

Технологическая структура – основа технологической подготовки производства и управления производством

Опыт компании “Солвер”

Дмитрий Абросимов, Антон Скопинцев (инженерно-консалтинговая компания “Солвер”), Григорий Чернобыль (PTC)

Число предприятий, внедряющих у себя *PLM*-системы, с каждым годом увеличивается, и хотя цели при этом у всех предприятий разные, – всё чаще *PLM*-решения внедряются совместно с системами класса *ERP*. В этом случае в качестве одной из основных задач для *PLM*-системы рассматривается объединение и подготовка данных, необходимых для работы *ERP*-системы в аспекте планирования производства и закупки материалов.

Для эффективного решения этой задачи к методологии работы с *PLM*-системой должны предъявляться более строгие требования. В частности, для обеспечения правильного планирования работ и решения задач по учету незавершенного производства (**НЗП**) и полуфабрикатов, структура изделия (спецификация, *Bill of Materials*), подготовленная для передачи в систему планирования производства, должна отвечать ряду требований, которые при формировании конструкторской структуры обычно не учитываются. Другими словами, возникает необходимость формирования технологической структуры изделия, основой для которой является конструкторская структура.

Чаще всего решение этой задачи вызывает определенные затруднения, связанные с недостатком практики работы именно с технологическими структурами в подразделениях, отвечающих за конструкторско-технологическую подготовку производства, а также с неполным использованием возможностей внедренной на предприятии *PLM*-системы, или даже с отказом от её использования для управления технологическими структурами изделий.

В данной статье речь пойдет о проблемах, связанных с созданием структур изделия, удовлетворяющего требованиям *ERP*-системы в аспекте организации планирования производства и закупок, и о том, как применение *PLM*-решения позволяет упростить этот процесс. Авторы опираются на свой опыт внедрений *PLM*-системы *Windchill*, разработанной компанией *PTC*, которая является одним из лидеров рынка информационных систем этого класса, и обладающей всем спектром инструментов для управления структурами и различными конфигурациями изделий.

Для чего нужна технологическая структура изделия?

Необходимость разработки различных структур для одного изделия обусловлена наличием ряда причин технологического и производственного характера, связанных в основном с особенностями производства, сборки или с технологическими ограничениями. В качестве примера приведем перечень основных причин, определяющих необходимость разработки технологической структуры.

✓ В конструкции изделия присутствует деталь с габаритными размерами, не позволяющими обработать её с помощью существующего на предприятии оборудования. Часто в таких случаях деталь сваривают из двух отдельных, предварительно обработанных частей. Такое технологическое решение предполагает, что конечная деталь из конструкторской структуры превращается при производстве в сборочную единицу из двух деталей, которых до этого в конструкторской структуре просто не существовало.

✓ Узел, представленный в конструкторской структуре единой сборочной единицей, в силу технологических особенностей собирается в два этапа на двух разных участках. При этом в технологической структуре появляется так называемая промежуточная или технологическая подсборка (рис. 1), производство которой необходимо планировать отдельно. Подобная ситуация также возникает, если не до конца собранный узел требуется передать на испытания, и в других случаях.

✓ В ряде случаев необходимость создания технологических подборок продиктована особенностями поставок комплектующих на сборочные участки. Например, крепежные изделия в конструкторской структуре могут быть распределены по нескольким узлам, но на сборочный участок они все попадают в виде одного комплекта крепежных элементов, который формируется либо на другом участке, либо сторонним поставщиком этих компонентов.

