیلین ناگزیر به بررسی اقتصادی یکی از فرآیندهای تولید نیتروبنزن هستیم.

|            |   |  |
|------------|---|--|
| مرداد ۱۳۸۷ | گزارش نهایی   | مطالعات امکان‌سنجی مقدماتی طرح‌های صنعتی |
| صفحه (۳۰)  | مجری: جهاد دانشگاهی واحد صنعتی امیر کبیر- معاونت پژوهشی |  |

۵- بررسی و تعیین حداقل ظرفیت اقتصادی شامل برآورد حجم سرمایه‌گذاری ثابت به تفکیک ریالی و ارزی (با استفاده از اطلاعات واحدهای موجود، در دست اجراء، UNIDO و اینترنت و بانک‌های اطلاعاتی جهانی، شرکت‌های فروشنده تکنولوژی و تجهیزات و ...)

در این بخش بررسی‌های پارامترهای مهم اقتصادی احداث یک واحد صنعتی تولید آنیلین با حداقل ظرفیت اقتصادی نظیر؛ برآورد هزینه‌های ثابت و در گردش مورد نیاز واحد، نقطه سر به سر، سرانه سرمایه‌گذاری و ... انجام می‌گیرد. برای این منظور ابتدا برنامه سالیانه تولید واحد مورد نظر، بر اساس مشخصات فنی ماشین‌آلات خط تولید، برآورد می‌شود که در جدول زیر ارائه شده است. لازم به ذکر است؛ تولید سالیانه بر اساس تعداد ۳ شیفت کاری ۸ ساعته برای ۳۰۰ روز کاری محاسبه گردیده است.

جدول (۱۷): برنامه سالیانه تولید

| ردیف                | شرح          | واحد | ظرفیت سالیانه | قیمت فروش واحد (ریال) | کل ارزش فروش (میلیون ریال) |
|---------------------|--------------|------|---------------|-----------------------|----------------------------|
| ۱                   | تولید آنیلین | kg   | ۳۰۰۰۰         | ۱۶۰۰۰                 | ۴۸۰                        |
| مجموع (میلیون ریال) |              |      |               |                       | ۴۸۰                        |

#### ۵-۱-۱ اطلاعات مربوط به سرمایه ثابت طرح

سرمایه ثابت به آن دسته از دارائی‌ها اطلاق می‌شود که دارای طبیعتی ماندگار داشته که در جریان عملیات واحد تولیدی از آنها استفاده می‌شود. این دارائی‌ها شامل زمین، ساختمان، وسایل نقلیه، ماشین‌آلات تولید، تأسیسات جانبی و ... می‌باشد که در ادامه هر یک از آنها برای واحد تولیدی آنیلین محاسبه می‌شود.

#### ۵-۱-۱-۱ هزینه‌های زمین و ساختمان‌سازی

برای محاسبه هزینه‌های تهیه زمین و ساختمان‌های مورد نیاز این واحد، لازم است اندازه بناهای مورد نیاز از قبیل؛ سالن تولید، انبارها، ساختمان‌های اداری، محوطه، پارکینگ و ... برآورد شود. سپس مقدار زمین مورد نیاز برای احداث بناها با در نظر گرفتن توسعه طرح در آینده، محاسبه شود. در جداول زیر مقدار زمین و انواع بناهای مورد نیاز، برآورد و هزینه‌های تهیه آنها محاسبه شده است.

|   |             |            |
|---|-------------|------------|
| مطالعات امکان‌سنجی مقدماتی طرح‌های صنعتی                | گزارش نهایی | مرداد ۱۳۸۷ |
| مجری: جهاد دانشگاهی واحد صنعتی امیرکبیر - معاونت پژوهشی |             | صفحه (۳۱)  |

جدول (۱۸): هزینه‌های زمین

| ردیف | شرح                                    | ابعاد<br>(متر مربع) | بهای هر متر مربع<br>(ریال) | جمع<br>(میلیون ریال) |
|------|--|---------------------|----------------------------|----------------------|
| ۱    | زمین سالن‌های تولید و انبار            | ۵۰۰۰                | ۲۲۰/۰۰۰                    | ۱۱۰۰                 |
| ۲    | زمین ساختمان‌های اداری، خدماتی و عمومی | ۱۵۰۰                |                            | ۳۳۰                  |
| ۳    | زمین محوطه                             | ۳۰۰۰                |                            | ۶۶۰                  |
| ۴    | زمین توسعه طرح                         | ۱۰۰۰                |                            | ۲۲۰                  |
|      | جمع زمین مورد نیاز (متر مربع)          | ۱۰۵۰۰               | مجموع (میلیون ریال)        | ۲۳۱۰                 |

جدول (۱۹): هزینه‌های ساختمان‌سازی

| ردیف | شرح  | مساحت<br>(متر مربع) | بهای هر متر مربع<br>(ریال) | هزینه کل<br>(میلیون ریال) |
|------|--|---------------------|----------------------------|---------------------------|
| ۱    | سوله خط تولید                              | ۳۰۰۰                | ۱/۷۵۰/۰۰۰                  | ۵۲۵۰                      |
| ۲    | انبارها                                    | ۲۰۰۰                | ۱/۲۵۰/۰۰۰                  | ۲۵۰۰                      |
| ۳    | ساختمان‌های اداری، خدماتی و عمومی          | ۱۵۰۰                | ۲/۵۰۰/۰۰۰                  | ۳۷۵۰                      |
| ۴    | محوطه‌سازی، خیابان‌کشی، پارکینگ و فضای سبز | ۱۰۰۰                | ۱۵۰/۰۰۰                    | ۱۵۰                       |
| ۵    | دیوارکشی                                   | ۶۰۰                 | ۳۰۰/۰۰۰                    | ۱۸۰                       |
|      | مجموع (میلیون ریال)                        |                     |                            | ۱۱۸۳۰                     |

## ۲-۱-۵- هزینه ماشین‌آلات و تجهیزات خط تولید

این هزینه‌ها براساس استعلام صورت گرفته از شرکت‌های مهم تولید کننده یا نمایندگی‌های معتبر برآورد می‌گردد. همچنین هزینه‌های جانبی تهیه ماشین‌آلات، شامل؛ هزینه‌های حمل و نقل، نصب و راه‌اندازی، عوارض گمرکی و ... نیز محاسبه می‌شود. در جدول زیر فهرست ماشین‌آلات تولیدی و تعداد مورد نیاز آن در خط تولید ارائه شده است و براساس قیمت‌های اخذ شده، هزینه‌های اصلی و جانبی تهیه ماشین‌آلات و تجهیزات، محاسبه گردیده است.

|  |             |            |
|--|-------------|------------|
| مطالعات امکان‌سنجی مقدماتی طرح‌های صنعتی               | گزارش نهایی | مرداد ۱۳۸۷ |
| مجری: جهاد دانشگاهی واحد صنعتی امیرکبیر- معاونت پژوهشی |             | صفحه (۳۲)  |



تجهیزات مورد نظر برای تولید آنیلین در PFD های ارائه شده مشخص گردیده است. تنها مرجع معتبر برای تخمین قیمت های دستگاه ها، SRI است که گزارشات سالانه خود را برای خطوط مختلف و ظرفیت های گوناگون در مناطق آمریکا، ژاپن و آلمان منتشر می نماید. در این گزارش، مطالعه سال ۲۰۰۷ این موسسه معتبر در نظر گرفته شده است.

در این مرجع سه ظرفیت تولید برای بررسی اقتصادی معرفی شده است. ظرفیت های ارائه شده عبارتند از ۴۵۴۰۰، ۹۰۷۰۰ و ۱۸۱۰۰۰ تن در سال. با توجه به اینکه این ظرفیت ها بسیار بیشتر از مقدار تخمین زده شده برای ظرفیت تولید است و با توجه به آنکه در ظرفیت بیشتر هزینه کمتر است. برای تخمین قیمت خط تولید و تجهیزات از فرمول های ارائه شده در این کتاب ها استفاده می کنیم. فرمول به صورت زیر می باشد.

$$\left(\frac{\text{Plant Size 2}}{\text{Plant Size 1}}\right)^m = \frac{\text{Cost 2}}{\text{Cost 1}}$$

توان  $m$  نیز در این مرجع برای هر خط تولیدی ارائه شده است.

برای خط تولیدی با ظرفیت ۴۵۴۰۰ تن در سال، هزینه دستگاه ها، در ژاپن، ۳۲ در آلمان ۳۶/۴ و در آمریکا ۲۹ میلیون دلار و پارامتر  $m$  برای این واحد با این ظرفیت ۰/۵۴ برآورد شده است.

با توجه به فرمول های ارائه شده، هزینه دستگاه ها در حدود ۵۰۰ هزار دلار برآورد می شود.

