

---

---

# СИСТЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ

---

---

УДК 608.01 519.765

Д. Д. Куликов, Ф. В. Киселев

## ИНТЕГРАЦИЯ МОДУЛЯ РАСЧЕТА РЕЖИМОВ РЕЗАНИЯ С СИСТЕМОЙ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

Рассмотрены вопросы интеграции модуля расчета режимов резания с подсистемами автоматизированных систем технологической подготовки производства, а также с PDM-системой SMARTTEAM.

*Ключевые слова:* расчет режимов резания, автоматизированные системы, технологическая подготовка производства, проектирование технологических процессов, PDM-системы.

Расчет режимов резания является важной задачей при проектировании технологического процесса. В рамках проектируемой на кафедре технологии приборостроения СПбГУ ИТМО системы проектирования технологических процессов „ТИС-Процесс“ разработан модуль „ТИС-Таб“ [1], в основе которого лежит табличный процессор. Модуль предназначен для формирования и сопровождения базы знаний, а также принятия решений с использованием таблиц соответствий (ТС). Последние представляют собой декларативное описание алгоритмов принятия решений по сложным таблицам с нормативно-справочной информацией (НСИ), содержащимся в технологических справочниках. Примером таблиц с НСИ являются таблицы для расчета режимов резания и нормирования [2—4], спецификой которых является необходимость уточнения основного решения с помощью поправочных коэффициентов. С помощью „ТИС-Таб“ была сформирована база знаний, для создания которой использовались таблицы с режимами резания из справочника [2]. Эксплуатация модуля подтвердила правильность предложенного подхода, удобство в формировании базы знаний и расчета режимов резания. Кроме того, информацию в базе знаний достаточно просто изменять в соответствии с изменением условий производства, таким образом, подстраиваясь под конкретную производственную среду.

Однако модуль может функционировать лишь в автономном режиме, что ограничивает возможности его применения. Поэтому поставлена задача: интегрировать „ТИС-Таб“ с САПР „ТИС-Процесс“, а также интегрировать с PDM-системой SMARTTEAM, под управлением которой функционирует „ТИС-Процесс“.

Решение поставленной задачи в первую очередь зависит от подходов, принятых при разработке модуля. Поэтому в первую очередь рассмотрим принципы построения модуля „ТИС-Таб“. Программное обеспечение модуля, в отличие от существующих САПР технологических процессов (ТП), реализовано в виде web-сервисов (web-служб). Модуль всегда может быть запущен для автономной работы с помощью web-браузера из любого территориально удаленного предприятия. Авторизованный пользователь в соответствии со своей ролью

может либо выполнять расчет режимов резания, либо осуществлять сопровождение удаленной базы знаний, закрепленной за данным предприятием. Использование web-службы позволяет применять подход „программное обеспечение в качестве услуги“ (Software as a Service — SaaS), при котором доступ к модулю, размещенному на сервере разработчика, предоставляется любому авторизованному пользователю. Использование web-служб позволяет не только примерно на 80 % сократить время и затраты на покупку, поддержку и сопровождение программного обеспечения, но и повысить экономическую эффективность за счет снижения затрат на подготовку и обучение сотрудников, что несомненно важно на сегодняшний день. Так как модуль находится на сервере разработчика, то его новые версии сразу становятся доступными всем пользователям. Указанный подход позволяет реализовать „виртуальное“ автоматизированное рабочее место и тем самым способствует организации виртуальной технологической подготовки производства.

Разработанный модуль ориентирован на трехуровневую модель системного структурирования, включающего в себя три уровня:

- графический интерфейс пользователя;
- бизнес-логика;
- система управления базой знаний.

Графический интерфейс пользователя реализован как пользовательское приложение и запускается на машине клиента. Это приложение состоит из трех компонентов. Первый предназначен для ввода условий поиска нужной ТС по каталогу базы знаний. Сформированный SQL-запрос передается на 2-й уровень. Второй компонент используется для сопровождения базы знаний (редактирование старой или формирование новой ТС), третий необходим для ввода исходных данных и принятия решений по найденной ТС.

