



## АВТОМАТИЗАЦИЯ УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКОЙ ПРОИЗВОДСТВА НА ПРИБОРОСТРОИТЕЛЬНОМ ПРЕДПРИЯТИИ

В.Е. Лелюхин, О.В. Колесникова (ФГАОУ ВО Дальневосточный федеральный университет),  
И.С. Белкин, Т.А. Кузьмина (ПАО «Дальприбор»)

*Описывается автоматизированная подсистема технологической подготовки производства, реализованная на приборостроительном заводе с мелкосерийным характером производства, которая является одним из основных информационных источников для интегрированной информационной системы управления ресурсами предприятия. Показаны принципиальные решения и примеры практической реализации, позволяющие автоматизировать разработку технологической документации и организовать эффективное взаимодействие с подразделениями для своевременной разработки и изготовления специальной оснастки и инструмента.*

*Ключевые слова: машиностроение, мелкосерийное производство, технологическая подготовка, организация технологической подготовки, управление технологической подготовкой.*

### Введение

Эффективность работы предприятия можно оценить по масштабам спроса его продукции на рынке. Основными факторами, от которых зависит спрос на рынке, являются качество и цена товара, а также сроки поставки.

Сегодня существует множество разноплановых трактовок понятия качества продукции. Например, ГОСТ Р ИСО 9000-2015 трактует качество как соответствие требованиям чертежа. Пожалуй, более реалистичной является трактовка Джозефа Джурана, которая определяет качество продукции как ее пригодность к использованию [1]. Потребителю важны функциональность (способность решать проблемы потребителя), удобство эксплуатации, надежность, дизайн и пр.

Следующим параметром, определяющим спрос продукции на рынке, является цена. Цена является эквивалентом обмена и выражается в некоторой системе отсчета — валюте. На товары массового спроса верхняя граница цены устанавливается в зависимости от предельной по качеству сложившейся рыночной конъюнктуры, а нижняя определяется себестоимостью изготовления продукции. Таким образом, величина себестоимости продукции существенно влияет как на текущий финансовый результат предприятия, так и на портфель заказов (объемы продаж).

Еще одним значимым параметром является срок поставки изделий заказчику. В тех случаях, когда торговля осуществляется со склада (характерно для массового и крупносерийного производства), срок поставки определяется транспортно-логистическими подразделениями или предприятиями.

Вышеперечисленные параметры продукции (качество, себестоимость и сроки поставки) всецело обеспечиваются исключительно конструкцией и технологией изготовления изделий и формируются

в ходе их разработки. Таким образом, нетрудно сделать вывод, что от качества конструкторско-технологической подготовки производства в значительной степени зависит эффективность работы предприятия.

На приборостроительном предприятии ПАО «Дальприбор» (г. Владивосток) сформирована и в течение нескольких лет успешно эксплуатируется интегрированная информационная система управления ресурсами предприятия, информационную основу которой осуществляют подсистемы подготовки и сопровождения конструкторской и технологической информации в течение жизненного цикла любого выпускаемого изделия.

### Качество технологической подготовки

Под качеством конструкторско-технологической подготовки производства следует понимать степень обеспеченности информацией об изделии и технологии изготовления каждой детали-сборочной единицы (ДСЕ) [2, 3]. В нашей стране качество конструкторской и технологической подготовки регламентируется комплексами стандартов единой системы конструкторской документации (ЕСКД) и технологической документации (ЕСТД).

Более жесткие регламенты ЕСКД полностью удовлетворяют условиям необходимости и достаточности информационного обеспечения, в то время как регламенты ЕСТД допускают сокращенную степень детализации «маршрутное описание процесса», когда в маршрутной карте используется так называемое «сокращенное описание технологических операций» (ГОСТ 3.1109-82 Единая система технологической документации (ЕСТД). Термины и определения основных понятий... - М.: Стандартинформ. 2012)..