جدول (۲۰): هزینه ماشین آلات خط تولید

| ردیف | شرح  | قیمت واحد     |               |
|------|--|---------------|---------------|
|      |  | هزینه به ریال | هزینه به دلار |
| ۱    | تجهیزات (راکتور، مبدل، جدا کننده و...)                     | -             | ۵۰۰۰۰۰        |
| ۲    | سایر لوازم و متعلقات خط تولید (۵ درصد کل)                  | -             | ۲۵۰۰۰         |
| ۳    | هزینه حمل و نقل، خرید خارجی، نصب و راه اندازی (۱۰ درصد کل) | -             | ۵۰۰۰۰         |
|      | مجموع (میلیون ریال)  |               | ۵۶۳۵          |

### ۳-۱-۵- هزینه‌های تأسیسات

هر واحد تولیدی، علاوه بر دستگاه‌های اصلی خط تولید، جهت تکمیل یا بهبود فرآیندها، نیاز به تجهیزات و تأسیسات جانبی، نظیر؛ تأسیسات گرمایش و سرمایش، آب، برق، دیگ بخار، کمپرسور، تأسیسات اطفاء حریق و ... خواهد داشت. انتخاب این موارد با توجه به ویژگی‌های فرآیند و محدودیت‌های منطقه‌ای و زیست‌محیطی انجام می‌گیرد. تأسیسات و تجهیزات مورد نیاز این طرح و هزینه‌های تهیه آن در جدول زیر ارائه شده است.

جدول (۲۱): هزینه‌های تأسیسات

| ردیف | شرح                     | هزینه (میلیون ریال) |
|------|-------------------------|---------------------|
| ۱    | تأسیسات سرمایش و گرمایش | ۱۰۰                 |
| ۲    | تأسیسات اطفاء حریق      | ۲۰۰                 |
| ۳    | تأسیسات آب و فاضلاب     | ۱۰۰                 |
|      | مجموع (میلیون ریال)     | ۴۰۰                 |

### ۴-۱-۵- هزینه لوازم اداری و خدماتی

واحدهای اداری و خدماتی هر واحد تولید نیاز به لوازم و تجهیزات خاص خود را دارند که برای واحد تولید آنیلین در جدول زیر برآورد شده است.

جدول (۲۲): هزینه لوازم اداری و خدماتی

| ردیف | شرح                    | تعداد | قیمت واحد (ریال) | جمع هزینه (میلیون ریال) |
|------|------------------------|-------|------------------|-------------------------|
| ۱    | میز و صندلی            | ۱۰    | ۱/۵۰۰/۰۰۰        | ۱۵                      |
| ۲    | دستگاه فتوکپی          | ۱     | ۲۰/۰۰۰/۰۰۰       | ۲۰                      |
| ۳    | کامپیوتر و لوازم جانبی | ۱۰    | ۱۰/۰۰۰/۰۰۰       | ۱۰۰                     |
| ۴    | تجهیزات اداری          | ۳ سری | ۱/۰۰۰/۰۰۰        | ۳                       |
| ۵    | خودرو سبک              | ۵     | ۱۵۰/۰۰۰/۰۰۰      | ۷۵۰                     |
| ۶    | خودرو سنگین            | ۳     | ۵۰۰/۰۰۰/۰۰۰      | ۱۵۰۰                    |
|      | مجموع (میلیون ریال)    |       |                  | ۲۳۸۸                    |

|            |             |  |
|------------|-------------|--|
| مرداد ۱۳۸۷ | گزارش نهایی | مطالعات امکان‌سنجی مقدماتی طرح‌های صنعتی                 |
| صفحه (۳۴)  |             | مجری: جهاد دانشگاهی واحد صنعتی امیر کبیر - معاونت پژوهشی |

### ۵-۱-۵- هزینه‌های خرید حق انشعاب

هر واحد تولیدی برای شروع فعالیت و ادامه آن، نیاز به آب، برق، گاز، ارتباطات و ... دارد. در جدول زیر، هزینه خرید انشعاب‌های برق، گاز، تلفن براساس ظرفیت مورد نیاز واحد تولید آنیلین ارائه شده است.

جدول (۲۳): حق انشعاب

| ردیف                | شرح                   | واحد           | ظرفیت مورد نیاز | قیمت واحد (ریال) | هزینه کل (میلیون ریال) |
|---------------------|-----------------------|----------------|-----------------|------------------|------------------------|
| ۱                   | آب                    | M <sup>۳</sup> | ۲۰۰۰            | -                | ۱۰۰                    |
| ۲                   | برق (سه فاز و تک فاز) | KWH            | ۱۲۰۰            | -                | ۳۰۰                    |
| ۳                   | *گاز                  | M <sup>۳</sup> | ۱۰۰۰۰           | -                | ۱۰۰                    |
| مجموع (میلیون ریال) |                       |                |                 |                  | ۵۰۰                    |

\*گاز مورد استفاده تنها برای تهیه مطبوع محیط کار استفاده می‌شود. بنابراین انشعاب ۲ اینچی برای آن منطقی به نظر می‌رسد.

### ۵-۱-۵- هزینه‌های قبل از بهره‌برداری

هزینه‌های قبل از بهره‌برداری شامل مطالعات اولیه، اخذ مجوزها، هزینه‌های آموزش پرسنل و راه‌اندازی آزمایشی و ... می‌باشد که در جدول زیر، برآورد شده است.

جدول (۲۴): هزینه‌های قبل از بهره‌برداری

| ردیف                | عنوان                            | هزینه (میلیون ریال) |
|---------------------|----------------------------------|---------------------|
| ۱                   | مطالعات اولیه و اخذ مجوزهای لازم | ۲۰۰                 |
| ۲                   | آموزش پرسنل                      | ۱۰                  |
| ۳                   | راه‌اندازی آزمایشی               | ۵۰                  |
| مجموع (میلیون ریال) |                                  | ۲۶۰                 |

با توجه به جداول فوق کلیه هزینه‌های ثابت مورد نیاز برای احداث طرح برآورد گردید که در جدول زیر به‌طور خلاصه کل سرمایه ثابت مورد نیاز طرح ارائه شده است.

جدول (۲۵): جمع‌بندی سرمایه‌گذاری ثابت طرح

| ردیف | عنوان هزینه                    | هزینه       |        |
|------|--------------------------------|-------------|--------|
|      |                                | میلیون ریال | دلار   |
| ۱    | زمین                           | ۲۳۱۰        | -      |
| ۲    | ساختمان‌سازی                   | ۱۱۸۳۰       | -      |
| ۳    | تأسیسات                        | ۴۰۰         | -      |
| ۴    | لوازم و تجهیزات اداری و خدماتی | ۲۳۸۸        | -      |
| ۵    | ماشین‌آلات تولیدی              | -           | ۵۷۵۰۰۰ |
| ۶    | حق انشعاب                      | ۵۰۰         | -      |
| ۷    | هزینه‌های قبل از بهره‌برداری   | ۲۶۰         | -      |
|      | جمع                            | ۱۷۶۸۸       | ۵۷۵۰۰۰ |
|      | مجموع (میلیون ریال)            | ۲۳۳۲۳       |        |

## ۲-۵- هزینه‌های سالیانه

علاوه بر سرمایه‌گذاری مورد نیاز جهت احداث و راه‌اندازی واحد، یک سری از هزینه‌ها بایستی به صورت سالانه براساس تولید محصول انجام شود. این هزینه‌ها شامل تهیه مواد اولیه، نیروی انسانی، انرژی مصرفی، هزینه استهلاک تجهیزات، ماشین‌آلات و ساختمان‌ها، هزینه تعمیرات و نگهداری، هزینه‌های فروش محصولات، هزینه تسهیلات دریافتی، بیمه و ... می‌باشد. در جداول زیر هزینه‌های سالیانه هریک از این موارد برآورد شده است.

|   |             |            |
|---|-------------|------------|
| مطالعات امکان‌سنجی مقدماتی طرح‌های صنعتی                | گزارش نهایی | مرداد ۱۳۸۷ |
| مجری: جهاد دانشگاهی واحد صنعتی امیر کبیر- معاونت پژوهشی |             | صفحه (۳۶)  |

جدول (۲۶): هزینه سالیانه مواد اولیه

| ردیف                | شرح                        | واحد            | محل تأمین             | قیمت واحد |      | مصرف سالیانه        | قیمت کل<br>(میلیون ریال) |
|---------------------|----------------------------|-----------------|-----------------------|-----------|------|---------------------|--------------------------|
|                     |                            |                 |                       | ریال      | دلار |                     |                          |
| ۱                   | کاتالیست (مس بر پایه سلیس) | Kg              |                       | -         | ۱/۷  | ۱۵                  | ۰/۲۵                     |
| ۲                   | هیدروژن                    | Nm <sup>۳</sup> | پتروشیمی<br>امیر کبیر | ۲۰۰۰      | -    | ۲۶۱۴۸M <sup>۳</sup> | ۵۲                       |
| ۳                   | نیتروبنزن                  | Kg              |                       | -         | ۱/۲۳ | ۴۰۰۰۰               | ۴۸۰                      |
| ۴                   | *بخار آب                   | Ton             |                       | -         | -    | -۳۳۰۰۰              | -۳۹۶                     |
| مجموع (میلیون ریال) |                            |                 |                       |           |      |                     | ۱۳۶                      |

\*دقت شود که در این واحد بخار آب به عنوان محصول جانبی تولید می شود که با در نظر گرفتن قیمت حدودی

۱۲۰۰۰ ریال در هرتن، درآمد ناشی از فروش آن از هزینه مواد خام اولیه کسر شده است.

