

Прогнозирование объемов доводочных работ при технологической подготовке производства наукоемкой техники

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

Приведены статические данные по объемам доводочных работ в машиностроительном и аэрокосмическом производстве. Проанализированы причины проведения этих работ и даны рекомендации по оценке их трудоемкости, что позволяет более достоверно планировать технологическую подготовку производства.

Ключевые слова: сборочные работы, доводочные работы, технологическая подготовка, эксплуатационные показатели изделий.

Наукоемкая техника характеризуется сложностью и новизной конструкторско-технологических решений. При этом объекты аэрокосмической техники зачастую характеризуются большими габаритами и недостаточной жесткостью, что усложняет обеспечение заданных геометрических форм готовых изделий.

Указанные обстоятельства приводят к необходимости выполнения определенного объема доводочных и регулировочных работ, проводимых с целью обеспечения заданных эксплуатационных характеристик готовых изделий.

Объясняется это тем, что разработчики из-за новизны задач зачастую не могут предусмотреть бездоводочную технологию производства. Кроме того, ряд процессов в силу технологических особенностей не могут выполняться без дополнительных доводочных работ (например, необходимость удаления литейных ликвидов и облоя при литейных и горячештамповочных работах, зачистка заусенцев на кромках деталей при механической обработке и холодной штамповке, очистка от загрязнений продуктами обработки при шлифовании и использовании электрофизических методов, правка деталей с целью исправления погрешностей формы, возникающих из-за пружинения при штамповке деталей из листов, профилей и труб и т.п.).

При выполнении сборочных операций на нежестких авиационных конструкциях процедура сверления отверстий в соединяемом пакете (например, обшивка – стрингер) обязательно сопровождается последующей разборкой пакета с целью удаления заусенцев и стружки, попадающей в зазоры между соединяемыми элементами при сверлении. После этого осуществляется повторная предварительная сборка конструкций и выполнение клепальных работ.

Можно привести множество других примеров, когда сборочные операции выполняются с использованием доводочных и регулировочных работ для достижения заданных эксплуатационных показателей изделий. При этом основная проблема заключается не только в том, что указанные работы на каждом изделии характеризуются своей трудоемкостью, но и в том, что до настоящего времени они фактически не нормируются в техпроцессах из-за отсутствия методики оценки трудозатрат на доводочные операции [1], [2]. Целью данной статьи является попытка восполнить этот пробел.

Сущность предлагаемой методики прогнозирования объемов доводочных работ

Рассмотрим структуру типовых наукоемких конструкций.

Стандарты устанавливают следующие их виды: детали; сборочные единицы; узлы; комплексы; комплекты.

К деталям, как известно, относятся изделия, изготовленные из однородного материала, без применения сборочных операций (например, винт, гайка, литой или штампованный корпус и др.). Сборочной единицей (узлом) называют изделие, составные части которого подлежат соединению между собой сборочными операциями (свинчиванием, клепкой, пайкой, сваркой, опрессовкой и т.п.).

При проведении сборочных операций проявляются погрешности от предыдущей обработки, а также возможные несовпадения стыкуемых поверхностей из-за их деформаций от недостаточной жесткости собираемых элементов. Кроме того, в ряде случаев на стыкуемых поверхностях предусматривается использование излишних припусков (запасов), которые подлежат удалению непосредственно в период сборки. По этой же причине стыкуемые отверстия часто выполняют с диаметром, меньшим номинала, которые рассверливаются одновременно в стыкуемых элементах при сборке. Таким образом, основной областью проведения доводочных и подгоночных операций являются сборочные работы, которые являются средством образования разъемных или неразъемных соединений между отдельными элементами (узлами, деталями и т.п.). При этом различают узловую сборку, объектом которой являются составная часть изделия, а также общую сборку, при которой обеспечивается изготовление изделия в целом. На каждом этапе выполняется определенный объем доводочных работ, которые суммируются по мере готовности узлов или изделия в целом.

Сравнительные данные по трудоемкости сборочных и механообрабатывающих операций применительно к машиностроению приведены в таблице 1 [3], [4].

Таблица 1

Трудоемкость сборочных работ для различных видов (масштабов) производства

Вид производства	Трудоемкость сборочных работ по отношению к механообрабатывающему производству, %	
	По данным Егорова М.Е. и др. [2]	По данным Картавова С.А. [3]
Единичное и мелкосерийное	40-50	60-80
Среднесерийное	30-35	30-60
Крупносерийное	20-25	20-25
Массовое	10-20	25-30

Из таблицы 1 следует, что трудоемкость сборочных работ в машиностроении может составлять в среднем 25-30% от трудозатрат в механообрабатывающем производстве, т.е. этот показатель можно считать характерным при производстве деталей из монолитных заготовок (прокат, литье, горячая штамповка и т.п.). При этом ввиду высокой жесткости деталей объемы доводочных работ будут сравнительно небольшими.

Структура трудоемкости сборочных работ в машиностроении показана в таблице 2 [3].

Таблица 2

Трудоемкость сборочных операций по этапам сборки

Этапы сборочных работ	Трудоемкость этапа сборочных работ, %
Ручная слесарная доводка деталей	5-10
Сборка узлов и агрегатов	60-50
Общая сборка изделия	35-40

В аэрокосмическом производстве, в частности в самолетостроении, трудоемкость сборочных работ составляет около 45...50% от общих трудозатрат по изделию, при этом доля сборочных процессов по составляющим элементам конструкции характеризуется данными, приведенными в таблице 3 [5].

