

# ВНЕДРЕНИЕ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ «ВЕРТИКАЛЬ» НА ЗАВОДЕ ВНИИЭФ

*Е. А. Коротаев*

ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ», г. Саров Нижегородской обл.

В настоящее время промышленные предприятия нацелены на повышение конкурентоспособности выпускаемой продукции. Прежде всего, это касается ее стоимости, качества, сроков проектирования и производства. Пришло четкое понимание того, что основные резервы для сокращения затрат заложены в материалоемкости выпускаемой продукции и технологии, используемой при ее изготовлении. Мобилизовать эти резервы и добиться успеха невозможно без применения современных информационных технологий. Сегодня информационные технологии из разряда конкурентных преимуществ перешли в необходимый элемент производственной инфраструктуры, который позволяет предприятию уверенно чувствовать себя на рынке.

В конструкторско-технологической подготовке производства машиностроительного предприятия выделяется несколько направлений: проектирование и конструирование, управление и изменение, управление электронным архивом, управление процессами. Эти задачи успешно решаются с помощью комплекса решений для автоматизации конструкторско-технологической подготовки производства в машиностроении – Комплекса решений АСКОН.

В данном докладе представлен процесс внедрения и опытной эксплуатации САПР ТП «Вертикаль» в отделе главного технолога завода ВНИИЭФ.

Актуальность данной темы определяется работами по созданию, отработке и внедрению технологии сквозного 3D-проектирования и моделирования, которые были начаты во ВНИИЭФ в 2009 году и выполняются в рамках реализации «Концепции создания технологии сквозного компьютерного 3D проектирования и моделирования...».

## 1. Причины внедрения

Главной причиной внедрения ИТ-решений на заводе ВНИИЭФ является неспособность используемых автоматизированных систем обеспечить эффективную поддержку процессов технологической подготовки производства.

Основными причинами такого состояния являются:

- эксплуатирование разнородных систем, что приводит к разрозненности подходов к созданию информации в процессе технологической подготовки, методов ее обработки, хранения и представления;

- отсутствие интеграции между используемыми системами, что приводит к дублированию информации, снижению точности и достоверности данных, и, следовательно, к большим трудозатратам при работе с информацией и подготовки отчетности.

## 2. Цели внедрения

- Рост эффективности деятельности завода в целом и службы главного технолога в частности, за счет постоянного формирования и передачи актуальной, корректной и структурированной конструкторско-технологической информации (конструкторская документация, маршруты, технологические процессы, нормы материалов и времени, изменения и пр.) за счет обеспечения коллективной работы конструкторов и технологов, процессного подхода и других механизмов автоматизации.

- Рост эффективности и скорости работы каждого инженера, который достигается за счет использования современных инструментов проектирования и разработки.

## 3. Место САПР ТП «Вертикаль» в Комплексе решений АСКОН

Одной из составляющих комплекса является система автоматизированного проектирования технологических процессов САПР ТП «Вертикаль». Именно данную систему наиболее полно изучали и внедряли в опытную эксплуатацию технологи отдела главного технолога.

Основными поставщиками справочных данных для «Вертикали» являются корпоративные справочники «Единицы измерения», «Материалы и Сортаменты» и Универсальный технологический справочник.

В процессе проектирования технологических процессов графические документы (эскизы) формируются в приложении «Компас-3D».

Автоматизация расчетов, выполняемых в процессе проектирования ТП, осуществляется специальными приложениями – «Система расчетов режимов резания», «Система расчетов режимов сварки», «Система трудового нормирования», «Универсальная система трудового нормирования по УНВ».

Интеграция САПР «Вертикаль» с системой управления инженерными данными «Лоцман:PLM» проводится в программном модуле «Лоцман-технолог».

