

*Список работ*

Код работы	Наименование работы	Продолжительность, дн	
		мин	макс
<b>0,1</b>	Получение и анализ задания на разработку программной системы	2	3
<b>1,2</b>	Разработка сетевого графика	3	4
<b>2,3</b>	Подбор литературы и электронных источников информации	3	4
<b>2,4</b>	Поиск существующих решений в данной области	1	2
<b>3,5</b>	Анализ литературы и электронных источников информации (выявление аналогов и эффективных программных решений)	3	5
<b>4,5</b>	Анализ существующих решений	2	4
<b>5,6</b>	Анализ предметной области и бизнес-логики процессов заказчика	2	3
<b>6,7</b>	Выбор стека технологий и протоколов	1	3
<b>6,9</b>	Создание прототипов интерфейса для модуля интеграции с платформой Moodle 2.0	2	4
<b>7,8</b>	Разработка описания протокола взаимодействия модуля интеграции и сервисной части программной системы	5	6
<b>8,9</b>	Документирование протокола взаимодействия диаграммами UML	2	3
<b>9,10</b>	Анализ функций пилотной версии программной системы	2	4
<b>10,11</b>	Ранжирование реализуемых пилотной версией функций по затратам на их разработку и интеграцию	1	3
<b>11,13</b>	Выявление эффективных программных решений требуемых функций в существующих аналогах	1	2
<b>10,12</b>	Описание доменных сущностей, составление первой версии диаграммы классов	2	4
<b>12,13</b>	Настройка и установка среды разработки и тестирования	1	2
<b>13,14</b>	Разработка пилотной версии ПС	10	13
<b>14,16</b>	Проведение интеграционного тестирования пилотной версии ПС	2	5
<b>14,15</b>	Проведение нагрузочного тестирования пилотной версии ПС	2	4
<b>15,16</b>	Расчет показателей эффективности пилотной версии	1	2
<b>16,17</b>	Встреча с заказчиком, проработка предложений по модернизации пилотной версии	2	3
<b>17,18</b>	Составление финальной версии диаграммы классов	1	3
<b>18,19</b>	Разработка финальной версии ПС	23	25
<b>19,21</b>	Проведение интеграционного тестирования финальной версии ПС	2	5
<b>19,20</b>	Проведение нагрузочного тестирования финальной версии ПС	2	5
<b>20,21</b>	Расчет показателей эффективности	1	3
<b>21,23</b>	Подготовка пакетов для развертывания системы и миграции данных	1	2
<b>21,22</b>	Составление пользовательской документации	2	3
<b>22,23</b>	Оформление ПЗ	4	5
<b>23,24</b>	Сдача заказчику	1	2

Ожидаемая продолжительность каждой работы определяется по формуле:

$$t_{ij \text{ ож}} = 0,6 * t_{ij \text{ мин}} + 0,4 * t_{ij \text{ макс}}$$

Среднеквадратическое отклонение  $\delta_{ij}$  продолжительности рассчитывается по формуле:

$$\delta_{ij} = 0,2 * (t_{ij \text{ макс}} - t_{ij \text{ мин}})$$

Дисперсия определяется по формуле:

$$D_{ij} = 0,04 * (t_{ij \text{ макс}} - t_{ij \text{ мин}})^2$$

Временные параметры сетевого графика представлены в таблице 2.