جدول (۲۷): هزینه سالیانه نیروی انسانی

| ردیف                | شرح                   | تعداد | حقوق ماهیانه<br>(ریال) | حقوق و مزایای سالیانه معادل<br>۱۴ ماه (میلیون ریال) |
|---------------------|-----------------------|-------|------------------------|---|
| ۱                   | مدیر ارشد             | ۱     | ۸/۰۰۰/۰۰۰              | ۱۱۲   |
| ۲                   | مدیر واحدها           | ۳     | ۶/۰۰۰/۰۰۰              | ۲۵۲   |
| ۳                   | پرسنل تولیدی متخصص    | ۵     | ۳/۵۰۰/۰۰۰              | ۲۴۵   |
| ۴                   | پرسنل تولیدی (تکنسین) | ۱۰    | ۳/۰۰۰/۰۰۰              | ۴۲۰   |
| ۵                   | کارگر ماهر            | ۱۰    | ۳/۰۰۰/۰۰۰              | ۴۲۰   |
| ۶                   | کارگر ساده            | ۲۰    | ۲/۵۰۰/۰۰۰              | ۷۰۰   |
| ۷                   | خدماتی                | ۱۰    | ۲/۵۰۰/۰۰۰              | ۳۵۰   |
| مجموع (میلیون ریال) |                       |       |                        | ۲۴۹۹  |

جدول (۲۸): مصرف سالیانه آب، برق، سوخت و ارتباطات

| ردیف                | شرح       | واحد           | مصرف روزانه | قیمت واحد (ریال) | تعداد روز کاری | هزینه سالیانه (میلیون ریال) |
|---------------------|-----------|----------------|-------------|------------------|----------------|-----------------------------|
| ۱                   | برق مصرفی | KWH            | ۴۰          | ۵۰۰              | ۳۰۰            | ۶                           |
| ۲                   | آب مصرفی  | M <sup>۳</sup> | ۷۰          | ۳۰۰              |                | ۶/۳                         |
| ۳                   | تلفن      |                |             |                  |                | ۱۰                          |
| ۴                   | سوخت      |                |             |                  |                | ۱۰                          |
| مجموع (میلیون ریال) |           |                |             |                  |                | ۳۲/۳                        |

جدول (۲۹): استهلاک سالیانه ماشین‌آلات، تجهیزات و ساختمان‌ها

| ردیف                | شرح                            | هزینه (میلیون ریال) | نرخ استهلاک (%) | هزینه استهلاک (میلیون ریال) |
|---------------------|--------------------------------|---------------------|-----------------|-----------------------------|
| ۱                   | ساختمان                        | ۱۱۸۳۰               | ۵               | ۵۹۲                         |
| ۲                   | ماشین‌آلات خط تولید            | ۵۶۳۵                | ۱۰              | ۵۶۳/۵                       |
| ۳                   | تأسیسات                        | ۴۰۰                 | ۱۰              | ۴۰                          |
| ۴                   | لوازم و تجهیزات اداری و خدماتی | ۲۳۸۸                | ۱۰              | ۲۳۸/۸                       |
| مجموع (میلیون ریال) |                                |                     |                 | ۱۴۳۵                        |

جدول (۳۰): تعمیرات و نگهداری سالیانه ماشین‌آلات، تجهیزات مورد نیاز

| ردیف                | شرح                            | هزینه (میلیون ریال) | نرخ تعمیرات (%) | هزینه تعمیرات (میلیون ریال) |
|---------------------|--------------------------------|---------------------|-----------------|-----------------------------|
| ۱                   | ساختمان                        | ۱۱۸۳۰               | ۵               | ۵۹۲                         |
| ۲                   | ماشین‌آلات خط تولید            | ۵۶۳۵                | ۱۰              | ۵۶۳/۵                       |
| ۳                   | تأسیسات                        | ۴۰۰                 | ۷               | ۲۸                          |
| ۴                   | لوازم و تجهیزات اداری و خدماتی | ۲۳۸۸                | ۱۰              | ۲۳۸/۸                       |
| مجموع (میلیون ریال) |                                |                     |                 | ۱۴۲۳                        |

|   |             |            |
|---|-------------|------------|
| مطالعات امکان‌سنجی مقدماتی طرح‌های صنعتی                | گزارش نهایی | مرداد ۱۳۸۷ |
| مجری: جهاد دانشگاهی واحد صنعتی امیرکبیر - معاونت پژوهشی |             | صفحه (۳۸)  |

جدول (۳۱): هزینه تسهیلات دریافتی

| ردیف | شرح               | مقدار<br>(میلیون ریال) | نرخ سود<br>(%) | سود سالیانه<br>(میلیون ریال) |
|------|-------------------|------------------------|----------------|------------------------------|
| ۱    | تسهیلات بلند مدت  | ۱۰۰۰۰                  | ۱۰             | ۱۰۰۰                         |
| ۲    | تسهیلات کوتاه مدت | ۴۰۰۰                   | ۱۲             | ۴۸۰                          |

جدول (۳۲): هزینه‌های سالیانه

| ردیف | شرح   | هزینه سالیانه |      |
|------|---|---------------|------|
|      |   | میلیون ریال   | دلار |
| ۱    | مواد اولیه                                      | ۱۳۶           |      |
| ۲    | نیروی انسانی                                    | ۲۴۹۹          |      |
| ۳    | آب، برق، تلفن و سوخت                            | ۳۲/۳          |      |
| ۴    | استهلاک ماشین‌آلات، تجهیزات و ساختمان‌ها        | ۱۴۳۵          |      |
| ۵    | تعمیرات و نگهداری ماشین‌آلات، تجهیزات و ساختمان | ۱۴۲۳          |      |
| ۶    | هزینه تسهیلات دریافتی                           | ۱۴۸۰          |      |
| ۷    | هزینه‌های فروش (۲ درصد کل فروش)                 | ۱۰            |      |
| ۸    | هزینه بیمه کارخانه (۰/۲ درصد)                   | ۱۶            |      |
| ۹    | پیش‌بین نشده (۵ درصد)                           | ۳۹۱           |      |
|      | جمع   | ۷۴۲۲          |      |
|      | مجموع (میلیون ریال)                             | ۷۴۲۲          |      |

### ۳-۵- سرمایه در گردش مورد نیاز طرح

سرمایه در گردش به نقدینگی اطلاق می‌شود که برای تهیه مواد و ملزومات مورد نیاز در جریان تولید نظیر مواد اولیه، نیروی انسانی و ... هزینه می‌شود و به‌طور کلی شامل سرمایه‌ای است که باید کلیه

|  |             |            |
|--|-------------|------------|
| مطالعات امکان‌سنجی مقدماتی طرح‌های صنعتی                 | گزارش نهایی | مرداد ۱۳۸۷ |
| مجری: جهاد دانشگاهی واحد صنعتی امیر کبیر - معاونت پژوهشی |             | صفحه (۳۹)  |

هزینه‌های جاری واحد تولیدی را پوشش دهد و لازم است در هر زمان در دسترس باشد. مقدار سرمایه در گردش بستگی به توان بازرگانی و مدیریتی واحد تولیدی دارد به‌طور مثال اگر امکان دسترسی سریع به مواد اولیه در هر زمان وجود داشته باشد، نیاز کمتری به سرمایه برای تهیه آن است و برعکس در صورت طولانی بودن فرآیند دسترسی به آن، سرمایه در گردش برای خرید افزایش می‌یابد چراکه لازم است مواد مورد نیاز برای زمان بیشتری سفارش داده شود.

به‌طور معمول حداقل سرمایه در گردش مورد نیاز، معادل ۲۰ الی ۲۵ درصد کل هزینه‌های جاری سالیانه واحد تولیدی (معادل هزینه‌های ۲ الی ۳ ماه) است. این مسأله برای مواد اولیه خارجی که ممکن است فرآیند سفارش و خرید آن طولانی باشد دوازده ماه در نظر گرفته می‌شود تا ریسک توقف خط تولید به علت فقدان مواد اولیه کاهش یابد. در جدول زیر سرمایه در گردش مورد نیاز برای انجام مطلوب جریان تولید محصول محاسبه شده است.