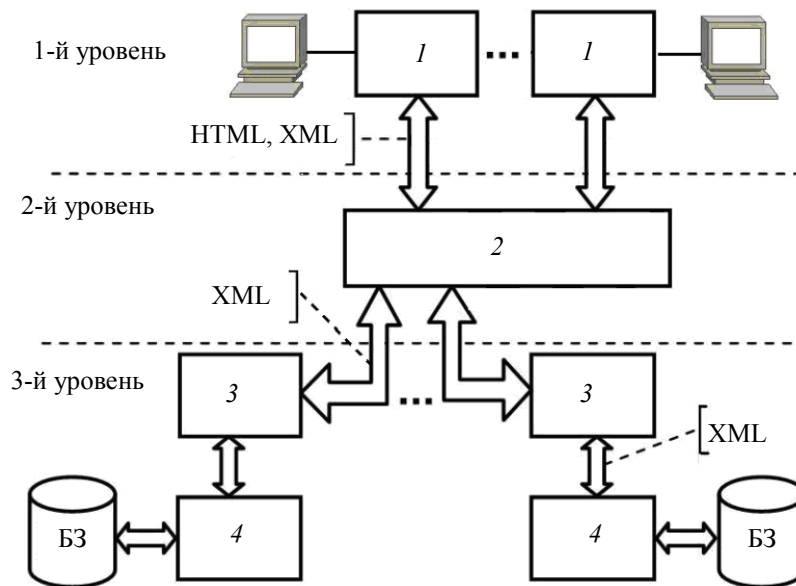
На уровне „бизнес-логика“ серверное приложение осуществляет взаимодействие между 1-м и 3-м уровнями, последний содержит базу знаний и приложения для работы с ней. Приложения этого уровня функционируют на сервере базы знаний.

Для обмена сообщений между уровнями используется транспортный протокол SOAP (Simple Object Access Protocol), предназначенный для организации взаимодействия удаленных систем при помощи асинхронного обмена XML-документами. Благодаря использованию XML сообщения SOAP могут передаваться посредством транспортного протокола HTTP, как правило, не закрываемого сетевыми экранами. Кроме того, протокол SOAP обеспечивает взаимодействие распределенных систем независимо от типа объектной модели, операционной системы или языка программирования. Для обслуживания разных подразделений и учета их специфики может быть создано несколько удаленных баз знаний со своими СУБД и web-сервисом „Работа с БЗ“. Поэтому на втором уровне в рамках SOAP создается спецификация UDDI, предназначенная для поиска web-сервисов в реестре UDDI. Механизм обмена сообщениями определяется в описании сервисов на WSDL, которое включает форматы сообщений, типы данных, транспортные протоколы и способы сериализации, используемые при обмене между уровнями. На рисунке представлена структура модуля расчета режимов резания: 1 — интерфейс; 2 — web-сервис „Работа с ТС и каталогом ТС“; 3 — web-сервис „Работа с БЗ“; 4 — СУБД; БЗ — база знаний, содержащая ТС.

Рассмотренная структура модуля аналогична структуре системы САПР ТП „ТИС-Процесс“. Это сделано для того чтобы, сохраняя возможность автономного функционирования, обеспечить удобные способы функциональной и информационной интеграции модуля с системой „ТИС-Процесс“.

Функциональная интеграция достигается путем указания на web-сервис „Работа с ТС“ в реестре UDDI на уровне „бизнес-логики“ в САПР ТП „ТИС-Процесс“. Функциональное расширение модуля может быть достигнуто путем расширения баз знаний за счет новых ТС. В частности, возможно добавление таблиц по нормированию технологических процессов.

В этом случае возможно автоматизированное проведение укрупненного или дифференцированного нормирования времени выполнения технологических операций. Проведенные эксперименты показали принципиальную возможность с помощью ТС организовать выбор сортамента и средств технологического оснащения.



Информационная интеграция основана на том, что на машине клиента ТС представляется в виде XML-документа, а в системе „ТИС-Процесс“ модель технологического процесса также выражена как XML-документ. Нами были созданы выходной и входной стыковочные модули. Выходной модуль извлекает из XML-документа результаты расчета режимов резания и заносит необходимую информацию в модель технологического процесса (в раздел проектируемого технологического перехода).

Вычисления во входном стыковочном модуле выполняются в два этапа. На первом этапе возможен либо режим прямого вызова из системы „ТИС-Процесс“ модуля расчета режимов резания, либо режим автоматизированного поиска ТС. Последний позволяет извлечь нужную информацию из XML-модели ТП (код перехода, группа материала детали, материал режущей части инструмента для проектируемого перехода). В результате на мониторе клиента выводится список ТС, отвечающих заданным условиям, и технолог выбирает нужную ему таблицу.

