

# Проект внедрения PLM в УПЭК

Эпизод III. Интеграция систем Windchill и ВЕРТИКАЛЬ на этапе автоматизации ТПП

Д.Ф. Толстов, руководитель проектов, Д.А. Козаченко, директор по маркетингу (Pro|TECHNOLOGIES)

## Предисловие

Предлагаем вниманию читателей третью статью из цикла, посвященного одному из крупнейших в Восточной Европе проектов внедрения PLM на предприятиях Индустриальной группы “Украинская промышленно-энергетическая компания” (ИГ УПЭК).

В первых двух публикациях (*Observer* # 7/2010, #1/2011) был дан общий обзор проекта, подробно рассказано о внедрении CAD/CAM/CAE-системы Pro|ENGINEER, а также о создании электронного архива в среде Windchill. Данная статья посвящена вопросам автоматизации технологической подготовки производства (ТПП). Мы постарались рассказать, как при помощи современных информационных систем можно организовать ТПП в рамках территориально распределенных производственных и проектных площадок, входящих в единую корпорацию.

В последующих публикациях будет описана организация работ по созданию постпроцессоров для станков с ЧПУ и то, как осуществлялась интеграция Windchill с системой 1С, которая используется на предприятиях УПЭК для управления производством. Кроме того, мы планируем отдельно, более подробно познакомить читательскую аудиторию с организацией процесса обучения и сертификации специалистов, а также взаимодействия с университетами региона (рис. 1).



Рис. 1. Планируемый цикл статей, посвященных проекту внедрения PLM на предприятиях ИГ УПЭК

## Актуальность автоматизации ТПП

Для чего нужно было выполнять работы по автоматизации ТПП в рамках внедрения Комплексной системы автоматизации (КСА) на предприятиях ИГ УПЭК?

Приведем простой пример. Можно построить классный автомобиль с мощным двигателем и богатым салоном, установить колеса с хорошей резиной и дисками..., но при этом сэкономить на трансмиссии, реализовав её в виде плохо рассчитанного набора ременных передач. Казалось бы, и разбег быстрый (иногда), и скорость приличная (не всегда), но что-то постоянно выходит из строя в слабой (заго дешевой!) трансмиссии.

Вывод напрашивается сам собой – любое изделие не может быть хорошим (полностью отвечающим всем нашим ожиданиям), если оно продумано лишь частично. Эту ситуацию наиболее точно описывает пословица: “Где тонко, там и рвется”.

Точно так же, не бывает автоматизированной системы конструкторско-технологической подготовки производства (КТПП), если автоматизирована только конструкторская часть.

## Почему именно Windchill и ВЕРТИКАЛЬ?

Без лишней скромности скажем, что этот вопрос мог бы прозвучать, например, так: “Почему именно Pro|TECHNOLOGIES и АСКОН?”

ВЕРТИКАЛЬ – наиболее продвинутое и адаптированное решение на рынке САПР ТП. Это доказано тем, что эту систему применяют порядка 400 предприятий в России и СНГ. Непосредственным разработчиком системы является компания АСКОН. Помимо всего прочего, она имеет разветвленную сеть филиалов на территории СНГ, в которых трудятся (внедряют, адаптируют) высокопрофессиональные специалисты.

Одно из главных требований заказчика – связать в рамках одной системы КТПП большое число предприятий, которые расположены не просто на разных площадках, но даже в разных городах. Семейство продуктов Windchill наиболее полно отвечает этим требованиям, поскольку с самого начала разрабатывалось компанией PTC (США) как “облачное” решение по управлению жизненным циклом изделия, ориентированное на работу через интернет в распределенной среде проектирования. Вне зависимости от того, что вам нужно – получить основные возможности управления данными об изделиях, оптимизировать процессы для соблюдения требований определенной отрасли или обеспечить поддержку глобальной разработки продукции – только Windchill может предложить функциональность, необходимую для

эффективного управления группами разработчиков в глобальном масштабе.

В свою очередь, *Pro|TECHNOLOGIES* – это компания-интегратор с 15-летним опытом успешного внедрения продуктов *PTC* любого направления на *PLM*-рынке России и СНГ.

## Организационные особенности реализации проекта

Если посмотреть со стороны, этап проекта “Автоматизация ТПП” в ИГ УПЭК может показаться трудновыполнимым. Судите сами:

- требовалось осуществить интеграцию двух совершенно разных систем;
- на непосредственную реализацию программных инструментов интеграции было выделено всего два месяца;
- непосредственные исполнители, руководство проекта и заказчик территориально находились в разных городах за тысячи километров друг от друга: площадки ИГ УПЭК – Харьков, Лозовая (Украина); руководство проекта со стороны *Pro|TECHNOLOGIES* – Москва, Владимир (Россия); исполнители со стороны АСКОН – АСКОН-Ярославль (Россия), АСКОН-КР (Харьков); исполнители со стороны *Pro|TECHNOLOGIES* – Ижевск, Владимир, Ковров (Россия).