جدول (۳۳): برآورد سرمایه در گردش مورد نیاز

| ردیف                | شرح                                 | مقدار مورد نیاز | ارزش کل     |       |
|---------------------|-------------------------------------|-----------------|-------------|-------|
|                     |                                     |                 | میلیون ریال | دلار  |
| ۱                   | مواد اولیه داخلی                    | ۲ ماه           | ۹           | ---   |
| ۲                   | مواد اولیه خارجی                    | ۱۲ ماه          | ---         | ۴۹۲۲۵ |
| ۳                   | حقوق و مزایای کارکنان               | ۲ ماه           | ۴۱۷         | ---   |
| ۴                   | آب و برق، تلفن و سوخت               | ۲ ماه           | ۶           | ---   |
| ۵                   | تعمیرات و نگهداری                   | ۲ ماه           | ۲۳۸         | ---   |
| ۶                   | استهلاک                             | ۲ ماه           | ۲۴۰         | ---   |
| ۷                   | تسهیلات دریافتی                     | ۳ ماه           | ۳۷۰         | ---   |
| ۸                   | هزینه‌های فروش، بیمه، پیش‌بینی نشده | ۳ ماه           | ۱۰۵         | ---   |
| جمع                 |                                     |                 | ۱۳۸۵        | ۴۹۲۲۵ |
| مجموع (میلیون ریال) |                                     |                 | ۱۸۶۸        |       |

|   |             |            |
|---|-------------|------------|
| مطالعات امکان‌سنجی مقدماتی طرح‌های صنعتی                | گزارش نهایی | مرداد ۱۳۸۷ |
| مجری: جهاد دانشگاهی واحد صنعتی امیرکبیر - معاونت پژوهشی |             | صفحه (۴۰)  |



#### ۴-۵- کل سرمایه مورد نیاز طرح

کل سرمایه مورد نیاز برای احداث واحد تولید آنیلین شامل دو جزء سرمایه ثابت و سرمایه در گردش است که به‌طور خلاصه در جدول زیر ارائه شده است.

جدول (۳۴): سرمایه‌گذاری کل

| ردیف | شرح                 | ارزش کل<br>(میلیون ریال) |
|------|---------------------|--------------------------|
| ۱    | سرمایه ثابت         | ۲۳۳۲۳                    |
| ۲    | سرمایه در گردش      | ۱۸۶۸                     |
|      | مجموع (میلیون ریال) | ۲۵۱۹۱                    |

#### - نحوه تأمین سرمایه

برای تأمین سرمایه مورد نیاز طرح، از تسهیلات بلندمدت (۲-۵ ساله) برای تأمین ۷۰ درصد سرمایه ثابت مورد نیاز و از تسهیلات کوتاه مدت (۶-۱۲ ماهه) برای تأمین ۵۰ درصد سرمایه در گردش مورد نیاز استفاده می‌شود.

جدول (۳۵): نحوه تأمین سرمایه

| سهم سرمایه‌گذاران<br>(میلیون ریال) | تسهیلات بانکی       |            | مبلغ<br>(میلیون ریال) | نوع سرمایه     |
|------------------------------------|---------------------|------------|-----------------------|----------------|
|                                    | مقدار (میلیون ریال) | سهم (درصد) |                       |                |
| ۶۹۹۷                               | ۱۶۳۲۶               | ۷۰         | ۲۳۳۲۳                 | سرمایه ثابت    |
| ۹۳۴                                | ۹۳۴                 | ۵۰         | ۱۸۶۸                  | سرمایه در گردش |
| ۷۹۳۱                               | ۱۷۲۶۰               |            | مجموع (میلیون ریال)   |                |

#### ۴-۵- شاخص‌های اقتصادی طرح

پس از ارائه جداول مالی سرمایه، هزینه و درآمد، جهت بررسی بیشتر مسائل اقتصادی طرح، لازم است شاخص‌های مهم مرتبط، از قبیل؛ قیمت تمام شده، سود ناخالص سالیانه، نرخ برگشت سرمایه، مدت زمان بازگشت سرمایه، درصد تولید در نقطه سر به سر، درصد سرمایه‌گذاری ارزی به سرمایه‌گذاری کل، سرانه سرمایه‌گذاری ثابت و ... برای متقاضیان سرمایه‌گذاری طرح تولید آنیلین محاسبه شود که در ادامه ارائه می‌شود.

|            |             |  |
|------------|-------------|--|
| مرداد ۱۳۸۷ | گزارش نهایی | مطالعات امکان‌سنجی مقدماتی طرح‌های صنعتی               |
| صفحه (۴۱)  |             | مجری: جهاد دانشگاهی واحد صنعتی امیرکبیر- معاونت پژوهشی |

- قیمت تمام شده:

$$\text{قیمت تمام شده واحد کالا} = \frac{\text{هزینه سالیانه}}{\text{مقدار تولید سالیانه}} \Rightarrow \frac{74220000}{3000}$$

ریال \* 247400 = قیمت تمام شده واحد کالا

\* با توجه به اینکه قیمت تمام شده آنیلین تولیدی حدود ۱۲ برابر قیمت رایج در بازارهای جهانی به دست

آمد، بنابراین ملاحظه می شود تولید آنیلین در این ظرفیت توجیه اقتصادی نداشته و هزینه تمام شده کالا

بالا خواهد بود. بنابراین سایر پارامترهای اقتصادی طرح نیز محاسبه نشده است.

- سود ناخالص سالیانه:

ریال = سود ناخالص سالیانه  $\Rightarrow$  هزینه کل - فروش کل = سود ناخالص سالیانه

- درصد سود سالیانه به هزینه کل و فروش کل:

$$\text{درصد سود سالیانه به هزینه کل} = \frac{\text{سود ناخالص سالیانه}}{\text{هزینه کل تولید}} \times 100 \Rightarrow \text{درصد سود سالیانه به هزینه کل}$$

$$\text{درصد سود سالیانه فروش کل} = \frac{\text{سود ناخالص سالیانه}}{\text{فروش کل}} \times 100 \Rightarrow \text{درصد سود سالیانه به فروش}$$

- نرخ برگشت سالیانه سرمایه:

$$\text{درصد برگشت سالیانه سرمایه} = \frac{\text{سود سالیانه}}{\text{سرمایه گذاری کل}} \times 100 \Rightarrow \text{درصد برگشت سالیانه سرمایه}$$

- مدت زمان بازگشت سرمایه

$$\text{مدت زمان بازگشت سرمایه} = \frac{100}{\text{درصد برگشت سالیانه سرمایه}} \Rightarrow \text{مدت زمان بازگشت سرمایه}$$

- هزینه تولید و درصد تولید در نقطه سر به سر:

$$\text{هزینه تولید در نقطه سر به سر} = \frac{\text{هزینه ثابت}}{\text{فروش کل / هزینه متغیر} - 1}$$

|            |             |   |
|------------|-------------|---|
| مرداد ۱۳۸۷ | گزارش نهایی | مطالعات امکان سنجی مقدماتی طرح‌های صنعتی                |
| صفحه (۴۲)  |             | مجری: جهاد دانشگاهی واحد صنعتی امیرکبیر - معاونت پژوهشی |

ریال = هزینه تولید در نقطه سر به سر به سر ⇒

$$\text{درصد تولید در نقطه سر به سر نسبت به ظرفیت تولید اسمی طرح} = \frac{\text{هزینه ثابت}}{\text{هزینه متغیر} - \text{فروش کل}} \times 100$$

درصد = درصد تولید در نقطه سر به سر نسبت به ظرفیت تولید اسمی طرح ⇒

– درصد سرمایه‌گذاری ارزی به سرمایه‌گذاری کل:

$$\text{درصد سرمایه‌گذاری ارزی به سرمایه‌گذاری کل طرح} = \frac{\text{معادل ریالی سرمایه‌گذاری ارزی}}{\text{سرمایه‌گذاری کل}} \times 100$$

درصد = درصد سرمایه‌گذاری ارزی به سرمایه‌گذاری کل طرح ⇒

– سرمایه‌گذاری ثابت سرانه:

$$\text{ریال} = \text{سرمایه‌گذاری ثابت سرانه} = \frac{\text{سرمایه‌گذاری ثابت}}{\text{تعداد کل پرسنل}} = \text{سرمایه‌گذاری ثابت سرانه}$$

– سرمایه‌گذاری کل سرانه:

$$\text{ریال} = \text{سرمایه‌گذاری کل سرانه} = \frac{\text{سرمایه‌گذاری کل}}{\text{تعداد کل پرسنل}} = \text{سرمایه‌گذاری کل سرانه}$$

|            |             |  |
|------------|-------------|--|
| مرداد ۱۳۸۷ | گزارش نهایی | مطالعات امکان‌سنجی مقدماتی طرح‌های صنعتی               |
| صفحه (۴۳)  |             | مجری: جهاد دانشگاهی واحد صنعتی امیرکبیر- معاونت پژوهشی |

## ۶- میزان مواد اولیه عمده مورد نیاز سالانه و محل تأمین آن از خارج یا داخل کشور قیمت ارزی و ریالی آن و بررسی تحولات اساسی در روند تأمین اقلام عمده مورد نیاز در گذشته و آینده

مواد عمده اولیه مصرف شده در تولید آنیلین عبارتند از: هیدروژن، نیتروبنزن و مس به عنوان کاتالیست. در منابع موجود هیچ واحدی در کشور برای تولید نیتروبنزن به ثبت نرسیده و آماری نیز برای تولید آن ارائه نشده است. البته در پوستره‌های ارائه شده توسط شرکت بازرگانی پتروشیمی ایران، نیتروبنزن به عنوان یکی از طرح‌های در دست احداث عنوان شده است. ولی با توجه که وضعیت این طرح مشخص نیست، این ماده به عنوان ماده اولیه بایستی به کشور وارد شود. هیدروژن نیز در دو منطقه در ایران تولید می‌شود. یکی در پتروشیمی امیرکبیر واقع در ماهشهر و دیگری باتری سازی نیرو واقع در شهریار. ظرفیت این واحدها روی هم حدود ۶۵۰۰۰ متر مکعب در سال است.

