**5. ОРГАНИЗАЦИОННО-ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ**

В рамках дипломного проекта осуществляется разработка и изготовление печатной платы управления пьезоэлектрического привода активной системы ориентации и стабилизации изображения системы технического зрения мобильного робота . В целях выполнения данной задачи необходимо осуществить следующие работы:

- разработать функциональную схему;

- разработать принципиальную электрическую схему;

- разработать технологический процесс изготовления;

- изготовить печатную плату управления;

- подключить плату управления;

- провести испытания платы управления.

Таким образом, комплекс работ по разработке и изготовлению печатной платы управления, как объект планирования, представляет собой опытно-конструкторские работы (ОКР).

На основании приведенного состава работ по разработке и изготовлению платы управления можно сделать вывод, что они представляют собой ОКР. Для обеспечения эффективного и своевременного выполнения всех этапов ОКР необходимо провести процедуру планирования.

Исходные данные для планирования:

*- директивный срок* - **88 дней**;

*- рабочий коллектив задан* по составу и по количеству исполнителей;

- в организации уже *выполнялись аналогичные* по структуре и составу *работы*, поэтому существует возможность использовать метод аналогий при определении показателей планирования.

В данном разделе *производится организационно-экономическое планирование ОКР*, связанных с разработкой и изготовлением платы управления для пьезоэлектрического привода, а также *оценивается размер материальных и временных затрат*. В связи с этим решаются следующие *задачи*:

- выбор метода организационно-экономического планирования ОКР,

- осуществление сетевого планирования ОКР,

- анализ и оптимизация сетевого графика,

- определение временных затрат на проведение ОКР,

- расчет затрат на проектно-конструкторские и другие инженерные работы,

- расчет затрат на изготовление опытного образца,

- определение общих затрат на проведение ОКР.

**5.1 Планирование ОКР**

***5.1.1 Выбор метода организационно-экономического планирования ОКР***

Опытно конструкторские работы являются специфическим видом деятельности [9], который имеет следующие особенности:

- сроки начала и окончания работ по отдельным этапам ОКР должны быть взаимоувязаны, т. е. работы отдельных коллективов должны выполняться скоординировано;

- параллельность выполнения отдельных этапов;

- участвуют специалисты различного профиля и специ­альностей, что объясняется многопрофильностью осуществляемых работ;

- этапы ориентированы на достижение единой цели: изготовить и испытать новый образец создаваемой техники к определенному сроку.

Существование данных особенностей определяет наиболее уместный для планирования ОКР метод – метод сетевого планирования.

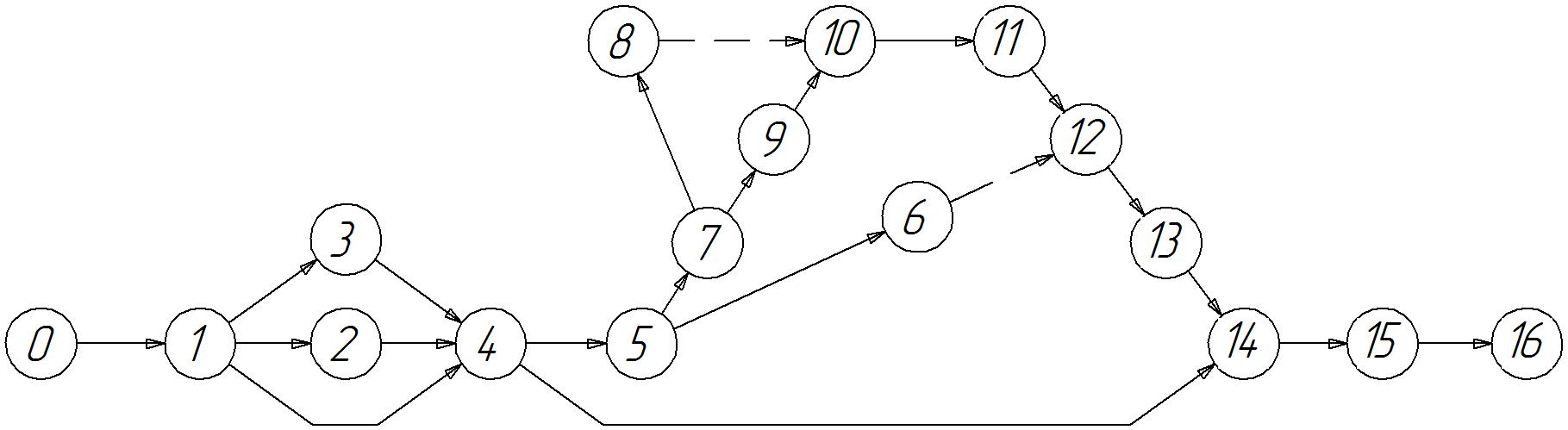
***5.1.2 Сетевое планирование***

**Таблица 5.1.** Состав планируемых работ

|  |  |
| --- | --- |
| **Наименование работы** | **Исполнитель (кол-во,чел.)** |
| Разработка технического задания | Инженер-конструктор (1) |
| Изучение существующих методов и способов построения плат управления пьезодвигателями | Инженер-конструктор (2) |
| Проведение патентного поиска | Инженер-конструктор (2) |
| Анализ патентной информации | Инженер-конструктор (1) |
| Подбор и изучение нормативных материалов (ГОСТов, ТУ) | Инженер-конструктор (1) |
| Разработка функциональной схемы | Инженер-конструктор (1) |
| Разработка принципиальной электрической схемы | Инженер-электрик (1) |
| Осуществление разводки печатной платы | Инженер-электрик (1) |
| Изготовление платы | Рабочий (2) |
| Поиск и покупка элементов, монтируемых на плату | Инженер по снабжению (2) |
| Разработка технологического процесса монтажа платы | Инженер-технолог (2) |
| Разработка сборочного чертежа платы | Инженер-конструктор (1) |
| Подготовка рабочего места, инструментов и материалов для монтажа печатной платы | Рабочий (1) |
| Монтаж печатной платы | Рабочий (1) |
| Монтаж платы управления в систему управления | Инженер-электрик (1) |
| Разработка программного обеспечения, необходимого для загрузки в микроконтроллер и использования ПЭВМ при работе с платой | Инженер-программист (2) |
| Загрузка рабочих программ в микроконтроллер | Инженер-электрик (1) |
| Проведение испытаний платы управления | Инженер-конструктор (3) |
| Подготовка отчета об испытании платы управления | Инженер-конструктор (2) |

