

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПЛАНИРОВАНИЯ И УЧЕТА ПРОЦЕССОВ СОВМЕСТНОЙ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНО-ПАРАЛЛЕЛЬНОЙ КОНСТРУКТОРСКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ МЕЛКОСЕРИЙНОГО ПРОИЗВОДСТВА

В.В. Петрунин, В.В. Банкрутенко, С.В. Голубев, К.В. Комиссаров (АО «ОКБМ Африкантов»)

Описаны этапы разработки и внедрение функциональной модели автоматизированного планирования и учета процессов совместной последовательно-параллельной конструкторско-технологической подготовки производства на примере машиностроительного дискретного предприятия.

Ключевые слова: конструкторско-технологическая подготовка производства, планирование, учет, функциональная модель.

Внедрение САПР и АСУ КТПП в процессы конструкторско-технологической подготовки производства является ключевым этапом оптимизации производственного цикла, направленным на сокращение сроков и повышение качества процессов конструкторско-технологического проектирования, предотвращение ошибочных решений на стадии проектирования и изготовления. На примере машиностроительного предприятия, специализирующегося на изготовлении оборудования реакторных установок, подробно рассматриваются работы направленные на обеспечение автоматизированного планирования, разработки и контроля технологической документации. Для решения поставленной задачи разработана структурная модель совместной последовательно-параллельной конструкторско-технологической подготовки производства.

В ходе выполнения проекта требуется:

- автоматизировать процесс планирования разработки технологической документации;
- существенно сократить сроки разработки, повысить качество и прозрачность процесса планирования;
- обеспечить возможность оперативного мониторинга процесса и внесения корректив в план;
- реализовать учет плановой и фактической трудоемкости процесса разработки технологической документации;
- автоматизировать формирование отчетной документации.

Анализ процессов планирования технологической подготовки производства

Неотъемлемой частью любого проекта по автоматизации является этап выявления и формализации комплекса решаемых проблем. При проведении работ следовало учитывать, что тип производства промышленного предприятия, на базе которого проходит

внедрение, — мелкосерийное, характеризующееся изготовлением по заказам потребителей небольших партий изделий специального назначения, зачастую с очень широкой номенклатурой. Изделия часто характеризуются сложной технологией изготовления. Примерами изделий мелкосерийного производства могут служить опытные образцы новых изделий и оборудование для энергетических реакторов.

В соответствие с приведенной характеристикой типа производства исследуемого предприятия и ГОСТ 3.1102-2011, ТП на предприятии носит маршрутно-операционное описание. Описание большинства операций механической обработки и сборки носит маршрутный (укрупненное описание) характер. Описание специализированных операций, к которым относятся операции сварки, высокотехнологичной обработки и неразрушающего контроля, носят операционный (подробное описание) характер. Исходя из этого, формируется особенность комплекта документов технологического процесса (КДТП), заключающаяся в том, что операции, описываемые детально, разрабатываются технологами смежных технологических подразделений в рамках единого комплекта документов ТП, и комплектуется так называемый сквозной ТП. В процессе формирования единого сквозного ТП могут одновременно участвовать до 14 различных структурных подразделений предприятия.

Как следует из таблицы, на исследуемом предприятии разработка технологической документации, включая разработку конструкторской документации на нестандартные средства технологического оснащения, носит характер коллективной и осуществляется в рамках разработанной и внедренной структурной модели процессов совместной последовательно-параллельной конструкторско-технологической подготовки производства [1], обеспеченной набором инструментальных средств в составе программно-инструментальной архитектуры.

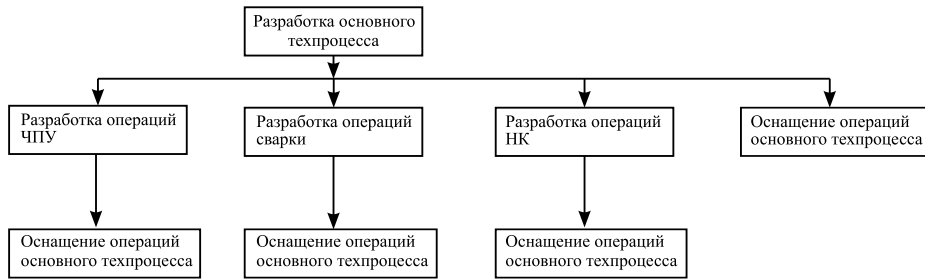


Рис. 1. Укрупненная структурная модель процесса совместной последовательно-параллельной конструкторско-технологической подготовки производства