قیمت این مواد با توجه به گزارش موسسه معتبر SRI در سال ۲۰۰۷ تخمین زده شده است.

|            |  |  |
|------------|--|--|
| مرداد ۱۳۸۷ | گزارش نهایی  | مطالعات امکان‌سنجی مقدماتی طرح‌های صنعتی |
| صفحه (۴۴)  | مجری: جهاد دانشگاهی واحد صنعتی امیرکبیر- معاونت پژوهشی |  |



## ۷- پیشنهاد منطقه مناسب برای اجرای طرح

با توجه به معافیت‌های مالیاتی و نزدیکی به یکی از منابع اصلی تولید هیدروژن و احتمال راه‌اندازی خط نیتروبنزن در ماهشهر به علت وجود خوراک بنزن این منطقه به عنوان محل احداث این واحد پیشنهاد می‌شود. همچنین با توجه به رویکرد صادراتی این مجموعه و آسانی دسترسی به منابع دریایی و صادرات کالا، این منطقه از این لحاظ نیز مناسب به نظر می‌رسد.

|            |   |  |
|------------|---|--|
| مرداد ۱۳۸۷ | گزارش نهایی   | مطالعات امکان‌سنجی مقدماتی طرح‌های صنعتی |
| صفحه (۴۵)  | مجری: جهاد دانشگاهی واحد صنعتی امیرکبیر - معاونت پژوهشی |  |



معاونت پژوهشی

## مطالعات امکان‌سنجی مقدماتی

### تولید آنیلین



جمهوری اسلامی ایران

وزارت صنایع و معادن

سازمان صنایع کوچک و شهرک‌های صنعتی ایران

#### ۸- وضعیت تأمین نیروی انسانی و تعداد اشتغال

با توجه به اعداد تخمین زده شده، در این طرح حدود ۸۰ نفر مشغول به کار می‌شوند. برای تأمین نیروی انسانی لازم، با توجه به دورافتادگی منطقه، بهتر است بدین منظور از بومیان منطقه یا شهرهای مجاور نظیر اهواز، اندیمشک و ... برای راه اندازی واحد استفاده شود.

|            |             |  |
|------------|-------------|--|
| مرداد ۱۳۸۷ | گزارش نهایی | مطالعات امکان‌سنجی مقدماتی طرح‌های صنعتی               |
| صفحه (۴۶)  |             | مجری: جهاد دانشگاهی واحد صنعتی امیرکبیر- معاونت پژوهشی |



۹- بررسی و تعیین میزان تأمین آب، برق، سوخت، امکانات مخابراتی و ارتباطی (راه - راه آهن - فرودگاه - بندر ...) و چگونگی امکان تأمین آنها در منطقه مناسب برای اجرای طرح

همانطور که اشاره شد، منطقه ماهشهر برای احداث واحد مد نظر قرار گرفته است. در این منطقه کلیه امکانات لازم برای احداث واحد از قبیل آب و برق و سوخت و امکانات مخابراتی در اختیار واحدها قرار می‌گیرد. البته برای راه اندازی بایستی حق انشعابی به ادارات متبوعه داده شود که در اینجا در محاسبات لحاظ شده است. از گاز تنها به منظور گرمایش سیستم استفاده می‌شود به همین علت یک خط لوله ۲ اینچی برای آن کافی به نظر می‌رسد.

با توجه به رویکرد صادراتی مجموعه به آسانی امکان استفاده از بندر نیز مهیا می‌باشد.

|            |             |  |
|------------|-------------|--|
| مرداد ۱۳۸۷ | گزارش نهایی | مطالعات امکان‌سنجی مقدماتی طرح‌های صنعتی               |
| صفحه (۴۷)  |             | مجری: جهاد دانشگاهی واحد صنعتی امیرکبیر- معاونت پژوهشی |



## ۱۰- وضعیت حمایت‌های اقتصادی و بازرگانی

- حمایت تعرفه گمرکی (محصولات و ماشین‌آلات) و مقایسه با تعرفه‌های جهانی

- حمایت‌های مالی (واحدهای موجود و طرح‌ها)، بانک‌ها - شرکت‌های سرمایه‌گذار

به منظور تامین مالی پروژه، چندین راه در جلوی سرمایه‌گذاران وجود دارد: یکی از طریق وام‌های بلند مدت و کوتاه مدت. بانک‌ها نیز برای طرح‌هایی با توجیه اقتصادی وام‌های بلند مدت (۲ الی ۵ ساله) با بهره ۱۰ درصد و یا وام‌های کوتاه مدت با بهره ۱۲ درصد به متقاضیان ارائه می‌دهند.

راه دیگر، تشویق شرکت‌های سرمایه‌گذاری نظیر موسسات سرمایه‌گذاری غدیر، سرمایه‌گذاری بانک ملی و .... به سرمایه‌گذاری در طرح شماست.

|            |             |   |
|------------|-------------|---|
| مرداد ۱۳۸۷ | گزارش نهایی | مطالعات امکان‌سنجی مقدماتی طرح‌های صنعتی                |
| صفحه (۴۸)  |             | مجری: جهاد دانشگاهی واحد صنعتی امیرکبیر - معاونت پژوهشی |



## ۱۱- تجزیه و تحلیل و ارائه جمع‌بندی و پیشنهاد نهایی در مورد احداث واحدهای

### جدید

در بررسی این واحد، قیمت‌های ارائه شده با توجه به مرجع SRI در نظر گرفته شده است. با توجه به تعدد دستگاه‌ها و لزوم خرید لیسانس از شرکت‌های مربوطه که هزینه‌های سنگینی را به سرمایه‌گذار تحمیل می‌نماید، به نظر می‌رسد احداث این واحد در ظرفیت‌های کم مقرون به صرفه به نظر نمی‌رسد ولی در صورتی که واحد در ابعاد بزرگتر (بیشتر از ۱۰۰۰ تن) با رویکرد صادراتی احداث شود، می‌توان سوددهی مناسبی را از طرح انتظار داشت.

البته این ظرفیت بالا، حتی بالاتر از مصرف خاورمیانه در یک سال (۴۰۰۰ تن) می‌باشد، بنابراین بازار هدف در این مورد تنها به کشورهای اطراف محدود نخواهد شد.

|            |             |  |
|------------|-------------|--|
| مرداد ۱۳۸۷ | گزارش نهایی | مطالعات امکان‌سنجی مقدماتی طرح‌های صنعتی                 |
| صفحه (۴۹)  |             | مجری: جهاد دانشگاهی واحد صنعتی امیر کبیر - معاونت پژوهشی |

## ۱۲- منابع و مآخذ

- ۱- اداره کل اطلاعات و آمار وزارت صنایع و معادن
- ۲- مرکز اطلاعات و آمار وزارت بازرگانی
- ۳- کتاب "مقررات صادرات و واردات سال ۱۳۸۶"، انتشارات شرکت چاپ و نشر بازرگانی
- ۴- پایگاه اطلاع‌رسانی مرکز آمار ایران
- ۵- پایگاه اطلاع‌رسانی مرکز پژوهش‌های مجلس جمهوری اسلامی ایران.
- ۶- نمایندگی شرکت‌های تولیدکنندگان ماشین‌آلات عطر و ادکلن نظیر: شرکت کاراصنعت.
- ۷- سازمان توسعه تجارت ایران
- ۸- سازمان صنایع کوچک و شهرک‌های صنعتی ایران
- ۹- سازمان توسعه و نوسازی صنایع معدنی ایران
- ۱۰- مجله شیمی، سال پانزدهم، شماره دوم، مرداد - آبان ۱۳۸۱
- ۱۱- مجموعه مقالات گرفته از اینترنت

۱۲. <http://forum.niksalehi.com/archive/index>

|            |             |  |
|------------|-------------|--|
| مرداد ۱۳۸۷ | گزارش نهایی | مطالعات امکان‌سنجی مقدماتی طرح‌های صنعتی               |
| صفحه (۵۰)  |             | مجری: جهاد دانشگاهی واحد صنعتی امیرکبیر- معاونت پژوهشی |