## 4. Внедрение САПР ТП «Вертикаль»

### 4.1. Обследование системы

В процессе ознакомления с системой «Вертикаль» были определены те проблемные места, которые не позволили нам с ходу разрабатывать и оформлять технологические процессы в соответствии со стандартом предприятия СТП А 4464-2001 по следующим причинам:

- отсутствие необходимых справочников;
- отсутствие необходимых атрибутов – допускаемый материал и т. д.;
- несоответствие формата карт технологического процесса;
- отличие методики расчета норм материалов в модуле «Система нормирования материалов» от принятой на заводе;
- несоответствие единиц измерений, используемых при расчете и записи норм материалов;
- несоответствие механизма формирования типового технологического процесса.

### 4.2. Администрирование САПР ТП «Вертикаль»

Администрирование САПР ТП «Вертикаль» – вспомогательный процесс, направленный на адаптацию системы к динамически меняющимся требованиям предприятия. Данный процесс организован в приложении «Вертикаль-Конфигуратор».

С позиции управления информацией любой технологический процесс представляет собой упорядоченный массив данных. В САПР ТП «Вертикаль» структура технологического процесса (как информационного массива) описывается объектной моделью данных, которая представляет собой взаимосвязанную совокупность **классов**, каждый из которых соответствует определенному элементу (структурной части) технологического процесса (например, основные переходы механообработки). Свойства каждого структурного элемента ТП описываются **атрибутами классов**.

Первоочередной задачей внедрения был ввод в систему элементов технологического процесса, которые отсутствовали в базовой версии, но без которых проектирование технологических процессов не имело для нас практического смысла.

К таким элементам относятся:

- циклические (ненормируемые) операции;
- перечень общих требований к технологии;
- допускаемые варианты замены материала;

- учет материала на изготовление образцов для подтверждения необходимых свойств;
- коды единиц измерения.

#### 4.2.1. Настройка модели технологического процесса

Опишу процесс создания нового элемента технологического процесса – циклической операции.

Первым шагом в настройке стало создание нового класса – **циклическая операция**, определяющий добавляемый элемент ТП.

Для класса **циклическая операция** были созданы атрибуты:

- **нормируемость**, определяющий принадлежность операции к циклическим или нормируемым типам операций;
- **время циклической операции**.

Данные атрибуты являются простыми, т. е. значения им присваиваются пользователем напрямую – вводом с клавиатуры или копированием из справочника, в нашем случае из УТС.

После создания нового класса и атрибутов были настроены их параметры безопасности. Параметры безопасности модели реализованы как права доступа пользователей к выполнению различных операций над элементами модели. Для класса **циклическая операция** группе пользователей **Технологи** были назначены параметры безопасности – **создание и удаление** – возможность создания/удаления объектов данного класса из ТП. Для атрибутов **нормируемость** и **время циклической операции** группе пользователей **Технологи** был назначен параметр безопасности – **запись** – возможность редактирования значений данного атрибута.

Следующим шагом было создание связей для класса **циклическая операция**. Связи определяют, объекты каких классов могут подчиняться (входить в состав) или содержать в себе объекты других классов. Для удобной и наглядной работы со связями в «Вертикаль-Конфигураторе» имеется граф связей. Для класса **циклическая операция** были созданы связи типов «Состоит из...» и «Входит в...» аналогично другим классам, являющимся производными для класса **Операция**.

Результаты вышеперечисленных действий с классом **циклическая операция** в дереве моделей и графе связей показаны на рис. 1 и 2.

Для возможности вставки в технологический процесс общих требований в «Вертикаль-Конфигураторе» был создан одноименный класс, являющийся базовым. Для класса **Общие требования** были созданы простые атрибуты **Номер ОТ** и **Пункт ОТ**. Значение атрибута **Пункт ОТ** берется из УТС. Для этого в нем был создан специальный справочник **Общие требования**, в который был внесен перечень основных требований, являющихся общими для технологического процесса. Группе поль-