✓ Не редки случаи, когда в процессе производства в силу определенных причин с деталями или сборочными единицами соединяются различные технологические элементы – такие как, например, проушины для обеспечения возможности транспортировки между

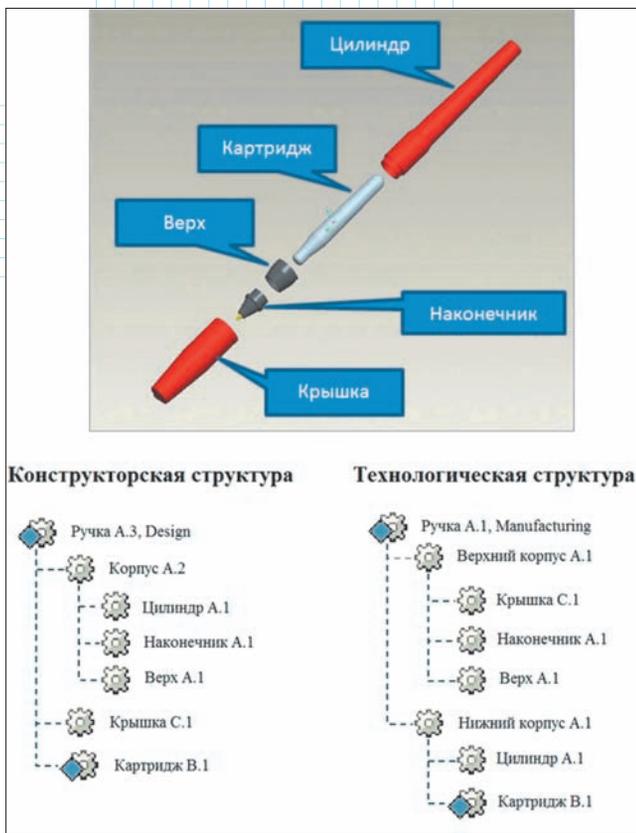


Рис. 1. Технологическая структура изделия, включающая в себя промежуточную сборку

участками, различные вспомогательные или поддерживающие элементы и тому подобное. В конструкторской структуре изделия, а также в готовом изделии эти элементы отсутствуют, но в производстве они также нуждаются в учете и планировании.

Разумеется, приведенные примеры всегда зависят от специфики конкретного предприятия, от принятой на нем модели планирования производства и учета НЗП.

Типы структур и их состав

Обычно выделяют три основных структуры (*Bill of Materials – BOM*) изделия:

1 Конструкторская структура (*eBOM*) соответствует состоянию “как спроектировано”, содержит узлы и детали, цифровое описание изделия, учитывает технические условия и требования заказчика (характеристики, условия эксплуатации и обслуживания и т.д.). Формируется при проектировании изделия, исходя из его конструктивных особенностей. Современные *PLM*-системы позволяют автоматизировать создание *eBOM* на основе структуры трехмерной модели.

2 Технологическая структура (*mBOM*) соответствует представлению “как изготовлено”. Содержит список и количество деталей, необходимых для компоновки изделия или сборки;

в ней появляются детали и сборочные единицы (*ДСЕ*), отсутствующие в конструкторской структуре. С точки зрения производства, *mBOM* представляет собой набор компонентов, которые нужны для изготовления изделия, и отражает фактическую последовательность его сборки. Различные компоненты в технологической структуре могут быть потреблены, уничтожены, произведены или разобраны операциями связанных технологических процессов. Технологическая структура изделия создается на базе конструкторской и строится исходя из экономических, логистических, административных требований.

3 Альтернативная технологическая структура описывает другой, альтернативный способ производства изделия. Включает детали, необходимые для компоновки изделия или сборки с тем же производственным обозначением детали, что у существующей. Альтернативная структура может потребоваться для поддержки производства одного и того же изделия на разных предприятиях или для определения альтернативных способов производства – например, при выпуске разных партий. Альтернативная структура изделия создается на базе технологической и также строится исходя из экономических, логистических, административных требований.

Необходимо отметить нежелательные последствия, возникающие при отсутствии правильной технологической структуры изделия, такие как:

- существенные ошибки при планировании работы сборочных участков, приводящие к неритмичности работы и несовпадению фактических и запланированных сроков;
- ошибки при расчете потребности в ресурсах и материалах. Например, из-за особенностей технологии производства для изготовления изделия может требоваться больше материалов, чем было рассчитано в соответствии с конструкторской структурой;
- невозможность грамотной комплектации отдельных этапов сборки изделия;
- невозможность выделения альтернативной структуры для различных целей (к примеру, для расчетов затрат на производство опытного образца и т.д.), что, в свою очередь, вызывает трудности с планированием затрат на изготовление опытного образца или с формированием заданий на закупку требуемых материалов.