Таблица 3

Структура сборочных работ в самолетостроении

Основные этапы сборочных работ	Удельный вес этапа сборочных работ, %
<u>Сборка узлов</u> (панели, лонжероны, шпангоуты и т.п.)	12-25
<u>Агрегатная сборка</u> (фюзеляж, крыло, оперение, мотогондола и др.)	18-20
<u>Общая сборка</u> (планер с монтажом оборудования, приборов и механизмов)	12-15

Анализ данных, приведенных в таблицах 1 – 3, позволяет провести предварительную оценку объемов доводочных работ.

При этом очевидно, что эти работы будут зависеть от ряда факторов, характеризующих конструктивные особенности изделий, а именно: габариты, массу, механические свойства материала, жесткость собираемых элементов, доступность мест доработки, площадь обрабатываемых поверхностей, возможность использования механизированного инструмента и ряд других.

Для предварительной оценки трудоемкости доводочных операций T_{∂} можно использовать следующую эмпирическую зависимость

$$T_{\partial} = K_1 T_{ycb} + K_2 T_{acb} + K_3 T_{ocb}, \text{ н/ч} , \quad (1)$$

где T_{ycb} , T_{acb} , T_{ocb} - соответственно трудоемкости узловой, агрегатной и общей сборки изделия, н/ч;

K_1 , K_2 , K_3 – коэффициенты, учитывающие объемы доводочных работ по этапам сборки, выбираемые из таблицы 4.

Таблица 4

Значения коэффициентов для учета объемов доводочных работ

Виды сборочных работ	Значения коэффициентов	Конструктивные особенности изделия		
		Простые геометрические формы жестких конструкций	Геометрические формы средней сложности полужестких конструкций	Сложные геометрические формы нежестких конструкций
Узловая сборка	K_1	0,02...0,03	0,03...0,05	0,06...0,1
Агрегатная сборка	K_2	0,03...0,05	0,04...0,06	0,08...0,12
Общая сборка	K_3	0,04...0,06	0,08...0,13	0,15...0,18

В случаях, когда известны конкретные параметры обрабатываемых поверхностей (размеры, площадь, снимаемый припуск и др.), можно воспользоваться данными из таблицы 5 [6].

Таблица 5

Трудоемкость подгоночных слесарно-сборочных работ в условиях единичного и мелкосерийного производства

Обрабатываемый материал	Показатели качества обработки	Диапазон удаляемых припусков, мм	Способ обработки	Площадь обрабатываемой поверхности, см ²			
				Время обработки, мин			
Сталь	Шероховатость 20...10 мкм	0,3...0,6	Припиливание	2,0	4,0	16,0	28,0
Алюминиевые сплавы	Шероховатость 40...20 мкм	0,5...0,8	Припиливание	0,9	3,0	8,0	15,0

Таким образом, приведенные материалы позволяют на более достоверном уровне планировать объемы доводочных работ и учитывать их трудоемкость при технологической подготовке производства.

Выводы

В работе рассмотрена проблема оценки трудоемкости доводочных работ при проектировании техпроцессов сборки изделий сложной наукоемкой техники. Ее решение является актуальным, поскольку данные работы выполняются без предварительного нормирования доводочных операций из-за отсутствия соответствующей методики. Это приводит к увеличению затрат на внеплановые работы по доводке конструкций для обеспечения заданных эксплуатационных характеристик изделий.

На основе проведенного анализа статистических материалов, предложены зависимости по оценке трудоемкости процессов доводки изделий, что обеспечивает повышение достоверности принимаемых решений при технологической подготовке производства.

Список литературы

1. Божко, Д.В. Метод оценки сроков проекта технологической подготовке производства наукоемких изделий [Текст] / Д.В. Божко, В.М. Илюшко, О.К. Погудина // Открытые информационные и компьютерные интегрированные технологии: сб. науч. тр. Нац. аэрокосм. ун-та им. Н.Е.Жуковского «ХАИ». – Вып. 42. – Х., 2009. – С. 269 – 273.
2. Крысин, В.Н. Технологическая подготовка авиационного производства. [Текст] – М.: Машиностроение, 1984. – 200с.
3. Егоров, М.Е. и др. Технология машиностроения. Учебник для вузов. изд. 2-е, доп. М., «Выш. школа», 1976. – 534с.
4. Технология машиностроения (специальная часть). Картавов С.А. – 2-е изд., перераб. и доп. [Текст] – Киев: Вища школа. Головное изд-во, 1984. – 272с.
5. Технология самолетостроения: учебник для авиационных вузов [Текст] / А.Л. Абибов, Н.М. Бирюков, В.В. Бойцов и др., Под. ред. А.Л. Абибова. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1982 – 551с.
6. Моисеев, М.П. Экономика технологичности конструкций. [Текст] М.: Машиностроение, 1973 – 352с.

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

Поступила в редакцию 27.09.2011

Прогнозування обсягів дороблювальних робіт при технологічній підготовці виробництва наукоемної техніки

Наведено статистичні дані щодо обсягів дороблювальних робіт у машинобудівному та аерокосмічному виробництві. Виконано аналіз причин, які зумовлюють проведення цих робіт, та подано рекомендації щодо оцінювання їх трудоемкості, що дозволяє більш достовірно планувати технологічну підготовку виробництва.

Ключові слова: складальні роботи, доводочні роботи, технологічна підготовка, експлуатаційні показники виробів.

Prognostication of volumes of finishing works at technological preproduction of scientific technique

Static data over are brought on the volumes of finishing works in a machine-building and aerospace production. Reasons of realization of these works are analysed and recommendations are given as evaluated by their labour intensiveness, that allows more for certain to plan technological preproduction.

Keywords: frame-clamping works, finishing works, technological preparation, operating indexes of wares.