Исследования этапа конструкторско-технологического проектирования в рамках производственного цикла предприятия, специализирующегося на изготовлении оборудования реакторных установок в условиях мелкосерийного производства, выявили недостатки при организации процесса планирования коллективной разработки сквозных ТП. Прежде всего, это отсутствие четкой функциональной модели процессов планирования и специализированных инструментально-программных средств в ее обеспечении, что приводило к высоким временным и трудовым затратам при ручном выполнении следующих работ:

- планирование и координация процесса разработки технологической документации;
- балансировка сформированных планов по загрузке основных исполнителей;
- анализ и учет хода работ в процессе коллективного проектирования специалистами различных структурных подразделений предприятия;
- внесение оперативных корректив в сформированный план;
- учет изменений конструкции изделия;
- формирование индивидуальных планов исполнителей;
- формирование оперативной отчетной документации.

Перечисленные работы напрямую влияют на качество конструкторско-технологического проектирования, характеризуются низкой производительностью труда инженеров-технологов, препятствуют автоматизированному планированию производствен-

Таблица. Этапы процесса планирования (укрупненно)

			<i>Продолжительность процесса</i>
1	(<i>Высокая вероятность ошибки</i>
2)		<i>Отсутствие средств электронного взаимодействия – задания передаются вручную</i>
3			<i>Отсутствие средств электронного взаимодействия – задания передаются вручную</i> <i>Необходимость проведения ручного анализа наличия ранее разработанной документации</i> <i>Отсутствие инструментов по автоматизированному учету загрузки исполнителей</i>
4	()	/	<i>Необходимость ручного формирования журнала</i>
5			<i>Высочайшая трудоемкость</i> <i>Высокая вероятность ошибки/неполного учета/срыва сроков технологического проектирования</i>
6			
7	,		<i>Отсутствие инструмента по оперативному отслеживанию изменений РКД</i> <i>Сложность с заменой исполнителя по определенным задачам, связанная с необходимостью учета загрузки исполнителей</i>
8		/	<i>Высокая вероятность ошибки и риск принятия неверных решений, непосредственно влияющих на производственный процесс</i>

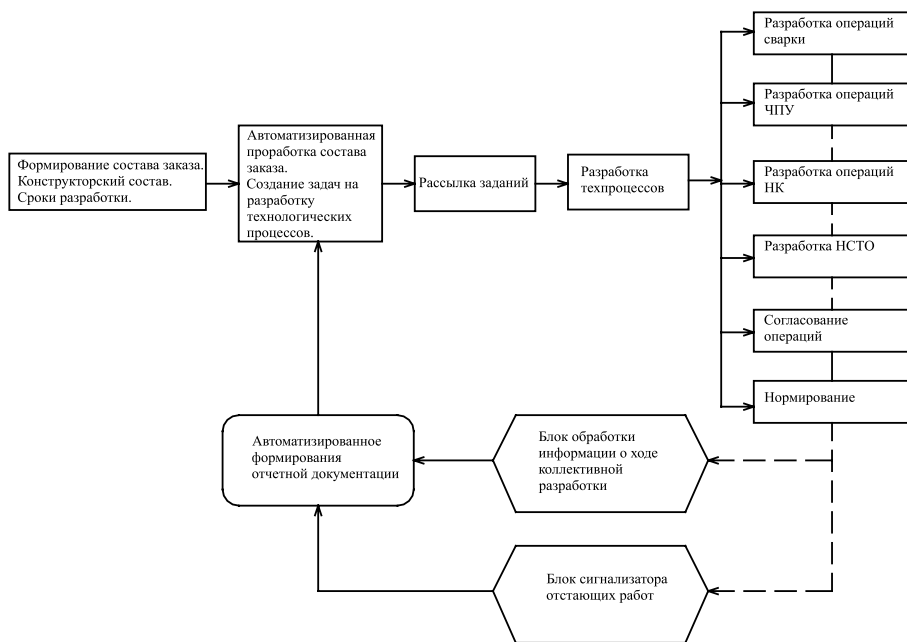


Рис. 2. Функциональная модель автоматизированного планирования и учета процессов совместной последовательно-параллельной конструкторско-технологической подготовки производства

