

РАЗДЕЛ 2. МАШИНОСТРОЕНИЕ И МАШИНОВЕДЕНИЕ

УДК 621.9

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ С ПОМОЩЬЮ МЕТОДИКИ ФУНКЦИОНАЛЬНО-СТОИМОСТНОГО АНАЛИЗА

Е.Ю. Татаркин, А.М. Иконников, Р.В. Гребеньков, С.С. Просеков

Разработанная методика совершенствования технологических способов изготовления деталей, базирующаяся на общей методологии функционально-стоимостного анализа и поискового конструирования, использована при решении практических задач в условиях производства завода топливной аппаратуры ПО "Барнаултрансмаш". Проводился анализ и выработка рекомендаций по совершенствованию технологических процессов деталей топливной аппаратуры (корпус форсунки, корпус целевого фильтра, целевой фильтр). Номенклатура деталей определялась исходя из повышенных требований, предъявляемых к точности, а также большой программы выпуска, высокой себестоимости и трудоемкости их изготовления.

Ключевые слова: функционально-стоимостный анализ, магнитно-абразивная обработка, технологический процесс, технологические рекомендации, топливная аппаратура.

Развитие современного производства невозможно без повышения его конкурентной способности за счет снижения себестоимости выпускаемой продукции. Под функционально-стоимостным анализом (ФСА) понимается метод системного исследования функций объекта (изделия, процесса, структуры), направленный на минимизацию затрат в сферах проектирования, производства и эксплуатации объекта при сохранении (повышении) его качества и полезности [1].

Основной целью ФСА является:

1. На стадии НИР и ОКР – предупреждение возникновения излишних затрат при обязательном соблюдении параметров, обеспечивающих реализацию функционального назначения объекта.

2. На стадиях производства и эксплуатации объекта – сокращение (исключение) неоправданных затрат и потерь при сохранении или улучшении потребительских свойств объекта.

С использованием методологии ФСА возможно решение следующих задач: достижение оптимального соотношения между потребительской стоимостью и затратами (ценой, себестоимостью) при создании объекта; снижение себестоимости продукции и ее качества; повышение производительности; сокращение или ликвидация брака; снижение материалоемкости, трудоемкости, энергоемкости и фондоемкости объекта; ликвидация «узких» мест и т.д.

ФСА строится на функциональном под-

ходе, т.е. изучении функций объекта исследования и применении, которые позволяют определить то, каким образом данная функция может исполняться качественно при наименьших затратах.

Принципы и подходы ФСА, как и метод в целом, находятся в постоянном развитии. Действие отдельных принципов и подходов может усиливаться или ослабляться в зависимости от характера и сферы проводимого исследования.

В практике существуют три методические формы ФСА:

1. Корректирующая (ФСА в сфере производства), предназначена для ликвидации излишних функций, элементов и затрат при сохранении (повышении) качества.

2. Творческая (ФСА в сфере проектирования), которая ориентирована на предотвращение появления излишних функций, элементов и затрат при повышении (сохранении) качества.

3. Инверсная (ФСА в сфере применения), используемая для систематизации процесса поиска сфер применения уже спроектированных объектов либо их унификация и обеспечивает выбор наиболее эффективной системы, в которой предполагается использование объекта.

Объектами ФСА могут быть изделия, детали, технологические процессы, оборудование, оснастка, организационные и управленческие процессы и другие системы. Наиболь-

шее распространение имеет корректирующая форма ФСА, которая состоит из семи этапов: подготовительного, информационного, аналитического, творческого, исследовательского, рекомендательного и внедрения. Каждый этап предполагает выполнение ряда работ.

Целью настоящей работы является снижение себестоимости и брака при изготовлении топливной аппаратуры ПО "Барнаултрансмаш".

Для разработки новых и совершенствования действующих технологических процессов разработана общая методика [2], представленная в виде алгоритма на рисунке 1.