PLM-система – управление всеми видами инженерных данных, включая конструкторскую и технологическую структуру изделия

Может возникнуть резонный вопрос – зачем применять *PLM*-решение, если можно вести электронную структуру изделия (*ЭСИ*)

непосредственно в ERP-системе? Многие предприятия так и поступают, в принципе отказываясь от внедрения PLM-системы, либо внедряя систему низкого уровня, позволяющую управлять лишь конструкторской структурой изделия. В этом случае предприятия сталкиваются со следующими трудностями:

1. Невозможность создания и управления связями между различными ЭСИ в ERP-системе. Это связано с тем, что структуры, отличные от конструкторской, будут содержать узлы и детали из других конструкторских спецификаций. Например, в конструкторской структуре использовался узел "Двигатель". Части этого узла могут входить в различные технологические узлы, отсутствующие в конструкторской структуре. Невозможность связать элементы различных ЭСИ между собой объясняется отсутствием в ERP-системах связей подобного рода.

2. Невозможность отслеживания изменений, проведенных в одной ЭСИ и влияющих на другую ЭСИ.

3. Невозможность формирования и отслеживания связей между элементами различных ЭСИ, что приводит к появлению большого объема рутинной работы с ручной редакцией структур в ERP-системе при проведении изменений, а также к появлению ошибок в структуре изделия.

4. Трудности отслеживания актуальной (фактической) структуры изделия в случае поступления изделия на ремонт или утилизацию.

Именно PLM-системы обеспечивают наличие необходимого функционала для работы с инженерными данными и апробированных

методик по его применению, таких как, например:

- создание и редактирование технологических ДСЕ, включающих в себя, в том числе, конструкторские ДСЕ, без изменения конструкторской структуры;
- связь конструкторской и технологической структуры, используемая для уведомления технологов о внесении изменений в КД;
- формирование отчетов о сравнении различных ЭСИ;
- возможность ограничения доступа к различным ЭСИ изделия внутри PLM-системы.

В частности, в PLM-системе Windchill ассоциативные связи формируются автоматически при создании технологической структуры на базе конструкторской и могут быть изменены на любом этапе технологической подготовки производства. При изменении конструкторской структуры изделия, Windchill автоматически предупреждает об этом технолога. Кроме того, в технологической структуре можно добавлять различные технологические компоненты, которых может не быть в конструкторской структуре, а также указывать компоненты-заменители.

На рис. 2 приведен пример сформированной с помощью Windchill технологической структуры изделия для предприятия, где осуществляются все стадии производственного процесса (заготовительная, обрабатывающая и выпускающая). Такая структура называется "комплексная (многостадийная) технологическая структура". Чаще предприятия работают по более простой схеме, и, соответственно, применяют специализированную, одно- или двухстадийную технологическую структуру.