ных процессов и содержат высокие риски принятия ошибочных решений при производстве изделий и в конечном итоге к браку. В соответствии с математической моделью жизненного цикла изделия, разработанной Хьюзом и Грувером [2], в мелкосерийном производстве из-за малых размеров партии влияние затрат на проектирование и планирование работы сложного элемента производственного оборудования могут стать доминирующими в структуре себестоимости изделия. Таким образом низкий уровень автоматизации этапа планирования и учета технологической подготовки производства является существенным препятствием к сокращению сроков конструкторско-технологической подготовки производства, напрямую оказывает негативное воздействие на этап производственного планирования и в конечном счете на изготовление изделия в целом, что однозначно подтверждает актуальность работы и важность успешной реализации проекта.

Постановка научно-практической задачи

Рассмотрим процесс планирования технологического проектирования, существовавший на предприятии до реализации проекта более детально (таблица). Следствием бумажного документооборота и отсутствия специальных инструментальных средств является последовательный характер процесса коллективной разработки сквозных ТП.

Приведенные недостатки существенно ограничивали возможности автоматизации процесса технологического проектирования на предприятии, содержали риски нерациональных затрат времени и средств на малоэффективные решения [3]. Кроме того, нерациональное планирование существенно ограничивало возможности внедренной

структурной модели процесса совместной последовательно-параллельной конструкторско-технологической подготовки производства и разработанной в ее обеспечение программно-инструментальной архитектуры. На отдельных проектах по изготовлению особо важных и срочных изделий, удавалось достичь желаемого сокращения сроков проектирования и запуска изделий в производство, но только за счет привлечения большего числа проектировщиков, снижения приоритета прочих проектов, использования тотальных ручных методов контроля и учета работ. Перенести практику отдельных проектов на все проекты предприятия в данных условиях было невозможно [4].

Требовалось найти принципиально иное решение, основанное на использовании дополнительных инструментальных средств,

обеспечивающих планирование, контроль и учет коллективного проектирования технологической документации:

1) осуществить разработку и описание функциональной модели, отражающей совокупность процедур автоматизированного планирования и учета процессов совместной последовательно-параллельной конструкторско-технологической подготовки производства;

2) разработать и внедрить в промышленную эксплуатацию в рамках исследуемого предприятия инструментальные программные средства в обеспечение разработанной функциональной модели.

Формирование решения. Реализация

Для решения сформулированной научно-практической задачи была разработана функциональная модель (рис. 2), отражающая совокупность процедур автоматизированного планирования и учета процессов совместной последовательно-параллельной конструкторско-технологической подготовки производства в условиях единичного, мелкосерийного производства изделий, в соответствии с которыми предполагается сократить сроки технологического проектирования.

В соответствии с предложенной функциональной моделью осуществлялась проработка возможности программно-инструментальной реализации, платформой для которой были выбраны системы SEARCH (многофункциональная система автоматизации управления данными об изделиях) и IMPROJECT (система управления проектами). Проведенные исследования показали, что данные системы не отвечают в полном объеме

требованиям предложенного решения. Их функциональные возможности не позволяют организовать автоматизированное планирование и учет процессов совместной последовательно-параллельной конструкторско-технологической подготовки производства в соответствие с предложенной функциональной моделью. В связи с этим было принято решение разработать и внедрить в промышленную эксплуатацию специальные инструментально-программные средства на платформе систем SEARCH и IMPROJECT.

Рассмотрим этапы реализации, предложенной функциональной модели автоматизированного планирования и учета процессов совместной последовательно-параллельной конструкторско-технологической подготовки производства.

