



اقلام قابل تحویل در فاز مهندسی پروژه

Engineering Deliverables

مقدمه: در جلسه قبل به چگونگی محاسبه پیشرفت مهندسی پرداخته شد و مطرح شد که مرحله پایانی پیشرفت هر مدرک تولید نسخه نهایی پس از تأیید یا **Final Issue** می باشد و برخی مرحله ای پس از آن را برای مدارک اجرایی نیز تحت عنوان مدرک چون ساخت یا **As Built** در نظر می گیرند. اقلام قابل تحویل در فاز مهندسی را می توان به صورت کلی برای هر یک از ردیفهای لیست مدارک مهندسی و یا فایل ثبت و مدیریت مدارک (MDR¹) یک قلم در نظر گرفت به گونه ای که در طول طی نمودن مراحل پیشرفت خود، ویرایشهای مختلفی را در مسیر تکامل تولید می نمایند و در نهایت نسخه تأیید شده آن را که مبنای اجرای کار می شود به عنوان نسخه نهایی در تعداد نسخ مصوب تحویل کارفرما می دهند. ولی در صورتیکه مدرک جزء مدارک یا نقشه های اجرایی باشد علاوه بر نسخه تأیید شده بایستی نسخه **As Built** آن نیز به عنوان اقلام قابل تحویل، به کارفرما تحویل گردد.

در این جلسه می خواهیم به طور اجمالی به اقلام قابل تحویل در فاز مهندسی پروژه بپردازیم.

مدارک مهندسی: اقلام قابل تحویل در فاز مهندسی شامل مدارک و نقشه های مهندسی می باشد که این مدارک از ابتدای دریافت ورودی های طراحی و آغاز تهیه مدرک طی مراحل مختلف تکمیل شده و پس از تأیید کارفرما به مرحله نهایی سازی می رسد. نسخه نهایی هر مدرک به همراه نسخه **As Built** آن (در صورت اجرایی بودن مدارک و نقشه ها) به عنوان اقلام قابل تحویل در هر یک از زیر فازهای مهندسی در نظر گرفته می شوند. تحویل مدارک بسته به نوع قرارداد و یا روش هماهنگی پروژه می تواند شامل نسخه فیزیکی و نسخه الکترونیکی (اعم از فایل های اصلی و فایل PDF) باشد.

در ابتدای پروژه در مدرکی به نام لیست مدارک پروژه (**Project Document List**) اقلام قابل تحویل مهندسی به کارفرما و یا مشاور کارفرما ارسال شده به تأیید ایشان می رسد و بر اساس آن به صورت تدریجی مبتنی بر برنامه زمان بندی پروژه و رعایت پیش نیازی، مدارک مهندسی یکی پس از دیگری تولید شده و در چرخه اظهار نظر و تأیید کارفرما قرار می گیرد.



در ادامه مسیر، بایستی مدارک ارسال شده با اطلاعاتی نظیر شماره مرسوله، تاریخ ارسال، شماره کامنت شیت، تاریخ دریافت آن و در فایل به نام فایل ثبت و مدیریت مدارک مهندسی (MDR) ثبت شده و ذخیره گردد. این فایل مبنای اصلی مدیریت ارقام قابل تحویل فاز مهندسی خواهد بود که بر اساس آن گزارشهای پیشرفت ادواری و صورت وضعیتهای مهندسی تهیه می گردد.

سامانه های مدیریت پروژه در فاز مهندسی که از آن به EDMS تعبیر می گردد معمولاً با هدف تسهیل و استاندارد سازی فرآیند مدیریت مهندسی تهیه و راه اندازی می گردند.

معمولاً سعی میگردد در صورت استفاده از EDMS در طول پروسه ارسال مدرک و دریافت نقطه نظرات کارفرما و اخذ تأییدیه از ایشان، از تولید نسخه چاپی پرهیز گردد. و نسخه چاپی را معمولاً به پس از تأیید کارفرما محدود می نمایند که بایستی متناسب با توافق موجود در قرارداد و یا روش هماهنگی برای کارفرما ارسال گردد.