Таблица 2

*Перечень, параметры и вероятностные характеристики работ СГ*

Код работы	Наименование работы	Продолжительность, дн			Исполнители, чел.			$\delta_{ij}$ , дн.	$D_{ij}$ , дн <sup>2</sup>
		мин	макс	ожид	рук	инж	лаб		
0,1	Получение и анализ задания на разработку программной системы	2	3	2	1	2	1	0,2	0,04
1,2	Разработка сетевого графика	3	4	3	1	2	0	0,2	0,04
2,3	Подбор литературы и электронных источников информации	3	4	3	0	1	1	0,2	0,04
2,4	Поиск существующих решений в данной области	1	2	1	0	2	1	0,2	0,04
3,5	Анализ литературы и электронных источников информации (выявление аналогов и эффективных программных решений)	3	5	4	1	2	0	0,4	0,16
4,5	Анализ существующих решений	2	4	3	0	2	0	0,4	0,16
5,6	Анализ предметной области и бизнес-логики процессов заказчика	2	3	2	1	2	0	0,2	0,04
6,7	Выбор стека технологий и протоколов	1	3	2	1	2	0	0,4	0,16
6,9	Создание прототипов интерфейса для модуля интеграции с платформой Moodle 2.0	2	4	3	0	1	1	0,4	0,16
7,8	Разработка описания протокола взаимодействия модуля интеграции и сервисной части программной системы	5	6	5	0	1	1	0,2	0,04
8,9	Документирование протокола взаимодействия диаграммами UML	2	3	2	0	1	1	0,2	0,04
9,10	Анализ функций пилотной версии программной системы	2	4	3	1	1	0	0,4	0,16
10,11	Ранжирование реализуемых пилотной версией функций по затратам на их разработку и интеграцию	1	3	2	0	1	1	0,4	0,16
11,13	Выявление эффективных программных решений требуемых функций в существующих аналогах	1	2	1	0	2	1	0,2	0,04

<b>10,12</b>	Описание доменных сущностей, составление первой версии диаграммы классов	2	4	3	0	1	1	0,4	0,16
<b>12,13</b>	Настройка и установка среды разработки и тестирования	1	2	1	0	1	1	0,2	0,04
<b>13,14</b>	Разработка пилотной версии ПС	10	13	11	0	2	1	0,6	0,36
<b>14,16</b>	Проведение интеграционного тестирования пилотной версии ПС	2	5	3	0	1	1	0,6	0,36
<b>14,15</b>	Проведение нагрузочного тестирования пилотной версии ПС	2	4	3	0	1	1	0,4	0,16
<b>15,16</b>	Расчет показателей эффективности пилотной версии	1	2	1	0	1	1	0,2	0,04
<b>16,17</b>	Встреча с заказчиком, проработка предложений по модернизации пилотной версии	2	3	2	1	2	0	0,2	0,04
<b>17,18</b>	Составление финальной версии диаграммы классов	1	3	2	0	2	1	0,4	0,16
<b>18,19</b>	Разработка финальной версии ПС	23	25	24	0	2	1	0,4	0,16
<b>19,21</b>	Проведение интеграционного тестирования финальной версии ПС	2	5	3	0	1	1	0,6	0,36
<b>19,20</b>	Проведение нагрузочного тестирования финальной версии ПС	2	5	3	0	1	1	0,6	0,36
<b>20,21</b>	Расчет показателей эффективности	1	3	2	0	1	1	0,4	0,16
<b>21,23</b>	Подготовка пакетов для развертывания системы и миграции данных	1	2	1	0	1	1	0,2	0,04
<b>21,22</b>	Составление пользовательской документации	2	3	2	0	1	1	0,2	0,04
<b>22,23</b>	Оформление ПЗ	4	5	4	0	2	1	0,2	0,04
<b>23,24</b>	Сдача заказчику	1	2	1	1	0	1	0,2	0,04

### 3. Расчет параметров событий СГ

Ранний срок свершения исходного события принимается равным нулю. Ранний срок промежуточного события равен максимальной из сумм раннего срока предыдущего события с ожидаемой продолжительностью работ соединяющих эти события.

Поздний срок свершения завершающего события равен раннему сроку свершения этого события. Поздний срок промежуточного события равен минимальной разности между поздним сроком последующего события и ожидаемой продолжительностью работы соединяющей эти события.

Резерв времени события равен разности позднего и раннего сроков свершения этого события.

Параметры событий исходного сетевого графика представлены в таблице 3.

Таблица 3

*Параметры сетевого графика*

Номер события	Сроки свершения		Резерв времени
	ранний	поздний	
0	0	0	0
1	2	2	0
2	5	5	0
3	8	8	0
4	6	9	3
5	12	12	0
6	14	14	0
7	16	16	0
8	21	21	0
9	23	23	0
10	26	26	0
11	28	29	1
12	29	29	0
13	30	30	0
14	41	41	0
15	44	44	0
16	45	45	0
17	47	47	0
18	49	49	0
19	73	73	0
20	76	76	0
21	78	78	0
22	80	80	0
23	84	84	0
24	85	85	0

#### 4. Вычисление параметров работ СГ

Ранний срок начала работы  $T_{pnij}$  совпадает с ранним сроком свершения ее начального события.

