

## 2 ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ИЗГОТОВЛЕНИЯ УСТРОЙСТВА «ИНДИКАТОР ПОЛОЖЕНИЯ ИП261Б4»

### 2.1 Временной анализ ТП изготовления устройства «Индикатор положения ИП261Б4»

Для проведения оптимизации по временному критерию, была составлена таблица 2.1.1 - с указанием временных затрат всех операций технологического процесса изготовления устройства «Индикатор положения ИП261Б4».

Таблица 2.1.1 – Спецификация временных затрат для изготовления устройства «Индикатор положения ИП261Б4»

Наименование работы	Значение, с
Изготовление устройства «Индикатор положения ИП261Б4»	2280,00
Консервация и упаковывание (08)	180,00
Распаковывание ПП (0850)	45,00
Распаковывание ЭРЭ (0850)	135,00
Получение покрытий (71)	240,00
Флюсование (7139)	240,00
Сборка (88)	690,00
Монтаж резисторов R1-R32, конденсаторов C1-C32 (8858.01)	400,00
Монтаж оптореле D1-D10, диодов VD1-VD3, электролитических конденсаторов C34-C36 (8858.02)	210,00
Монтаж выводов X1-X3, пленочного конденсатора C33, кварцевого резонатора DD1, микросхем D11-D12 (8858.03)	80,00
Пайка (80)	540,00
Пайка в печи (8014)	360,00
Пайка пальником (8011)	180,00
Операции общего назначения (01)	270,00
Очистка ультразвуковая (0135)	120,00
Сушка (0170)	150,00
Технический контроль (03)	300,00
Контроль внешнего вида изделия, наличия клейм (0387)	60,00
Контроль электрических и магнитных величин (0320)	60,00
Контроль периодических величин (0335)	60,00
Контроль световых величин и величин электромагнитных излучений (0340)	120,00
Технический контроль (02)	60,00
Контроль линейных размеров (0220)	60,00

Исходя из разрабатываемой модели можно сделать вывод, что наибольшее количество рабочего времени уходит на работу «Операции общего назначения». Расчетным путем определено, что на изготовление одного изделия требуется около 2280 секунд рабочего времени. Для оптимизации процесса изготовления устройства «Индикатор положения ИП261Б4» с точки зрения используемого оборудования можно применять установки пайки волной припоя для групповой пайки компонентов, монтируемых в отверстия ПП.

Таким образом, можно исключить из ТП работу «Операции общего назначения», которая включает в себя работы «Ультразвуковая очистка» и «Сушка», так как для пайки волной припоя используются жидкие флюсы, не требующие отмывки. Также можно снизить длительность работы «Пайка» на 120 секунд за счет использования установки пайки волной. Данные преобразования ТП должны позволить снизить время сборки одного изделия до 1890 секунд. В этом случае выигрыш по времени составит 17%.

## 2.2 Стоимостный анализ ТП изготовления устройства «Индикатор положения ИП261Б4»

Для проведения стоимостного анализа определим, что расчет ведется на единицу продукции, и выделим возможные расходы предприятия на изготовление устройства «индикатор положения ИП261Б4». Статьи расходов, учитываемых в процессе:

- амортизация,
- закупка комплектующих,
- заработная плата,
- коммунальные платежи,
- закупка расходных материалов.

В таблице 2.2.1 указаны все виды затрат и общая сумма для каждой из затрат на изготовление одного устройства «Индикатор положения ИП261Б4». Операции разделены таким образом в связи с тем, что в модели рассматриваются пять видов затрат. Все затраты указаны в рублях.

Таблица 2.2.1 - Общие затраты на все операции по изготовлению одного устройства «Индикатор положения ИП261Б4» в рублях

Затраты на выполнение работ		
Наименование	Цена	Определение
Амортизация	8050	Расходы на амортизацию оборудования
Закупка комплектующих	1150	Расходы на закупку комплектующих
Закупка расходных материалов	1850	Расходы на закупку материалов
Заработная плата	19200	Расходы на заработную плату
Коммунальные платежи	4700	Расходы на коммунальные платежи

В таблицах 2.2.2 – 2.2.6 приведены издержки производства для каждой работы (на всех уровнях декомпозиции в модели) в алфавитном порядке.