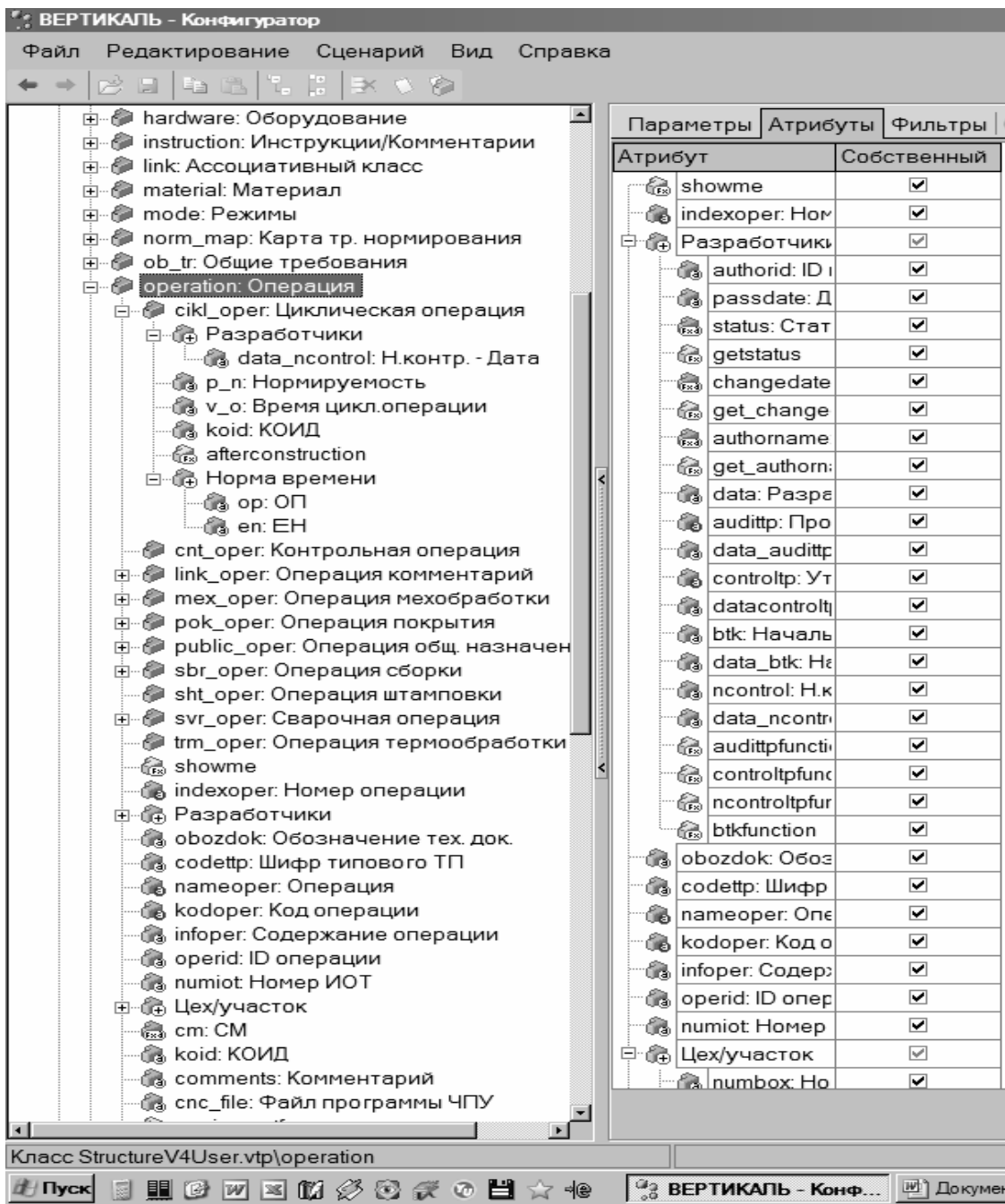


Рис. 1. Создание в дереве моделей класса *циклическая операция* и его атрибутов

пользователей *Технологи* были даны права на редактирование данного справочника, что позволяет самостоятельно добавлять необходимые требования.

Далее для класса *Общие требования* была зарегистрирована системная функция *showme*, в которой указаны параметры отображения элемента в компоненте «дерево». Так же были созданы связи.

Для возможности выбора в технологическом процессе допускаемых вариантов замены материала, а также учета заготовки для изготовления образцов были созданы атрибуты *Допускаемый материал 1*, *Допускаемый материал 2*, *Образец*. Данные атрибуты входят в группу атрибутов *Заготовка* класса

*Деталь*, производного от класса *ДСЕ*. Данные атрибуты являются простыми и их значения берутся из справочника МиС.