Поздний срок начала работы  $T_{nnij}$  – это разность между поздним сроком свершения ее конечного события и ожидаемой продолжительности.

Ранний срок окончания работы  $T_{poij}$  – это сумма ее ожидаемой продолжительности и раннего срока свершения ее начального события.

Поздний срок окончания работы  $T_{noij}$  совпадает с поздним сроком свершения ее конечного события.

Полный резерв времени работы  $R_{nij}$  – это разность позднего срока свершения ее конечного события, раннего срока свершения ее начального события и ожидаемой продолжительности.

Частный резерв времени первого рода  $R^1_{nij}$  равен разности поздних сроков свершения ее конечного и начального событий за вычетом ее ожидаемой продолжительности.

Частный резерв времени второго рода  $R^2_{nij}$  равен разности ранних сроков свершения ее конечного и начального событий за вычетом ее ожидаемой продолжительности.

Свободный резерв времени работы  $R_{cij}$  равен разности раннего срока свершения ее конечного события и позднего срока свершения ее начального события за вычетом ее ожидаемой продолжительности.

Величина коэффициента напряженности  $k_{nij}$  подсчитывается как отношение суммы продолжительностей отрезков максимального пути, проходящего через данную работу, не совпадающих с критическим путем к сумме продолжительностей отрезков критического пути, не совпадающих с максимальным путем, проходящим через эту работу.

Результаты расчета приведены в таблице 4.

Таблица 4

Параметры работ сетевого графика

Код работы	Ожидаемая продолжительность	Срок начала		Срок окончания		Резервы времени				Коэффициент напряженности	Тип коэффициента напряженности
		ранний	поздний	ранний	поздний	полный	частный 1 рода	частный 2 рода	свободный		
<b>0,1</b>	2	0	0	2	2	0	0	0	0	1	
<b>1,2</b>	3	2	2	5	5	0	0	0	0	1	
<b>2,3</b>	3	5	5	8	8	0	0	0	0	1	
<b>2,4</b>	1	5	8	6	9	3	3	0	0	0,57	промеж.
<b>3,5</b>	4	8	8	12	12	0	0	0	0	1	
<b>4,5</b>	3	6	9	9	12	3	0	3	0	0,57	промеж.
<b>5,6</b>	2	12	12	14	14	0	0	0	0	1	
<b>6,7</b>	2	14	14	16	16	0	0	0	0	1	
<b>6,9</b>	3	14	20	17	23	6	6	6	6	0,33	резерв.
<b>7,8</b>	5	16	16	21	21	0	0	0	0	1	
<b>8,9</b>	2	21	21	23	23	0	0	0	0	1	
<b>9,10</b>	3	23	23	26	26	0	0	0	0	1	
<b>10,11</b>	2	26	27	28	29	1	1	0	0	0,75	промеж.
<b>11,13</b>	1	28	29	29	30	1	0	1	0	0,75	промеж.

<b>10,12</b>	3	26	26	29	29	0	0	0	0	1	
<b>12,13</b>	1	29	29	30	30	0	0	0	0	1	
<b>13,14</b>	11	30	30	41	41	0	0	0	0	1	
<b>14,16</b>	3	41	42	44	45	1	1	1	1	0,75	промеж.
<b>14,15</b>	3	41	41	44	44	0	0	0	0	1	
<b>15,16</b>	1	44	44	45	45	0	0	0	0	1	
<b>16,17</b>	2	45	45	47	47	0	0	0	0	1	
<b>17,18</b>	2	47	47	49	49	0	0	0	0	1	
<b>18,19</b>	9	49	49	73	73	0	0	0	0	1	
<b>19,21</b>	3	73	75	76	78	2	2	2	2	0,6	промеж.
<b>19,20</b>	3	73	73	76	76	0	0	0	0	1	
<b>20,21</b>	2	61	61	78	78	0	0	0	0	1	
<b>21,23</b>	1	63	68	64	69	5	5	5	5	0,17	резерв.
<b>21,22</b>	2	63	63	65	65	0	0	0	0	1	
<b>22,23</b>	4	65	65	69	69	0	0	0	0	1	
<b>23,24</b>	1	69	69	70	70	0	0	0	0	1	

Правильность расчетов резервов времени проверена по следующим отношениям:

- сумма полного и свободного резерва работы равна сумме двух частных ее резервов;
- поздний и ранний сроки начала работы, а также поздний и ранний сроки ее окончания всегда отличаются на величину ее полного резерва.