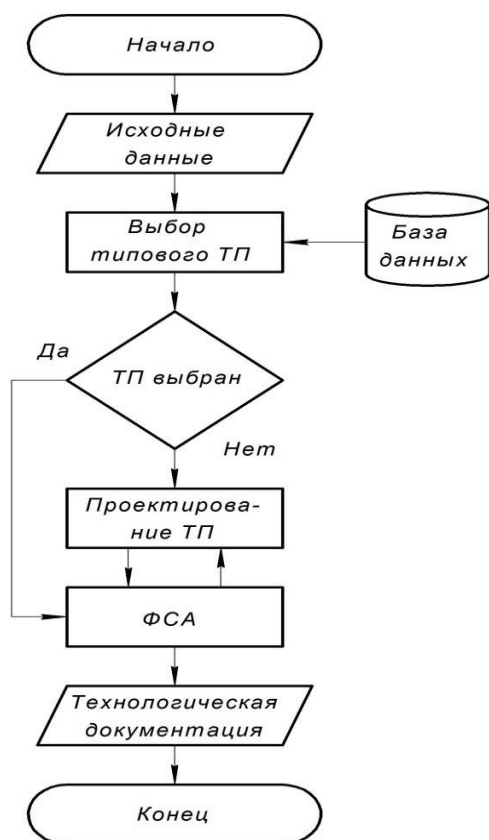


Рисунок 1 – Алгоритм проектирования и совершенствования действующих технологических процессов

Исходной позицией функционально-стоимостного анализа является выявление и определение функций анализируемого объекта. Под функцией понимается внешнее проявление свойств объекта в определенных условиях (в данной системе отношений). По-другому: функция – это действия, которые отвечают на вопрос: "Что должен делать объект?".

К самым известным методам определения функций относятся прежде всего:

1. Метод профессионального анализа, экспертной оценки.

2. Метод "черного ящика".

3. Метод логической цепочки.

Определение функций объекта анализа является лишь одной стороной функционально-стоимостного анализа.

Для определения затрат на управленческие функции на информационном этапе ФСА осуществляется сбор, систематизация и изучение данных, характеризующих систему управления или отдельные ее подсистемы, а так же данные по аналогичным системам. Изучается следующая информация:

1. Типовые положения о подразделениях.

2. Должностные инструкции работников подразделений.

3. Штатное расписание.

4. Затраты на использование вычислительной техники и другой организационной техники.

5. Положение о заработной плате и премировании работников подразделений.

6. Данные бухгалтерской отчетности.

7. Результаты анкетного и устного опроса работников отделов.

Эти данные являются основой для расчета денежных затрат, приходящихся на каждую функцию. Выделяются следующие виды затрат:

1. Хозяйственные расходы (затраты на содержание помещений, коммунальные платежи).

2. Содержание средств вычислительной и оргтехники.

3. Денежное содержание сотрудников (заработная плата, отчисления в пенсионный фонд, фонд социального страхования, фонд обязательного медицинского страхования, фонд занятости, и прочее).

4. Прочие расходы.

Авторами предлагаются отличительные особенности при поведении ФСА технологических процессов изготовления деталей:

1. Проводить ФСА конструкции детали.

2. Проводить анализ технологичности конструкции детали для выявления нетехнологичных элементов.

3. В ходе проведения ФСА прогнозировать потенциальные дефекты и отказы.

4. Для определения значимости функций использовать классификацию поверхностей по служебному назначению (исполнительные, основные, вспомогательные и свободные поверхности). При определении затрат на функции использовать метод пропорционального распределения затрат. Для каждой функции нижнего порядка функциональной модели определяются операции технологического процесса, на которых она формируется. Себестоимость операции пропорцио-

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ С ПОМОЩЬЮ МЕТОДИКИ ФУНКЦИОНАЛЬНО-СТОИМОСТНОГО АНАЛИЗА

нально распределяется между функциями, формируемыми на этой операции. Затраты на функции вышестоящего уровня определяются суммированием затрат на функции нижнего уровня, входящих в эту вершину.

5. После построения функционально-стоимостной диаграммы и выявления зон рассогласования затрат на функции и их значимость предлагается переходить на функционально-стоимостное проектирование (ФСП). Метод ФСП, являясь методом системного анализа функций объекта, обеспечивает на стадии про-

ектирования предупреждение возникновения функционально излишних затрат необходимым уровнем качества изготавливаемых деталей.

Первоочередные области анализа и совершенствования определяли по диаграммам Парето (рисунок 2). При их построении операции технологического процесса располагали в порядке убывания затрат. Первостепенными объектами для анализа являлись операции, которые попали в зону А. Они составляют 75 % общих затрат на создание соответствующих свойств носителя функций.