در ادامه به تشریح فازهای مختلف مهندسی پروژه از مطالعات امکان سنجی تا مرحله مهندسی ساخت و همچنین ارقام قابل تحویل هریک خواهیم پرداخت:

مطالعات امکان سنجی (FS^۲) :

معمولاً برای کلیه پروژه ها سندی به نام مطالعات امکان سنجی - که اصطلاحاً به آن FS می گویند- وجود دارد که در این سند طی مطالعه صورت گرفته به امکان پذیری فنی و توجیه پذیری اقتصادی پرداخته می شود. در بخش امکان پذیری فنی به الزامات فنی و تکنولوژیکی مورد نیاز برای این پروژه پرداخته می شود و بررسی می گردد که تحقق محدوده کاری پروژه از طریق فناوریهای داخلی و یا فناوریهای خارجی در دسترس و یا قابل انتقال، به چه صورتی ممکن است و در ادامه آن به ارائه شاخصهای مالی - که درآمد زایی پروژه را در قبال هزینه انجام شده تحلیل می نمایند- می پردازد و چگونگی توجیه پذیر بودن پروژه را به لحاظ اقتصادی بیان می دارد.

علاوه بر مواردی مانند آلترناتیوهای تکنولوژی، گلوگاههای حمل و نقل در طول پروژه، اثرات اجتماعی و زیست محیطی، منابع مالی و هزینه های محتمل نیز در این سند مورد بررسی قرار می گیرد. پس از انجام مطالعات امکان سنجی و تهیه سند آن می توان پروژه را



آغاز کرد که مسئولیت انجام فازهای مختلف آن از طریق برگزاری مناقصه و اعلام نمودن برنده مناقصه و یا از طریق انتخاب پیمانکار ذیصلاح صورت می پذیرد.

طراحی مفهومی^۳:

طراحی مفهومی پروژه، با استفاده از نتایج حاصل شده از مطالعات امکان سنجی و با پرداختن به برترین گزینه های مختلف فنی - اقتصادی انجام پروژه آغاز می شود. در طراحی مفهومی، شرح کاملی از بهترین آلترناتیو فنی و تکنولوژیکی پروژه ارائه می گردد.

در طی این زیر فاز آغازین مهندسی پروژه، با شبیه سازیهای فرآیندی و یا با بهره گیری از اطلاعات پروژههای مشابه انجام شده، تلاش می گردد علاوه بر تشریح فرآیند پروژه، نسخه مقدماتی از نمودار جریان مواد، لیست تجهیزات اصلی پروژه به همراه تأمین کنندگان تکنولوژی ارائه گردد.

طی انجام طراحی مفهومی، مفروضات، ورودیها و خروجیهای پروژه، پایه اصلی طراحی و مهندسی پروژه، مشخصات خوراک، مشخصات محصول، ضریب دسترسی ماشین آلات و ظرفیت آنها ارائه می گردد.

مهندسی پایه^۴:

در زیر فاز مهندسی پایه، لیست مصارف پروژه نظیر سوخت، آب، برق و ... در قالب مدرکی با عنوان Consumer List مشخص می گردد. نهایی سازی لیست تجهیزات اصلی (Main Equipment List) و نقشه جانمایی (Overall Layout) نیز در این زیر فاز محقق می گردد.

نمودار بلوکی (Block Diagram) - که شمای کلی تأسیسات آب، برق و سوخت می باشد -، Design Criteria - که شاخصهای طراحی و مهندسی مورد نیاز برای تهیه نقشه ها و مدارک زیرفاز طراحی تفصیلی را ارائه می نماید.



مدارک مهم موازنه جرم و انرژی (Mass & Energy Ballance)، نمودار پایپینگ و تجهیزات ابزار دقیق (P&ID)، مشروح مشخصات فنی تجهیزات (Technical Specification) و برگه تیتروار اطلاعات فنی تجهیزات (Data Sheet) در این زیر فاز ارائه می گردد.

برخی از سازمانها خروجی فعالیتهای مهندسی خود را در قالب یک یا دو مجلد منتشر می نمایند که البته توصیه می شود سرفصلهای مختلف مهندسی پایه یا طراحی مقدماتی را در حین انجام زیر فاز مهندسی پایه به صورت جداگانه و در قالب مدارک مستقل ارسال نمایند چرا که اولاً امکان صدور تدریجی مدارک مهیا گشته و ضمن رعایت رابطه پیش نیازی بین سرفصلها و تقدم و تأخر آنها امکان جلوگیری از دوباره کاری زیاد و صرف هزینه بسیار، مهیا خواهد گشت و البته می توان مدارک تأیید شده زیر فاز مهندسی پایه را در قالب یک یا دو کتابچه تولید و به کارفرما تحویل نمود.