*Сетевая модель*

Сформируем на основе таблицы №1 модель сетевого графика (рисунок 5.1).



**Рисунок 5.1**.

На основе модели сетевого графика сформируем таблицу 5.2 с перечнем работ и событий.

**Таблица 5.2.** Перечень событий и работ по проектированию и изготовлению опытного образца платы управления для мехатронного модуля

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Индекс события** | **Наименование события** | **Индекс работы** | **Наименование работы** |
| 0 | Решение о разработке платы управления для привода принято | 0-1 | Разработка технического задания |
| 1 | Техническое задание разработано | 1-2 | Проведение патентного поиска |
| 2 | Патентный поиск завершён | 1-3 | Изучение существующих методов и способов построения платы для управления пьезодвигателями |
| 3 | Изучение существующих методов и способов построения платы для управления пьезодвигателями закончено | 1-4 | Подбор и изучение нормативных материалов (ГОСТов, ТУ) |
| 4 | Функциональная схема платы управления разработана | 2-4 | Анализ патентной информации |
| 5 | Принципиальная электрическая схема разработана | 3-4 | Разработка функциональной схемы платы управления |
| 6 | Покупные элементы для платы приобретены | 5-6 | Поиск и покупка элементов, монтируемых на плату |
| 7 | Разводка печатной платы произведена | 4-5 | Разработка принципиальной электрической схемы |
| 8 | Изготовление печатной платы завершено | 5-7 | Осуществление разводки печатной платы |
| 9 | Сборочный чертеж платы подготовлен | 4-14 | Разработка программного обеспечения, необходимого для загрузки в микроконтроллер и использования ПЭВМ при работе с платой |
| 10 | Технологический процесс монтажа платы разработан | 7-9 | Разработка сборочного чертежа платы |
| 11 | Рабочее место, инструмент и материалы для монтажа приготовлены | 7-8 | Изготовление платы |
| 12 | Монтаж печатной платы произведён | 9-10 | Разработка технологического процесса монтажа платы |
| 13 | Монтаж платы управления в систему управления приводом | 8-10 | Фиктивная работа |
| 14 | Загрузка рабочих программ в микроконтроллер завершена | 6-12 | Фиктивная работа |
| 15 | Испытания платы управления завершены | 10-11 | Подготовка рабочего места, инструментов и материалов для монтажа печатной платы |
| 16 | Отчёт об испытании платы управления подготовлен | 11-12 | Монтаж печатной платы |
|  |  | 12-13 | Монтаж платы управления в систему управления приводом |
|  |  | 13-14 | Загрузка рабочих программ в микроконтроллер |
|  |  | 14-15 | Проведение испытаний платы управления (работоспособности каждого модуля платы, проверка корректной работы программ, настройка, отладка, анализ работы и т.д.) |
|  |  | 15-16 | Подготовка отчёта об испытании платы управления, внесение изменений в документацию в соответствии с результатами испытаний |

*Определение продолжительности этапов ОКР*

В зависимости от имеющихся материалов для расчетов трудоемкости этапов ОКР можно пользоваться одним из следующих методов [9]:

*1) метод прямого нормирования работ*, основанный на использовании типовых норм на отдельные виды труда (например, на разработку конструкторской, технологической документации, программных средств вычислительной техники и др.);

*2) метод типовой аналогии (метод переводных коэффициентов)*, в основе которого – соответствующая корректировка статистических (отчетных) данных о трудоемкости аналогичных ОКР;

*3) метод структурной аналогии*, использующий имеющиеся типовые соотношения трудоемкости отдельных этапов, характерных для аналогичных ОКР;

*4) метод экспертных оценок*, применяемый при отсутствии надежной нормативно-статистической базы и использующий результаты опроса специалистов-экспертов.

Cпецифика работ, выполняемых на отдельных этапах ОКР такова, что трудоемкость, а следовательно и длительность, некоторых видов работ (например, доставка заказного оборудования, разработка конструкции принципиально нового технического изделия, разработка и отладка программного обеспечения и др.) едва ли могут быть предусмотрены какими-либо нормативами [9]. В этих условиях наиболее подходящим является использование метода экспертных оценок.

Воспользуемся *вероятностной методикой определения продолжительности проведения работ* [10], которая основана на экспертных оценках продолжительности выполнения работ.

Оценка продолжительности проведения работ может быть одно-, двух- или трехточечной.

Эксперты могут оценивать напрямую ожидаемую продолжительность *ij*-й работы  как наиболее вероятное значение при определенном количестве привлеченных к ее выполнению исполнителей (одноточечная оценка); в случае двухточечной оценки определяется минимальная (*tmin*) и максимальная (*tmax*) продолжительность работы.

При расчете будем использовать двухточечную систему оценки продолжительности проведения работ (*tmin*, *tmax*), где:

*tmax* – продолжительность работы при крайне неблагоприятном стечении обстоятельств;

*tmin* – продолжительность работы при наиболее благоприятном стечении обстоятельств.