Таблица 2.2.2 – Амортизация оборудования для изготовления устройства «Индикатор положения ИП261Б4»

Затраты на амортизацию работ	
Наименование работы	Цена
Изготовление устройства «Индикатор положения ИП261Б4»	8050,00
Консервация и упаковывание (08)	0,00
Распаковывание ПП (0850)	0,00
Распаковывание ЭРЭ (0850)	0,00
Получение покрытий (71)	750,00
Флюсование (7139)	750,00
Сборка (88)	1300,00
Монтаж резисторов R1-R32, конденсаторов C1-C32 (8858.01)	450,00

Монтаж оптореле D1-D10, диодов VD1-VD3, электролитических конденсаторов C34-C36 (8858.02)	500,00
Монтаж выводов X1-X3, пленочного конденсатора C33, кварцевого резонатора DD1, микросхем D11-D12 (8858.03)	350,00
Пайка (80)	2250,00
Пайка в печи (8014)	1600,00
Пайка пальником (8011)	650,00
Операции общего назначения (01)	1500,00
Очистка ультразвуковая (0135)	1000,00
Сушка (0170)	500,00
Технический контроль (03)	2100,00
Контроль внешнего вида изделия, наличия клейм (0387)	250,00
Контроль электрических и магнитных величин (0320)	500,00
Контроль периодических величин (0335)	600,00
Контроль световых величин и величин электромагнитных излучений (0340)	750,00
Технический контроль (02)	150,00
Контроль линейных размеров (0220)	150,00

Таблица 2.2.3 – Закупка комплектующих для изготовления устройства «Индикатор положения ИП261Б4»

<b>Затраты на закупку комплектующих</b>	
<b>Наименование работы</b>	<b>Цена</b>
Изготовление устройства «Индикатор положения ИП261Б4»	1150,00
Консервация и упаковывание (08)	0,00
Распаковывание ПП (0850)	0,00
Распаковывание ЭРЭ (0850)	0,00
Получение покрытий (71)	0,00
Флюсование (7139)	0,00
Сборка (88)	1150,00
Монтаж резисторов R1-R32, конденсаторов C1-C32 (8858.01)	250,00
Монтаж оптореле D1-D10, диодов VD1-VD3, электролитических конденсаторов C34-C36 (8858.02)	300,00
Монтаж выводов X1-X3, пленочного конденсатора C33, кварцевого резонатора DD1, микросхем D11-D12 (8858.03)	600,00
Пайка (80)	0,00

Пайка в печи (8014)	0,00
Пайка пальником (8011)	0,00
Операции общего назначения (01)	0,00
Очистка ультразвуковая (0135)	0,00
Сушка (0170)	0,00
Технический контроль (03)	0,00
Контроль внешнего вида изделия, наличия клея (0387)	0,00
Контроль электрических и магнитных величин (0320)	0,00
Контроль периодических величин (0335)	0,00
Контроль световых величин и величин электромагнитных излучений (0340)	0,00
Технический контроль (02)	0,00
Контроль линейных размеров (0220)	0,00

Таблица 2.2.4 – Закупка расходных материалов для изготовления устройства «Индикатор положения ИП261Б;»

<b>Затраты на закупку расходных материалов</b>	
<b>Наименование работы</b>	<b>Цена</b>
Изготовление устройства «Индикатор положения ИП261Б4»	1850,00
Консервация и упаковывание (08)	0,00
Распаковывание ПП (0850)	0,00
Распаковывание ЭРЭ (0850)	0,00
Получение покрытий (71)	350,00
Флюсование (7139)	350,00
Сборка (88)	0,00
Монтаж резисторов R1-R32, конденсаторов C1-C32 (8858.01)	0,00
Монтаж оптореле D1-D10, диодов VD1- VD3, электролитических конденсаторов C34-C36 (8858.02)	0,00
Монтаж выводов X1-X3, пленочного конденсатора C33, кварцевого резонатора DD1, микросхем D11-D12 (8858.03)	0,00
Пайка (80)	550,00
Пайка в печи (8014)	400,00
Пайка пальником (8011)	450,00
Операции общего назначения (01)	650,00
Очистка ультразвуковая (0135)	650,00
Сушка (0170)	0,00
Технический контроль (03)	0,00