Кроме того, казалось бы, что со снижением серийности и ростом сменяемости операций в производстве

затраты на разработку технологических процессов должны расти, поскольку требуется большее число технологических инструкций (описаний технологических операций). Однако в отечественном машиностроении со времен прошлого столетия сложилась ситуация, при которой удельные затраты на технологическую подготовку снижаются по мере снижения серийности производства. Технологическая подготовка производства в общем цикле технической подготовки составляет (по трудоемкости) для серийного производства 40...50%, крупносерийного и массового — 60...70%. Это подтверждается в работе [4]:

«Технологическое проектирование от общего объема технической подготовки составляет 30...40% — для мелкосерийного, 40...50% — для серийного и 50...60% — для массового производства» [4]. В работе [5] отмечается: «Содержание, объем и организация технологической подготовки производства во многом зависят от типа и масштаба производства. В единичном и мелкосерийном производстве технологическая подготовка составляет 25%, в серийном — до 50%, в крупносерийном и массовом — до 70% от всего объема работ по технической подготовке производства новых изделий».

Такая парадоксальная ситуация в отечественном машиностроении складывалась с 30-х до 80-х годов XX века. Поскольку при снижении серийности производства объемы разработки технологических процессов возрастают в квадратичной зависимости в условиях развития вычислительной техники того времени, просто невозможно было обеспечить быструю и качественную разработку технологий. Естественно, что недостаток технологической информации в описаниях компенсировался высокой квалификацией рабочего персонала [7]. Другими словами, часть работы, связанная с проектированием технологических операций, выполняется непосредственно рабочими на местах.

Отметим, что в мелкосерийном и единичном производстве сокращение объемов и детализации разработки технологий и ориентация на высокую квалификацию рабочих приводит к снижению управляемости предприятием и повышению степени нестабильности процесса изготовления. Это обусловлено тем, что различные даже высококвалифицированные рабочие, как правило, используют собственные незафиксированные и ненормированные технологические приемы [6].

Таким образом, для обеспечения эффективного управления предприятием, а тем более автоматизации этого процесса нужна такая организация техно-

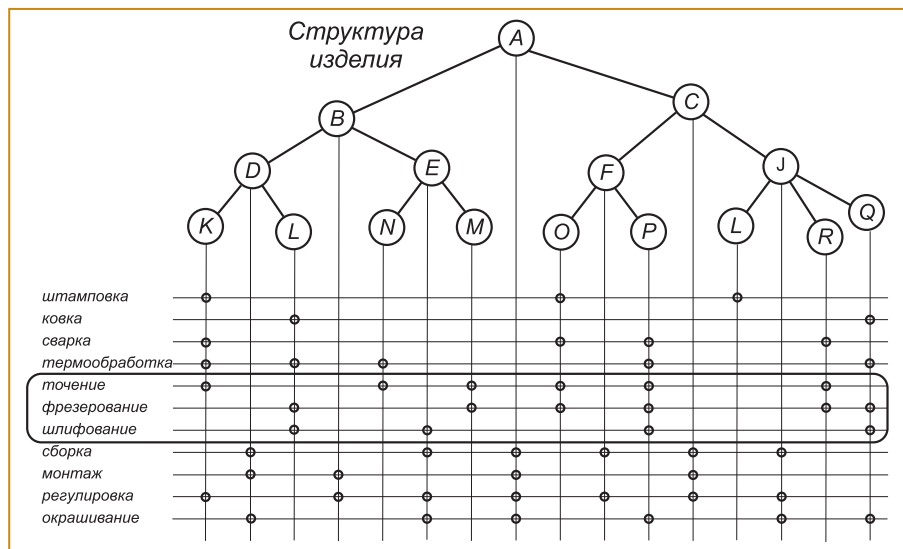


Рис. 1. Схема формирования «канвы» технологических процессов изделия

логической подготовки производства, при которой степень детализации технологической информации обеспечит необходимый и достаточный уровень информационного обеспечения системы управления ресурсами [6, 7, 8].

#### Организация и управление технологической подготовки на предприятии

При достаточно больших объемах освоения новых изделий на предприятии ПАО «Дальприбор», с одной стороны, требовалась ускоренная технологическая подготовка, включающая определение принципиальной технологии изготовления изделий, разработку конкретных технологических процессов для большинства (> 60%) ДСЕ, разработку и изготовление нестандартной оснастки и инструмента. С другой стороны, необходимо было время, достаточное для качественной подготовки и взаимного согласования указанной информации. Таким образом, требовалось сформировать такую организацию всего технологического комплекса, которая обеспечивала бы минимальное время и одновременно приемлемую степень детализации для обеспечения максимально возможного качества подготовки изделий к производству.