Ожидаемое время исполнения работ вычисляется по следующей формуле

.

В таблице 5.3 приведены оценки значений *tmin, tmax*, а также значения .

**Таблица 5.3.** Оцененные значения *tminij*и *tmaxij*, рассчитанные значения *tожij*

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Индекс работы** | ***tminij*, раб. дни** | ***tmaxij*, раб. дни** | ***tожij*, раб. дни** |
| 0-1 | 3 | 6 | 4 |
| 1-2 | 9 | 15 | 11 |
| 1-3 | 9 | 13 | 11 |
| 1-4 | 4 | 6 | 5 |
| 2-4 | 6 | 12 | 8 |
| 3-4 | 3 | 7 | 5 |
| 4-5 | 5 | 8 | 6 |
| 4-14 | 14 | 24 | 18 |
| 5-7 | 2 | 3 | 2 |
| 5-6 | 6 | 15 | 10 |
| 7-9 | 2 | 4 | 3 |
| 7-8 | 6 | 13 | 9 |
| 9-10 | 7 | 15 | 10 |
| 8-10 | 0 | 0 | 0 |
| 6-12 | 0 | 0 | 0 |
| 10-11 | 1 | 2 | 1 |
| 11-12 | 3 | 9 | 5 |
| 12-13 | 1 | 3 | 2 |
| 13-14 | 1 | 2 | 1 |
| 14-15 | 20 | 30 | 24 |
| 15-16 | 9 | 13 | 10 |

*Расчет параметров сетевого графика*

В севом графике окружности разделены на четыре сектора, в каждом из которых показаны номер данного события (в нижнем секторе), значение раннего срока свершения текущего события (в левом секторе), значение резерва времени текущего события (в верхнем секторе) и значение позднего срока наступления события (в правом секторе).

В соответствии с содержанием таблицы основных событий и работ проекта строится графическая модель сетевого графика. На соответствующих сегментах окружностей записываются номера событий, а на векторах – продолжительность работ.

После построения графической модели следует рассчитать оставшиеся параметры элементов сети: сроки наступления событий, резервы времени, полный и свободный резервы времени. Обозначение основных элементов сетевого графика:

Tрi – ранний срок свершения события;

Tпi – поздний срок свершения события;

Tр.н.ij – срок раннего начала работы;

Tп.н.ij – срок позднего начала работы;

Tр.о.ij – срок раннего окончания работы;

– срок позднего окончания работы;

Rпij – полный резерв работы;

Rсвij – свободный резерв работы;

Ri – резерв события.

Ранний срок свершения события определяет минимальное время, необходимое для выполнения всех работ, предшествующих данному событию и равен продолжительности наибольшего из путей, ведущих от исходного события “0” к рассматриваемому и рассчитывается по соотношению:

*Tрj = max*[*L(O..i)*].

Критический путь – максимальный путь от исходного события (0) до завершения проекта. Его определение позволяет обратить внимание на перечень событий, совокупность которых имеет нулевой резерв времени.

Поздний срок совершения события – это срок свершения, определяемый максимальной продолжительностью пути от данного события до завершающего, превышение этого срока приведет к увеличению критического пути *t(Lкр)*. Поздний срок определяется соотношением:

*Tпi = t(Lкр)– max*[*L(i..C)*].

Срок раннего начала работы *Tр.н.ij* соответствует раннему сроку свершения *i*-го события, т.е. *Tр.н.ij = Tрi*.

Срок раннего окончания работы *Tр.о.ij = Tрi + tожij*.

Срок позднего окончания работы соответствует тому сроку, превышение которого означает увеличение величины критического пути *t(Lкр)*, т.е. *= Tпi*.

Срок позднего начала работы *Tп.н.ij = Tпi – tожij*.

Резерв события *Ri* – это максимальная величина, на которую можно задержать наступление *i*-ого события, не вызывая при этом увеличения длины критического пути *t(Lкр)*:

*Ri = Tпi – Tрi .*

Для событий, входящих в состав критического пути, резерв равен нулю (*Ri=0*), поскольку любая задержка в их свершении приведёт к росту *t(Lкр)*.

Полный резерв работы *Rпij* – это величина, на которую максимальный путь, проходящий через данную работу *t(Lmax)*, меньше величины критического пути:

*Rпij = t(Lкр) – t(Lmax)*.

Более удобная формула для расчёта полного резерва работы следующая:

*Rпij = Tпj – Tрi – tожij*.

Значение полного резерва каждой работы записано над стрелкой (у её острия) сверху.

Свободный резерв работы *Rсвij* – это та максимальная величина, на которую может быть увеличена продолжительность работы *i-j* без изменения раннего срока последующего события *Tрj*, т.е. *Rсвij = Tрj – Tрi – tожij*. Свободный резерв образуется на работах, предшествующих узловым событиям, у которых пересекаются пути разной продолжительности. Значения Rсвij показаны под стрелкой, соответствующей каждой из этих работ. Для оценки полного резерва работ значительно удобнее применять следующую формулу:

*Rпij = Tп.нij – Tр.нij = Tп.оij – Tр.оij*.

Алгоритм расчёта ранних сроков начала и окончания работ табличным методом:

1) при выборе значений *Tр.нij* просматривается весь перечень значений *Tр.оij* работ, находящихся в таблице выше строки данной работы;

2) из возможных значений *Tр.оij* предшествующих работ выбирают максимальное значение.

Алгоритм расчёта поздних сроков начала и окончания работ табличным методом:

1) при выборе значений *Tп.оij* просматриваются значения *Tп.нij* всех последующих работ, находящихся в таблице ниже строки данной работы;

2) из возможных значений *Tп.нij* последующих работ выбираем минимальное значение.

