

Опыт внедрения PLM-системы в ООО «ИЗ-КАРТЭКС им. П.Г. Коробкова»

А.Г. Шилов (ООО «ИЗ-КАРТЭКС им. П.Г. Коробкова»), С.Л. Марьин (ЛАНИТ)

Сформулированы предпосылки внедрения PLM-системы в ООО «ИЗ-КАРТЭКС им. П.Г. Коробкова» (Санкт-Петербург), занимающемся производством и поставкой карьерных электрических экскаваторов. Рассмотрены организационные проблемы, связанные с внедрением. Описаны этапы внедрения PLM-системы на участках конструкторской и технологической подготовки производства. Приведены результаты проекта и перспективы его развития¹.

Ключевые слова: жизненный цикл изделия, карьерные электрические экскаваторы, PLM-системы, конструкторская подготовка производства, технологическая подготовка производства, электронный макет изделия.

Описание объекта автоматизации

ООО «ИЗ-КАРТЭКС им. П. Г. Коробкова» (Санкт-Петербург) является крупнейшим на территории России и стран СНГ производителем и поставщиком карьерных электрических экскаваторов. Предприятие образовано в 1991 г. на базе экскаваторного производства Ижорских заводов. Входит в состав Группы ОМЗ (Объединенные машиностроительные заводы). С 1957 г. произведено и поставлено свыше 3500 карьерных электрических экскаваторов, из которых более 1200 находятся в эксплуатации.

Продукция «ИЗ-КАРТЭКС» поставляется на горнодобывающие предприятия России, Украины, Казахстана, Беларуси, Узбекистана, Монголии, Китая, Индии и других стран. Карьерные экскаваторы ИЗ-КАРТЭКС составляют основу парка выемочно-погрузочного оборудования крупнейших горнодобывающих предприятий России и стран СНГ — Украины, Казахстана и Узбекистана.

Горнодобывающей отраслью востребованы экскаваторы с большей вместимостью ковша, что позволяет снизить издержки на добычу полезных ископаемых. В связи с этим предприятие занимается проектированием и производством семейства крупных электрических карьерных экскаваторов с объемом ковша 10...32 м³, а также проектирует и производит самоходные буровые станки, предназначенные для бурения вертикальных и наклонных взрывных скважин при открытой разработке месторождений. Экскаваторы с электромеханическим приводом лучше других подходят для разработки мощных месторождений железной руды, угля, золота, меди, горнохимического сырья.

ООО «ИЗ-КАРТЭКС» — единственная в мире компания, производящая унифицированные экскаваторы, что позволяет устанавливать на одной базе, по желанию заказчика, речный (ЭКГ-18 Р) либо канатный (ЭКГ-20 К) напорный механизм.

В 2011 г. был произведен самый мощный в истории российского экскаваторостроения экскаватор ЭКГ-32 Р с вместимостью ковша 32 м³ и рабочей массой 1050 т.

На сегодняшний день завершено рабочее проектирование инновационного супермощного карьерного экскаватора ЭКГ-50, характеризуемого рабочей массой — 1500 т и вместимостью ковша — 60 м³. Габариты и масса карьерных экскаваторов настолько ве-

лики, что их сборка осуществляется непосредственно в карьере, в полевых условиях.

Предпосылки внедрения PLM-системы

С 2006 г. на предприятии «ИЗ-КАРТЭКС» для автоматизации конструкторских работ использовалась CAD/CAM/CAE-система NX компании Siemens PLM Software. К 2008 г. специалисты компании успешно освоили возможности этого программного инструментария. В 2011 г. в соответствии с принятой в компании «Концепцией развития информационного пространства» была поставлена задача приобретения PLM-системы, и выбор однозначно остановился на системе Teamcenter компании Siemens PLM Software [1].