Управление технологической подготовкой производства представляет собой процесс разработки и осуществления мероприятий по обеспечению функционирования такой подготовки и корректированию хода выполнения работ при возникших отклонениях [3, 9]. Управление включает решение вопросов планирования, учета, контроля и регулирования. Планирование, координацию, учет и контроль в технологической службе должно осуществлять специальное подразделение (бюро или группа).

С этой целью на предприятии была сформирована двухуровневая система подготовки технологии. В соответствии с этой системой на первом уровне ведущими технологами для каждой ДСЕ определяется «канва» технологического процесса. В прак-

тическом обиходе предприятия эти элементы получили название «укрупненных» технологических операций, поскольку информация о них размещается в стандартной форме технологической карты и далее корректируется технологами (назовем их технологами-операционистами), специализирующимися на разработке определенных типов операций.

Отметим, что указанные названия «ведущий технолог» и «технолог-операционист» весьма условны и не являются должностью и естественно не имеют никакой корреляции с заработной платой (оценкой труда).

Характерно, что при такой организации работ, с одной стороны, появляется возможность параллельного выполнения работ на первом и втором уровнях. Иными словами, после того как для небольшой части ДСЕ сформирована «канва», технологи-операционисты уже могут приступать к окончательной разработке и формированию технологической документации.

На рис. 1 показана схема формирования «канвы» технологических процессов для изделия, структура которого включает девять деталей (обозначены кружочках буквами *K, L, M, N, O, P, R, Q*) и семь сборочных единиц (обозначены в кружочках символами *A, B, C, D, E, F, J*). Ведущий технолог формирует укрупненные операции, которые на рис. 1 расположены по вертикали для каждой соответствующей ДСЕ. Тогда выборка по горизонтали соответствует технологической специализации, например, выделенная на рис. 1 группа технологий (точение, фрезерование и шлифование) соответствует специализации «механическая обработка резанием».

Схема, показанная на рис. 1, с одной стороны, обеспечивает наглядное представление о ходе подготовки и корректировки технологического обеспечения при освоении продукции, а с другой — может служить

элементом управления работой технологов-операционистов, которые специализируются на разработке определенного типа технологических операций. Примером могут служить выделенные прямоугольником на рис. 1 операции точения, фрезерования и шлифования, соответствующие специализации в области механической обработки. Аналогично можно выделить технологии сборки, штамповки, покрытий и т. д.

### Программное обеспечение ТехПро

С учетом специфики производства и сложившейся организации работы технологических служб силами отдела информационных технологий предприятия разработан комплекс программного обеспечения для управления всей технологической подготовкой ТехПро.

Программный комплекс ТехПро органично встроен в интегрированную информационную систему управления ресурсами предприятия «Дальприбор», которая обеспечивает полноту и непротиворечивость конструкторской, технологической, плано-производственной информации, согласовывая и объединяя действия всех подразделений предприятия, связанных с основной производственной деятельностью. Система ТехПро реализована в виде Web-интерфейса, имеющего ряд преимуществ в организации и обслуживании корпоративной информационной системы. Это позволяет использовать архитектурные шаблоны для набора предопределенных подсистем, определяющих правила организации информационного взаимодействия. Существенным преимуществом является кроссплатформенность, обеспечивающая независимость системы от конкретной операционной системы АРМ пользователя, что позволяет централизованно использовать одно приложение для всех пользователей с ведением журнала подключений.

В состав комплекса ТехПро входит ряд информационно связанных модулей: 1) администрирования и управления подготовкой технологических процессов; 2) разработки и сопровождения технологий для каждой ДСЕ; 3) нормирования материалов на каждую деталь-операцию; 4) подготовки и сопровождения справочников материалов, удельных норм расхода материалов и профессий; 5) нормирования пооперационной трудоемкости.