В таблице 5.4 приведён расчёт параметров сетевого графика.

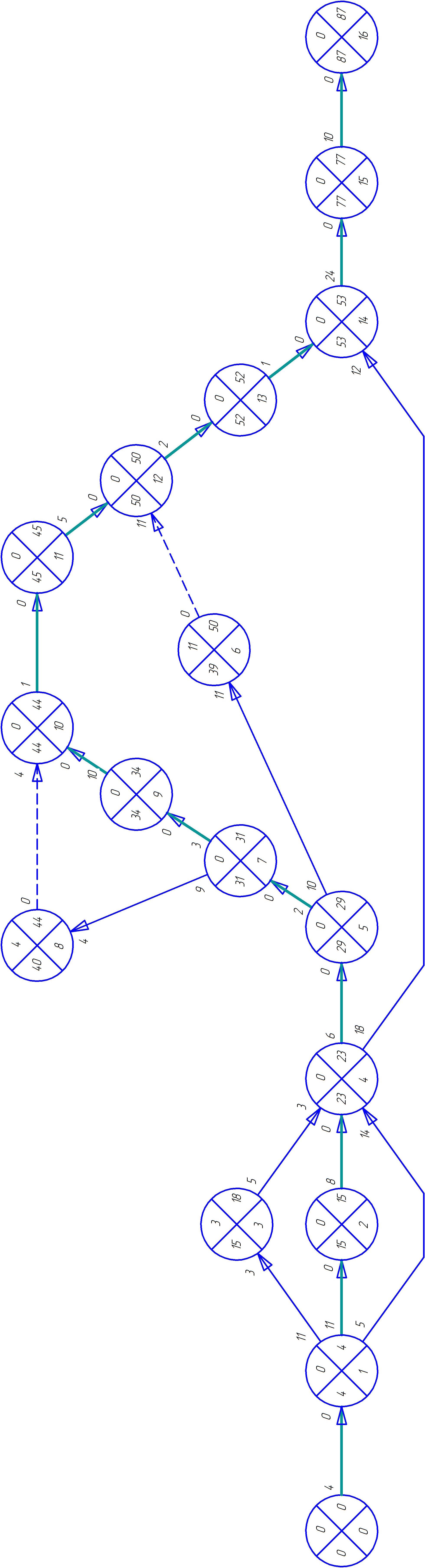
**Таблица 5.4.** Расчёт параметров сетевого графика, позволяющих выявить работы критического пути

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Индекс работы** | ***tожij*, раб. Дни** | ***Tр.н.ij*** | ***Tр.о.ij*** | ***Tп.н.ij*** | ***Tп.о.ij*** | ***Rпij*** |
| 0-1 | 4 | 0 | 4 | 0 | 4 | 0 |
| 1-2 | 11 | 4 | 15 | 4 | 15 | 0 |
| 1-3 | 11 | 4 | 15 | 4 | 18 | 3 |
| 1-4 | 5 | 4 | 9 | 4 | 23 | 14 |
| 2-4 | 8 | 15 | 23 | 15 | 23 | 0 |
| 3-4 | 5 | 15 | 20 | 18 | 23 | 3 |
| 4-5 | 6 | 23 | 29 | 23 | 29 | 0 |
| 4-14 | 18 | 23 | 41 | 23 | 53 | 12 |
| 5-7 | 2 | 29 | 31 | 29 | 31 | 0 |
| 5-6 | 10 | 29 | 39 | 29 | 50 | 11 |
| 7-9 | 3 | 31 | 34 | 31 | 34 | 0 |
| 7-8 | 9 | 31 | 40 | 31 | 44 | 4 |
| 9-10 | 10 | 34 | 44 | 34 | 44 | 0 |
| 8-10 | 0 | 40 | 40 | 44 | 44 | 4 |
| 6-12 | 0 | 39 | 39 | 50 | 50 | 11 |
| 10-11 | 1 | 44 | 45 | 44 | 45 | 0 |
| 11-12 | 5 | 45 | 50 | 45 | 50 | 0 |
| 12-13 | 2 | 50 | 52 | 50 | 52 | 0 |
| 13-14 | 1 | 52 | 53 | 52 | 53 | 0 |
| 14-15 | 24 | 53 | 77 | 53 | 77 | 0 |
| 15-16 | 10 | 77 | 87 | 77 | 87 | 0 |

В результате исследования определяется критический путь на сетевом графике – путь, имеющий наибольшую суммарную длительность работ. Кроме достаточного условия того, является ли данный путь критическим, существует также необходимое условие – критический путь всегда проходит через события с нулевым резервом (*Rпij* = 0).

Как видно из данных последней колонки таблицы 5.4, критический путь образуют работы: *Lкр*= 0-1; 1-2; 2-4; 4-5; 5-7; 7-9; 9-10; 10-11; 11-12; 12-13; 13-14; 14-15; 15-16.

Величина критического пути ***t(Lкр)* = 87 дней**.



**Рисунок 5.2**

***5.1.3 Анализ и оптимизация сетевого графика***

Как правило, после первоначальной разработки, сетевой график подлежит оптимизации. Анализ сетевого графика предполагает расчёт *коэффициента напряжённости работ некритических путей* ***kнij***, который показывает насколько максимальный из путей, проходящих через работу *Lmax*, близок по своей величине к критическому пути. При этом имеется ввиду сопоставление несовпадающих участков *Lmax*и *Lкр*. Коэффициент напряжённости работ некритического пути удобно рассчитывать по формуле:



где  – продолжительность участков критического пути, совпадающие с путём *Lmax*.