Согласно стандарту предприятия единица измерения нормы расхода материала должна указываться в виде цифрового кода (грамм – 01, килограмм – 02). Для выполнения этого условия для класса *ДСЕ* был создан вычисляемый атрибут *Код ЕИ*. Вычисляемый атрибут – это атрибут, которому в качестве значения присваивается результат вычисления функции, указанной в параметрах вычисляемого атрибута. Для вычисления значений атрибута *Код ЕИ* была создана специальная функция *kodeifun*.

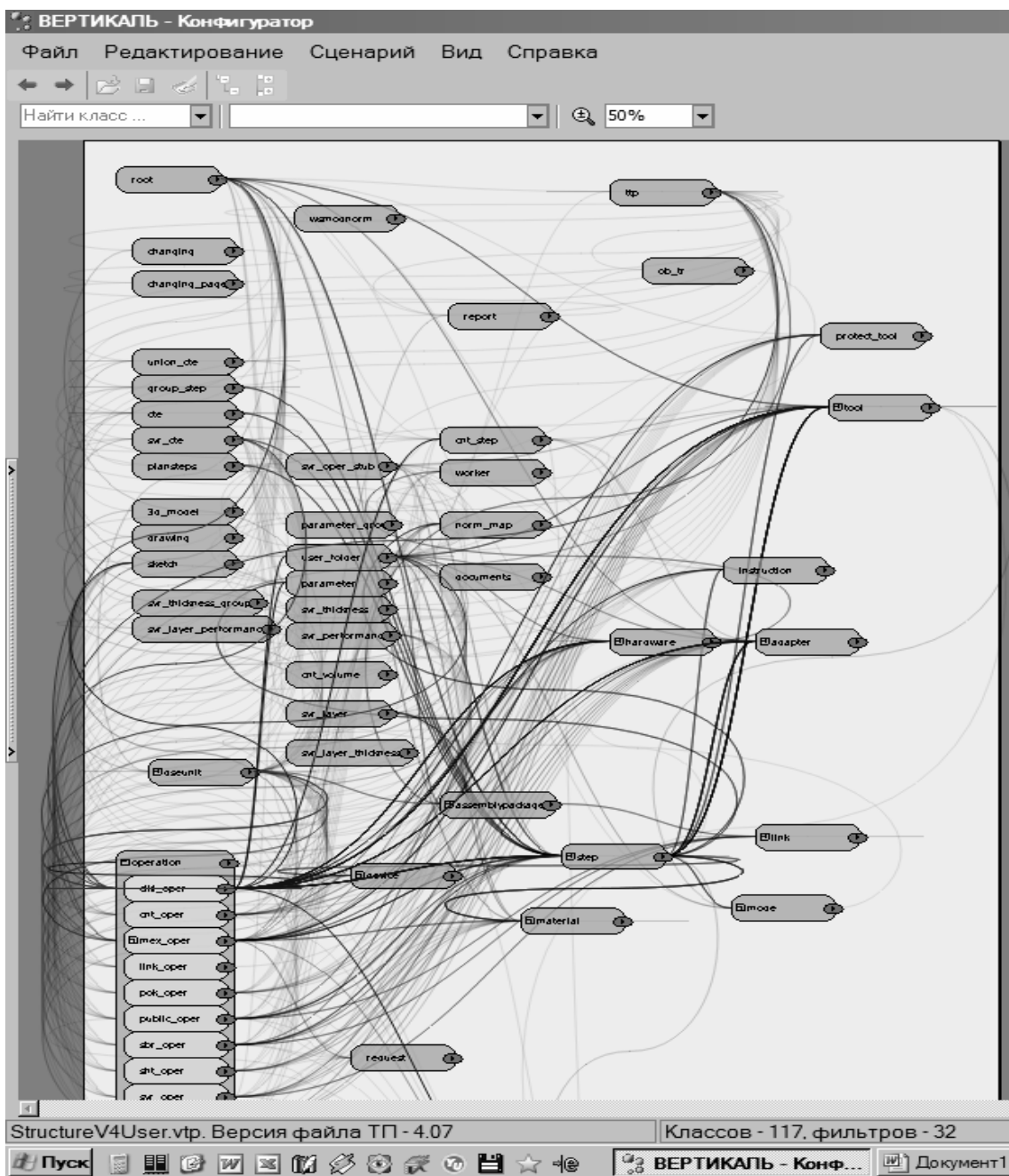


Рис. 2. Создание связей для класса *циклическая операция*

#### 4.2.2. Настройка формы технологического процесса

Настройка формы технологического процесса проводится на основе объектной модели ТП, структура и параметры которых определяются в приложении «Вертикаль-Конфигуратор».

Основным видом предоставления технологической информации является дерево ТП (далее – дерево). С помощью деревьев отображается информация как технологическая, так и конструкторская, а также дополнительная информация, которая позволяет более детально просмотреть информацию о технологии в том или ином виде.

Так как в деревьях может отображаться различная информация, необходимо настраивать дерево, т. е. указать, какие объекты и в каком порядке надо вывести в дерево для того, чтобы с этой информацией было удобно работать.

Поскольку в «Вертикаль-Конфигураторе» были созданы новые классы и атрибуты, то для возможности их отображения в технологическом процессе необходимо было настроить форму ТП, т. е. настроить деревья технологического процесса.

Классы *Циклическая операция* и *Общие требования* были добавлены в необходимые деревья (*Дерево ТП, Текст технологии, Формирователь карт*). Для них были настроены *Инструменталь-*

*ная панель, Контекстное меню, Панель быстрого доступа и Вкладки ActiveX.* Настройка данных элементов интерфейса производилась отдельно для каждого дерева, содержащего эти классы.