Тем не менее, грамотная организация и планирование работ, плюс технологии XXI века превращают “трудновыполнимое” в очередной успешно реализованный проект.

## Основные задачи и подход к решению

Следует подчеркнуть, что нам требовалось получить нечто гораздо большее, чем просто хранилище ТП, пусть даже хранилище с элементами бизнес-логики. Необходимо было, чтобы системы САПР ТП ВЕРТИКАЛЬ и *Windchill* при эксплуатации не “душили” друг друга, а дополняли, что позволило бы наиболее полно пользоваться их преимуществами. Иными словами, следовало получить такой тандем, который вызывал бы у пользователя полное ощущение работы в единой, эффективной и удобной системе. Для этого, помимо функционала, обеспечивающего такие операции, как взятие на изменение и сдача на хранение технологических процессов (ТП) и комплектов технологической документации (ТД), необходимо было реализовать инструменты для:

- передачи дерева технологического состава изделия (который связан с конструкторским) из среды *Windchill* в САПР ТП ВЕРТИКАЛЬ – например, для последующего проектирования сборочных ТП;
- добавления ссылок в САПР ТП ВЕРТИКАЛЬ на типовые (стандартные) ТП, хранящиеся в базе *Windchill*;
- создания сквозного (комплексного) ТП;
- получения в среде САПР ТП ВЕРТИКАЛЬ информации об интересующем объекте непосредственно из базы *Windchill*;

- обновления данных об объектах, переданных из базы *Windchill* в САПР ТП ВЕРТИКАЛЬ;
- формирования сводных ведомостей в среде *Windchill* на основании технологических данных, занесенных в САПР ТП ВЕРТИКАЛЬ.

## Описание решения

Рассмотрим, как же реализована ТПП и из чего построена система ТПП в общем комплексе средств автоматизации ИГ УПЭК.

В процессе ТПП используется следующее программное обеспечение:

1) **САПР ТП ВЕРТИКАЛЬ** – система автоматизированного проектирования технологических процессов. Основное назначение – разработка ТП и комплекта ТД с возможностью передачи данных в системы класса *PDM*;

2) ***Windchill PDMLink*** – система управления данными об изделии, которая управляет всей информацией, связанной с разработкой изделия, оптимизируя бизнес-процессы на протяжении всего его жизненного цикла;

3) ***Windchill MPMLink*** – система управления данными о ТП. Расширяет функционал *Windchill PDMLink* инструментами работы с технологическими процессами. При этом управление изделием, процессом и всеми ресурсными данными осуществляется в рамках единой системы без необходимости дублирования данных;

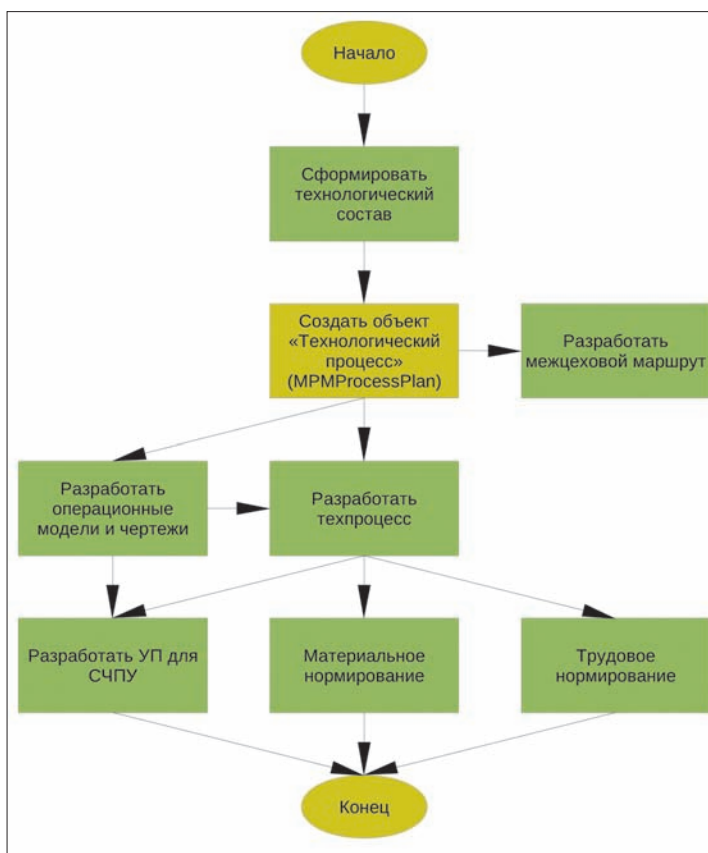


Рис. 2. Схема процесса подготовки производства

**4** **модуль интеграции**, предназначенный для автоматизации процесса обмена данными о ТП между системами САПР ТП ВЕРТИКАЛЬ и Windchill.