# ضمیمه ۱ - مطالعات اقتصادی فرایند تولید آنیلین توسط احیا نیتروبنزن در ژاپن، آمریکا و آلمان

| ANILINE FROM NITROBENZENE BY VAPOR-PHASE REDUCTION   |               | SRI CONSULTING<br>PEP YEARBOOK 2007 |        | ANILINE<br>PRICE: 125 \$/KG |
|--|---------------|-------------------------------------|--------|-----------------------------|
| LOCATION: GERMANY<br>PEP COST INDEX: GERMANY: 616 (1 US \$ = 0.753 euro)   |               |                                     |        |                             |
| RAW MATERIAL AND UTILITY COST, US \$/KG  | UNIT COST     | CONSUMPTION/TONNE                   | \$/KG  |                             |
| RAW MATERIALS  |               |                                     |        |                             |
| CATALYST, Cu on SiO2   | 1800 \$/KG    | 0.0005 TONNE                        | 0.90   |                             |
| HYDROGEN   | 22.9 \$/M3 T  | 871.58 NM3                          | 19.96  |                             |
| NITROBENZENE   | 14.1 \$/KG    | 1.3476 TONNE                        | 190.01 |                             |
| GROSS RAW MATERIAL COST  |               |                                     | 210.87 |                             |
| UTILITIES  |               |                                     |        |                             |
| COOLING WATER  | 3.28 \$/M3    | 70.936 M3                           | 0.23   |                             |
| ELECTRICITY  | 7.98 \$/KWH   | 39.683 KWH                          | 0.32   |                             |
| PROCESS WATER  | 33.6 \$/M3    | 0.2504 M3                           | 0.01   |                             |
| STEAM  | 2590 \$/TONNE | -1.1 TONNE                          | -2.84  |                             |
| TOTAL  |               |                                     | -2.28  |                             |
| <b>PROCESS SUMMARY</b>   |               |                                     |        |                             |
| This is the predominant process for aniline manufacture. The process is based on Cyanamid patents. Nitrobenzene is reduced with hydrogen in the vapor phase over a copper/silica catalyst. The fluid bed reactor is operated at 35 psia and 275°C (527°F). The reactor effluent is cooled to recover aniline, and the excess hydrogen is recycled to the reactor. The conversion of nitrobenzene is practically 100% with a selectivity of 99+% to aniline. The aniline, obtained in an aqueous solution, is dried by distillation drying. Yields on mononitrobenzene and hydrogen are 98.1% and 83.4%, respectively. The largest use for aniline is in the manufacture of 4,4'-methylene diphenylene isocyanate (MDI), a polyurethane intermediate. Other uses include rubber processing chemicals and agricultural products. |               |                                     |        |                             |
| REFERENCE: PEP Report 76c, SEC 5 (MMKG)  |               |                                     |        |                             |
| CAPACITY, THOUSAND TONNES/YR   | 45.4          | 90.7                                | 181    |                             |
| INVESTMENT, US \$ MILLION  | 36.40 (0.54)  | 52.90 (0.62)                        | 81.30  |                             |
| BATTERY LIMITS   | 15.80         | 23.70                               | 37.70  |                             |
| TOTAL FIXED CAPITAL  | 52.30 (0.55)  | 76.60 (0.63)                        | 119.00 |                             |
| PRODUCTION COSTS, US \$/KG   | 210.87        | 210.87                              | 210.87 |                             |
| RAW MATERIALS BY PRODUCT CREDITS   | 0.00          | 0.00                                | 0.00   |                             |
| UTILITIES  | -2.28         | -2.28                               | -2.28  |                             |
| VARIABLE COSTS   | 208.59        | 208.59                              | 208.59 |                             |
| MAINTENANCE MATERIALS  | 1.92          | 1.40                                | 1.08   |                             |
| OPERATING SUPPLIES   | 0.25          | 0.12                                | 0.06   |                             |
| OPERATING LABOR (\$/SHIFT)   | 2.47          | 1.23                                | 0.62   |                             |
| MAINTENANCE LABOR  | 1.28          | 0.93                                | 0.72   |                             |
| CONTROL LABORATORY   | 0.48          | 0.25                                | 0.12   |                             |
| TOTAL DIRECT COSTS   | 215.00        | 212.52                              | 211.19 |                             |
| PLANT OVERHEAD TAXES AND INSURANCE   | 3.38          | 1.93                                | 1.17   |                             |
| DEPRECIATION   | 11.52         | 1.31                                | 0.57   |                             |
| PLANT GATE COST  | 232.21        | 224.59                              | 220.24 |                             |
| G + A. SALES, RES., 5%   | 13.74         | 12.93                               | 12.46  |                             |
| PRODUCTION COSTS   | 245.95        | 237.52                              | 232.70 |                             |
| AT 100% CAPACITY   | 258.10        | 246.86                              | 240.43 |                             |
| AT 75% CAPACITY  | 282.40        | 265.54                              | 265.90 |                             |
| PRODUCT VALUE (COST + 25% YR ROI BEFORE TAXES), US \$/KG   | 274.75        | 258.63                              | 249.14 |                             |
| AT 100% CAPACITY   | 296.50        | 275.01                              | 262.35 |                             |
| AT 75% CAPACITY  | 340.00        | 307.76                              | 288.78 |                             |

ANILINE FROM NITROBENZENE BY VAPOR-PHASE REDUCTION

RAW MATERIAL AND UTILITY COST, US \$/KG

| RAW MATERIALS           | UNIT COST     | CONSUMPTION/TONNE | \$/KG  |
|-------------------------|---------------|-------------------|--------|
| CATALYST, Cu on SiO2    | 1720 \$/KG    | 0.0005 TONNE      | 0.86   |
| HYDROGEN                | 21.9 \$/NM3 T | 871.58 NM3        | 19.09  |
| NITROBENZENE            | 102 \$/KG     | 1.3476 TONNE      | 137.46 |
| GROSS RAW MATERIAL COST |               |                   | 157.41 |

UTILITIES

|               |             |            |       |
|---------------|-------------|------------|-------|
| COOLING WATER | 3.25 \$/M3  | 70.936 M3  | 0.23  |
| ELECTRICITY   | 8.26 \$/KWH | 39.683 KWH | 0.33  |
| PROCESS WATER | 27.6 \$/M3  | 0.2504 M3  | 0.01  |
| STEAM         |             | -1.1 TONNE | -2.34 |
| TOTAL         |             |            | -1.77 |

PROCESS SUMMARY

This is the predominant process for aniline manufacture. The process is based on Cyanamid patents. Nitrobenzene is reduced with hydrogen in the vapor phase over a copper/silica catalyst. The fluid bed reactor is operated at 35 psia and 275°C (527°F). The reactor effluent is cooled to recover aniline, and the excess hydrogen is recycled to the reactor. The conversion of nitrobenzene is practically 100% with a selectivity of 99+% to aniline. The aniline, obtained in an aqueous solution, is dried by distillation drying. Yields on mononitrobenzene and hydrogen are 98.1% and 83.4%, respectively. The largest use for aniline is in the manufacture of 4,4'-methylene diphenyl ether (MDI), a polyurethane intermediate. Other uses include rubber processing chemicals and agricultural products.

REFERENCE: PEP Report 78C, SEC 5 (MKG)

SRI CONSULTING  
PEP YEARBOOK 2007

LOCATION: JAPAN  
PEP COST INDEX-JAPAN: 411 (US \$ = 120 ¥)

ANILINE  
PRICE: 131 \$/KG

|   |              |              |        |
|---|--------------|--------------|--------|
| CAPACITY, THOUSAND TONNES/YR                              | 45.4         | 90.7         | 181    |
| INVESTMENT, US \$ MILLION                                 |              |              |        |
| BATTERY LIMITS  | 32.00 (0.54) | 46.50 (0.62) | 71.50  |
| OFF SITES   | 14.00        | 20.90        | 32.50  |
| TOTAL FIXED CAPITAL                                       | 46.00 (0.55) | 67.40 (0.63) | 104.00 |
| PRODUCTION COSTS, US \$/KG                                |              |              |        |
| RAW MATERIALS   | 157.41       | 157.41       | 157.41 |
| BY PRODUCT CREDITS  | 0.00         | 0.00         | 0.00   |
| UTILITIES   | -1.77        | -1.77        | -1.77  |
| VARIABLE COSTS  | 155.64       | 155.64       | 155.64 |
| MAINTENANCE MATERIALS                                     | 1.69         | 1.23         | 0.95   |
| OPERATING SUPPLIES  | 0.21         | 0.11         | 0.05   |
| OPERATING LABOR (3 SHIFT)                                 | 2.14         | 1.07         | 0.54   |
| MAINTENANCE LABOR   | 1.13         | 0.82         | 0.63   |
| CONTROL LABORATORY  | 0.43         | 0.21         | 0.11   |
| TOTAL DIRECT COSTS  | 161.24       | 159.08       | 157.92 |
| PLANT OVERHEAD  | 2.22         | 1.26         | 0.77   |
| TAXES AND INSURANCE                                       | 2.03         | 1.49         | 1.15   |
| DEPRECIATION  | 10.13        | 7.43         | 5.75   |
| PLANT GATE COST   | 175.62       | 169.26       | 165.59 |
| G + A, SALES, RES., 5%                                    | 10.58        | 9.89         | 9.47   |
| PRODUCTION COSTS  |              |              |        |
| AT 100% CAPACITY  | 186.20       | 179.15       | 175.06 |
| AT 75% CAPACITY   | 196.15       | 186.75       | 181.30 |
| AT 50% CAPACITY   | 216.05       | 201.95       | 193.77 |
| PRODUCT VALUE (COST + 25 %/YR ROI BEFORE TAXES), US \$/KG |              |              |        |
| AT 100% CAPACITY  | 211.53       | 197.73       | 189.42 |
| AT 75% CAPACITY   | 229.92       | 211.52       | 200.44 |
| AT 50% CAPACITY   | 266.71       | 239.11       | 222.49 |

|   |             |            |
|---|-------------|------------|
| مطالعات امکان سنجی مقدماتی طرح‌های صنعتی                | گزارش نهایی | مرداد ۱۳۸۷ |
| مجری: جهاد دانشگاهی واحد صنعتی امیرکبیر - معاونت پژوهشی |             | صفحه (۵۲)  |