Для возможности выбора допускаемого варианта замены материала или заготовки для изготовления образцов для класса *detail* каталога *Дерево ТП* на *Панель вызова справочников и программ* (панель быстрого доступа) были добавлены кнопки *Допускаемый материал\_1, Допускаемый материал\_2, Образец*, посредством которых открывается справочник «МиС» и выбираются необходимый материал и экземпляр сортамента.

Также были установлены параметры безопасности для элементов интерфейса. Настройка параметров безопасности осуществляется путем формирования матриц из маркеров на соответствующих вкладках окна *Настройка формы технолога*. Строками матрицы являются элементы интерфейса, столбцами – группы пользователей.

Для объекта ТП *Общие требования* была настроена автоматическая нумерация.

#### 4.2.3. Настройка процессов формирования технологической документации

Создание, редактирование, просмотр и печать файлов технологической документации «Вертикаль» осуществляются с помощью программы «Менеджер отчетов».

Хотя в базовую поставку САПР ТП «Вертикаль» включено большое количество шаблонов (графически оформленные бланки документа, содержащие алгоритм его заполнения), они полностью не удовлетворяют требованиям, предъявляемым к технологической документации на предприятии.

В программе «Менеджер отчетов» соответствующим образом были настроены шаблоны, необходимые для формирования технологической документации:

– форма 3-3б ГОСТ 3.1118-82 – добавлен класс *Общие требования* и соответствующие ему атрибуты; добавлены атрибуты *Допускаемый материал\_1, Допускаемый материал\_2, Образец, Код ЕИ*;

– форма 3б ГОСТ 3.1118-82 – добавлен класс *Циклическая операция* и соответствующие ему атрибуты.

Были созданы и настроены новые шаблоны:

– форма 3б ГОСТ 3.1118-82 «Перечень операций», в которой формируется только перечень операций, присутствующих в технологическом процессе, с указанием номера цеха, участка, порядкового номера операции, кода и названия операции;

– форма 6а ГОСТ 3.1105-84 «Карта эскизов» (вертикальная форма); в базовую поставку «Вертикаль» входят только горизонтальные формы;

– форма 2 ГОСТ 2.503-74 «Лист регистрации изменений» (вертикальная форма); в базовую поставку «Вертикаль» входят только горизонтальные формы.