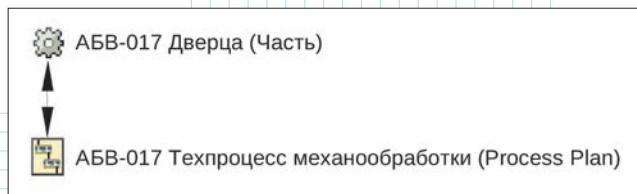
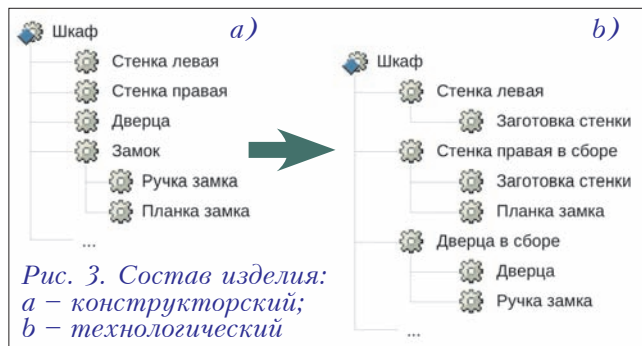
Схема процесса технологической подготовки производства с применением этих программных средств представлена на **рис. 2**.

Рассмотрим пошагово основные моменты проведения технологической подготовки производства средствами КСА для ИГ УПЭК.

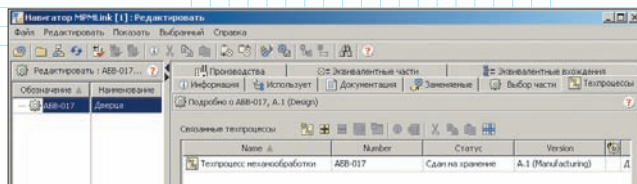
Перед тем, как начать разработку технологического процесса, технологу необходимо понять, что будет изготавливаться и из чего. Для этого ему понадобятся конструкторские данные, основным объектом которых является конструкторский состав изделия или агрегатов (**рис. 3а**). Конструкторским он назван потому, что реализован он по конструкторским замыслам и выглядит так, как конструктор представляет себе изделие. Конструкторский состав описывается в Windchill PDMLink как дерево **“частей”** (так называется объект Windchill). Эти части содержат в себе конструкторскую информацию – как в виде атрибутов, так и в виде связанных с этими частями конструкторских моделей, чертежей и других документов.

Но в жизни конструкторский состав не всегда можно реализовать в производстве в чистом виде. Для выполнения каких-либо производственных операций может возникнуть потребность в фантомных подборках, которых нет в конструкторском составе. В качестве примера можно назвать корпус с заглушками для выполнения операции покрытия; фантомную подборку из двух деталей, которые будут обрабатываться в сборе на протяжении нескольких операций; заготовку особой формы, с которой необходимо связать отдельный ТП. Поэтому технолог, в случае необходимости, формирует на базе конструкторского состава изделия технологический состав (**рис. 3б**). При этом он пользуется стандартными средствами Windchill MPMLink.

После того как определены части, с которыми будут выполняться работы по ТПП, технолог может приступить к созданию ТП. Для дальнейших действий по подготовке производства ему надо взять готовый или создать новый объект “Технологический процесс” (в Windchill MPMLink он называется *Process Plan*) и связать его с соответствующей конструкторской или технологической деталью или сборочной единицей (ДСЕ). Фактически, ДСЕ



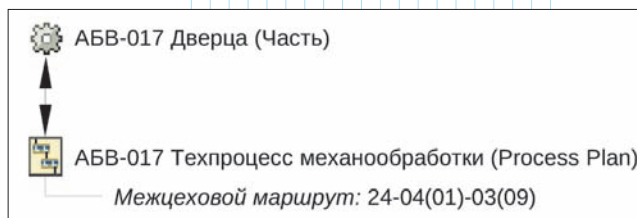
**Рис. 4. Технологический процесс (Process Plan)**



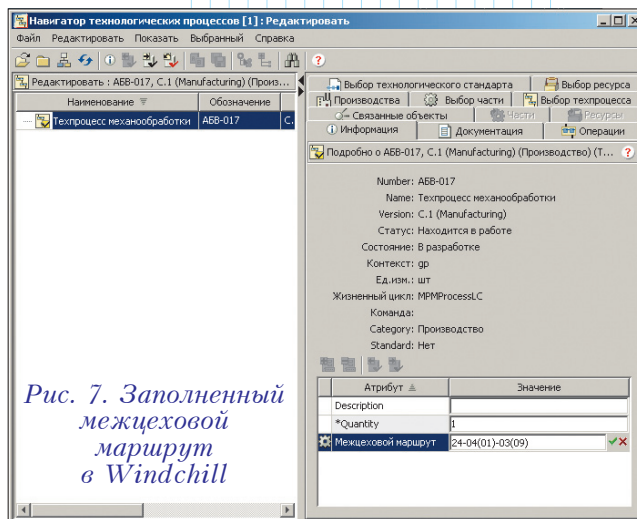
**Рис. 5. Созданный ТП привязан к соответствующей части в Windchill**

являет собой конструкторское или технологическое представление детали в Windchill (**рис. 4, 5**).