Этот выбор был сделан исходя из следующих критериев:

- NX и Teamcenter являются программными продуктами одного производителя, и их версии всегда согласованы;

- конструктор и технолог в среде NX/Teamcenter могут ощутить преимущества, являющиеся следствием глубокой интеграции, такие как использование альтернативной геометрии деталей, библиотек материалов, ПКИ, стандартных изделий, управление конфигурированием изделия и др.;

- так как на предприятии ведется не только проектирование, но и производство, нет необходимости жестко соблюдать ряд ограничений, имеющих смысл, когда проект должен быть передан другому предприятию для производства, а значит, можно упростить процесс технологической подготовки, упростить и сократить технологическую документацию.

Внедрение всех продуктов Siemens PLM Software для «ИЗ-КАРТЭКС» выполняла компания Ланит.

Пилотный проект

Перед развертыванием PLM-проекта на площадке «ИЗ-КАРТЭКС» специалистами ЛАНИТ был реализован пилотный проект с использованием решений Siemens PLM Software. Его целью было не только создание цифровой модели агрегата экскаватора, но и оценка работы системы Teamcenter в реальных условиях предприятия и восприятие ее сотрудниками.

Первая часть пилотного проекта — автоматизация конструкторской подготовки производства (КПП) была успешно завершена в обозначенные сжатые

¹ Процесс развертывания PLM-проекта на площадке «ИЗ-КАРТЭКС» по итогам 2013 г. описан в [1].

Автоматизация конструкторской подготовки производства

сроки 6 мес. Конструкторы ощутили удобство работы в связке систем NX и Teamcenter. После этого было принято решение о развертывании Teamcenter в конструкторском бюро предприятия. Второй этап пилотного проекта — технологическая подготовка производства (ТПП), завершился за год, что является очень хорошим результатом.

По итогам пилотного проекта было решено вести новые проекты экскаваторов только под управлением Teamcenter.

Организационные аспекты внедрения PLM-системы

Успех внедрения автоматизированных систем на предприятии во многом зависит от позиции его первого лица, руководителя. Нужен административный ресурс, воля первого лица и его организационные действия [2]. Куратором PLM-проекта и его активным участником выступил генеральный директор «ИЗ-КАРТЭКС». Для обеспечения успеха начатого PLM-проекта в «ИЗ-КАРТЭКС» была образована небольшая команда, состоящая из наиболее грамотных и продвинутых конструкторов и технологов, заинтересованных и увлеченных PLM-проектом. Предполагалось, что эта команда будет в дальнейшем поддерживать систему и развивать ее.

При старте нового проекта по автоматизации очень часто руководство предприятия сталкивается с важной проблемой — сломить сопротивление начальников структурных подразделений, которые начинают этот процесс саботировать. Объективно они действительно попадают в тяжелую ситуацию. На них сваливается абсолютно новая работа. Они психологически не готовы к этому, боятся выпасть из процесса и не хотят брать на себя дополнительные риски. В такую линейную структуру кадров очень тяжело внедряются новшества [2].

Нечто подобное произошло и в «ИЗ-КАРТЭКС». На момент внедрения технологии электронного макета все главные инженеры проекта (ГИП) предприятия, являясь хорошими предметными специалистами, были людьми в возрасте, и им было достаточно сложно радикально поменять инструмент проектирования. В свою очередь рабочие отделы, получавшие от ГИП компоновку на бумаге, не видели смысла в цифровом проектировании.

Из опыта компании Ланит следует, что для облегчения начальных этапов внедрения имеет смысл провести структурные изменения — временные, а при необходимости — постоянные. И руководство предприятия по совету компании ЛАНИТ предложило ГИПам воспитать себе преемников — специалистов, переняв их предметную компетенцию, смогли бы выполнять роль ГИПов в условиях внедрения цифровых технологий. И было организовано соревнование по подготовке молодых кадров. В результате специалистов, способных выполнять функции ГИПов, удалось подготовить за сравнительно короткий срок.

Все участники процесса проектирования должны работать в некоем виртуальном пространстве и проектировать изделие в виде одного электронного макета в глобальной системе координат, ни по кусочкам, ни по отсекам, а единое изделие. Все видят работу друг друга. Каждый элемент создается в привязке к существующему контексту, в том числе в ассоциативной привязке. Любое сложное проектирование начинается с концептуального облика, поиска схем, компоновок, конструктивно-силовых схем, обводок, разработки детальной конструкторской документации. На выходе получается конструкторская документация в виде электронного макета [2].