В зависимости от коэффициента напряженности все работы попадают в одну из трех зон напряженности:

- 1) критическую,  $k_{nij} > 0,8$ ;
- 2) промежуточную,  $0,5 < k_{nij} < 0,8$ ;
- 3) резервную,  $k_{nij} < 0,5$ .

Оптимизация СГ состоит в перераспределении ресурсов из резервной и частично промежуточной зон в критическую с целью выравнивания коэффициентов напряженности всех работ.

## 5. Расчет параметров СГ в целом

Коэффициент сложности = количество работ / количество событий

Для расчета вероятности свершения события к директивному сроку используется функция распределения нормального отклонения.

Среднеквадратическое отклонение продолжительности критического пути определяется по формуле:

$$\delta_{кр} = \sqrt{Д_{ткр}}$$

где  $Д_{ткр}$  – дисперсия срока наступления завершающего события, равная сумме дисперсий работ критического пути.

Результаты расчета приведены в таблице 5.

Таблица 5

*Основные показатели для расчета параметров СГ в целом*

Наименование показателя	Значение
Критический срок	85
Среднеквадратическое отклонение	1,57
Директивный срок	93
Нормальное отклонение	5,0955
Вероятность свершения	0,99

## 6. Смета затрат на проведение работ

### 6.1 Материалы

При разработке программного обеспечения расходы на материалы состоят в основном из канцелярских расходов. Затраты на расходные материалы приведены ниже (таблица 6.1.1).

Таблица 6.1.1 – Материалы

№	Наименование	Ед. измерения	Цена за ед.	Количество	Стоимость
1	Листы А4	упаковка 500 шт.	140	1	140
2	Листы А3	шт.	2	10	20
3	Листы А1	шт.	10	8	80
4	Ручка шариковая	шт.	10	3	30
5	Обложка для диплома	шт.	115	2	230
6	Карандаш простой	шт.	10	1	10
7	Файлы формата А4	шт.	1.5	10	15
8	CD-R диски	шт.	20	2	40
Итого					565

### 6.2 Командировочные расходы

Поскольку каждому из группы разработки (руководитель, 2 инженера и лаборант) необходимо каждый день ездить на работу и обратно в течение всего срока проектирования, необходимо учесть данные транспортные расходы. Общее количество поездок рассчитывается из продолжительности всех работ в днях для каждого сотрудника. Затраты на командировочные расходы приведены ниже (таблица 6.2.1).

Таблица 6.2.1 – Командировочные расходы

В рублях

№	Наименование	Ед. измерения	Цена за ед.	Количество	Стоимость
1	Расходы на проезд	1 поездка	15	294	4410

### 6.3 Контрагентские расходы

К контрагентским расходам относятся все расходы по оплате услуг сторонним организациям, например, создание рекламы, упаковки, ксерокопирование материалов, печать на плоттере и т.п. подобное. Аренда машинного времени также относится к этой статье расходов. Аренда рассчитывается исходя из продолжительности всех работ, для которых необходимо применение ЭВМ, и количества работников. Расчет стоимости контрагентских расходов приведен ниже (таблица 6.3.1).



Таблица 6.3.1 – Контрагентские расходы

					В рублях
№	Наименование	Ед. измерения	Цена за ед.	Количество	Стоимость
1	Аренда компьютеров	руб./ (комп.*час)	20	2074	41480
2	Печать формата А4	руб./лист	1	500	500
3	Печать формата А3	руб./лист	2	10	20
4	Вывод графического материала	руб./лист	50	8	400
Итого					42400

## 6.4 Покупные изделия

Предполагается, что необходимое офисное ПО уже установлена на арендуемых компьютерах. Все используемое для разработки специализированное ПО является бесплатным и свободно-распространяемым. Дополнительное специальное оборудование для разработки не требуется. Таким образом, стоимость покупных изделий равна 0 рублей.