مهندسی پایه تکمیلی (FEED^o):

در فاز مهندسی بسیاری از پروژه ها، به خصوص پروژه هایی که دانش فنی و تکنولوژی آن به طور کامل در اختیار نمی باشد زیر فاز مهندسی پایه به طور مجزا از بخشهای مهندسی تفصیلی، خرید و ساخت و راه اندازی واگذار می گردد لذا پس از انجام زیر فاز مهندسی پایه، کارفرما تمایل به تولید ویرایشی جدیدتر و کامل تر از مهندسی پایه انجام گرفته دارد لذا مهندسی پایه تکمیلی را بر عهده سازمانی می گذارد که نقشی همانند مدیر طرح و یا برگزار کننده مناقصه جهت انتخاب پیمانکار اصلی پروژه را دارا باشد چراکه علاوه بر تهیه مستندات دقیق تر جهت برگزاری مناقصه EPC پروژه، برآورد صحیح تر هزینه های پروژه و به تبع آن امکان دریافت پیشنهادهای شفاف تر با قیمتهایی متناسب و بررسی آگاهانه تر پیشنهادهای را ایجاد خواهد نمود.

همچنین پیمانکار EPC پروژه که مهندسی تفصیلی را نیز عهده دار است می تواند با استناد به مستندات زیر فاز مهندسی پایه تکمیلی (FEED) اطلاعات وسیع تری از پروژه را به منظور انجام مهندسی تفصیلی و خرید در اختیار بگیرد و این امر خود سهولت در پیشبرد کارها و همچنین کاهش زمان انجام کارها را به خصوص در زمینه تسریع در سفارش تجهیزات با مدت زمان ساخت طولانی (Long Delivery Items) در پی خواهد داشت.



در فاز FEED بایستی خروجی زیر فاز مهندسی پایه، مورد بررسی و واکاوی مجدد قرار گرفته، محاسبات آن مجدداً انجام شود تا علاوه بر اینکه ورودیهای زیرفاز مهندسی تفصیلی با رویکردی واقعگرایانه و جدید راستی آزمایی شده و صحت گذاری می گردد ارائه تکمیل تر و مفصل تر مهندسی پایه جهت سرعت بخشیدن به مهندسی تفصیلی و فاز خرید محقق گردد.

در برخی موارد به خصوص در ایران، قرارداد EPC قبل از انجام این زیرفاز به مناقصه گذارده شده و منعقد می گردد که در این حالت پیمانکار EPC ملزم به تهیه و ارائه پکیج FEED و اخذ تأیید از کارفرما می باشد و البته این کار معمولاً توسط شرکت ثالثی که منابع اثبات شده ای در طراحی فرآیند، ایمنی و طراحی جانمایی در پروژه های مشابه (به لحاظ مقیاس، محدوده و پیچیدگی) دارا باشد، انجام خواهد پذیرفت.

مهندسی تفصیلی ۶:

هدف از انجام مهندسی تفصیلی تکمیل و نهایی سازی زیر فازهای مهندسی پایه و FEED می باشد با این رویکرد که کلیه مدارک و نقشه هایی که برای خرید مواد و تجهیزات و فعالیتهای مرتبط با ساخت و اجرا، نصب و راه اندازی در سایت پروژه مورد نیاز است تهیه و نهایی گردد و از این طریق عملکرد موفق پروژه بر طبق الزامات قراردادی آن تضمین شود.

در ماههای پایانی مهندسی پایه می توان در نرم افزارهایی نظیر PDMS، ساخت مدل ۳ بعدی پروژه را با اطلاعات موجود، آغاز نمود و در مرحله مهندسی تفصیلی می توان در مایلستونهای مشخصی از پیشرفت پروژه، متناسب با تکمیل اطلاعات پروژه مانند پایپینگ و تجهیزات پروژه، سازه، سیویل و ساختمان به علاوه اطلاعات مرتبط با ابزار دقیق و برق (شامل ایمنی) به تکمیل و توسعه مدل موجود در PDMS پرداخت.

خروجی های PDMS در مرحله مهندسی تفصیلی میتواند مشخصه های فیزیکی دقیق پروژه به همراه اجزاء و متعلقات آن، نظیر تطابقهای مکانی و جانمایی، ابعاد، مسیر ها و راههای دسترسی و ... را شامل گردد.



همچنین ارسال، بررسی و تأیید نقشه ها و مدارک مرتبط با خرید متریال و تجهیزات نظیر محاسبات، دیتاشیتها، نقشه ها و مشخصات فنی، لیستها و رویه ها، مدارک قبل از خرید، رویه ها و گزارشات بازرسی کارگاهی نیز از خروجیهای زیرفاز مهندسی تفصیلی خواهد بود.