В ООО «ИЗ-КАРТЭКС» все работы по созданию изделий выполняются по технологии электронного макета. Это является одним из важных достижений внедрения PLM-системы на предприятии. Именно создание трехмерных электронных моделей, максимально соответствующих реальному изделию, открывает большие возможности выпуска более качественной продукции (особенно сложной и наукоемкой) и в более сжатые сроки.

С помощью заложенной в систему NX функциональности PTS (Product Template Studio) в КБ «ИЗ-КАРТЭКС» удалось реализовать шаблон цифровой компоновочной схемы. Задавая в шаблоне глобальные параметры изделия, указанные в электронном ТЗ, формируется цифровая компоновочная схема экскаватора.

Суть подхода PTS заключается в том, что параметры, определяющие конструкцию детали или сборочного узла, заранее связываются математическими зависимостями. В шаблоне PTS аккумулируются все знания об определенном классе изделий, а компоновочная схема конкретного изделия, соответствующего ТЗ, получается автоматически. Для ускорения процесса проектирования нужно создать набор шаблонов PTS для наиболее часто повторяющихся элементов или сборок. В дальнейшем конструктор сможет дорабатывать их с минимальными временными затратами.

В «ИЗ-КАРТЭКС» используются приемы работы в NX с большими сборками. Общая сборка экскаватора может включать до 10 тыс. компонентов. Было решено отказаться от загрузки на рабочем месте сборки целиком. Вместо этого загружается только ее контекст — окружение из тех деталей, от которых зависит топология конкретного проектируемого узла или агрегата. Для автоматизации этого процесса используются контексты, создаваемые с помощью комбинирования разнообразных фильтров (по массе, объему, размеру, расстоянию от точки; все детали, вписывающиеся в геометрический примитив и др.).

На этапе создания проекта самого большого экскаватора ЭКГ-50 конструкторы предприятия освоили технологию PMI (средства для поддержки производственной информации). PMI наносится

на 3D-модели для того, чтобы окончательно уйти от необходимости распечатывать чертежи. Версия NX 9 предлагает богатые возможности для использования PMI при подготовке производства и программировании обработки на станках с ЧПУ с помощью модуля NX CAM.

В компании утвержден нормативный документ (стандарт), провозглашающий в качестве подлинника 3D-модель изделия, снабженную PMI-информацией. Это условие распространяется на все новые изделия.

Интеграция систем Teamcenter и Cortona3D Rapid Author позволила КБ создавать интерактивные каталоги и инструкции по эксплуатации, а технологическому отделу — анимированные технологические карты сборки.

Нормативно-техническое обеспечение является одним из очень важных аспектов внедрения PLM-технологий. Перед тем как принять в 2011 г. концепцию развития информационного пространства «ИЗ-КАРТЭКС» на предприятии были описаны все процессы в нотации IDEF0. Был создан целый ряд справочников в Teamcenter, налажена передача данных из PDM- в ERP-систему предприятия. Функционирует группа нормативно-справочной информации (НСИ), обеспечивающая для всех систем предприятия единство справочников (в каждый момент времени все справочники доступны, актуальны и идентичны).

Технологическая подготовка производства

Наличие на ООО «ИЗ-КАРТЭКС» электронного макета изделия со всей необходимой для подготовки производства атрибутивной информацией (PMI) являлось важной предпосылкой для реализации цифрового процесса технологической подготовки производства.

Работа над всеми новыми проектами экскаваторов на «ИЗ-КАРТЭКС» ведется в среде Teamcenter. Например, проект ЭКГ-12 М выполняется уже по новой технологии с применением электронного технического задания и параметрических шаблонов.