ANILINE FROM NITROBENZENE BY VAPOR-PHASE REDUCTION

| RAW MATERIAL AND UTILITY COST, US \$/KG | UNIT COST     | CONSUMPTION/TONNE | \$/KG  |
|---|---------------|-------------------|--------|
| RAW MATERIALS                           |               |                   |        |
| CATALYST, Cu on SiO2                    | 1660 \$/KG    | 0.0005 TONNE      | 0.83   |
| HYDROGEN                                | 21.8 \$/NM3 T | 871.58 NM3        | 19.00  |
| NITROBENZENE                            | 123 \$/KG     | 1.3476 TONNE      | 155.75 |
| GROSS RAW MATERIAL COST                 |               |                   | 185.58 |
| UTILITIES                               |               |                   |        |
| COOLING WATER                           | 2.87 \$/M3    | 70.936 M3         | 0.20   |
| ELECTRICITY                             | 6.2 \$/KWH    | 39.683 KWH        | 0.25   |
| PROCESS WATER                           | 33.6 \$/M3    | 0.2504 M3         | 0.01   |
| STEAM                                   | 2320 \$/TONNE | -1.1 TONNE        | -2.55  |
| TOTAL                                   |               |                   | -2.09  |

PROCESS SUMMARY

This is the predominant process for aniline manufacture. The process is based on Cyanamid patents. Nitrobenzene is reduced with hydrogen in the vapor phase over a copper/silica catalyst. The fluid bed reactor is operated at 95 psia and 275°C (527°F). The reactor effluent is cooled to recover aniline, and the excess hydrogen is recycled to the reactor. The conversion of nitrobenzene is practically 100% with a selectivity of 99+% to aniline. The aniline, obtained in an aqueous solution, is dried by distillation drying. Yields on mononitrobenzene and hydrogen are 98.1% and 83.4%, respectively. The largest use for aniline is in the manufacture of 4,4'-methylene diphenylene isocyanate (MDI), a polyurethane intermediate. Other uses include rubber processing chemicals and agricultural products.

REFERENCE: PEP Report 78C, SEC 5 (MKG)

SRI CONSULTING  
PEP YEARBOOK 2007

| LOCATION: U.S.<br>PEP COST INDEX-U.S.: 788           | PRICE: 134 \$/KG | ANILINE<br>\$/KG |
|--|------------------|------------------|
| CAPACITY, THOUSAND TONNES/YR                         | 45.4             | 90.7             |
| INVESTMENT, US \$ MILLION                            | 29.10 (0.54)     | 42.30 (0.62)     |
| BATTERY LIMITS<br>OFF SITES                          | 12.80            | 19.00            |
| TOTAL FIXED CAPITAL                                  | 41.90 (0.55)     | 61.30 (0.63)     |
| PRODUCTION COSTS, US \$/KG                           | 185.58           | 185.58           |
| RAW MATERIALS<br>BY PRODUCT CREDITS<br>UTILITIES     | 0.00<br>-2.09    | 0.00<br>-2.09    |
| VARIABLE COSTS                                       | 183.49           | 183.49           |
| MAINTENANCE MATERIALS                                | 1.54             | 1.12             |
| OPERATING SUPPLIES                                   | 0.25             | 0.12             |
| OPERATING LABOR (3/SHIFT)                            | 2.46             | 1.23             |
| MAINTENANCE LABOR                                    | 1.03             | 0.73             |
| CONTROL LABORATORY                                   | 0.49             | 0.25             |
| TOTAL DIRECT COSTS                                   | 189.26           | 186.96           |
| PLANT OVERHEAD                                       | 3.18             | 1.78             |
| TAXES AND INSURANCE                                  | 1.85             | 1.35             |
| DEPRECIATION   | 9.23             | 6.76             |
| PLANT GATE COST                                      | 203.52           | 196.85           |
| G + A, SALES, RES., 5%                               | 11.93            | 11.25            |
| PRODUCTION COSTS                                     | 215.45           | 208.10           |
| AT 100% CAPACITY                                     | 225.82           | 216.02           |
| AT 75% CAPACITY                                      | 246.57           | 231.87           |
| PRODUCT VALUE (COST + 25% YR BEFORE TAXES), US \$/KG | 238.52           | 225.00           |
| AT 100% CAPACITY                                     | 256.58           | 238.56           |
| AT 75% CAPACITY                                      | 292.71           | 265.67           |
| AT 50% CAPACITY                                      |                  | 217.00           |
|  |                  | 227.89           |
|  |                  | 249.67           |

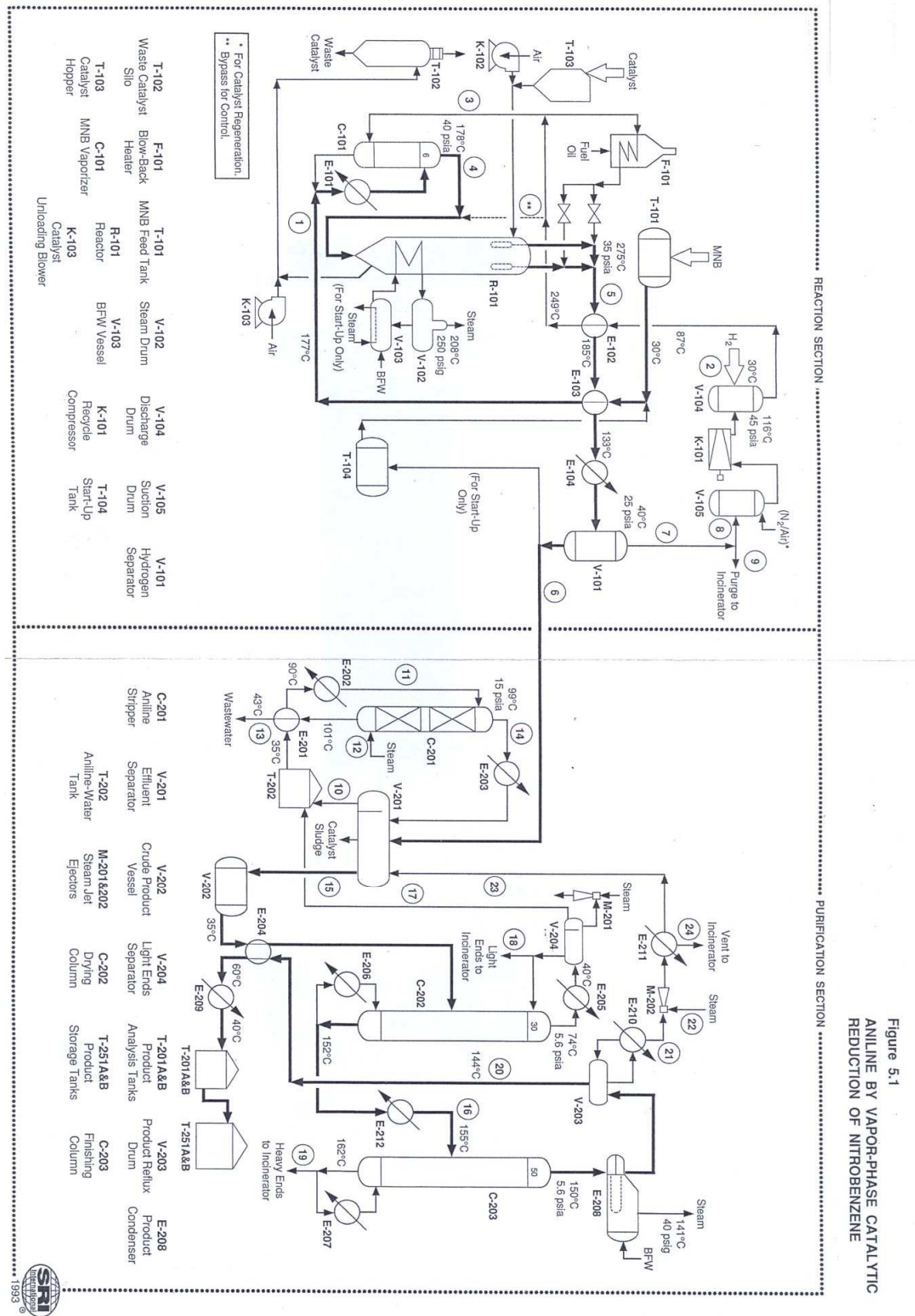


Figure 5.1  
ANILINE BY VAPOR-PHASE CATALYTIC  
REDUCTION OF NITROBENZENE

ضمیمه ۲ - PFD تولید آنیلین

|            |             |   |
|------------|-------------|---|
| مرداد ۱۳۸۷ | گزارش نهایی | مطالعات امکان سنجی مقدماتی طرح های صنعتی                |
| صفحه (۵۴)  |             | مجری: جهاد دانشگاهی واحد صنعتی امیرکبیر - معاونت پژوهشی |