Контроль внешнего вида изделия, наличия клейм (0387)	0,00
Контроль электрических и магнитных величин (0320)	0,00
Контроль периодических величин (0335)	0,00
Контроль световых величин и величин электромагнитных излучений (0340)	0,00
Технический контроль (02)	0,00
Контроль линейных размеров (0220)	0,00

Таблица 2.2.5 – Заработная плата для изготовления устройства «Индикатор положения ИП261Б4»

<b>Затраты на заработную плату</b>	
<b>Наименование работы</b>	<b>Цена</b>
Изготовление устройства «Индикатор положения ИП261Б4»	19200,00
Консервация и упаковывание (08)	600,00
Распаковывание ПП (0850)	300,00
Распаковывание ЭРЭ (0850)	300,00
Получение покрытий (71)	500,00
Флюсование (7139)	500,00
Сборка (88)	7500,00
Монтаж резисторов R1-R32, конденсаторов C1-C32 (8858.01)	2000,00
Монтаж оптореле D1-D10, диодов VD1- VD3, электролитических конденсаторов C34-C36 (8858.02)	3500,00
Монтаж выводов X1-X3, пленочного конденсатора C33, кварцевого резонатора DD1, микросхем D11-D12 (8858.03)	2000,00
Пайка (80)	9500,00
Пайка в печи (8014)	2500,00
Пайка пальником (8011)	7000,00
Операции общего назначения (01)	1000,00
Очистка ультразвуковая (0135)	500,00
Сушка (0170)	500,00
Технический контроль (03)	1000,00
Контроль внешнего вида изделия, наличия клейм (0387)	250,00
Контроль электрических и магнитных величин (0320)	250,00
Контроль периодических величин (0335)	250,00
Контроль световых величин и величин электромагнитных излучений (0340)	250,00

Технический контроль (02)	100,00
Контроль линейных размеров (0220)	100,00

Таблица 2.2.6 – Коммунальные платежи на изготовление устройства «Индикатор положения ИП261Б4»

<b>Затраты на коммунальные платежи</b>	
<b>Наименование работы</b>	<b>Цена</b>
Изготовление устройства «Индикатор положения ИП261Б4»	4700,00
Консервация и упаковывание (08)	200,00
Распаковывание ПП (0850)	100,00
Распаковывание ЭРЭ (0850)	100,00
Получение покрытий (71)	500,00
Флюсование (7139)	500,00
Сборка (88)	700,00
Монтаж резисторов R1-R32, конденсаторов C1-C32 (8858.01)	100,00
Монтаж оптореле D1-D10, диодов VD1-VD3, электролитических конденсаторов C34-C36 (8858.02)	500,00
Монтаж выводов X1-X3, пленочного конденсатора C33, кварцевого резонатора DD1, микросхем D11-D12 (8858.03)	100,00
Пайка (80)	400,00
Пайка в печи (8014)	200,00
Пайка паяльником (8011)	200,00
Операции общего назначения (01)	1300,00
Очистка ультразвуковая (0135)	600,00
Сушка (0170)	700,00
Технический контроль (03)	1500,00
Контроль внешнего вида изделия, наличия клейм (0387)	100,00
Контроль электрических и магнитных величин (0320)	700,00
Контроль периодических величин (0335)	100,00
Контроль световых величин и величин электромагнитных излучений (0340)	600,00
Технический контроль (02)	100,00
Контроль линейных размеров (0220)	100,00

В таблице 2.2.7 для каждой работы представлена суммарная стоимость по пяти видам затрат.