Технологическая подготовка начинается с анализа структуры изделия и формирования «канвы» технологических процессов для каждой ДСЕ в соответствии со схемой (рис. 1) и осуществляется в бюро технологической под-

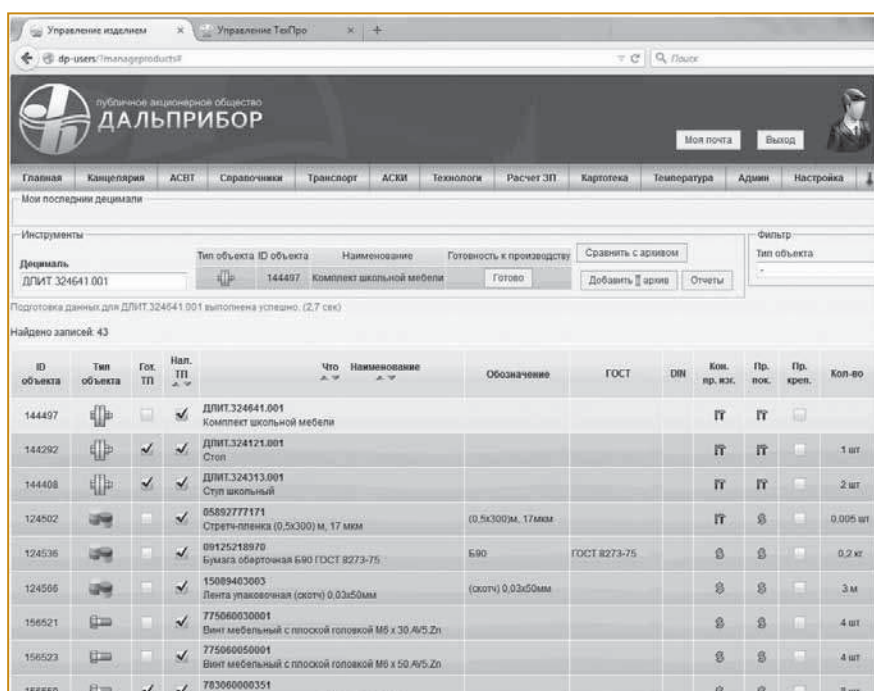


Рис. 2. Фрагмент экранной формы рабочего места ведущего технолога БТПП

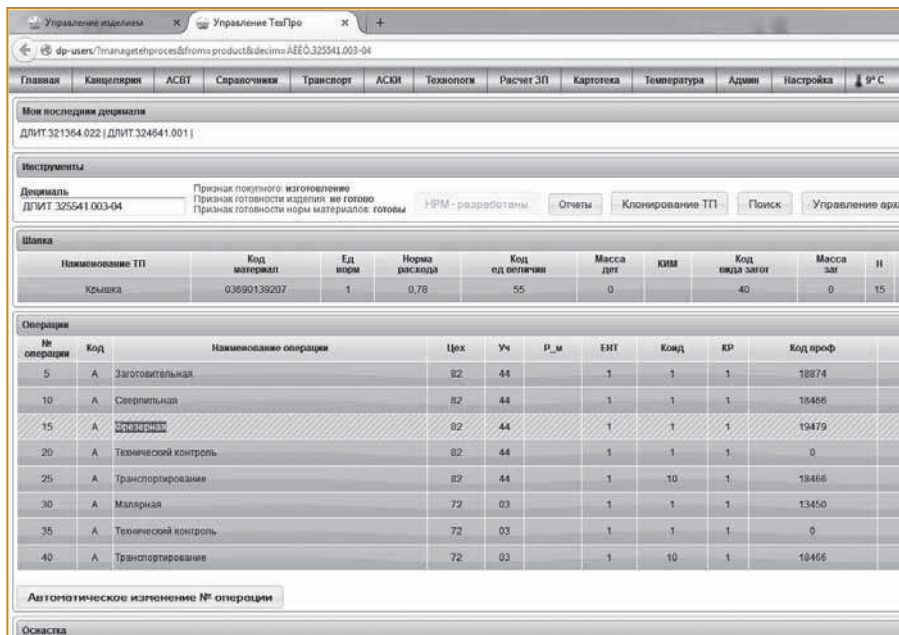


Рис. 3. Интерфейс рабочего места технолога-операциониста

готовки производства (БТПП). Задачи этого подразделения:

- оперативное планирование технологической подготовки производства новых и модернизируемых изделий во всех подразделениях технологической службы на основании директивных сроков комплексного графика технической подготовки производства нового изделия;
- планирование работ по технологической подготовке, связанных с конструкторскими изменениями; планирование работ подразделениям по научно-исследовательскому плану и плану организационно-технических мероприятий;
- диспетчирование прохождения технологической документации по подразделениям технологической службы;
- разработка и корректировка нормативов на выполнение работ по технологической подготовке производства;
- контроль и учет состояния выполнения запланированных работ по технологической подготовке;
- регулирование работ во времени по всем звеньям технологической службы для обеспечения всей полноты технологической подготовки.