В соответствие с основными этапами процесса планирования (таблица) была разработана функциональность реализуемого решения:

1) формирование журнала руководителя группы (бюро, отдела) на заказное письмо, изделие или группу изделий, формирование плана работы группы (бюро, отдела) по всем действующим заказным письмам;

2) внесение в журнал руководителя группы необходимой информации для каждого элемента (трудоемкость разработки, сроки разработки, сроки после корректировки, цеха, для которых разрабатываются техпроцессы и др.);

3) распределение работ по конкретным исполнителям (направление электронного задания на разработку техпроцесса изготовление детали или сборки);

4) формирование подетального календарного плана-отчета исполнителя на месяц, основанного на трудоемкости работ и сроках разработки по письму-заказу с возможностью перерасчета плана в случае внеплановых работ;

5) отражение фактического состояния работ по каждому элементу заказного письма в журнале руководителя группы (бюро, отдела);

6) назначение сроков подразделениям-исполнителям с привязкой к срокам разработки документации по письму-заказу (с фиксацией в журнале руководителя группы (бюро, отдела));

7) визуализация в журнале руководителя всех процессов на каждом этапе с отметками этапов с истекшим сроком;

8) отметка о выполнении с автоматическим занесением в журнал руководителя отчетных данных (число листов в разработанном ТП);

9) формирование отчета исполнителя (календарный план-отчет исполнителя на месяц) с отметкой о выполнении плана;

10) возможность встраивания новых заказных писем в существующий план работы с сигнализатором выхода за пределы месячного плана;

11) возможность перераспределения работ сотрудникам из другой группы (бюро);

12) сигнализатор наличия ТП в базе (с датой разработки);

13) выделение цветом в журнале руководителя группы (бюро, отдела) повторяющихся деталей и сборок;

14) формирование списка по каждому исполнителю — должнику с формированием отчетного сводного документа «Отстающие работы».

Далее требовался инструментарий, соответствующий всем требованиям и обеспечивающий формирование подробного плана разработки технологической документации в процессе совместной последовательно-параллельной конструкторско-технологической подготовки производства, обеспечивающий контроль за процессом проектирования, учет работ выполняемых специалистами смежных технологических подразделений.

По заданию заместителя директора по производству и комплектным поставкам специалистами ИТ-службы предприятия совместно с инженерами-технологами было сформировано подробное техническое задание, которое было отправлено на проработку в ОДО «ИНТЕРМЕХ» (Белоруссия). После получения принципиального согласия на совместную с представителями ИТ-службы предприятия доработку систем SEARCH и IMPROJECT были уточнены отдельные элементы задания, согласованы сроки доработок, исполнители и соисполнители. На завершающем этапе техническое задание было согласовано со стороны ОДО «ИНТЕРМЕХ» и утверждено заместителем директора по производству и комплектным поставкам. Выполняемые доработки систем SEARCH и IMPROJECT укрупненно можно разделить на два этапа.

1) Доработка функции создания проект IMProject по дереву состава изделия в части обеспечения возможности выбора привязанных к выбранному изделию ТП и последующего создания соответствующих задач в проекте.

Доработка возможности синхронизации пользователем перечня задач в созданном проекте по структуре изделия (для задач созданных по ТП) с перечнем привязанных к выбранному изделию ТП по состоянию на момент выполнения операции.

Доработка API функций IMProject для передачи информации о прохождении этапов бизнес-процесса workflow Search в тематические параметры проекта IMProject через скрипты Workflow (необходимо для формирования отчетов и информирования руководителя о возможных отставаниях).

2) Разработка функции автоматического обнаружения конфликтов в проекте при сохранении проекта (отсутствие свободных ресурсов участников проекта разработки технологической документации).

Разработка отчетов «Журнал руководителя группы (бюро, отдела)», «Календарный план-отчет исполнителя на месяц» и «Отстающие работы».

Добавление в электронную почту системы Search функции создания ТП из писем, присылаемых системой IMProject на проработку изделий.

Уведомление руководителя проекта через Workflow системы Search об отставании в работах по проекту.

