

УДК 004.942

Д.В. БОЖКО, В.М. ІЛЮШКО, В.П. БОЖКО

Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Украина

## ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРЕДЛОЖЕННЫХ МОДЕЛЕЙ И МЕТОДОВ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЕКТАМИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ ПРОИЗВОДСТВА НАУКОЕМКОЙ ТЕХНИКИ

*Рассмотрены показатели эффективности использования предложенного метода технологической подготовки наукоемкого производства, при котором в основу положено обеспечение не только заданных геометрических и физико-математических параметров поверхностей отдельных деталей, но и основных эксплуатационных показателей продукта проекта в целом. Для этого в структуру технологической подготовки вводится дополнительный этап, связывающий показатели техпроцесса с заданными эксплуатационными параметрами изделия в целом. Указанная процедура обеспечивает достижение заданных ТТТ к изделию в процессе производства.*

**Ключевые слова:** подготовка производства, тактико-технические требования, эксплуатационные свойства, доводочные работы, трудоемкость.

### Введение

Анализ известных проектов технологической подготовки производства (ТПП) показал, что их структура и содержание не в полной мере соответствуют требованиям по обеспечению высокого качества и заданных сроков выпуска наукоемких изделий.

Одной из причин такого положения является тот факт, что известные методы проектирования техпроцессов ориентируются на обеспечении заданных геометрических и физико-механических характеристик поверхностных слоев деталей и не в полной мере учитывают условия достижения заданных тактико-технических требований (ТТТ) к изделию в целом, т.е. его эксплуатационных характеристик.

### Постановка задачи исследования

В табл. 1 показана взаимосвязь значений эксплуатационных свойств деталей, получаемых на металлорежущих станках, с геометрическими и физико-механическими характеристиками поверхностных слоев, формируемых при обработке, т.е. при реализации техпроцессов [1].

Аналогичные таблицы можно составить и для других процессов обработки деталей (литье, штамповка холодная и горячая, сварка, электрофизические способы и т.д.).

Следует подчеркнуть, что приведенные данные используются при существующих методах ТПП, когда критериями выбора техпроцессов и средств технологического оснащения являются показатели

Таблица 1

Взаимосвязь эксплуатационных свойств деталей с характеристиками поверхностных слоев

Эксплуатационные свойства детали	Геометрические характеристики поверхности			
	Шероховатость	Волнистость	Макроотклонения	Поверхностная микротвердость и остаточные напряжения
Износостойкость	+	+	±	+
Усталостная прочность	+	+	±	+
Коррозийная стойкость	+	-	-	+
Прочность сопряжений	±	±	+	±
Прочность сцепления покрытий	+	±	-	±
Обтекаемость жидкостями и газами	+	+	±	-
Теплоотражение	+	±	±	±

+ – характеристики, оказывающие основное влияние на данное эксплуатационное свойство;

± – характеристики, оказывающие ограниченное влияние; – – отсутствие влияния.

поверхностных слоев составных частей изделия, т.е. деталей, поэтому они не в полной мере могут удовлетворять выбору структуры ТПП по критериям, обусловленным в ТТТ к изделию в целом.

Поэтому предложено устанавливать взаимосвязи между ТТТ к изделию и структурой техпроцесса и технологической системы в целом.

### **Предлагаемый метод решения задачи**

Рассмотрим методику установления взаимосвязей между ТТТ и элементами технологической системы для неспецифицированного изделия типа зеркала приемопередающей антенны техники СВЧ. Для одной из конструкций антенны состав ТТТ представлен в табл. 2.

В табл. 3 приведена матрица взаимосвязей между элементами ТТТ и структурой технологической системы по изготовлению продукта проекта. В данном случае предусмотрено изготовление зеркала из листового материала (алюминиевый сплав АМцМ), хотя известны технологии их производства из полимерных материалов методом литья и другие способы.

Очевидно, что критерием выбора рабочего варианта технологического процесса является максимальное достижение заданных параметров, изложенных в ТТТ. Однако на практике не всегда удается получить требуемые их значения, что объясняется целым рядом факторов, основные из которых сводятся к следующим: неравномерность механических свойств материала даже на заготовках, получаемых одинаковыми способами, что приводит к искажению формы деталей при штамповке; недостаточная жесткость обрабатываемых изделий; неточность изготовления элементов технологической оснастки и инструмента, что также негативно влияет на точность геометрических параметров; неточности технологического оборудования и деформации его элементов под воздействием технологических усилий, недостаточная квалификация исполнителей и ряд других. В результате выбранная структура технологической системы не всегда будет обеспечивать заданные параметры изделий.

Что касается эксплуатационных показателей, то на ранних стадиях производства они практически не контролируются, поскольку в заготовительно-обрабатывающем производстве, как правило, имеются технические условия только на отдельные детали и отсутствуют данные по ТТТ к сборочным единицам и изделию в целом.