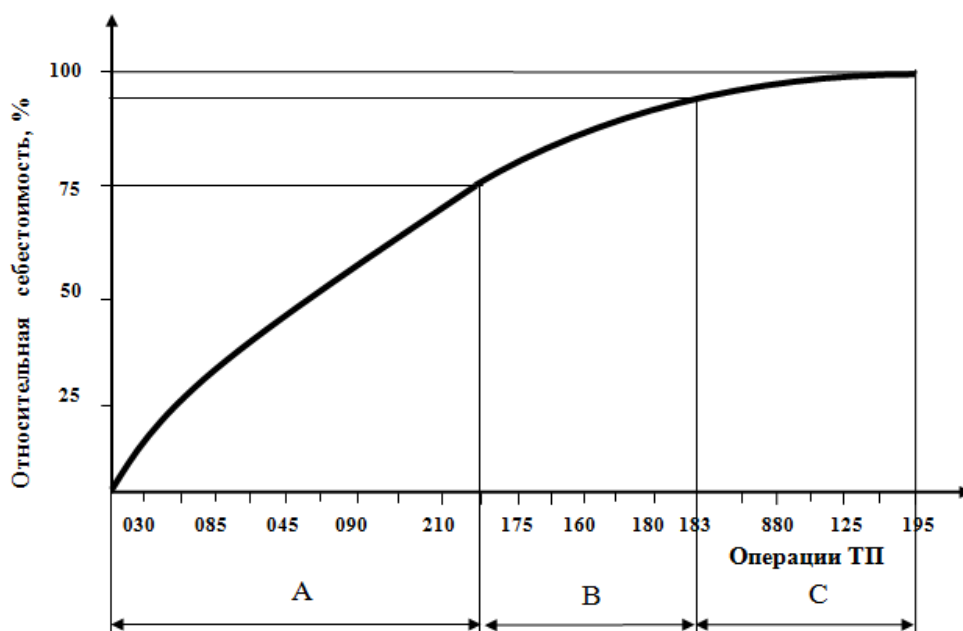


Рисунок 2 – Диаграмма Лоренца-Парето технологического процесса

Затем строилась структурная модель технологического процесса, фрагмент которой для корпуса форсунки представлен на рисунке 3. На верхнем уровне находится технологический процесс (ТП) в целом, а на последующих уровнях – его структурные составляющие (операции, переходы). Структурная модель ТП строится на основе технологической и нормативной документации.

Следующим этапом являлось определение функций операций ТП и строилась функциональная модель (рисунок 5). При проведении функционального анализа были определены следующие главные функции ТП:

1. Изготовить базовые поверхности корпуса.
2. Изготовить поверхности для крепления корпуса в головке блока цилиндров.
3. Изготовить элементы, обеспечивающие подвод топлива.

4. Изготовить отверстие под пружину.

5. Изготовить поверхности, обеспечивающие крепление фильтра и распылителя.

6. Изготовить отверстие под штангу.

Относительная значимость функций определялась с помощью коэффициентов весомости, которые устанавливались с помощью экспертных оценок. В качестве экспертов выступали ведущие специалисты отделов главного конструктора и главного технолога ПО "Барнаултрансмаш". Эксперты оценивали значимость главных и второстепенных функций в процентах от общей функции всего технологического процесса, принятой за 100 %. Затем оценивалась значимость основных функций, имеющих общую вершину в процентах от главной функции. Второстепенные и вспомогательные функции оценивались технологами. Полученные данные были обработаны и пересчитаны в процентах от ТП в целом.

Технологический процесс										
015			025					030		
Продольно-фрезерная			Горизонтально-сверлильная					Токарная		
2.900			4.834					8.626		
1	2	3	1	2	3	4	5	1	2	3
Установить деталь	Фрезеровать торцы одновременно	Уложить в тару	Установить 4 детали	Сверлить 4 детали	Установить 4 детали	Сверлить 4 детали	Уложить в тару	Установить деталь	Точить поверхности	Уложить в тару
0.400	2.400	0.100	0.242	4.471	0.369	4.350	0.010	0.802	7.523	0.300