Еще до завершения разработки ТП на некоторых предприятиях ИГ УПЭК разрабатывают так называемый **межцеховой маршрут** (**рис. 6**). В нём указывается движение заготовок между цехами и участками в процессе производства. Межцеховой маршрут необходим для того, чтобы спрогнозировать загрузку производства и впоследствии отследить перемещения заготовок между цехами. Так как ТП еще не завершен, межцеховой маршрут разрабатывают наиболее опытные технологи-расцеховщики. Для этого в среде Windchill MPMLink заполняют атрибут “Маршрут” технологического процесса (**рис. 7**).



**Рис. 6. Межцеховой маршрут**



**Рис. 7. Заполненный межцеховой маршрут в Windchill**



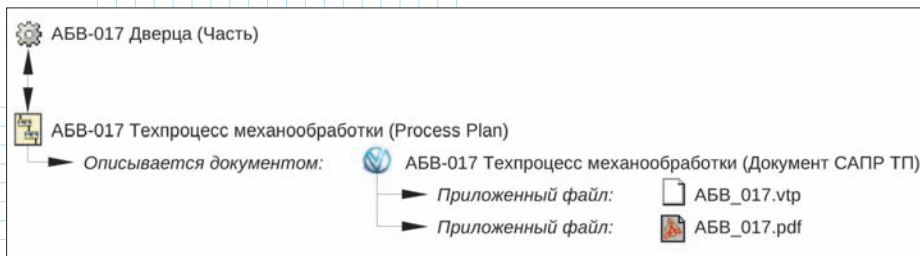


Рис. 8. Представление ТП в Windchill

Отметим, что недостаточно иметь межцеховые маршруты в базе системы – зачастую возникает потребность получить их в виде бумажного документа. Это необходимо для передачи информации в другие (“удаленные”) производственные службы, чтобы те могли видеть картину в целом. Расцеховщик имеет возможность сформировать для них сводную ведомость межцеховых маршрутов на изделие (“агрегат”). При этом Windchill вставляет межцеховые технологические маршруты из атрибута “Маршрут” техпроцесса на соответствующую ДСЕ. Подробнее процесс формирования сводных ведомостей рассмотрим позже.

## Разработка технологического процесса

Для разработки технологического процесса в среде САПР ТП ВЕРТИКАЛЬ технологю необходимо создать объект “документ САПР ТП” и привязать его к соответствующему объекту “Технологический процесс” (**Process Plan**) как описывающий документ. После этого технолог получает возможность брать на изменение и редактировать “документ САПР ТП” в системе САПР ТП ВЕРТИКАЛЬ. Во время разработки ТП в среде системы ВЕРТИКАЛЬ технологю, как правило, требуется конструкторская информация (материал, обозначение и пр.) об обрабатываемом изделии. Утилита интеграции позволяет выполнить такой запрос: она напрямую обращается к объектам Windchill и передает полученную информацию в САПР ТП ВЕРТИКАЛЬ (рис. 9).

В любой момент проектирования ТП технолог имеет возможность сформировать комплект технологической документации в формате PDF. Состав

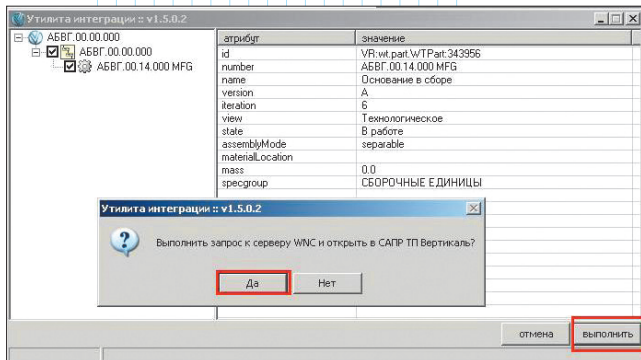


Рис. 9. Запрос на передачу данных о частях изделия в САПР ТП ВЕРТИКАЛЬ

документации и её форму технолог определяет по своему усмотрению (рис. 10).

После завершения работы в САПР ТП технолог сдает комплект документов (файлов) в Windchill (рис. 11). Следует отметить, что данное действие, разумеется, не одноразовое. В любой момент он может снова загрузить комплект документов из базы Windchill и продолжить работу с ним в среде САПР ТП ВЕРТИКАЛЬ.