Из-за отсутствия такой информации длительность освоения новых наукоемких изделий значительно увеличивается, иногда до 2-х – 3-х лет, и сопровождается дополнительными затратами ресурсов, причем эти затраты, как правило, концентри-

руются в сборочно-монтажных цехах, где существует жесткий регламент времени.

Таким образом, процесс освоения характеризуется повышенной трудоемкостью, зарплатоемкостью и энергоемкостью, т.е. для обеспечения заданных ТТТ выполняется значительный объем доводочных работ, статистические данные по трудозатратам на выполнение которых приведены в табл. 4 [2, 3]. При этом указанные затраты весьма сложно планировать, поскольку объемы доводочных работ на различных экземплярах одного изделия будут различными.

Для оптимизации затрат и сроков освоения необходимо провести их классификацию и сгруппировать по двум признакам: обоснованные (планируемые) и дополнительные (сверхплановые), причем последние нужно не оптимизировать, а предотвращать.

Снижение затрат первой группы может быть обеспечено в результате поиска более совершенной организации производства, что относится к процессам организационной подготовки производства (ОПП) и нами не рассматривается.

Затраты второй группы (дополнительные, сверхплановые) связаны с возможными ошибками или некомпетентными решениями при разработке техпроцессов, поэтому их сокращение связано с уменьшением сверхплановых затрат труда и материалов за счет совершенствования структуры и методики проведения ТПП на ранних этапах производства.

В этой связи предложенная методика проектирования ТПП, которая в отличие от существующих предусматривает использовать в качестве критериев обеспечения не только геометрических и физико-механических показателей, но и эксплуатационных свойств деталей в соответствии с ТТТ к готовому изделию. Следует отметить, что предложенный метод также обеспечивает повышение качества продукта на стадии производства [4].

Для практического использования метода согласно табл. 1 необходимо таким образом структурировать техпроцесс, чтобы достигаемые при обработке геометрические характеристики поверхности обеспечивали соответствующий уровень заданных эксплуатационных свойств (например, для обеспечения коррозионной стойкости необходимо в первую очередь обеспечить заданные параметры шероховатости и поверхностной микротвердости, а параметры волнистости и макроотклонений не требуют жесткой регламентации). Аналогичная процедура может быть применена и при рассмотрении других эксплуатационных свойств. После решения задачи обеспечения заданных эксплуатационных свойств необходимо уточнить структуру технологической системы, с помощью которой формируется окончательные параметры готового изделия (табл. 3).

Таблица 2

Тактико-технические требования к геометрическим характеристикам зеркала радиантенны

Основные ТТТ к продукту проекта	Диапазон изменения эксплуатационных параметров
1. Точность изготовления профиля	$E = \delta/D = (6...22) \cdot 10^{-4}$
2. Потеря коэффициента усиления, ДБ	$\Delta K \leq 1 \text{ ДБ} (\sigma_{\text{omn}} \leq 0,36 \text{ мм})$
3. Поляризационная развязка, ДБ	$DH \leq \text{ДБ} (\sigma_{\text{omn}} \leq 0,27\lambda)$
4. Смещение фокуса относительно облучателя, мкм	$\Delta d \leq F \cdot 10^{-3} (L_b \leq 400 \text{ мкм})$
5. Фазовая ошибка	$\Delta m = (2\pi\sigma/\lambda)(\cos\gamma)$

Принятые обозначения:  $\delta$  – отклонение контура;  $L_b$  – волнистость;  $d$  – смещение фокуса относительно облучателя;  $D$  – диаметр антенны;  $\sigma_{\text{omn}}$  – среднеквадратичное отклонение профиля;  $\gamma$  – угловое расстояние точки профиля от геометрической оси антенны.

Таблица 3

Взаимосвязи между ТТТ к продукту проекта и структурой технологической системы

ТТТ к продукту проекта (на примере неспецифицированного изделия типа радиантенны)	Общая структура технологической системы															
	Вид заготовки				Технологический маршрут	Вид рабочего процесса			Режим обработки	Вид оборудования				Средства технологического оснащения		
	Прокат	Отливка	Штамповка	Лист		Обработка резанием	Штамповка	Электрофизическая обработка		Станки	Прессы	Спецоборудование для штамповки	Электрофизические установки	Режущий инструмент	Штампы	Станочные прессто-собления
Точность изготовления поверхности	-	-	-	+	+	-	+	-	+	-	+	+	-	-	+	-
Потери коэффициента усиления	-	-	-	+	+	-	+	-	+	-	+	+	-	-	+	-
Поляризационная раз-вязка	-	-	-	+	+	-	+	-	+	-	+	+	-	-	+	-
Смещение фокуса	-	-	-	+	+	-	+	-	+	-	+	+	-	-	+	-
Фазовая ошибка	-	-	-	+	+	-	+	-	+	-	+	+	-	-	+	-
Деформации от гравита-ционных и ветровых нагрузок	-	-	-	+	+	-	+	-	+	-	+	+	-	-	+	-