ضمیمه ۳ - تجهیزات لازم برای تولید

آنیلین

Table 5.4

ANILINE BY VAPOR-PHASE CATALYTIC REDUCTION OF NITROBENZENE

MAJOR EQUIPMENT

CAPACITY: 200 MILLION LB/YR (91,000 T/YR)  
ANILINE  
AT 0.90 STREAM FACTOR

| EQUIPMENT NUMBER               | NAME                   | SIZE                          | MATERIAL OF CONSTRUCTION |         | REMARKS   |                                 |
|--------------------------------|------------------------|-------------------------------|--------------------------|---------|---|---------------------------------|
| <b>REACTORS</b>                |                        |                               |                          |         |   |                                 |
| R-101                          | REACTOR                | DIA: 12.5 FT<br>HEIGHT: 75 FT | 316 SS                   |         | WITH VERTICAL TUBE BUNDLES OF 7500 FT <sup>2</sup><br>AND STAINLESS STEEL FILTERS |                                 |
| <b>COLUMNS</b>                 |                        |                               |                          |         |   |                                 |
|                                |                        | DIAMETER (FT)                 | HEIGHT (FT)              | SHELL   | TRAYS/<br>PACKING   |                                 |
| C-101                          | MNB VAPORIZER          | 6.5                           | 25                       | 316 SS  | 316 SS  | 6 VALVE TRAYS, 24 INCH SPACING  |
| C-201                          | ANILINE STRIPPER       | 3.0                           | 55                       | C.S.    | STONEWARE   | 40 FT OF 1.5 INCH RING PACKING  |
| C-202                          | DRYING COLUMN          | 2.5                           | 60                       | 304 SS  | 316 SS  | 30 VALVE TRAYS, 18 INCH SPACING |
| C-203                          | FINISHING COLUMN       | 8.0                           | 120                      | 316 SS  | 316 SS  | 50 VALVE TRAYS, 24 INCH SPACING |
| <b>COMPRESSORS</b>             |                        |                               |                          |         |   |                                 |
|                                |                        | (BHP)                         |                          |         |   |                                 |
| K-101                          | RECYCLE COMPRESSOR     | 750                           |                          | C.S.    |   |                                 |
| K-102                          | CAT. LOADING BLOWER    | 50                            |                          | C.S.    |   |                                 |
| K-103                          | CAT. UNLOADING BLOWER  | 50                            |                          | C.S.    |   |                                 |
| <b>HEAT EXCHANGERS</b>         |                        |                               |                          |         |   |                                 |
|                                |                        | AREA (SQ FT)                  | HEAT LOAD (MM BTU/HR)    | SHELL   | TUBES   |                                 |
| E-101                          | MNB FEED HEATER        | 300                           | 2.85                     | C.S.    | 316 SS  |                                 |
| E-102                          | HYDROGEN EXCHANGER     | 2,000                         | 4.84                     | C.S.    | 316 SS  | FLOATING-HEAD TYPE              |
| E-103                          | MNB FEED EXCHANGER     | 1,600                         | 3.57                     | 316 SS  | 316 SS  | FLOATING-HEAD TYPE              |
| E-104                          | EFFLUENT CONDENSER     | 4,300                         | 17.27                    | C.S.    | 304 SS  | U-TUBE TYPE                     |
| E-201                          | WASTEWATER EXCHANGER   | 650                           | 1.72                     | C.S.    | 304 SS  |                                 |
| E-202                          | ANILINE-WATER HEATER   | 100                           | 1.91                     | C.S.    | 304 SS  |                                 |
| E-203                          | STRIPPER CONDENSER     | 450                           | 5.84                     | C.S.    | 304 SS  |                                 |
| E-204                          | PRODUCT EXCHANGER      | 1,200                         | 2.16                     | 304 SS  | 304 SS  |                                 |
| E-205                          | LIGHT ENDS CONDENSER   | 350                           | 2.38                     | C.S.    | 304 SS  |                                 |
| E-206                          | DRIER REBOILER         | 350                           | 3.47                     | C.S.    | 316 SS  |                                 |
| E-207                          | PRODUCT REBOILER       | 750                           | 7.49                     | C.S.    | 316 SS  |                                 |
| E-208                          | PRODUCT CONDENSER      | 6,500                         | 13.14                    | C.S.    | 316 SS  | KETTLE TYPE                     |
| E-209                          | PRODUCT COOLER         | 350                           | 0.48                     | C.S.    | 304 SS  |                                 |
| E-210                          | OVERHEADS COOLER       | 50                            | 0.30                     | C.S.    | 304 SS  |                                 |
| E-211                          | VACUUM AFTER-CONDENSER | 50                            | 0.45                     | C.S.    | 304 SS  |                                 |
| E-212                          | ANILINE VAPORIZER      | 430                           | 5.41                     | C.S.    | 316 SS  | KETTLE TYPE                     |
| <b>MISCELLANEOUS EQUIPMENT</b> |                        |                               |                          |         |   |                                 |
| M-201                          | STEAM JET EJECTOR      | SINGLE STAGE                  |                          | C.S.    |   |                                 |
| M-202                          | STEAM JET EJECTOR      | SINGLE STAGE                  |                          | C.S.    |   |                                 |
| <b>PACKAGE UNITS</b>           |                        |                               |                          |         |   |                                 |
| G-201                          | INCINERATOR            |                               |                          | VARIOUS | NOT SHOWN ON FLOW DIAGRAM   |                                 |

Table 5.4 (Concluded)

ANILINE BY VAPOR-PHASE CATALYTIC REDUCTION OF NITROBENZENE

MAJOR EQUIPMENT

CAPACITY: 200 MILLION LB/YR (91,000 T/YR)  
ANILINE  
AT 0.90 STREAM FACTOR

| EQUIPMENT NUMBER | NAME                   | SIZE                  | MATERIAL OF CONSTRUCTION | REMARKS                             |
|------------------|------------------------|-----------------------|--------------------------|-------------------------------------|
| PRESSURE VESSELS |                        | VOLUME (GAL)          |                          |                                     |
| V-101            | HYDROGEN SEPARATOR     | 1,600                 | 304 SS                   |                                     |
| V-102            | STEAM DRUM             | 2,200                 | 304 SS                   |                                     |
| V-103            | BFW VESSEL             | 2,800                 | 304 SS                   | WITH HEATING COIL FOR START-UP ONLY |
| V-104            | DISCHARGE DRUM         | 1,300                 | C.S.                     |                                     |
| V-105            | SUCTION DRUM           | 1,300                 | C.S.                     |                                     |
| V-201            | EFFLUENT SEPARATOR     | 20,000                | 304 SS                   |                                     |
| V-202            | CRUDE PRODUCT VESSEL   | 6,500                 | 304 SS                   |                                     |
| V-203            | PRODUCT REFLUX DRUM    | 3,000                 | 304 SS                   |                                     |
| V-204            | LIGHT ENDS SEPARATOR   | 1,250                 | 304 SS                   |                                     |
| PROCESS FURNACES |                        | HEAT LOAD (MM BTU/HR) |                          |                                     |
| F-101            | BLOW-BACK HEATER       | 10.0                  | C.S.                     |                                     |
| TANKS            |                        | VOLUME (GAL)          |                          |                                     |
| T-101            | MNB FEED TANK          | 350,000               | 304 SS                   |                                     |
| T-102            | WASTE CATALYST SILO    | 10,000                | ALUMINUM                 | WITH BAG FILTER ON TOP              |
| T-103            | CATALYST HOPPER        | 10,000                | ALUMINUM                 |                                     |
| T-104            | START-UP TANK          | 4,500                 | 304 SS                   |                                     |
| T-201A,B         | PRODUCT ANALYSIS TANKS | 30,000 EA             | 304 SS                   |                                     |
| T-202            | ANILINE-WATER TANK     | 2,500                 | 304 SS                   |                                     |
| T-251A,B         | PRODUCT STORAGE TANKS  | 500,000 EA            | 304 SS                   |                                     |
| PUMPS            |                        |                       |                          |                                     |
|                  | SECTION                | OPERATING             | SPARES                   | OPERATING BHP                       |
|                  | 100                    | 6                     | 5                        | 41                                  |
|                  | 200                    | 11                    | 11                       | 37                                  |