Какие файлы передаются в базу Windchill из САПР ТП ВЕРТИКАЛЬ при сдаче ТП?

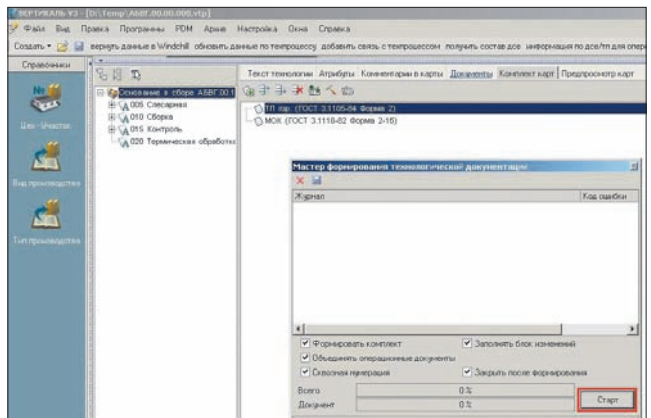


Рис. 10. Формирование комплекта документации в САПР ТП ВЕРТИКАЛЬ

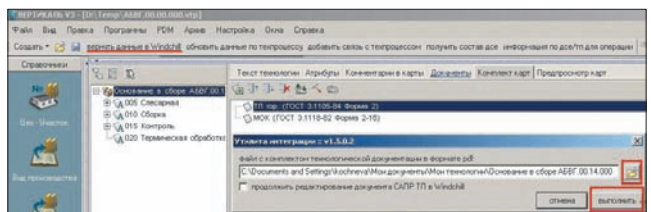


Рис. 11. Сдача готового ТП и комплекта ТД в Windchill

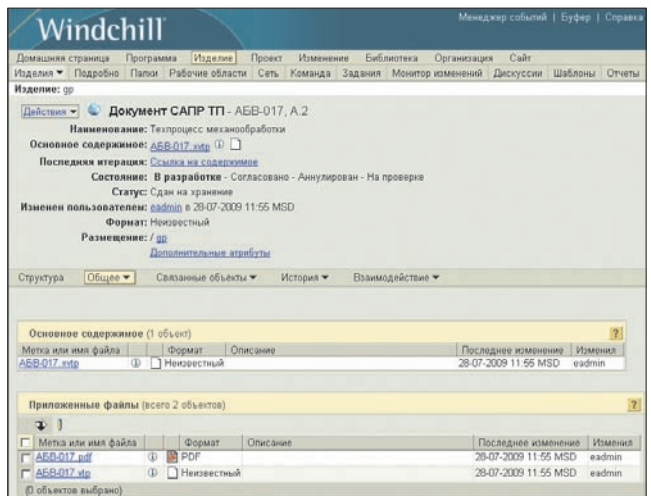


Рис. 12. Windchill: страница информации о сданном ТП и комплекте ТД

В качестве основного “документа САПР ТП” в *Windchill* передается файл в формате *XML*. В этом файле содержится абсолютно вся информация о ТП – начиная от служебной (идентификаторы объектов в *Windchill* и САПР ТП ВЕРТИКАЛЬ) и заканчивая информацией, необходимой для *ERP* и/или для формирования сводных ведомостей в *Windchill* (текстовое содержание переходов, нормы расхода материалов и пр.). Кроме того, в *Windchill* передается комплект ТД в формате *PDF*, а также файлы ТП в оригинальном формате САПР ТП ВЕРТИКАЛЬ (рис. 12).

Связи объектов ТП в *Windchill* и их характер показаны на рис. 8.

### Комплексный ТП

Комплексный (сквозной) технологический процесс состоит из основного ТП, содержащего сквозной технологический маршрут, и нескольких техпроцессов, связанных с группами операций. То есть, отдельные операции основного ТП могут иметь ссылки на соответствующую группу технологических операций (рис. 13).

Комплексный ТП создается в следующих случаях:

- необходимо разбить технологический процесс на несколько отдельных документов для того, чтобы распределить ответственность между технологическими бюро;
- необходимо разбить ТП на несколько отдельных документов для того, чтобы использовать типовые процессы – например, покрытие или термообработку (рис. 14);
- в технологический процесс, описываемый “документом САПР ТП”, нужно вставить группу операций, описываемую другим “документом САПР ТП”. Требуемые “документы САПР ТП” связываются с головным ТП.

При работе с комплексным ТП, когда разрабатывается технологический процесс со ссылками на другие техпроцессы, в САПР ТП ВЕРТИКАЛЬ необходимо создать требуемые ссылочные операции.