Таблица 2.2.7 – Суммарная стоимость при изготовлении одного устройства «Индикатор положения ИП261Б4» в рублях

<b>Суммарная стоимость изготовления устройства</b>	
<b>Наименование работы</b>	<b>Цена</b>
Изготовление устройства «Индикатор положения ИП261Б4»	34950,00
Консервация и упаковывание (08)	800,00
Распаковывание ПП (0850)	400,00
Распаковывание ЭРЭ (0850)	400,00
Получение покрытий (71)	2100,00
Флюсование (7139)	2100,00
Сборка (88)	10650,00
Монтаж резисторов R1-R32, конденсаторов C1-C32 (8858.01)	2800,00
Монтаж оптореле D1-D10, диодов VD1-VD3, электролитических конденсаторов C34-C36 (8858.02)	4800,00
Монтаж выводов X1-X3, пленочного конденсатора C33, кварцевого резонатора DD1, микросхем D11-D12 (8858.03)	3050,00
Пайка (80)	13000,00
Пайка в печи (8014)	4700,00
Пайка паяльником (8011)	8300,00
Операции общего назначения (01)	4450,00
Очистка ультразвуковая (0135)	2750,00
Сушка (0170)	1700,00
Технический контроль (03)	4600,00
Контроль внешнего вида изделия, наличия клейм (0387)	600,00
Контроль электрических и магнитных величин (0320)	1450,00
Контроль периодических величин (0335)	950,00
Контроль световых величин и величин электромагнитных излучений (0340)	1600,00
Технический контроль (02)	350,00
Контроль линейных размеров (0220)	350,00

Самым дорогим этапом изготовления устройства «Индикатор положения ИП261Б4» является «Пайка» (13000 рублей или 37% от всего процесса изготовления). В ней, в свою очередь, наиболее дорогостоящим этапом является «Пайка паяльником» ввиду применения ручной работы, как следствие, затрат на оплату труда. Можно улучшить данную работу путём использования автоматической установки пайки волной. В этом случае можно отказаться от операций «Промывка» и «Сушка». А также снизить стоимость



работы «Пайка паяльником» на 4000 рублей. Итоговая себестоимость изделия составит 26500 рублей. Таким образом, экономия стоимости составит 24%. Исходя из вышеприведённого, себестоимость одного изделия составляет 34950 рублей без оптимизации и 26500 рублей в случае оптимизации, оба значения являются хорошими показателями для данного вида устройства. На рынок такие изделия поступают по цене от 37000 рублей, тогда чистая прибыль без оптимизации с одного изделия составляет 2050 рублей или 5,8% от себестоимости, а в случае оптимизации чистая прибыль 10500 рублей или 39,6% от себестоимости.

## 2.3 Оптимизация ТП по UDP– критерию изготовления устройства «Индикатор положения ИП261Б4»

Перед расчетом необходимо выбрать тип UDP критерия, например, расчет комплексного показателя технологичности изготовления устройства «Индикатор положения ИП261Б4». Комплексный показатель технологичности вычисляется по формуле 1:

$$K = \frac{\sum K_i \varphi_i}{\sum \varphi_i}, \quad (1)$$

где  $K_i$  – базовые показатели технологичности конструкции устройства,  $\varphi_i$  – весовые коэффициенты базовых показателей технологичности.

Исходные данные для расчета и анализа технологичности конструкции изделия получают путем анализа конструкторской документации, представленные в таблице 2.3.1.

Таблица 2.3.1 – Исходные данные для расчета и анализа технологичности конструкции устройства «Индикатор положения ИП261Б4» для заданного объема выпуска ( $N_{\text{вып}} = 1500$  шт.)