Полные пути, близкие по своей величине к критическому, именуются как подкритические. При управлении ходом выполнения всего комплекса работ (проектом) этим работам обычно уделяется такое же внимание, как работам критического пути.

Работы некритических путей, для которых *kнij*≥ (0,8…0,90), обычно считаются *работами подкритические путей*.

Определяем коэффициенты напряжённости работ по формуле (при этом фиктивные работы не рассматриваются). Результаты вычислений занесены в таблицу 5.5.

**Таблица 5.5.** Значение коэффициентов напряжённости работ некритических путей

|  |  |
| --- | --- |
| **Индекс работы** | **Коэффициент напряжённости работ *kнij*** |
| 1-3 | **0,84** |
| 1-4 | 0,26 |
| 3-4 | **0,84** |
| 4-14 | 0,6 |
| 5-6 | 0,48 |
| 7-8 | 0,69 |

Из таблицы видно, что работы 1-3 и 3-4 могут считаться подкритическими (*kнij*≥0,8), т.е. им при выполнении разработки необходимо уделять такое же внимание, как работам критического пути. Остальные работы имеют малые значения коэффициента напряжённости, т.е. небольшие задержки при их выполнении не повлияют на величину критического пути.

*Вероятность pk наступления завершающего события в директивный срок tд*, рассчитываемый на этапе анализа сетевого графика, позволяет оценить шансы выполнения комплекса работ к сроку *tд*.

Величина *pk* устанавливается из функции Лапласа Ф(х) в соответствии с формулой



где *m* – количество работ, образующих критический путь; - дисперсия значений ожидаемого времени *tожij* работ критического пути.



Приемлемой считается вероятность 0,35≤*pk*≤0,65. Если *pk*<0,35, это означает, что риск не выполнить требование заказчика о завершении проекта за время *tд* является существенным, следовательно, нужно проводить оптимизацию сетевого графика по фактору времени.

Если *pk*>0.65, риска по времени выполнения комплекса работ в установленный срок практически не существует, но обычно считается, что при таких высоких значениях вероятности проект может быть удешевлён, поскольку для его выполнения запланированы чрезмерные ресурсы (например, излишнее количество исполнителей на работах критического пути).

Значения дисперсии *****tожij*работ критического пути приведены в таблице 5.6.

**Таблица 5.6.** Значения дисперсии ****tожij работ критического пути

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Индекс работы критического пути** | ***tminij*, раб. дни** | ***tmaxij*, раб. дни** | ***tожij*** |
| 0-1 | 3 | 6 | 0.36 |
| 1-2 | 9 | 15 | 1.44 |
| 2-4 | 6 | 12 | 1.44 |
| 4-5 | 5 | 8 | 0.36 |
| 5-7 | 2 | 3 | 0.04 |
| 7-9 | 2 | 4 | 0.16 |
| 9-10 | 7 | 15 | 2.56 |
| 10-11 | 1 | 2 | 0.04 |
| 11-12 | 3 | 9 | 1.44 |
| 12-13 | 1 | 3 | 0.16 |
| 13-14 | 1 | 2 | 0.04 |
| 14-15 | 20 | 30 | 4 |
| 15-16 | 9 | 13 | 0.64 |
| Итого: Σ *tожij*=12.68 | | | |

Вероятность наступления завершающего события (окончания работ по проектированию и изготовлению опытного образца платы управления) через 88 дней от начала работ ***pk*= Ф(0,2808) = 0,61**.

Это значение вероятности соответствует приемлемым значениям. Для рассмотрения возможных путей оптимизации сетевого графика необходимо построить карту проекта.

Для этого необходимо знать данные о планируемом количестве исполнителей по каждой работе, продолжительности, и трудоёмкости работ. Они приведены в следующей таблице.

При этом трудоёмкость каждой работы определялась по формуле: где  – количество исполнителей по каждой работе,  – продолжительность (дни).

**Таблица 5.7.** Планируемое количество исполнителей, продолжительность, трудоёмкость работ сетевого графика

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Индекс работы** | **Продолжит-ть *tожij*, раб. дни** | **Количество исполнителей *Nиспij*, чел.** | **Специаль-ность** | **Трудоём-кость работ *Tij*, чел.-дн.** | **Обозначение количества исполнителей** |
| 0-1 | 3 | 1 | Инженер-конструктор | 3 | 1К |
| 1-2 | 9 | 2 | Инженер-конструктор | 18 | 2К |
| 1-3 | 9 | 2 | Инженер-конструктор | 18 | 2К |
| 1-4 | 4 | 1 | Инженер-конструктор | 4 | 1К |
| 2-4 | 6 | 1 | Инженер-конструктор | 6 | 1К |
| 3-4 | 3 | 1 | Инженер-конструктор | 3 | 1К |
| 4-5 | 5 | 1 | Инженер-электрик | 5 | 1Э |
| 4-14 | 14 | 2 | Инженер-программист | 28 | 2П |
| 5-7 | 2 | 1 | Инженер-электрик | 2 | 1Э |
| 5-6 | 6 | 2 | Инженер по снабжению | 12 | 2С |
| 7-9 | 2 | 1 | Инженер-конструктор | 2 | 1К |
| 7-8 | 6 | 2 | Рабочий | 12 | 2Р |
| 9-10 | 7 | 2 | Инженер-технолог | 14 | 2Т |
| 8-10 | 0 | 1 | Фиктивная работа | | |
| 6-12 | 0 | 1 | Фиктивная работа | | |
| 10-11 | 1 | 1 | Рабочий | 1 | 1Р |
| 11-12 | 3 | 1 | Рабочий | 3 | 1Р |
| 12-13 | 1 | 1 | Инженер-электрик | 1 | 1Э |
| 13-14 | 1 | 1 | Инженер-электрик | 1 | 1Э |
| 14-15 | 20 | 3 | Инженер-конструктор | 60 | 3К |
| 15-16 | 9 | 2 | Инженер-конструктор | 18 | 2К |

Продолжительность работ  соответствует данным таблицы 3. Обозначение количества исполнителей предусматривает количество исполнителей определённой специальности: К – инженеров-конструкторов, Т – инженеров-технологов, П – инженеров-программистов, Э – инженеров-электриков, С – инженеров по снабжению; Р – рабочих.