ارسال، بررسی و تأیید مدارکی به شرح زیر نیز در این زیر فاز مهندسی مورد انتظار خواهد بود:

- نقشه های اجرایی کلیه دیسیپلینهای مهندسی،
- دفترچه های محاسبات،
- MTO^۷ - که معمولاً برای اقلام تکرار شونده و یا خریدهای فله مواد تهیه می شود،
- MRQ^۸ یا Inquiry - که در محتوای این مدرک علاوه بر مشخصات فنی، شرایط خرید نیز ذکر می گردد و به مواردی مانند بازرسی، تست و شرایط پرداخت نیز اشاره می شود.
- دستورالعملهای نصب
- سایر مدارک و مستندات پروژه

مهندسی خرید^۹:

از آنجا که فاز خرید و ساخت و راه اندازی نیز به فاز مهندسی مرتبط می گردد لذا باید توجه داشت که یکی از فازهای مهندسی، مهندسی خرید می باشد و نباید مدارک مرتبط با خرید را به مدارکی که در مهندسی تفصیلی آماده می شود (مانند Data Sheet, Specification, Material Requisition و Inquiry) محدود دانست بلکه مدارکی مانند ارزیابی فنی پیشنهادها سازندگان (TBE^{۱۰} یا TBA^{۱۱})، ارزیابی مالی سازندگان (CBE^{۱۲} یا CBA^{۱۳})، نقشه های اولیه سازندگان (Vendor Data)، مدارک سازندگان

Material Take-Off-^۷
Material Requisition-^۸
Purchasing Engineering-^۹
Technical Bid Evaluation-^{۱۰}
Technical Bid Analysis-^{۱۱}
Commercial Bid Evaluation-^{۱۲}
Commercial Bid Analysis-^{۱۳}



(Vendor Documents) و بررسی آنها، گزارشات بازرسی حین ساخت را نیز به عنوان ارقام قابل تحویل بخش مهندسی در زیرفاز مهندسی خرید در نظر می گیریم.

به عبارتی باید علاوه بر مدارکی که منتج به تهیه اسناد مناقصه و فراخوان جهت ساخت و یا سفارشگذاری و خرید یک تجهیز می گردد که در مهندسی تفصیلی تهیه می گردند بایستی به نتیجه بررسی پروپوزالهای شرکت کنندگان در مناقصه نیز به عنوان یک مدرک بنگریم و آن را در قالب ارزیابی فنی و مالی پروپوزالها تهیه و به کارفرما ارائه نماییم و به عنوان یک رقم قابل تحویل در زیرفاز مهندسی خرید به آن بپردازیم.

مهندسی ساخت ۴:۱:

خدمات مهندسی ساخت معمولاً به خدمات مهندسی و طراحی در سایت مرتبط می گردد که توسط کارشناسان طراحی در دفتر فنی سایت انجام می گیرد و هدف اصلی این خدمات کمک به مسایل ساخت در کارگاه، برطرف کردن مشکلات فنی پیش آمده، کمک به فهم دقیق و پیاده سازی مدارک AFC^{۱۵}، تطبیق نقشه های مهندسی با شرایط ساخت و تصحیحات احتمالی از طریق مواردی مانند TQ^{۱۶} و تهیه پاسخ آنها و در نهایت مارک آپ نمودن نقشه ها و تهیه مدارک چون ساخت یا AS Built می باشد.

همانطور که در جلسات گذشته مطرح شد هدف از تهیه نقشه های چون ساخت، تهیه مدارک عیناً برابر با آنچه در پروژه پیاده شده است می باشد.

نکته: یکی از مواردی که بایستی به خصوص در زیرفاز مهندسی ساخت در نظر داشت این است که کلیه مدارک شامل نسخ فیزیکی بایستی ممهور به مهر باشند و امکان اشتباه را در کارگاه و محل اصلی اجرای پروژه به حداقل برسانند. معمولاً ارقام قابل تحویل در کارگاه در صورتیکه فاقد مهر باشند امکان تمایز آنها از یکدیگر و تفکیک مدارک تأیید نشده و یا در حال تأیید از مدارک تأیید شده برای ساخت (AFC) مقدور نخواهد بود. این خود یکی از وظایف مهندسان و کارشناسان دفتر فنی در زیرفاز مهندسی ساخت می باشد.



مدرس دوره : مهندس سید مسعود سیدی مطلق

www.ipmp.ir

جزوه آموزشی مرکز کنترل مدارک DCC

جلسه هشتم

یکی از عوامل قابل توجه در تولید، ارسال و آرشیو ارقام قابل تحویل فاز مهندسی و مدیریت آنها، شماره گذاری مدارک مهندسی می باشد که طی جلسه بعد به آن خواهیم پرداخت.

www.ipmp.ir