№	Наименование исходных данных ячейки	Обозначение	Значение
1	Количество ИМС	$H_{\text{ИМС}}$	15
2	Число автоматически монтируемых компонентов	$H_{\text{м.к.}}$	6
3	Общее количество соединений	$H_{\text{м.}}$	517
4	Количество элементов, подготавливаемых механизированным путем	$H_{\text{м.п.}}$	6
5	Количество операций механизированного контроля и настройки	$H_{\text{м.к.н.}}$	0
6	Общее количество операций контроля и настройки	$H_{\text{к.н.}}$	2
7	Количество типов номиналов ИЭТ	$H_{\text{т.ИЭТ}}$	27
8	Количество типов номиналов оригинальных ИЭТ	$H_{\text{ор.ИЭТ}}$	0

Таблица 2.3.2 – Базовые показатели технологичности конструкции устройства «Индикатор положения ИП261Б4»

№	Наименование базовых показателей	Расчетные формулы	Значения, Кi	Весовой коэффициент, i	Примечания
1	Коэффициент использования ИМС	$K_{ИМС} = \frac{H_{ИМС}}{H_{ИЭТ}}$	0,09	1,0	Нимс - количество ИМС Ниэт = Нимс + Нэрэ Конструкторский показатель.
2	Коэффициент автоматизации монтажа	$K_{АМ} = \frac{H_{АМ}}{H_{М}}$	1,0	0,8	Нам - количество монтажных соединений, полученных автоматизированным или механизированным способом. Нм-общее количество паяных соединений. Технологический показатель.
3	Коэффициент механизации подготовки к монтажу	$K_{МП} = \frac{H_{МП\ ИЭТ}}{H_{ИЭТ}}$	1,0	0,5	Нмп.иэт- число элементов, автоматически подготавливаемых к монтажу. Ниэт - общее число ИЭТ. Технологический показатель.
4	Коэффициент механизации контроля и настройки	$K_{КН} = \frac{H_{МКН}}{H_{КН}}$	0	0,5	Нмкн - количество операций механизированного контроля и настройки Нкн - общее число операций контроля и настройки. Технологический показатель.
5	Коэффициент повторяемости ИЭТ	$K_{пов} = 1 - \frac{H_{Т\ ИЭТ}}{H_{ИЭТ}}$	0,8	0,3	Нт.иэт-число типономиналов ИЭТ. Ниэт - общее число ИЭТ. Конструкторский показатель.

6	Коэффициент применяемости ИЭТ	$K_{прИЭТ} = 1 - \frac{H_{ТОИЭТ}}{H_{ТИЭТ}}$	1,0	0,2	Нт.ор.иэт-число оригинальных ИЭТ. Нт.иэт- число типовых ИЭТ Конструкторский показатель
7	Коэффициент использования прогрессивных форм	$K_{AM} = \frac{Дпр}{Д}$	0	0,1	Дпр. - число деталей пространственной компоновки прогрессивной формы. Д - общее число деталей пространственной компоновки. Конструкторско-технологический показатель.

Комплексный показатель технологичности устройства для заданного объема выпуска определяется на основании базовых показателей по формуле 2:

$$K_p = \frac{\sum_{i=1}^7 K_i \phi_i}{\sum_{i=1}^7 \phi_i}$$

$$K_p = \frac{0,09*1+1*0,8+1*0,5+0,8*0,3+1*0,2}{1+0,8+0,5+0,5+0,3+0,2+0,1} = 0,54, \quad (2)$$

Полученное значение комплексного показателя технологичности соответствует нормативному комплексному показателю для мелкосерийного производства. В мелкосерийном производстве используются универсальное и специализированное оборудование, оснастка, при этом сотрудники должны быть с высокой квалификацией.

## 2.4 Разработка рекомендаций по улучшению ТП изготовления устройства «Индикатор положения ИП261Б4»

В качестве возможных улучшений рассмотрим FEO-диаграмму (For Exposition Only – Диаграмма альтернативных точек зрения), приведенную на рисунке 2.4.1. FEO-диаграмма представлена, как модель процесса с точки зрения директора, стремящегося уменьшить затраты времени на изготовление устройства. В данной диаграмме отсутствует работа «Операции общего назначения», которая включает в себя такие работы, как «Промывка» и «Сушка». Эти изменения могут быть совершены при улучшении ТП путем применения автоматической установки пайки волной, что непосредственно сократит количество временных и стоимостных затрат.