На втором этапе анализируются входные параметры ТС и производится поиск значений этих параметров в модели ТП. На экран выводится частично заполненная таблица входных параметров. Степень заполнения зависит от семантической совместимости параметров в моделях ТС и ТП. Часть параметров, нужных для ТС, вообще может отсутствовать в модели ТП, например параметры режущего инструмента. В этом случае значение поля вводится технологом. Основная сложность семантической совместимости возникает из-за неформального задания в ТС входных условий. Эти условия могут быть заданы, например, в виде списка значений. В форме для ввода исходных данных значения параметров вводятся с помощью выпадающего меню, в строках которого могут содержаться списки допустимых значений. Например, при вводе групп материалов возможны следующие, синтаксически по-разному оформленные, строки меню:

- стали конструкционные углеродистые и легированные;
- стали жаропрочные, коррозионно-стойкие и жаростойкие;
- медные и алюминиевые сплавы.

Входные условия часто задаются в виде интервалов значений параметров, при этом они могут зависеть от других параметров. Например, параметр „Твердость для сталей и чугунов“ может иметь значение „до 130 НВ“ или „до 150 НВ“ и т.д., а параметр „Предел прочности  $\sigma_B$  для алюминиевых и медных сплавов“ — значения „до 100 МПа“ или „до 200 МПа“ и т. д. При этом поля со значениями параметров заполняются в зависимости от материала заготовки. Семантический анализатор проводит проверку входных условий ТС для заданной ситуации.

Сложность семантической совместимости вызвана также тем, что одинаковые параметры могут в разных подсистемах АСТПП иметь разные обозначения и, наоборот, разные параметры иметь одинаковые имена. В web-программировании эта ситуация решается с помощью организации „пространства имен“, а в данном случае применяется словарь параметров, в котором за каждым параметром закреплены его атрибуты, позволяющие задать название параметра (фиксирующее некоторое понятие), его обозначение, а также характеристики параметра: тип, длину, размерность, значение по умолчанию, интервал допустимых значений, наличие классификатора и т.д. Анализатор параметров, входящий в состав входного стыковочного модуля, проводит сравнение атрибутов, найденных по обозначению параметров, с атрибутами соответствующих параметров ТС и при их несовпадении заносит результаты сравнения в специальный реестр. В дальнейшем администратор решает, что делать с семантически или синтаксически несовместимыми параметрами, и при необходимости корректирует ТС или словарь, используя модуль работы со словарем.

Интеграция с системой „ТИС-СТО“, предназначенной для поиска средств технологического оснащения и также разработанной на кафедре технологии приборостроения СПбГУ ИТМО, необходима для поиска параметров режущего инструмента, если они заданы в ТС как входные параметры. Способы интеграции аналогичны способам, рассмотренным для системы „ТИС-Процесс“, поскольку „ТИС-СТО“ разработана как web-сервис.

Современный подход к управлению автоматизированной ТПП связан с использованием систем ведения проекта (PDM-систем). Эти системы предназначены для поддержки электронного описания изделия на всех стадиях его жизненного цикла. Были проведены исследования PDM-системы SMARTTEAM фирмы Smart Solutions Ltd. (Израиль), являющейся одной из ведущих в мире фирм по разработке указанных систем.

Комплекс инструментальных средств этой PDM-системы позволяет организовать эффективное взаимодействие между следующими компонентами: электронным архивом, средствами автоматизированного документооборота, средствами интернет-технологии, системами CAD/CAE/CAM. Наличие электронного архива дает возможность создавать единое информационное пространство предприятия. Большое количество „просмотрщиков“ позволяет быстро просматривать практически любые файлы с данными в их исходном формате без запуска внешних приложений, например, Microsoft Word и Microsoft Excel.

При визуальном просмотре в PDM-системе в иерархической структуре изделия легко найти нужную вершину с заданным объектом „деталь“ и далее перейти к объекту „технологический процесс“. За каждой вершиной закреплена учетная карточка объекта, поэтому при переходе к ТП на экран выводится учетная карточка технологического процесса, в которой зафиксированы следующие данные: состояние объекта, дата начала технологического проектирования, плановый срок завершения проекта, фактическая дата его завершения и т.д. Так как система „ТИС-Процесс“ интегрирована с PDM-системой SMARTTEAM, то из учетной карточки для ТП можно перейти по ссылке либо к просмотру технологических карт, либо загрузить „ТИС-Процесс“. Аналогичным образом выполняется функциональная интеграция модуля „ТИС-Таб“ с PDM-системой. С помощью редактора экранных форм в учетной карточке создается ссылка на указанный модуль и, следовательно, из учетной карточки, а не из интернет-браузера, можно вызвать модуль для автономной работы с последующим возвратом

в ту же точку. Для исключения повторной авторизации используются логин и пароль текущего пользователя PDM-системы.