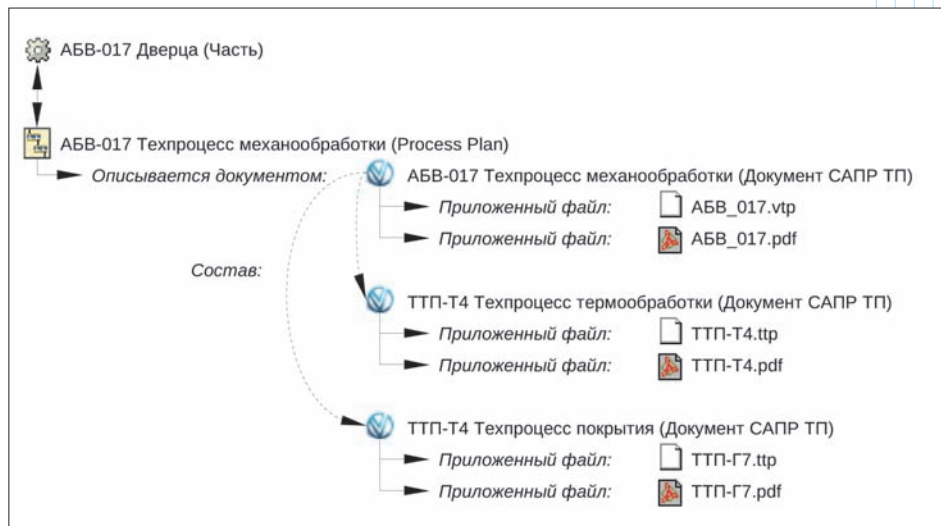


Рис. 13. Комплексный ТП в *Windchill*

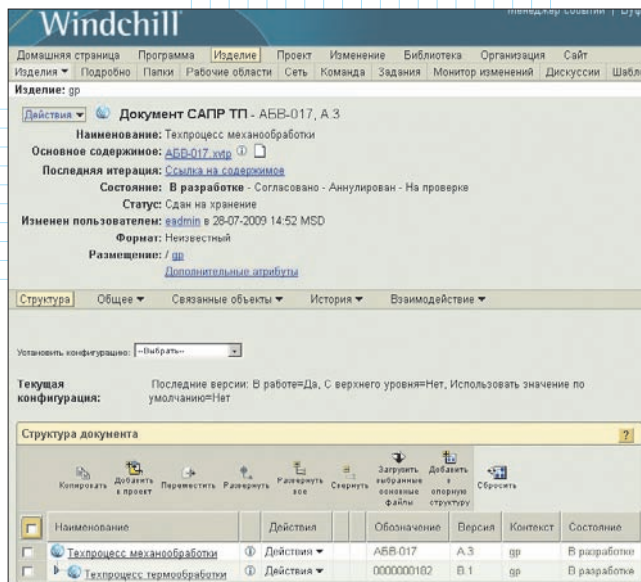


Рис. 14. Стандартные ТП, привязанные к комплексному ТП в *Windchill*

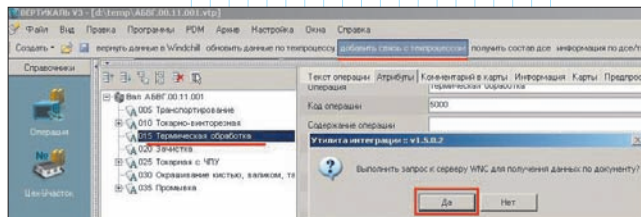


Рис. 15. Запрос на ссылку стандартного ТП из *Windchill*

Для этого технолог, позиционировав курсор на той операции в дереве ТП, которая ссылается на другой техпроцесс, входящий в состав комплексного, должен воспользоваться соответствующей командой для выбора стандартного ТП. После этого откроется окно с перечнем техпроцессов, входящих в состав комплексного, – то есть с теми ТП, которые были связаны с головным ТП в *Windchill* (рис. 15). Чтобы добавить стандартный ТП в комплексный, технолог просто выбирает требуемый ТП, исходя из конкретной ситуации (рис. 16).

Подобные действия нужно произвести для всех ссылочных операций. Таким образом, в результате разработки основного техпроцесса, технолог создает полный пооперационный маршрут, в котором обязательно учитываются все технологические процессы, входящие в состав комплексного ТП.



Процесс сдачи разработанного комплексного ТП в базу Windchill и последующего формирования требуемого комплекта файлов абсолютно идентичен процессу, который выполняется при сдаче обычных (не комплексных) ТП.

Связи объектов комплексного ТП в Windchill и их характер показаны на рис. 13.

## Проектирование сборочных ТП

Отдельно следует рассмотреть оформление сборочных ТП.

Проектирование ТП сборки подразумевает наличие состава. Если процесс преобразования конструкторского состава изделия в технологический средствами Windchill MPMLink понятен, то возникает другой вопрос: как этот состав передать в САПР ТП – например, для разработки сборочных ТП?