**Анализ построенной карты проекта** позволяет сделать следующие выводы об основных *направлениях возможной оптимизации* сетевого графика:

1. ***Оптимизация по времени***. Теоретически, длина критического пути может быть сокращена за счет увеличения количества исполнителей, привлеченных к выполнению той или иной работы. *Однако*, в данном случае, в связи с особенностями проекта, выполнение обозначенных выше работ несколькими исполнителями потребует применения *сложных средств синхронизации*. Фактически, в рассматриваемом проекте увеличение количества исполнителей может привести к повышению качества разрабатываемого продукта, но за счет значительного *повышения расходов*; к тому же зависимость времени выполнения работ от количества исполнителей здесь немонотонна, а, следовательно, *привлечение дополнительных исполнителей может привести к результату, обратному ожидаемому – увеличению продолжительности работ*. Таким образом, *увеличение количества исполнителей представляется нецелесообразным*.

2. *Нецелесообразным* (и по большей части невозможным, из-за особенностей структуры графа) *будет* *перераспределение исполнителей* по работам, так как составление перечня работ и распределение исполнителей по работам было проведено с учетом условия минимизации затрат на обмен промежуточной конструкторской документацией и сведениями между отдельными исполнителями. (Время, потраченное на изучение незаконченной, предварительной документации или на обсуждение деталей какого-либо элемента конструкции может оказаться потраченным зря, если позднее что-либо будет изменено.)

3. **Оптимизация по себестоимости.** *Невозможна ввиду наличия строгого директивного срока завершения работ* и фиксированной трудоемкости каждой из этапов. В самом деле, если бы не было строгих временных рамок для завершения ОКР, то можно было бы снизить количество исполнителей на работах критического пути, тем самым потенциально снизив затраты на заработную плату (даже не смотря на то, что трудоемкость не изменилась), но увеличив продолжительность ОКР. В нашем случае это не приемлемо.

4. **Оптимизаций по количеству исполнителей.** В связи со значительными резервами работ 4-14 и 5-6 *можно сократить планируемое количество исполнителей соответственно на одного инженера-программиста и одного инженера по снабжению*. Причем, если одного инженера по снабжению можно убрать без опасений, то вопрос касательно инженера-программиста нужно решать весьма осмотрительно.

**Таблица 5.8**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Номер работы | Резерв, дн. | Трудоемкость,  ч. дн. | Исполнители | Возможность снижения  кол-ва  исполнителей |
| 1-3 | 3 | 18 | 2К | - |
| 1-4 | 14 | 4 | 1К | - |
| 3-4 | 3 | 3 | 1К | - |
| 4-14 | 12 | 28 | 2П | + |
| 5-6 | 11 | 12 | 2С | + |
| 7-8 | 4 | 12 | 2Р | - |

**5.2 Расчет сметы затрат**

Сметная калькуляция принятая в организации содержит следующий перечень статей затрат:

1) материалы, покупные изделия и комплектующие;

2) электроэнергия;

3) амортизационные отчисления;

4) основная заработная плата исполнителей;

5) дополнительная заработная плата;

6) отчисления в фонды социального назначения;

7) накладные расходы.

В нашем случае работы, предусмотренные сетевым графиком, целесообразно сгруппировать в два этапа (из-за различного состава статей сметной себестоимости): этап 1 – проектно-конструкторские и другие инженерные работы; этап 2 – изготовление опытного образца платы управления.

***5.2.1 Расчет затрат на проектно-конструкторские и другие инженерные работы***

По данным сетевого графика к работам этого этапа могут быть отнесены: 0-1, 1-2, 1-3, 1-4, 2-4, 3-4, 4-5, 5-7, 4-14, 7-9, 5-6, 9-10, 12-13, 13-14, 14-15, 15-16.

Как следует из таблицы 5.7, суммарная трудоёмкость этих работ равна:

Тсум.инж = 195 чел.-дн.

*Расчёт статьи «Материалы, покупные изделия и комплектующие»*

Стоимость материалов и покупных изделий составляет

, где

*kтр* – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы.

Примем *kтр* = 10% = 0,1.

– стоимость материала или изделия.

– количество материалов или изделий.

**Таблица 5.8.** Стоимость материалов, покупных изделий.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Наименование** | **Количество, *шт.*** | **Цена за единицу, *руб.*** | **Сумма, *руб.*** |
| Бумага для принтера | 2 (по 500 листов) | 250 | 500 |
| Тонер | 1 | 1500 | 1500 |
| Диск DVD-R | 10 | 30 | 300 |
| Ватман А1 | 10 (листов) | 20 | 200 |
| Карандаш | 5 | 10 | 50 |
| Ручка шариковая | 5 | 50 | 250 |
| Итого | | | 2800 |
| Транспортные расходы (10%) | | | 280 |
| **Итого** | | | **3080** |

*Расчет статьи «Электроэнергия»*

В процессе проектно-конструкторских работ происходит потребление электроэнергии компьютерами и другими устройствами. Величина израсходованной электроэнергии приведена в таблице 5.9.