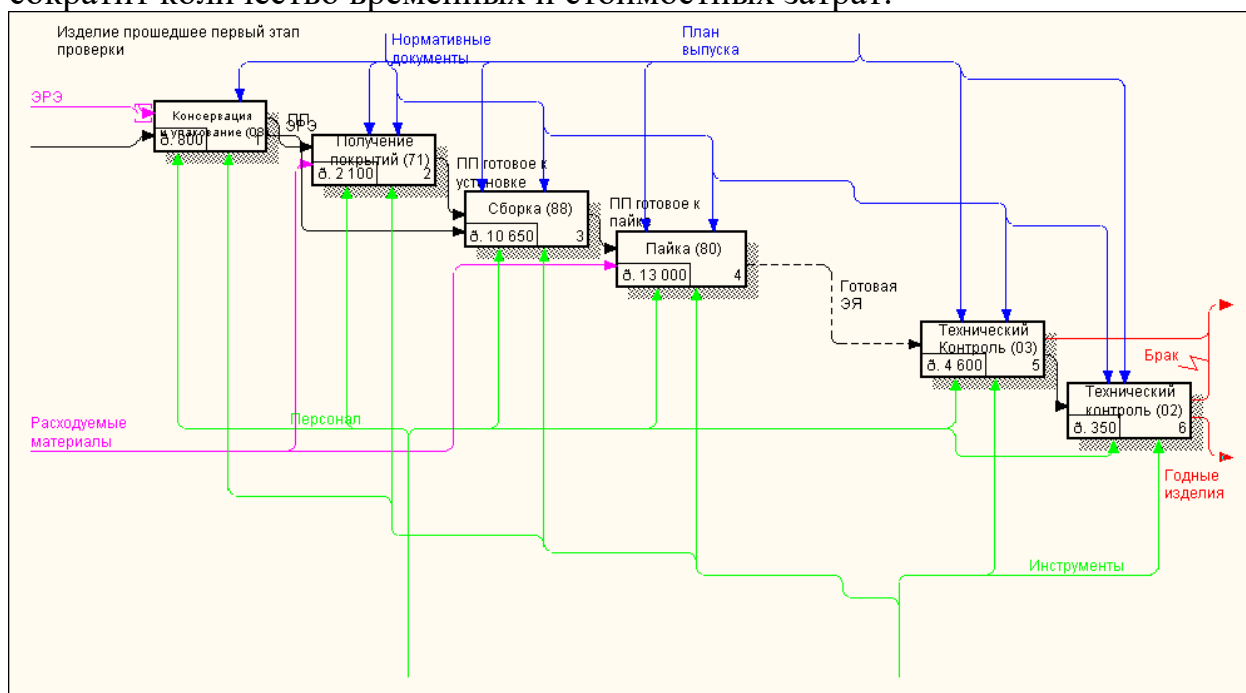


Рисунок 2.4.1 – Диаграмма альтернативных точек зрения ТП изготовления устройства «Индикатор положения ИП261Б4»

Введенные изменения позволяют сократить время и стоимость изготовления устройства на 390 секунд и 8450 рублей. Поскольку данный процесс представлен с точки зрения директора, стремящегося уменьшить затраты времени на изготовление устройства, то он не учитывает итоговую выгоду предприятия в результате внедрения подобных изменений в производство. Для того, чтобы принять решение, выгодны ли такие изменения технологического процесса предприятию, необходим еще и взгляд с финансовой точки зрения на данную модель, для чего необходимо учесть стоимость внедрения нового оборудования.

## **Выводы**

Был проведен анализ и оптимизация технологического процесса изготовления устройства «Индикатор положения ИП261Б4» по временному, стоимостному и UDP критериям. В результате была выявлена самая дорогостоящая операция («Пайка») и самая длительная операция («Операции общего назначения»). Были предложены пути улучшения ТП, рассмотрены альтернативные точки зрения и разработана FEO-диаграмма технологического процесса с учетом результатов анализа и оптимизации, которые позволили сократить затраты на время и стоимость на 390 секунд и 8450 рублей соответственно. Разработанный технологический процесс удовлетворяет заданным временным и стоимостным требованиям.