Как известно, для технологов очень важно работать в едином информационном пространстве с конструкторами. Это позволяет одновременно (не дожидаясь полного окончания разработки нового изделия) использовать результаты проектирования для ТПП. Для участников процесса создается эффективная единая система представления и распределения информации по всем аспектам изделия. Например, общие габариты детали и ее материал определяются гораздо раньше, чем завершается ее детальная проработка. Информация о габаритах и материале может быть передана технологу и снабженцу, не дожидаясь выпуска полностью проработанной модели. Это позволяет технологу начать проработку ТПП гораздо раньше. Снабженцам это позволяет, с одной стороны, не выполнять бесполезную работу по детализации, если полуфабрикат под деталь не может быть закуплен или обработан, а с другой — дает необходимый резерв для подготовки оптимального договора поставки.

Перемены происходят лишь тогда, когда мы идем против того, наперекор тому, к чему привыкли.

Пауло Коэльо

ТПП на «ИЗ-КАРТЭКС» в условиях трехмерного проектирования предусматривает использование:

- 3D-моделей для создания управляющих программ для станков с ЧПУ;
- 3D-моделей для создания технологических заготовок с определением припусков;
- электронного макета для проектирования ассоциативной технологической оснастки;
- структуры и моделей электронного макета для отработки сборочных технологических процессов и техпроцессов обработки, создания всех необходимых технологических эскизов (в том числе анимационных — видео).

Разработанные в Teamcenter техпроцессы считаются электронными подлинниками технологической документации.

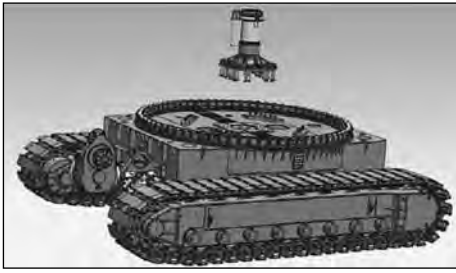
В ходе выполнения пилотного проекта специалисты ЛАНИТ смогли существенно упростить процесс ТПП и технологическую документацию, а также выполнили для технологов необходимые изменения в интерфейсе Teamcenter Manufacturing 8.3, чтобы он стал более удобным для работы.

Процесс ТПП по электронному макету изделия протекает в системе Teamcenter и существенно отличается от традиционного. Документация по ЕСТД в данном процессе рассматривается как отчет, выпущенный в автоматическом режиме на базе различной информации, хранящейся в объектах Teamcenter. В перспективе «ИЗ-КАРТЭКС» от таких бумажных отчетов откажется вовсе, — когда цеха будут оснащены планшетами и мониторами, а рабочие будут подключены напрямую к Teamcenter.

Сборочный процесс в Teamcenter представляется в виде наглядной 3D-анимации; технологические эскизы, определяющие процесс обработки деталей на универсальном оборудовании, представляются в виде набора 3D-моделей, каждая из которых описывает определенную операцию.

Цифровой процесс ТПП происходит в едином виртуальном пространстве, позволяющем по ассоциативной цепочке обрабатывать все изменения в конструкции. На ООО «ИЗ-КАРТЭКС» реализованы следующие задачи по ТПП:

- ведение межцеховых маршрутов в среде Teamcenter Manufacturing;
- автоматизированное материальное нормирование в среде Teamcenter Manufacturing;
- проектирование ТП сборки и механообработки на универсальном оборудовании в среде Teamcenter Manufacturing;
- формирование технологической отчетной документации;



Ходовая тележка: электронный макет и его реализация

• визуализация сборочных ТП при помощи Cortona3D в среде Teamcenter.

Задача по ведению межцехового маршрута была решена путем создания специальной программной оболочки, которая с помощью встроенных функций Teamcenter Manufacturing создает по определенным правилам структуру расцеховки. Оболочка имеет простой и наглядный интерфейс, который обеспечивает отображение информации из классификатора Teamcenter, отсутствие ошибок, неизбежных при ручном вводе, и уменьшение трудоемкости создания маршрута для компонентов изделия. Интерфейс позволяет одновременно управлять несколькими вариантами расцеховки для одной ДСЕ и проводить изменения.