**Таблица 5.9.** Расчёт величины израсходованной электроэнергии.

|  |  |
| --- | --- |
| В час (усреднённая величина) | 980 Вт |
| За день (8 часов) | 8∙980=7,84 кВт∙ч |
| За время выполнения работ (87 дней) | 87∙7,84=682,08 кВт∙ч |
| Стоимость за 1 | 4,1 руб. |
| Стоимость за 682,08 кВт∙ч | 2797 руб. |
| Коэффициент использования оборудования | 0,87 |
| Сумма | 2797∙0,87= 2433 руб. |
| **Итого** | **2433 *руб*.** |

*Расчёт статьи «Амортизационные отчисления»*

Для расчета амортизационных отчислений рассмотрим использование для работ оборудования:

- Персональный компьютер Core-i7-2.4GHz стоимостью 40 000 рублей (3 штуки). Годовая норма амортизации 25 %.

Оборудование используется в течение 96 рабочих дней.

Амортизационные расходы составляют:

, где

*Ц* – балансовая стоимость оборудования, руб.;

 – годовая норма амортизации;

*Т* – время эксплуатации оборудования, дни;

*FД* – действительный фонд времени, дни.

Амортизационные расходы: (3\*40 000\*0,25\*87)/320 = 8 156 руб.

Тогда итоговые затраты по статье “Амортизационные отчисления” составят: **8 156 *руб***.

*Расчёт статьи «Основная заработная плата»*

К основной заработной плате относится заработная плата всех сотрудников, непосредственно принимающих участие в разработке темы. Для расчета основной заработной платы работников предварительно определяется их среднедневной заработок [9]:

, где

*Lcp.д*– среднедневная заработная плата, руб.;

*L0* – оклад за месяц, руб.;

*F* – месячный фонд времени *F* = 22 дня.

Размер должностного оклада назначается исходя из договора на выполнение ОКР заключенного между заказчиком и исполнителями.

Заработная плата основного персонала за выполнение определенного этапа темы:

, где

*L* – заработная плата за выполнение определенного этапа работы, руб.;

*Lcp.д*– среднедневная заработная плата, руб.;

 – трудоёмкость работы, чел.-дни.

Результаты вычислений представлены в таблице 5.10.

**Таблица 5.10.** Зарплата основного персонала

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Исполнители | *L0*, руб. | *Lcp.д*, руб/день | , чел.-дни | *L*, руб. |
| Инженер-конструктор | 30 000 | 1364 | 132 | 180 048 |
| Инженер-технолог | 28 000 | 1273 | 14 | 17 822 |
| Инженер-программист | 40 000 | 1818 | 28 | 50 904 |
| Инженер-электрик | 30 000 | 1364 | 9 | 12 276 |
| Инженер по снабжению | 27 000 | 1227 | 12 | 14 724 |
| **Итого выплаты по основной зарплате** | | | | **275 774** |

Выплаты по основной заработной плате составят **275 774** ***руб***.

*Расчёт статьи «Дополнительная заработная плата»*

К этой статье относятся выплаты за неотработанное по уважительным причинам время, предусмотренные трудовым законодательством: оплата очередных и дополнительных отпусков, компенсация за недоиспользованный отпуск и т.п., и составляют 20% от размера основной заработной платы [10].

Таким образом затраты по статье “Дополнительная заработная плата” составят: **55 155 руб.**

*Расчёт статьи «Отчисления в фонды социального назначения»*

Согласно налоговому кодексу РФ, применяемые ставки налога составляют 30% от суммы основной и дополнительной заработной.

Таким образом, затраты по этой статье составляют:

*Расчёт статьи «Накладные расходы»*

К этой статье относят расходы по управлению научно-исследовательской организацией, выполняющей данную разработку, а также расходы по содержанию и ремонту зданий, сооружений, оборудования, коммунальные услуги и т. п. Накладные расходы принимаются в размере 80% от суммы основной заработной платы:

275 774\* 0.8 = **220 619 руб**.

Фонд оплаты труда складывается из затрат на основную и дополнительную заработные платы:

330 929 руб

*Итоговая смета затрат на проведение проектно-конструкторских работ*

**Таблица 5.11.** Итоговая смета затрат на проведение проектно-конструкторских работ.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **№ п/п** | **Наименование статей расходов** | **Затраты, руб.** |
| 1 | Материалы и покупные изделия | 3080 |
| 2 | Электроэнергия | 2433 |
| 2 | Основная заработная плата разработчиков | 275 774 |
| 3 | Дополнительная заработная плата разработчиков | 55 155 |
| 4 | Отчисления в фонды социального назначения | 99 279 |
| 5 | Амортизационные отчисления | 8 156 |
| 6 | Накладные расходы | 220 619 |
| **Полная себестоимость** | | **664 496** |

Таким образом суммарные затраты по первому этапу *С1 =* **664 496 руб.**

***5.2.2 Расчет затрат на изготовление опытного образца***

Изготовление опытного образца в нашем случае состоит из изготовления печатной платы в сторонней организацией и монтажа радиоэлементов на печатную плату.

*Расчёт статьи «Материалы, покупные изделия и комплектующие»*

Затраты определяются по следующей формуле:



*Мпок* – затраты на покупные части, руб;

*kтр* – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы.

Примем *kтр*= 10% = 0,1.