В результате проведенной настройки САПР ТП «Вертикаль» технологи отдела получили возможность проектировать единичные технологические процессы и формировать технологическую документацию в полном соответствии со стандартом предприятия.

*Настройка модели типового/группового технологического процесса не проводилась по причине серьезного несоответствия механизма его формирования в САПР «Вертикаль» принятому на заводе. Это является большой проблемой, поскольку значительная часть проектируемых технологических процессов является именно типовыми/групповыми. В настоящее время типовые/групповые технологические процессы формируем с использованием пакета Microsoft Word, который не является системой автоматизированного проектирования и не интегрируется с САПР «Вертикаль». Данные технологические процессы также не могут быть интегрированы в систему управления инженерными данными «Лоцман:PLM». В настоящее время данная ситуация доставляет большие неудобства в работе технологов, а в будущем может привести к еще более масштабным проблемам при работе в едином информационном пространстве.*

*Выходом из сложившейся ситуации должно быть консолидированное решение руководства предприятия, отдела главного технолога, представителей компании АСКОН и других заинтересованных лиц, какой же подход выбрать:*

– *подход адаптации системы – доработка функционала в соответствии с требованиями предприятия;*

– *подход адаптации стандартов – предприятие изменяет свои стандарты в соответствии с функционалом системы.*

*Возможен и какой-то третий, промежуточный вариант.*

*Принимать решение, по моему мнению, необходимо именно на данном этапе освоения ПО.*

## 5. Администрирование УТС

Универсальный технологический справочник предназначен для работы пользователей с нормативно-справочной информацией предприятия.

Для возможности выбора в УТС технологами отдела необходимой нормативно-справочной информации требовалось отредактировать уже имеющиеся справочники и создать новые в соответствии с требованиями предприятия.

### 5.1. Редактирование справочников

Редактированию были подвергнуты справочники:

– цеха-участки – заполнен в соответствии со стандартом предприятия, были введены все цеха и производственные участки завода;

– оборудование – заполнен в соответствии с оснащением цеха;

– основные переходы – введены наиболее часто используемые формулировки переходов.

## 5.2. Создание новых справочников

Создание и ведение пользовательских баз данных для УТС реализуется в специальном модуле администрирования.

Для более удобного поиска и выбора данных, необходимых для работы технологом цеха, была создана специальная группа справочников, в которую вошли справочники *«Измерительные инструменты», «Оснастка», «Режущий инструмент», «Ведомость оснастки».*

Для каждого справочника была продумана его иерархия. Иерархия справочника определяется последовательностью расположения классов в дереве классов. Каждый класс полностью характеризует объекты, расположенные на соответствующем уровне иерархии. Для каждого класса были созданы соответствующие атрибуты.

## 5.3. Настройка безопасности

Группе пользователей *Технологи* было назначено право доступа «Видимость» для следующих типов объектов: группы справочников, справочники, классы. Для объекта *Атрибуты* назначено право доступа «Редактирование».

## 5.4. Настройка ассоциативных связей

Под ассоциативной связью понимается специальная связь между двумя любыми справочниками УТС, позволяющая оптимизировать процессы выбора информации из базы данных.

Исходя из специализации цеха, были настроены ассоциативные связи между объектами справочников, что позволило повысить эффективность работы технологов с данными.

*В настоящее время заполнением справочников в УТС занимаются все технологи отдела, работающие в САПР ТП «Вертикаль». Поскольку количество таких технологов небольшое, удается сохранить в справочниках порядок. При увеличении числа пользователей сохранить этот порядок будет все сложнее. Необходимо назначение конкретных исполнителей, которые будут иметь исключительное право ввода и редактирования данных в УТС.*

## 6. Администрирование справочника «Материалы и сортаменты»

Справочник МиС содержит большой объем информации по материалам, экземплярам сортамента, формам и т. д. В процессе проектирования техноло-

гического процесса на этапе выбора материала технологи отдела руководствуются стандартами отрасли – ОСТ В95 1879-90 «Металлы и сплавы черные и цветные. Ограничительный перечень» и ОСТ В95 1880-90 «Материалы неметаллические. Ограничительный перечень». Данные документы содержат значительно меньший объем информации по сравнению со справочником МиС. Поэтому было решено из всего массива данных справочника выбрать и расположить в одном месте только те, которые непосредственно используются технологами отдела.