Для начала поясним, что процесс создания и привязки ТП сборки в Windchill абсолютно идентичен процессам создания и привязки ТП по другим направлениям. Далее, в САПР ТП необходимо получить технологический состав, ассоциативно связанный с конструкторским в Windchill. Это осуществляется с помощью файла структуры изделия.

Файл структуры изделия предназначен для передачи данных о составе сборочной единицы из среды Windchill в САПР ТП ВЕРТИКАЛЬ. При этом передается вся необходимая для работы информация – от наименования, обозначения и типа компонентов ДСЕ до единиц измерения, их количества и ссылок на них в Windchill.

Файл структуры изделия позволяет передавать дерево состава ДСЕ любой глубины.

Весь процесс передачи структуры и последующего проектирования ТП сборки (комплектование, как один из этапов) основан на тесном взаимодействии систем Windchill MPMLink и САПР ТП ВЕРТИКАЛЬ.

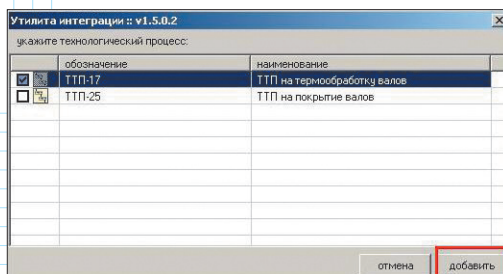


Рис. 16. Окно выбора стандартного ТП для привязки к операции в САПР ТП ВЕРТИКАЛЬ

## Работа по комплектованию

Под комплектованием в САПР ТП ВЕРТИКАЛЬ понимается распределение элементов состава изделия по сборочным операциям. Следовательно, в процессе выполнения комплектования технологу необходимо периодически запрашивать и получать информацию по составу изделия из базы Windchill.

Комплектование в среде ВЕРТИКАЛЬ производится стандартными средствами, а для получения списка комплектующих из Windchill реализована специальная функция (рис. 17).

Использовать эту функцию нужно, выбрав соответствующую строку ДСЕ в дереве технологического процесса (рис. 18). Это же правило относится и к добавлению комплектующих для ДСЕ типового/группового ТП.

После этого выбираются состояние, представление и атрибуты частей Windchill. В ходе выполнения комплектования (то есть, по мере назначения частей на сборочные операции) данные в окне состава обновляются. А в процессе комплектования технолог постоянно имеет возможность отметить те комплектующие, которые участвуют в ТП на сборку.

Комплектующие добавляются на вкладку “комплектование” с заполненными атрибутами по обозначению, наименованию, количеству и позиции (рис. 19).

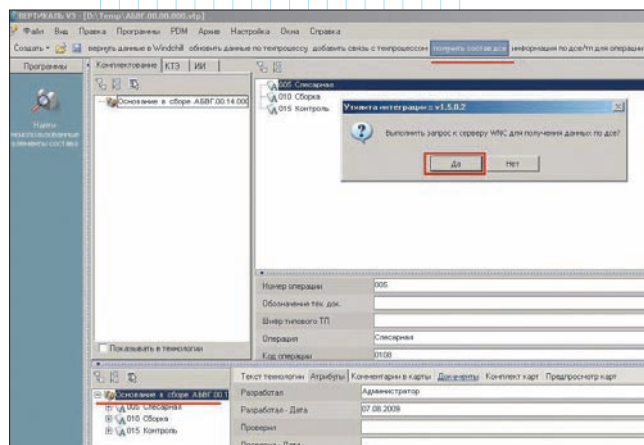


Рис. 17. САПР ТП ВЕРТИКАЛЬ: запрос состава ДСЕ из Windchill

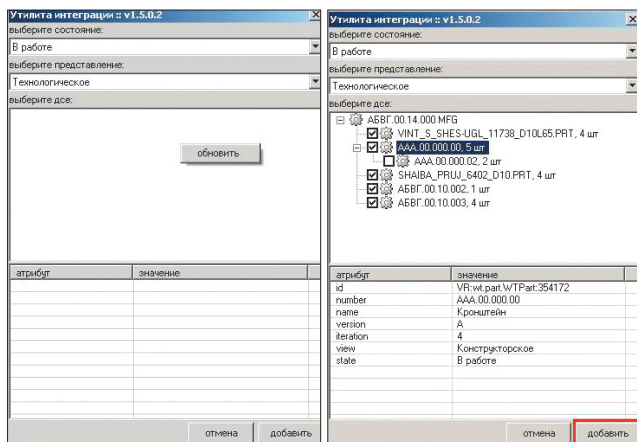


Рис. 18. Выбор объектов переданного состава для дальнейшей работы в САПР ТП ВЕРТИКАЛЬ

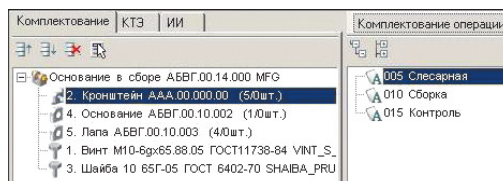


Рис. 19. Комплектование переданного состава в САПР ТП ВЕРТИКАЛЬ

## Прочие функции

Помимо описанного выше, в интегрированной системе реализованы функции, которые, по нашим оценкам, будут использоваться не так часто, что, однако, не снижает их полезность.