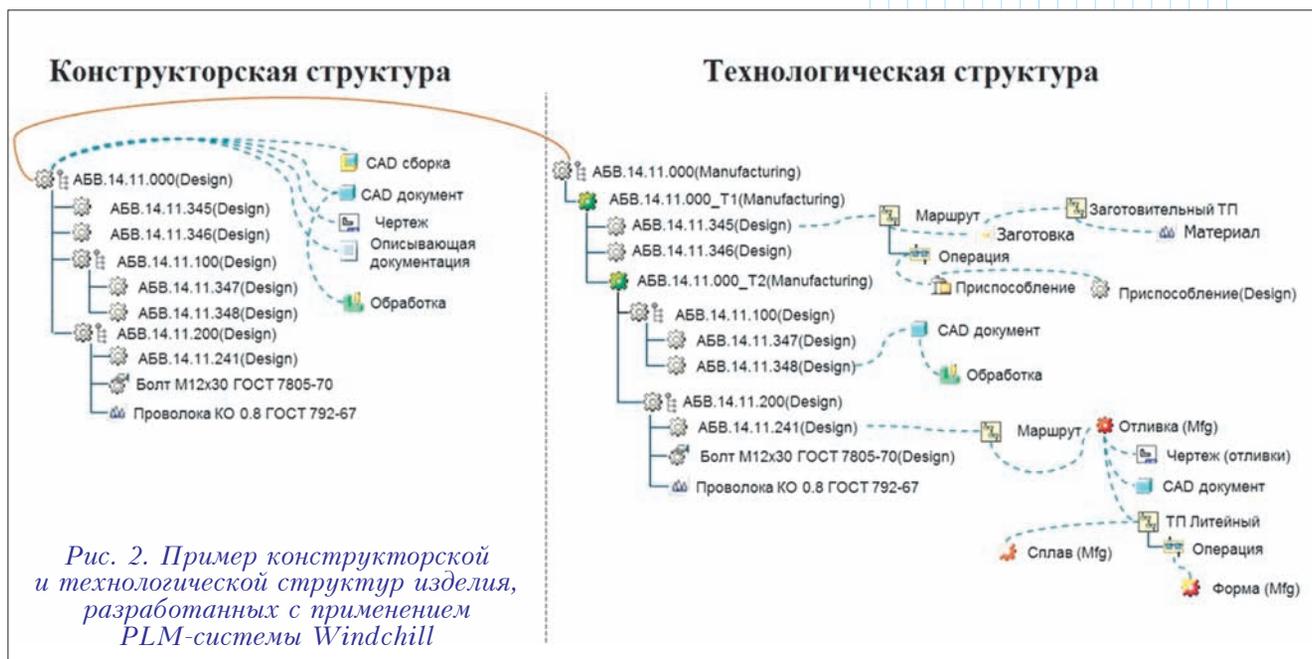


Рис. 2. Пример конструкторской и технологической структур изделия, разработанных с применением PLM-системы Windchill

Производственный процесс по недостающим стадиям обеспечивается в форме кооперированных поставок со стороны других предприятий.

Подход к разработке технологической структуры

Детально процесс разработки технологической структуры может отличаться в зависимости от предприятия, как и сама технологическая структура для разных производств будет соответствовать разным критериям. Это связано с различиями в предъявляемых разными предприятиями требованиях к выпускаемой продукции, а также с отличиями в используемых для управления структурами изделий инструментах. Однако, общие принципы формирования технологической структуры обычно одинаковы для всех.

Перед началом разработки технологической структуры технологу необходимо проанализировать, какие требования предъявляются к изготавливаемому изделию, какие материалы применяются. Эта информация представлена в конструкторской структуре изделия, в ходе проработки которой принимается решение о необходимости формирования технологической структуры. Решение принимается в соответствии с наличием определенных условий – к примеру, с потребностью изготовления заготовки особой формы, к которой необходимо разработать отдельный технологический процесс, или с необходимостью разбиения сборки на под сборки с целью более точного планирования потребляемых ресурсов и т.п.

Практика показывает, что на этой стадии к формированию технологической структуры необходимо привлекать сотрудников производственных подразделений, чей практический опыт поможет ускорить работу и избежать ошибок.

При формировании технологической структуры большинство предприятий использует совмещенную структуру. Это означает, что основная часть технологической структуры, представляет собой конструкторские детали и сборки без изменений, а в структуру вводятся новые под сборки и детали, отсутствующие в конструкторской структуре.

Для сравнения на рис. 3 приведены конструкторская и технологическая структуры одной из подборок изделия. В производстве конструкторская сборка разбивается на шесть подузлов, что связано с особенностями производства и предъявляемыми к сборке требованиями по обеспечению герметичности. На данном примере видно, что для формирования технологической структуры предприятие применяет совмещенную структуру. В конструкторской структуре вводятся технологические под сборки, отражающие этапы производства изделия. Разработка межцеховых маршрутов и технологических процессов ведется непосредственно на ДСЕ, входящие в технологическую структуру, с учетом технологических подборок. Сама же конструкторская структура остается неизменной, при этом при проведении изменений в конструкторской структуре технолог видит эти изменения и принимает решения о необходимости их внесения в технологическую структуру.