+ – предпочтительные варианты, оказывающие наибольшее влияние на элемент ТТТ; – – нерекомендуемые варианты

Таблица 4

Доля испытательных и доводочных работ на наукоемких изделиях в общих трудозатратах, %

Отрасль	Трудоемкость сборочно-монтажных и испытательных работ	Трудоемкость доводочных работ на готовых изделиях
Авиастроение	30...50	15...22
Электронное приборостроение	25...42	9...15

Естественно, что указанные процедуры приводят к некоторому увеличению трудозатрат и сроков проектирования техпроцессов. Если, например, при производстве радиоэлектронной аппаратуры трудоемкость этапа технологической отработки составляла в среднем 60%, то в связи с использованием предлагаемого метода, она может возрасти до 62 –

63%, в зависимости от типа изделий и масштабов их производства [3].

Вместе с тем общая трудоемкость изготовления изделий за счет снижения объемов слесарно-доводочных работ для условий мелкосерийного производства может быть уменьшена на 7,6 – 13,6% в зависимости от размеров изделий [4].

**Заключення**

Рассмотрена задача оценки эффективности предложенных моделей и методов управления содержанием проектов технологической подготовки производства наукоемкой техники.

Суть предложений сводится к тому, что при разработке техпроцессов предусматривается обеспечение не только геометрических параметров обрабатываемых изделий, но и эксплуатационных показателей.

Эффективность данного предложения выражается в сокращении объема последующих испытательных и доводочных работ, что обеспечивает снижение трудоемкости производства в целом на 7...13% при одновременном повышении качества продукта проекта.

**Литература**

1. Рыжов Э.В. *Технологическое обеспечение эксплуатационных свойств деталей машин* / О.В. Рыжов, А.Г. Сулов, А.П. Федоров. – М.: Машиностроение, 1979. – 176 с.
2. Войчинский А.М. *Технологичность изделий в приборостроении* / А.М. Войчинский, Э.Ж. Янсон. – Л.: Машиностроение, 1988. – 232 с.
3. *Технология самолетостроения: учебник для авиационных вузов* / А.Л. Абибов, Н.М. Бирюков и др. – М.: Машиностроение, 1982. – 551 с.
4. Божко Д.В. *Управление качеством производственных процессов в проектах создания высокотехнологичной техники* / Д.В. Божко // *Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии*. – Х.: НАКУ «ХАИ», 2006. – Вып. 33. – С. 75-82.

*Поступила в редакцию 23.10.2009*

**Рецензент:** д-р техн. наук, проф., зав. каф. 206 Г.И. Костюк, Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Харьков.

**ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАПРОПОНОВАНИХ МОДЕЛЕЙ І МЕТОДІВ УПРАВЛІННЯ  
ПРОЕКТАМИ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ ПІДГОТОВКИ ВИРОБНИЦТВА НАУКОЄМНОЇ ТЕХНІКИ**

*Д.В. Божко, В.М. Ілюшко, В.П. Божко*

Розглянуто показники ефективності застосування запропонованого методу технологічної підготовки наукоемного виробництва, при якому у основу покладено забезпечення не тільки заданих геометричних та фізико-механічних параметрів окремих деталей, але й основних експлуатаційних показників продукту проекту в цілому. Для цього у структуру технологічної підготовки введено додатковий етап, який пов'язує показники техпроцесу з заданими експлуатаційними параметрами вибору в цілому. Вказана процедура забезпечує досягнення заданих ТТВ до виробу у процесі виробництва.

**Ключові слова:** підготовка виробництва, тактично-технічні вимоги, експлуатаційні властивості, доводочні роботи, трудомісткість.

**ESTIMATION OF EFFICIENCY OF THE OFFERED MODELS AND MANAGEMENT  
METHODS PROJECTS OF TECHNOLOGICAL PREPARATION OF MANUFACTURE  
OF THE HIGH TECHNOLOGY TECHNICS**

*D.V. Bozhko, V.M. Piushko, V.P. Bozhko*

The Considered factors to efficiency of the use the offered method of technological preparation scientifically based production, under which in base as one should provision not only given geometric and physico-mathematical parameter of the surfaces of the separate details, but also the main working product factors of the project as a whole. For this in structure of technological preparation is entered additional stage, linking factors technical process with given working parameter of the product as a whole. The Specified procedure provides the achievement given by tactician of the specificationses to product in process production.

**Key words:** manufacture preparation, tactfully-technical requirements, operational properties, additional works, labour input.

**Божко Дмитрий Валерьевич** – научный сотрудник, Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Харьков, Украина.

**Ілюшко Виктор Михайлович** – д-р техн. наук, проф., зав. кафедрой производства радиоэлектронных систем ЛА, Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Харьков, Украина.

**Божко Валерий Павлович** - д-р техн. наук, проф., зав. кафедрой финансов, Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Харьков, Украина.