Рисунок 3 – Структурная модель ТП

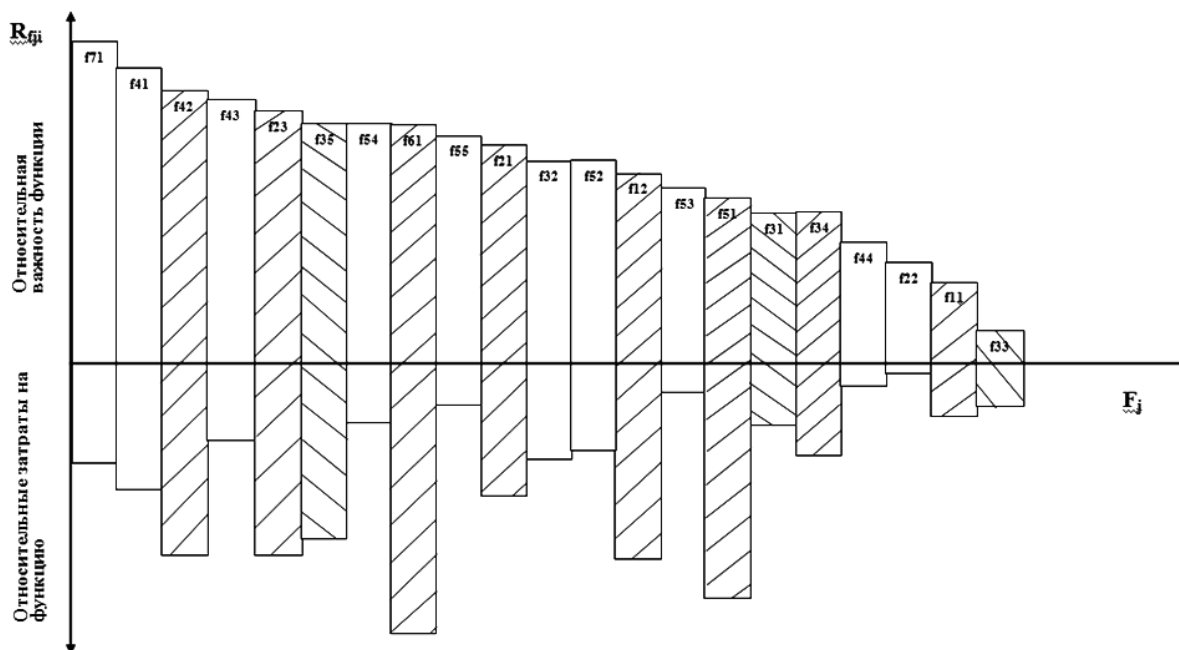


Рисунок 4 – Функционально-стоимостная диаграмма технологического процесса

После определения значимости функций производился расчет затрат на реализацию функций. Использовался метод пропорционального распределения затрат. Для каждой функции нижнего порядка ФМ определялись операции технологического процесса, на которых она формируется. Себестоимость операции пропорционально распределялась между функциями, формируемыми на этой опе-

рации. Затраты на функции вышестоящего уровня ФМ определялись суммированием затрат на функции нижнего уровня ФМ, входящих в эту вершину. По полученным данным строилась функционально-стоимостная диаграмма (рисунок 4), которая позволяет выявить зоны рассогласования затрат на функции и их значимость (заштрихованные участки).

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ
С ПОМОЩЬЮ МЕТОДИКИ ФУНКЦИОНАЛЬНО-СТОИМОСТНОГО АНАЛИЗА**

Функциональная модель ТП	Обеспечить подвод топлива		8.1	Изготовить отверстие для топливовыводящего штуцера	f427	0.720	Обработать конус предварительно			
					f426	0.324	Проточить канавку			
					f425	0.607	Зенкеровать отверстие			
					f424	0.972	Сверлить фасонное отверстие			
					f423	0.346	Подрезать торец			
					f422	0.688	Сверлить отверстие			
					f42	f421	0.284	Установить и снять деталь		
	F4		27	10.125	Изготовить топливопроводящее отверстие	f413	1.772	Снять заусенцы		
						f412	7.922	Сверлить отверстие		
	Обеспечить крепление корпуса форсунки в головке блока		f41	f41	Изготовить радиуса	f411	0.425	Установить и снять деталь		
						6	Изготовить радиуса	f353	0.900	Снять заусенцы
								f352	4.800	Зенкеровать радиуса
						f35	f351	0.300	Установить и снять деталь	
						2.4	Обрезать плоские грани	f342	2.272	Фрезеровать грани
								f341	0.128	Установить и снять деталь
						0.8	Снять фаски с крепежных отверстий	f332	0.760	Зенковать фаски
								f331	0.040	Установить и снять деталь
						4.4	Подготовить поверхность под крепежные элементы	f322	4.206	Фрезеровать фланцы
								f321	0.194	Установить и снять деталь
	2.4	Изготовить отверстия для крепления	f312	2.294	Сверлить отверстия					
			f311	0.106	Установить и снять деталь					
	F3		16	f31						
	Изготовить базовые поверхности корпуса		f23	6.5	Окончательно обработать цилиндрические базовые поверхности	f232	6.240	Шлифовать пояски		
						f231	0.260	Установить и снять деталь		
						f22	1.950	Точить канавку		
						4.55	f212	4.350	Точить поверхности	
	F2		13	f21	Предварительно обработать цилиндрические базовые поверхности	f211	0.200	Установить и снять деталь		
	Изготовить отверстия под штангу		f12	4	Изготовить отверстие	f122	3.840	Сверлить отверстие		
						f121	0.160	Установить и снять деталь		
						1	f112	0.956	Фрезеровать торцы	
F1		5	f11	Подготовить торцы	f111	0.044	Установить и снять деталь			