**Таблица 5.12.** Расчёт затрат на покупные части при изготовлении опытного образца платы управления.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Наименование | Коли-чество | Цена за единицу, руб. | Стоимость покупных частей, руб. |
| МСх SM712 | 1 | 38 | 38 |
| МСх AM1D-0503SH30Z | 1 | 580 | 580 |
| МСх RClamp3304N | 2 | 104 | 208 |
| МСх USB-LC6-2P6 | 1 | 21 | 21 |
| МСх TPS70102 | 1 | 240 | 240 |
| МСх ISO7221MD | 4 | 260 | 1040 |
| МСх FT232RL | 1 | 400 | 400 |
| МСх AT45DB161D | 1 | 150 | 150 |
| МСх ISO15 | 1 | 300 | 300 |
| МСх SN65HVD230 | 1 | 130 | 130 |
| МСх AM26LS32A | 1 | 40 | 40 |
| Кварц KX - 3HT - 20 | 1 | 42 | 42 |
| ЧИП-конденсатор [0603] | 82 | 7 | 574 |
| ЧИП-индуктивность [0603] | 24 | 10 | 240 |
| ЧИП-резистор [0603] | 59 | 7 | 413 |
| Диод Шоттки 1А-15В-SMB | 3 | 20 | 60 |
| Светодиод-зеленый KPC-3216MGC | 9 | 35 | 315 |
| Разъем PLS-2 | 8 | 2 | 16 |
| Разъем PLS-3 | 6 | 4 | 24 |
| Разъем PLS-21x3 | 2 | 70 | 140 |
| Разъем IDC-10MS | 1 | 7 | 7 |
| Разъем miniUSB-1J | 1 | 100 | 100 |
| Разъем DJK-02A | 1 | 20 | 20 |
| Разъем TB-09A | 2 | 40 | 80 |
| Разъем PLS-7x2 | 1 | 10 | 10 |
| Разъем DRB-9FA | 2 | 40 | 80 |
| Микроконтроллер TMS320F28335 | 1 | 1500 | 1500 |
| **Итого** | | | **6768** |

Планируемая величина затрат:

6 768 \* (1+0,1) = **7445 руб.**

*Затраты на основную заработную плату рабочих*

Расчет заработной платы рабочих проводится на основе тарифной системы. Вначале устанавливается общий объём работ по видам в нормо-часах. Затем по каждому виду работ определяется средний разряд и на его основе – средняя стоимость одного нормо-часа. Суммарная заработная плата рабочих по видам работ вычисляется по формуле [9]:



где *L* – заработная плата рабочих по всем видам работ, руб.;

– трудоёмкость i-ого вида работ, нормо-ч.;

n – количество видов работы;

 – средняя стоимость одного нормо-часа i-ого вида работ, руб./нормо-ч.



где *L0* – оклад рабочего за месяц. Размер оклада примем равным трем минимальным размерам оплаты труда, т.е. *L0* = 3∙5 965 *руб.* = 17 895 *руб.*

*F* – месячный фонд времени *F* = 22 дня.

 – тарифный коэффициент i-ого разряда.

**Таблица 5.13**. Расчёт заработной платы рабочих.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Индекс работы по сетевому графику | Профессия |  | Средняя стоимость одного нормо-часа, руб. | Трудоёмкость , нормо-ч. | Заработная плата рабочего,руб. |
| 10-11 | Лаборант | 1 | 101,7 | 8 | 813,6 |
| 11-12 | Монтажник 3-его разряда | 1,2 | 122 | 24 | 2928 |
| **Итого** | | | | | **3742** |

Таким образом, затраты на основную заработную плату рабочих при изготовлении опытного образца составляют **3742** **руб**.

*Затраты по работам, выполняемым сторонними организациями*

Сюда относятся расходы на изготовление печатной платы для опытного образца.

**Таблица 5.14.** Расчёт затрат на изготовление печатной платы.

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Индекс работы по сетевому графику | Наименование организации | Наименование выполняемых работ | Срок исполнения, дни | Объём работ или услуг, руб. | Сумма затрат ,руб. |
| 7-8 | ООО «PSBpro » | Изготовление печатной платы | 13 | 2500 | 2 500 |
| **Итого** | | | | | **2 500** |

Таким образом, сумма затрат по работам, выполняемым сторонними организациями составляет Sсо = **2 500 руб**.

Суммарные затраты по этапу 2 (т.е. изготовление опытного образца) С2 могут быть определены по формуле [9]:



где kц – цеховые расходы, %;

kоп – общепроизводственные расход,%;

 – коэффициент, учитывающий затраты по дополнительной заработной плате рабочих;

kс – коэффициент, учитывающий платежи в государственные внебюджетные фонды (ПФР, ФСС, ФОМС), kс=0,3.

Примем следующие значения составляющих формулы: kц=150%, kоп=80%,=0,2.

Тогда:

С2 = 7445 + 3742\*(1 + (150+80)/100) + 3742\*0,2 + 3742\*0,3\*(1+0,2) + 2500 = **24 389 руб** .

В итоге затраты по этапам 1 и 2 на проектирование и изготовление опытного образца платы управления составили:

*С=С1 + С2 =* **664 496 руб***. +* **24 389 руб***.=* **688 885 *руб*.**

**5.3 Выводы**

В организационно-экономической части дипломного проекта составлен план выполнения работ по исследованию и проектированию платы управления пьезоэлектрического привода активной системы ориентации и стабилизации изображения системы технического зрения мобильного робота. С помощью сетевого графика установлена взаимосвязь между всеми работами проекта и ***определена продолжительность и трудоемкость***, как отдельных этапов, так и всего проекта в целом. Также ***произведен расчет затрат*** на проведение проектно-конструкторских работ и работ по изготовлению опытного образца платы управления.

Основные выводы по организационно-экономической части:

- время разработки составляет ***87 рабочих дней***, работы с допустимой вероятностью будут завершены в директивный срок 88 дней;

- суммарные затраты на выполнение проекта и изготовление опытного образца равны **688 885 *руб.***