В ходе приемки работ по первому этапу был согласован пакет дополнительных доработок (порядка 20 пунктов), направленных на улучшение предложенной функциональной модели, были согласованы сроки совместного выполнения доработок. Приведем основные:

1. фильтрация состава изделия по типам объектов и типу связи; обеспечение возможности настройки видимости столбцов (список полей и отображение взять из Search — окно команды «Дерево состава»);

2. введение номера основного цеха-изготовителя по проекту; для закладки "Ввод сроков" формирование разных сроков для различных видов изделия;

3. доработка окна редактора проекта, сформированного по составу изделия, включая функционал, обеспечивающий возможность автоматического добавления на закладку «Исходные данные» задач всех прикрепленных к данному изделию документов (чертежи, спецификации, растровые чертежи) и всех связанных с изделием дополнительных файлов;

4. автоматическое добавление (по шаблону) двух подзадач на разработку ТП (первая подзадача — ТП для заготовительного цеха, вторая подзадача — ТП для основного цеха-изготовителя) при импорте состава объекта в Improject;

5. возможность визуального сравнения двух составов (включая ТП на изделия) при выполнении синхронизации составов с автоматической отметкой измененных позиций;

6. возможность проведения и проверки расчета месячной загрузки исполнителя относительно определенного для каждого исполнителя месячного фонда рабочего времени с учетом работ по выходным;

7. возможность изменения определенного для каждого исполнителя месячного фонда рабочего времени в случае обстоятельств (болезнь, командировка, сверхурочный выход) с автоматическим пересчетом его загрузки и возможностью перераспределения его задач другим исполнителям;

8. разработка механизма создания ТП из закладки «Результат» присланной подзадачи на разработку ТП с автоматической привязкой создаваемого по данной команде ТП к изделию, на которое создана подзадача; заполнение полей: обозначение, наименование и вид производства создаваемого ТП.

Разработка инструментальных средств осуществлялась инженерами-программистами ОДО «ИНТЕРМЕХ» с привлечением специалистов предприятия на правах постановщиков задач, оперативных консультантов и операторов по тестированию. Для

непосредственного участия в работах в процессе реализации специалисты предприятия трижды командировались в ОДО «ИНТЕРМЕХ» с общей продолжительностью командирования 25 рабочих дней.

Заключение

В результате проведенных работ была разработана программно-инструментальная архитектура в обеспечение предложенной функциональной модели и проведено комплексное тестирование на реальных изделиях исследуемого предприятия, подготовлены инструкции и проведено обучение специалистов рабочей группы предприятия. На завершающем этапе работ была проведена опытно-промышленная эксплуатация и в сентябре 2014 г. комплекс программно-инструментальных средств был введен в промышленную эксплуатацию.

Основные результаты использования представленного подхода сводятся к существенному сокращению времени разработки/корректировки плана проектирования технологической документации, сокращению времени получения необходимой информации о ходе коллективного проектирования и реализации возможности внесения необходимых корректировок в план в обеспечение сроков подготовки документации и выполнения производственной программы предприятия.

Обеспечение процессов параллельной работы специалистов-технологов различных специальностей и конструкторов оснастки предоставляет резервы для увеличения производственной программы, что в условиях рыночной экономики и конкуренции имеет решающее значение для получения и выполнения большего числа заказов.

Список литературы

1. Разработка и внедрение комплекса информационных технологий конструкторско-технологической подготовки производства для изготовления оборудования реакторных установок // САПР и графика. 2014. №6.
2. Грувер М., Зиммерс Э. САПР и автоматизация производства. М.: Мир. 1987.
3. Особенность методов проектирования сквозных техпроцессов в среде АС ТПП Techcard при изготовлении изделий ЯЭУ в условиях ОАО «ОКБМ Африкантов» // САПР и графика. 2009. №12.
4. Организация коллективной последовательно-параллельной работы технологической службы на базе PDM-системы // Сб. материалов Всероссийской научно-практич. конф. «Автоматизация и управление технологическими и производственными процессами». Уфа: УГАТУ. 2011. 326 с.

Петрунин Виталий Владимирович — Первый заместитель директора — генерального конструктора,

Банкрутенко Владимир Викторович — начальник отдела разработки и внедрения ИТ,

Голубев Сергей Валерьевич — заместитель начальника технологического отдела,

Комиссаров Кирилл Витальевич — начальник бюро поддержки прикладных систем САД\САМ\САРР

АО «ОКБМ Африкантов».

Контактный телефон (831) 246-94-96.

E-mail: komissarov@okbm.nnov.ru