Рисунок 5 – Функциональная модель технологического процесса

На основе выполненного анализа был предложен ряд мероприятий по совершенствованию технологического процесса изготовления корпуса форсунки:

1. Изменить способ получения заготовки, что в конечном итоге позволило исключить пять операций.

2. На операциях точения заменить оборудование с целью совмещения нескольких операций в одну.

3. Внести изменение в конструкцию корпуса, исключив нетехнологичное дренажное отверстие вынесением его на сопрягаемую деталь форсунки.

Размерный анализ ТП показал выполнимость всех установленных технических требований.

Совершенствование технологического процесса изготовления щелевого фильтра проводили по вышеприведенной методике. В результате были предложены следующие мероприятия:

1. Изменить организацию и планировку рабочего места операции плоского шлифования за счет замены существующего на операции приспособления разработанной механизированной кассетой загрузки деталей.

2. Притупление острых кромок проводить на фрезерном станке ВФ125 магнитным индуктором методом магнитно-абразивной обработки [3], для чего разработаны новая конструкция приспособления и инструмент [4] (магнитный индуктор).

3. Заменить резцовую головку для растачивания отверстия. Предложенная конструкция позволила снизить погрешность установки резца и увеличить точность настройки на размер за счет упруго деформируемого узла; для настройки головки разработано приспособление.

Изменения в действующей технологии позволили снизить трудоемкость изготовления деталей топливной аппаратуры в среднем на 33 % и увеличить коэффициент использования материала в 1.4 раза. Суммарный экономический эффект составил 805940 рублей в год.

В качестве выводов можно указать, что разработанная методика проектирования и совершенствования действующих технологических процессов позволяет как на стадии

проектирования нового технологического процесса, так и при анализе действующего выявить зоны рассогласования затрат на функции и их значимость.

Проеденный ФСА действующих процессов изготовления корпуса форсунки и щелевого фильтра позволил снизить трудоемкость изготовления деталей топливной аппаратуры в среднем на 33 % и увеличить коэффициент использования материала в 1.4 раза.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Справочник по функционально-стоимостному анализу / под ред. М. Г. Карпунина, Б. И. Майданчика. – М. : Финансы и статистика, 1988. – 431 с.

2. Моисеева, Н. К. Основы теории и практики функционально-стоимостного анализа : учебное пособие для технических специальностей ВУЗов / Н. К. Моисеева, М. Г. Карпунин. – М. : Высшая школа, 1988. – 192 с.

3. Барон, Ю. М. Магнитно-абразивная обработка изделий и режущих инструментов / Ю. М. Барон. – Л. : Машиностроение. Ленингр. отделение, 1986. – 176 с.

4. Татаркин, Е. Ю. Проектирование технологической и инструментальной оснастки для операций магнитно-абразивной обработки / Е. Ю. Татаркин, А. М. Иконников, В. С. Силивакин, Р. В. Гребеньков, Т. А. Шрайнер // Материалы VI международной научно-технической конференции 23–26 сентября 2014 г. «Инновации в машиностроении – основа технического развития России», Часть 2, Барнаул, 2014. – С. 187–190.

Татаркин Евгений Юрьевич, д.т.н., профессор, ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», e-mail: etatarkin@mail.ru.

Иконников Алексей Михайлович, к.т.н., доцент, ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», e-mail: iamagtu@mail.ru.

Гребеньков Роман Вячеславович, аспирант, ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», e-mail: sigaset@yandex.ru.

Просеков Сергей Сергеевич, магистрант, ФГБОУ ВО «Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова», e-mail: sergei-prosekov@mail.ru.