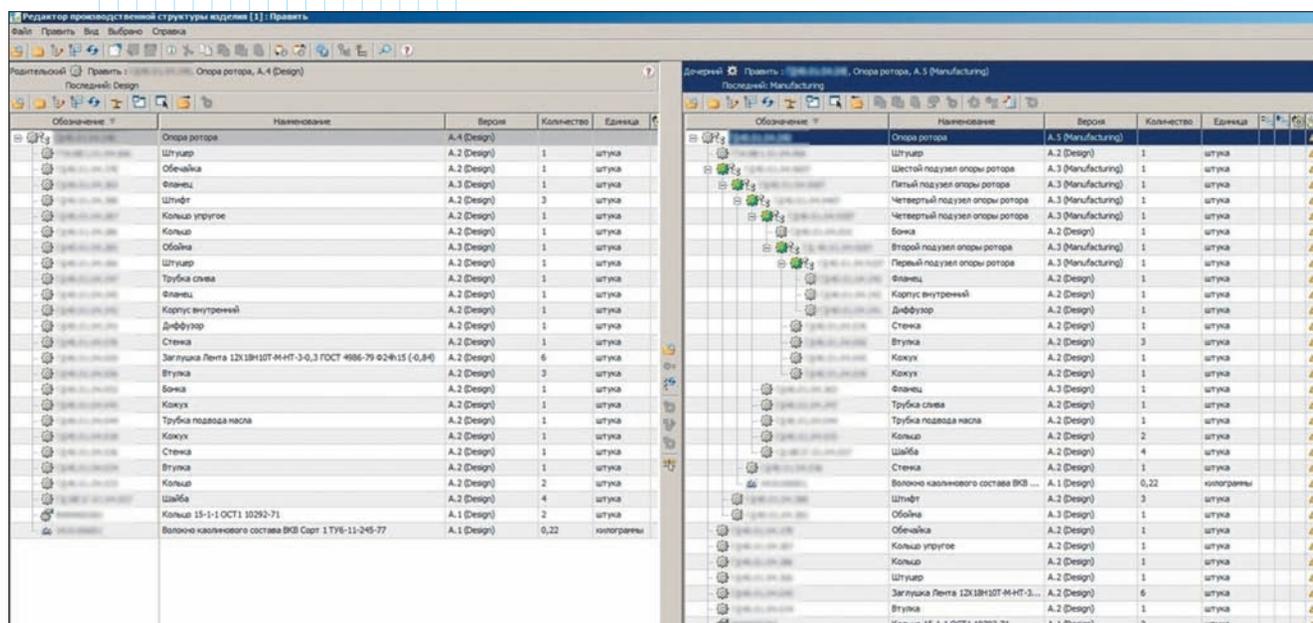


Рис. 3. Конструкторская и технологическая структуры в навигаторе управления структурами изделий PLM-системы Windchill

Выводы

В качестве основных преимуществ использования мощных *PLM*-решений для управления структурами изделий можно выделить следующие:

- Создание и хранение различных электронных структур изделия (технологическую, для испытаний и т.д.), ассоциативно связанных между собой.

- Структурирование процесса производства изделия и его жизненного цикла.

- Сокращение сроков выхода изделия на рынок за счет параллельной конструкторской и технологической подготовки производства в единой информационной среде.

- Учет деталей и сборочных единиц, их количества с учетом реальных потребностей производства.

- Учет обозначений, различных для конструкторских деталей и их эквивалентов в производстве.

- Учет объектов, которые могут являться производимыми деталями и сборочными единицами, покупными изделиями, материалами и т.п., потребляемыми с учетом особенностей изготовления и комплектования.

- Снижение стоимости внесения изменений за счет своевременного выявления и проработки возможных отклонений от конструкторской документации, уменьшение количества дорогостоящих доработок на этапе производства.

- Возможность разграничения прав доступа к различным структурам изделия.