В качестве основного инструмента ведущие технологи БТПП используют модуль администрирования и управления подготовкой технологических процессов, который обеспечивает возможность формирования и записи общего набора технологий для каждой ДСЕ рассматриваемого изделия (рис. 2). Кроме того, здесь же осуществляется контроль за состоянием готовности каждой ДСЕ, результаты которого визуализируются.

На основе результатов работы БТПП руководитель бюро разработки технологических процессов (БРТП) распределяет задания технологом-операционистам

для окончательного формирования технологической документации. Здесь в качестве инструмента используется модуль разработки и сопровождения технологий, фрагмент интерфейса которого показан на рис. 3.

Инструментарий (рис. 3) предоставляет технологу широкий спектр возможностей от корректировки записей на любом уровне иерархии элементов технологического процесса (от маршрута до перехода и его компонент и параметров). Допускается каскадное копирование и удаление переходов и операций, а также использование любых готовых технологических процессов в качестве аналогов (прототипов) для разработки новых.

Для хранения информации об изделии используется система управления базами данных (СУБД) реляционного типа Microsoft SQL Server. Конструкторская информация хранится в виде набора файлов, определяющих геометрическую конфигурацию и функциональные характеристики для каждой ДСЕ. Структура изделия хранится в виде баз данных, связывающих между собой все хранимое многообразие ДСЕ на протяжении жизненного цикла каждого проекта.

Жестко структурированная технологическая информация имеет четыре уровня иерархии, каждый из которых содержит непустое множество параметрически связанных таблиц. На верхнем уровне иерархии обеспечивается «привязка» к уникальному обозначению ДСЕ, а также содержится ряд параметров, определяющих общие свойства технологического процесса. Второй уровень иерархии содержит описание технологической операции, которая является основной плановой единицей для организации производственного процесса на предприятии. Кроме того, на этом же уровне содержится описание используемого технологического оборудования (рабочих мест). Третий уровень иерархии содержит характеристики технологических переходов, для каждого из которых на последнем уровне содержатся связанные множества инструментов, мерительных средств и вспомогательных материалов.

Организованная таким образом и встроенная в интегрированную систему хранения конструкторско-технологическая база позволяет выполнять широкий набор функций конструкторской, технологической, планово-производственной информационной подготовки, согласовывая и объединяя действия всех подразделений предприятия, связанных с основной производственной деятельностью.

**Заключение**

Разработанная система ТехПро с использованием двухуровневой схемы подготовки технологических процессов в ходе эксплуатации подтвердила свою работоспособность.

Встраивание системы ТехПро в интегрированную информационную систему управления ресурсами предприятия позволило обеспечить полноценный оперативный информационный обмен данными между конструкторами и технологами, что привело к сокращению сроков разработки и освоения новых изделий и их модификаций. Благодаря использованию информационных технологий для оперативного и корректного отображения изменений в технологических документах и ведению электронной картотеки отпала необходимость наличия большого штата архивных служб.

Многолетняя эксплуатация этой системы показала ее высокую надежность и эффективность при одновременном управлении разноплановыми проектами.

За счет четкой регламентации технологических процессов и автоматизации управления производством удалось снизить производственные издержки, что сказалось на повышении качества выпускаемой продукции и сокращении сроков изготовления.

Использование информационных технологий в конструкторских и технологических документах и ведение электронной картотеки для оперативного и корректного отслеживания и отображения изменений привело к сокращению штата. В целом на предприятии отмечено, что при внедрении интегрированной информационной системы управления ресурсами за счет сокращения непроизводительных потерь зафиксировано снижение трудоемкости в пределах 12...17%, а материальных затрат — на 8...15%.