Для информационной интеграции входной стыковочный модуль с помощью встроенного макроязыка PDM-системы дорабатывается для выполнения поиска в дереве проекта тех параметров, которые не найдены в технологическом процессе. Проведенный анализ показал, что в основном могут быть найдены параметры лишь общего характера, например, размеры и масса детали.

Другим вариантом интеграции с PDM-системой является использование локальной версии „ТИС-Таб“. В этом случае каталог и база знаний с ТС хранятся в электронном архиве SMARTTEAM. Модуль „ТИС-Таб“ (в локальном исполнении) по ссылке в учетной карточке ТП загружается из локальной сети. Фирмой „Би-Питрон“ создана система проектирования технологических процессов, позволяющая результаты разработки ТП фиксировать в дереве проектов SMARTTEAM, поэтому информационная интеграция достигается на основе поиска входных параметров прямо в дереве проектов вместо поиска в параметрической модели ТП, создаваемой „ТИС-Процесс“. Поиск значений параметров режущего инструмента, которые являются входными для ТС, выполняется в дереве проектов (в заданном технологическом переходе). Результаты расчета режимов резания помещаются в дерево проектов (в создаваемый технологический переход).

В перспективе представляется интересной разработка приложений, позволяющих организовать поиск в файлах, созданных с помощью САД-систем и содержащих информацию о детали или операционных заготовках. Наиболее удобно использовать файлы нейтральных форматов типа STEP или IGES. Это позволит находить параметры обрабатываемых поверхностей, определяющих форму и те размеры режущего инструмента, которые необходимы для расчета режимов резания.

В результате проведенных исследований можно сделать следующие выводы:

— организация программного обеспечения в виде web-службы наиболее удобна для интеграции „ТИС-Таб“ с подсистемами АСТПП, также организованными в виде web-служб. В этом случае используется виртуальное автоматизированное рабочее место, позволяющее обратиться к любой подсистеме АСТПП;

— функциональную интеграцию „ТИС-Таб“ с другими подсистемами АСТПП целесообразно выполнять на основе спецификации UDDI, позволяющей организовать автоматизированный поиск web-сервисов в реестре UDDI, такой подход дает возможность организовать функциональное взаимодействие между удаленными приложениями;

— информационная интеграция „ТИС-Таб“ основана на возможности хранения результатов в виде XML-документов и использовании механизмов фильтрации в XML-документах, что позволяет достаточно просто организовать информационное взаимодействие соответствующих подсистем;

— интеграция „ТИС-Таб“ с PDM-системой SMARTTEAM основана на возможности вызова модуля расчета режимов резания из учетной карточки дерева проекта для выбранного перехода и автоматизированного поиска параметров в дереве проектов.

Работа проводилась в рамках инновационной образовательной программы „Инновационная система подготовки специалистов нового поколения в области информационных и оптических технологий“.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Куликов Д. Д., Киселев Ф. В. Разработка системы расчета режимов резания на основе web-сервиса // Вестн. Костромского государственного университета. 2008. Т. 14. С. 54—56.

2. Гузеев В. И., Батуев В. А., Сурков И. В. Режимы резания для токарных и сверлильно-фрезерно-расточных станков с числовым программным управлением: Справочник. М.: Машиностроение, 2005. 368 с.
3. Общемашиностроительные нормативы режимов резания / А. Д. Локтев, И. Ф. Гуцин, В. А. Батуев и др. М.: Машиностроение, 1991.
4. Справочник технолога-машиностроителя / Под ред. А. М. Дальского, А. Г. Косиловой, Р. К. Мещерякова, А. Г. Сулова. М.: Машиностроение, 2001. 912 с.
5. Митрофанов С. П., Куликов Д. Д., Миляев О. Н., Падун Б. С. Технологическая подготовка гибких производственных систем. М.: Машиностроение, 1987. 352 с.

**Сведения об авторах**

- Дмитрий Дмитриевич Куликов** — д-р техн. наук, профессор; Санкт-Петербургский государственный университет информационных технологий, механики и оптики, кафедра технологии приборостроения; E-mail: ddkulikov@rambler.ru
- Филипп Владимирович Киселев** — аспирант; Санкт-Петербургский государственный университет информационных технологий, механики и оптики, кафедра технологии приборостроения; E-mail: philipp-kiselev@rambler.ru

Рекомендована кафедрой  
технологии приборостроения

Поступила в редакцию  
14.12.09 г.