### ✓ Обновление данных в САПР ТП ВЕРТИКАЛЬ из базы Windchill

В случае, когда разрабатывается новый ТП, для ДСЕ в атрибуты автоматически загружаются данные (обозначение, наименование, масса, материал, идентификатор) из базы Windchill. Если же технолог открывает уже существующий ТП, то атрибуты будут содержать данные, характерные для созданного ранее техпроцесса. Для их обновления и предназначена команда “Обновить данные по техпроцессу”.

Такое обновление требуется, в основном, в двух случаях:

- когда конструктор изменил данные по ДСЕ;
- при редактировании типового технологического процесса (в случае, когда ТП в Windchill привязывается еще к одной ДСЕ).

### ✓ Получение информации по ДСЕ/ТП для операции

Если пользователю необходимо просмотреть информацию по ДСЕ (например, чертеж или модель) в Windchill, либо данные по связанному с операцией техпроцессу, он может воспользоваться командой “Информация по ДСЕ/ТП для операции”. В результате откроется информационное окно Windchill, содержащее требуемые из системы ВЕРТИКАЛЬ данные.

## Сводные ведомости

Одной из важных и до сих пор актуальных для большинства пользователей задач является формирование сводных ведомостей на изделие (отдельные агрегаты).

Итак, мы имеем следующее:

1) технологические процессы на изделие и/или его составляющие формируются в САПР ТП ВЕРТИКАЛЬ;

2) конструкторский и технологический составы формируются и хранятся в среде Windchill.

Нашей задачей является получение всевозможных сводных ведомостей на изделие (отдельные агрегаты) по различным стандартам – например, из ГОСТ 3.1123-84 Ведомость материалов (ВМ); ГОСТ 3.1122-84 Ведомость сборки изделия (ВП/ВСИ); Ведомость оснастки (ВО), Ведомость оборудования (ВОБ), Ведомость расщеповки (ВТМ) и т.д.

Особые требования:

- сводные ведомости должны формироваться в привычном для предприятий заказчика формате Open Office calc.
- процесс получения сводных ведомостей должен быть максимально простым для пользователя.

Рис. 20. Пример сформированной ведомости материалов в Windchill

В результате был реализован простейший алгоритм: после позиционирования на интересующем его изделии (агрегате) пользователь выбирает действие по формированию требуемой ведомости (например, “Ведомость материалов”), и система Windchill выводит её (рис. 20).

При желании, пользователь может связать сформированные ведомости с требуемым изделием.

## Заключение

Проект автоматизации ТПП на предприятиях ИГ УПЭК успешно завершен, а разработанное решение находится в стадии промышленной эксплуатации.

В качестве основных преимуществ, которые получил заказчик, можно отметить:

- 1) сокращение сроков разработки технологических процессов за счет использования справочников, автоматизированных методов расчетов, типовых технологических процессов;
- 2) повышение точности и качества изготовления изделий за счет сквозного перехода от конструкторской 3D-модели к технологии в единой среде;
- 3) повышение эффективности процессов согласования и утверждения конструкторско-технологической документации, проведения изменений, а также сокращение количества изменений, поскольку конструкторы и технологи теперь используют общее, комплексное решение;
- 4) единый электронный архив конструкторской и технологической документации позволяет максимально уменьшить затраты на актуализацию, поиск и использование документов;
- 5) возможность оперативного и объективного контроля процессов технологической подготовки производства. Как следствие – автоматическое получение ключевых показателей эффективности (KPI) процессов ТПП;
- 6) возможность осуществить полноценную интеграцию ERP- и PDM-систем;
- 7) существенное сокращение расходов на конструкторскую и технологическую подготовку производства в целом.

Кроме плюсов и отличительных особенностей разработанного решения, описанных выше, следует отметить и тот факт, что его можно перенести на любое предприятие – разумеется с некоторой адаптацией под конкретного заказчика. Разработанный модуль интеграции систем САПР ТП ВЕРТИКАЛЬ и Windchill имеет статус поддерживаемого компанией ProTECHNOLOGIES решения, сертифицированного компанией АСКОН.

Возможно, прочитав этот материал, вы захотите выяснить дополнительные, специфичные для этого проекта (и не только для него) вопросы. Мы готовы пообщаться с вами и с радостью поделимся нашим опытом. Обращайтесь, и мы не оставим ваши вопросы без ответа! 🙄