Для задач материального и трудового нормирования сотрудниками Ланит был разработан модуль в среде Teamcenter, в основе которого лежит мощный математический аппарат. Это решение позволяет практически в автоматическом режиме, используя данные классификатора по материалам, рассчитывать нормы по различным сценариям. Разработанный модуль позволяет нормировать сразу несколько марок материалов в зависимости от параметров заготовки и условий закупки. В модуле формирования технологических процессов был реализован механизм трудового нормирования как по операциям, так и по переходам.

Из-за выдающихся габаритов экскаваторов «ИЗ-КАРТЭКС» их не собирают целиком на площадке предприятия. Но отдельные узлы, сложность которых достаточно велика, все же собираются в цехах. Визуализация технологической документации позволила поднять этот процесс на совершенно другой уровень за счет значительно более качественной проработки изделия на собираемость и возможности автоматизированного проведения изменений, чему способствовала и тесная интеграция Teamcenter и Cortona3D. При этом анимированные процессы сборки можно просматривать как в среде Teamcenter, так и на любом другом компьютере или на мобильном устройстве сотрудников без установленной системы Teamcenter.

Итоги и результаты

Внедряемая на «ИЗ-КАРТЭКС» технология PLM на базе продуктов Siemens PLM Software позволяет иметь полную информацию об изделии на всех этапах его жизненного цикла.

Шилов Андрей Григорьевич — руководитель ИТ-подразделения ООО «ИЗ-КАРТЭКС им. П.Г. Коробкова»,
Марьин Сергей Львович — директор департамента САПР компании ЛАНИТ.

Контактный телефон (495) 967-66-50.

[Http://www.lanit.ru](http://www.lanit.ru)

Предприятию уже удалось ощутить ряд конкретных преимуществ PLM. Во-первых, на этапе сборки экскаватора существенно уменьшилось число коллизий. Прежде в карьере нередко возникали нештатные ситуации при сборке, исправлять которые в полевых условиях всегда очень сложно.

Во-вторых, на порядок уменьшилось число извещений об изменениях. В-третьих, процесс конструирования изделия сократился по времени.

До внедрения PLM случалось так, что на стадии рабочего проекта выяснялись существенные отклонения конструкции от того, что указано в ТЗ на экскаватор. Устранять такие ошибки, порожденные неправильным подходом к проектированию, было очень сложно и затратно по времени. Сегодня принятый на предприятии подход предусматривает обязательное создание электронного макета и проектирование в контексте сборки, что полностью исключает такие ситуации. Один из важных эффектов применения Teamcenter для конструкторов — упорядочение работы с моделями и большими сборками, которые больше «не разваливаются».

Проектирование в среде NX ускорило работу конструкторов в полтора раза (на конкретном проекте экскаватора). Поскольку специфика предприятия заключается в том, что готовое изделие собирается непосредственно в карьере заказчика, то возможность сразу собрать изделие без проблем и переделок крайне важна. В этом аспекте технологии Siemens PLM дают предприятию колоссальный эффект.

Технологам «ИЗ-КАРТЭКС» стало легче и удобнее работать с 3D-моделями, спроектированными в NX по технологии электронного макета. Прежде им нередко приходилось переделывать их, поскольку в первоначальном процессе были нарушены требования и правила построения.

Задача-максимум «ИЗ-КАРТЭКС» — создать электронный экскаватор, который можно будет продавать заказчику, демонстрируя его только в виде электронного макета (рисунок). Соответственно, на основе электронного макета создается эксплуатационная документация по международным стандартам.

Список литературы

1. Суханова А., Суханов Ю. «Мы хотим стать инновационным, европейским предприятием по производству экскаваторов мечты». Интервью А.Г. Шилова, руководителя ИТ-подразделения ООО «ИЗ-КАРТЭКС им. П.Г. Коробкова» // CAD/CAM/CAE Observer. 2014. №2 (86). С. 8-25.
2. Кто рискует, тот добивается успеха. Интервью с директором департамента САПР-ЛАНИТ С.Л. Марьиным // Автоматизация в промышленности. 2014. №9.