**Список литературы**

1. Juran J.M. Architect of Quality. The autobiography of Dr. Joseph M. Juran. McGraw-Hill, 2004, pp. 379.
2. Лелюхин В.Е., Колесникова О.В. Интегрированная система конструкторско-технологической подготовки и управления производством на платформе 1С:УПП // Автоматизация в промышленности. 2015. № 9. с. 45-49.
3. Токликишвили А.Г., Рогулин А.Г., Колесникова О.В., Лелюхин В.Е. Организация технологической подготовки производства на производственных предприятиях. // Современные проблемы науки и образования Издательский Дом "Академия Естествознания" (Пенза). 2015. Вып № 2 (часть 1).
4. Жуков Э.Л., Козарь И.И., Розовский Б.Я., Дегтярев В.В., Соловейчик А.М. Технология машиностроения. Часть I: Уч. Пособие. Под ред. С.Л. Мурашкина. СПбГТУ, 1999. 190 с.
5. Аверченков В.И., Капталыян И.А., Пархутин А.П. Аверченков В.И. САПР технологических процессов, приспособлений и режущих инструментов. М.: Высшая школа. 1993. 288 с.
6. Колесникова О.В., Лелюхин В.Е. Синхронное управление ресурсами предприятия в машиностроении // Автоматизация в промышленности. 2015. № 3. с. 59-62.
7. Halevi G. Industrial Management—Control and Profit, Lecture Notes in Management and Industrial Engineering 1, DOI 10.1007/978-3-319-03470-6\_1, Springer International Publishing Switzerland. 2014.
8. Lian K., Zhang C., Shao X., Gao L. Optimization of process planning with various flexibilities using an imperialist competitive algorithm, August 2011 # Springer-Verlag London Limited. 2011.
9. Gobetto M. Operations Management in Automotive Industries, Springer Series in Advanced Manufacturing, Springer Science+Business Media Dordrecht. 2014. DOI: 10.1007/978-94-007-7593-0.

*Лелюхин Владимир Егорович — канд. техн. наук, доцент,*

*Колесникова Ольга Валерьевна — канд. техн. наук, доцент кафедры технологии промышленного производства ФГАОУ ВО Дальневосточный федеральный университет (г. Владивосток),*

*Белкин Игорь Сергеевич — начальник отдела информационных технологий и автоматизированных систем вычислительной техники,*

*Кузьминова Татьяна Андреевна — начальник бюро технологической подготовки производства ПАО «Дальприбор» (г. Владивосток).*

*Контактный телефон +7 (914) 723-52-57.*

*E-mail: lelv0@mail.ru miis@mail.ru s\_igor@mail.ru btpp-dp@mail.ru*

**Новый вибрационный сигнализатор уровня 2140 с поддержкой протокола HART**

Компания Метран (г. Челябинск) представляет новый проводной вибрационный сигнализатор уровня модели 2140 с поддержкой HART. Прибор выдерживает высокие температуры до 260°C и сложные условия эксплуатации. Скорость потока, свойства технологической среды и ее состав, наличие пузырей, турбулентности, пены, вибрации, твердых осадков и налипаний практически не влияют на работу устройства. Прибор не имеет подвижных частей. Модель 2140 определяет не только уровень жидких сред, но и границы раздела жидкости и осадка, обнаруживая скопления песка или шлама.

«Интеллектуальная» диагностика позволяет операторам удаленно контролировать состояние электроники и механических компонентов сигнализатора. Мониторинг напряжения и силы тока информирует о потенциальных проблемах с электропитанием и клеммами

устройства в течение всего срока службы. Функция «Частотное профилирование» помогает обнаруживать налипания, загрязнения или высокий уровень коррозии вилок прибора, сообщая о необходимости технического обслуживания.

Прибор может быть оснащен ЖК экраном и кнопками управления, позволяя оператору проверять состояние сигнализатора без необходимости подключения дополнительных средств. Функция Media Density поможет задать необходимые настройки плотности технологической среды. При изменении свойств технологической среды адаптивная функция Media Learn помогает рассчитать достоверные точки срабатывания реле, обеспечивая максимальную надежность сигнализации.

Сигнализатор 2140 сертифицирован на соответствие стандарту SIL 2.

<https://www.emerson.com>