Практика внедрения методологии ведения электронных структур изделия с помощью *Windchill* показывает, что возможности этой *PLM*-системы позволяют в полной мере реализовать перечисленные выше преимущества, и, таким образом, существенно уменьшить время, затрачиваемое на конструкторско-технологическую подготовку производства, количество возникающих ошибок, а также сделать более удобным и прозрачным процесс внесения изменений в техническую документацию.

Благодаря гибкой системе интеграции с системами класса *ERP*, *Windchill* обеспечивает надежную автоматическую передачу электронных структур изделия, полученных в процессе разработки технологии, в различные системы управления ресурсами предприятия, решая, таким образом, задачу подготовки и объединения данных, необходимых для производственного планирования. ☺

Построение УМНОГО ПРОИЗВОДСТВА на машиностроительных предприятиях



- ✓ СТРАТЕГИЯ
- ✓ ТЕХНОЛОГИЯ
- ✓ МЕТОДОЛОГИЯ
- ✓ ДЕЙСТВИЯ
- ✓ РЕЗУЛЬТАТ

СТРАТЕГИЯ И МАРКЕТИНГ

Внедрение процессов эффективного производства

УПРАВЛЕНИЕ ПРЕДПРИЯТИЕМ

Комплексная автоматизация управления производством и жизненным циклом изделий

ПОДГОТОВКА ПРОИЗВОДСТВА

Комплексная автоматизация решений конструкторских и технологических задач

ПРОИЗВОДСТВО

Комплексная автоматизация производственных процессов

www.solver.ru

Внедрение процессов эффективного производства

Успешно реализованные проекты

- Экспериментальные проекты
- Проекты внедрения
- Индустриальные проекты

Комплексная автоматизация управления производством и жизненным циклом изделий

- Symphony – информационная поддержка управления производством по методологии TOC
- ProChalr – управление проектами по методу критической цепи
- ARS – моделирование бизнес-процессов, построение системы сбалансированных показателей
- Windchill – автоматизация управления процессами жизненного цикла изделий

Комплексная автоматизация решений конструкторских и технологических задач

- Creo – комплексная разработка изделий
- FiberSim – проектирование и подготовка производства деталей из композитных материалов
- Mathcad – автоматизация математических расчетов
- Arbortext – автоматизация разработки технической документации
- Techoard – проектирование маршрутно-операционных технологий
- Esprit, PartMaker, HCCAM, CAMPlane Solution, Vericut – автоматизированная подготовка, визуализация и проверка УП
- Windchill – управление процессами конструкторско-технологической подготовки производства
- Stratasys – быстрое изготовление прототипов из пластмасс

Комплексная автоматизация производственных процессов

- Nakamura-Tome, mastec, Amada Machine Tools – токарно-фрезерные и фрезерно-токарные центры
- Yutamura, Hardinge, Kuraki, Gleason, You Ji – вертикальные и горизонтальные фрезерные центры
- Nakamura-Tome, Citizen, Hardinge, Romi, Amada Machine Tools – токарные станки и центры
- Hamai, Pfaffner, Romi – специальные станки
- MAG, Century Design – оборудование для производства и обработки деталей из композитов
- Amada Machine Tools – шифровальное оборудование
- Chih Fong, Chi Ning, Favor Laser, ProArc, Yeh Chihun, Weforl – изготовительно-штамповочное оборудование
- LNS, Samyue, Algra, Nilken, VB, Seco, Guhring, Iemka, Elbo Contrrolli, Schlenker, Ullrich, MT, Sumitomo, Halmir, AMF – автоматизированные устройства, станочная оснастка, режущий и вспомогательный инструмент

ПРОЕКТНЫЙ ЦЕНТР
Воронеж, ул. Станкевича, 43
тел.: (473) 277 7222
(473) 239 3241 (-43, -44)
факс: (473) 277 3994
e-mail: solver@solver.ru

ТЕХНИЧЕСКИЙ ЦЕНТР
Москва, шоссе Фрезер, 10
тел.: (499) 170 1777, 171 3758
(499) 739 0876
факс: (499) 171 8424
e-mail: solver-m@solver.ru

ПРЕДСТАВИТЕЛЬСТВА
Владимир
Нижний Новгород
Казань
Пермь
Астана (Казахстан)