В дереве справочников были созданы два новых справочника. В эти справочники перемещались материалы в соответствии со стандартами отрасли. В соответствии с этими же стандартами формировались экземпляры и типоразмеры сортаментов. Отсутствующие в справочнике материалы и другие данные были введены в соответствии с ГОСТ на них.

*Справочник металлических материалов сформирован практически полностью. С формированием справочника неметаллических материалов возникли трудности, поскольку основными нормативными документами на марки материалов, входящих в соответствующий отраслевой стандарт, являются технические условия (ТУ). Большое количество ТУ в справочнике МиС отсутствует, а без них внесение и редактирование новых марок материалов невозможно. Поэтому для решения данной проблемы необходимо назначение конкретных исполнителей, занимающихся подбором и изучением соответствующей нормативной документации, наполнением и редактированием справочника МиС.*

## 7. Редактирование приложения «Система нормирования материалов»

Система нормирования материалов (далее – Система) предназначена для расчета массы заготовки, нормы расхода и других параметров нормирования в технологических подразделениях предприятия.

В Системе были отредактированы шаблоны ввода данных в строку «Профиль и размеры заготовки» первого листа комплекта карт. Первоначально эти данные имели размерность «метры», а согласно стандарту предприятия должны иметь размерность «миллиметры». Были созданы пользовательские параметры, переводящие метры в миллиметры. И в шаблон ввода данных в строку «Профиль и размеры заготовки» вставлялись уже эти пользовательские параметры. Таким образом, запись стала соответствовать стандарту предприятия.

В базовой поставке Системы отсутствовали расчеты для таких видов сортамента, как плита, фольга, лента. Методика расчета норм материала для этих видов сортамента аналогична методике расчета для сортамента «Лист», для которого имелась группа расчетов. Поэтому были созданы группы расчетов «Лента», «Фольга», «Плита», а методика расчета была скопирована из группы «Листы».

В настоящее время технологи отдела имеют возможность автоматизированного расчета массы заготовки, нормы расхода материала и коэффициента использования материала, при условии, что материал выбирался из справочника МиС.

## **8. Итоги внедрения САПР ТП «Вертикаль»**

В настоящее время технологи отдела имеют возможность автоматизированного проектирования единичных технологических процессов в соответствии со стандартом предприятия.

Это позволяет сократить время проектирования и уменьшить вероятность ошибки, в т. ч. за счет использования техпроцессов-аналогов и пользовательских библиотек, а в конечном итоге – накапливать и передавать знания и опыт.

Адаптированный в соответствии с требованиями предприятия «Универсальный технологический справочник» позволяет быстро получать необходимые данные об оснастке, инструменте и оборудовании, в т. ч., когда это не связано с проектированием технологического процесса. Настроенный в соответ-

ствии с отраслевыми стандартами справочник «Материалы и сортаменты» избавляет технологов от рутинных поисков необходимых материалов и экземпляров сортамента. Настроенная в соответствии с заводской методикой расчета норм расхода материалов «Система нормирования материалов» позволяет сократить затраты времени на расчеты и свести вероятность ошибки к минимуму.

За все время использования настроенной системы «Вертикаль» технологами было разработано около 1000 технологических процессов. Возможно, цифра и не столь значительная, но необходимо отметить, что проектированием технологических процессов в «Вертикали» занималась лишь небольшая группа технологов и проектировались только единичные технологические процессы.

Необходимо отметить, что внедрение САПР ТП «Вертикаль» и другого программного обеспечения Комплекса решений может проходить в более короткие сроки и со значительно большим эффектом, если технологи отдела и сотрудники компании АСКОН будут совместно работать непосредственно на рабочих местах, а не ограничиваться только семинарами в Учебном центре.