## 6.5 Заработная плата

Рассчитаем заработную плату сотрудников в зависимости от занимаемой должности и количества отработанных дней, для чего найдем стоимость одного дня, равную отношению оклада работника к количеству дней в месяце, примем равным 24 дням (таблица 6.5.1).

Таблица 6.5.1 – Заработная плата

					В рублях
№	Должность	Оклад	Заработная плата в день	Чел*Дней работы	Суммарная заработная плата
1	Руководитель	35000	1750	19	33250
2	Инженер	20000	1000	162	162000
3	Лаборант	10000	500	83	41500
Итого					236750
Премияльный фонд					23675
Итого (ФОТ)					260425

Таблица 6.5.2 – Отчисления на социальные нужды

			В рублях
№	Наименование отчисления	Процент отчисления	Сумма
1	Социальные отчисления	34%	88544.5

## 6.6 Накладные расходы

Накладные расходы включают в себя все расходы на обслуживание, и составляют 10% от суммы, полученной в пунктах с 6.1 по 6.5 (таблица 6.6.1).

Таблица 6.6.1 – Накладные расходы

В рублях	
Наименование затрат	Сумма
Сумма по первым пяти пунктам	396344.5
Накладные расходы (10%)	39634.45

## 6.7 Смета затрат

Таким образом, после определения накладных расходов легко можем найти итоговую сумму — себестоимость проведенной работы (таблица 6.7.1).

Таблица 6.7.1 – Смета затрат

В рублях		
№	Статьи	Сумма, руб
1	Материалы	565
2	Командировочные расходы	4410
3	Контрагентские расходы	42400
4	Покупные изделия	0,00
5	Заработная плата	348969.5
6	Накладные расходы	39634.45
Итого		435978.95

### 4.3 Анализ технико-экономической эффективности

В разделе концепции дипломного проекта был представлен подробный обзор существующих решений для организации процесса непрерывной интеграции, сборки проектов и запуска модульных тестов. В этом пункте рассмотрим технико-экономическую эффективность нашей разработки и существующих аналогов.

На сегодняшний день существует две большие группы решений — со свободно распространяемым исходным кодом и являющихся собственническим ПО.

В первую группу выходят такие отдельные средства, как:

- Системы непрерывной интеграции: CruiseControl, Apache Continuum, Jenkins – прикладные программы, разработанные с целью помочь разработчикам программного обеспечения (программистам, тестировщикам и др.) следить и поддерживать проекты в состоянии постоянной стабильной работы, путем их непрерывной сборки и запуском модульных тестов в автоматическом режиме при наличии изменений в исходном коде проекта.
- Системы управления версиями: Subversion, CVS, Mercurial, Git – программное обеспечение для облегчения работы с изменяющейся информацией.

Все перечисленные выше средства выполняют только часть функций, требуемых заказчиком, например, сборка или запуск модульных тестов, что ограничивает их самостоятельное использование и требует дополнительных программных средств для полноценной работы. При этом в некоторых случаях добавление требуемых функций (как то интеграция с системой поддержки образовательного процесса Moodle и др.) трудноосуществимо. Наше решение представляет программную систему "под ключ", которая позволяет после непродолжительной настройки поддерживать процессы получения кода, сборки, запуска тестов и формирования отчетов, предоставляет удобные гибкие средства конфигурирования как всей системы в целом, так и каждого средства в отдельности.

К продуктам второй группы (имеющим проприетарную лицензию), относятся такие системы как:

- Средства IBM Rational автоматизации процессов жизненного цикла ПО.
- Team Foundation Server – продукт корпорации Microsoft, представляющий собой комплексное решение, объединяющее в себе систему управления версиями, сбор данных, построение отчетов, отслеживание статусов и изменений по проекту, и предназначенное для совместной работы над проектами по разработке программного обеспечения.
- TeamCity – разработка компании JetBrains, представляющая собой централизованную систему управления построением приложений и

непрерывной интеграции, для организации эффективной коллективной работы над кодом приложений.

Даже примерную общую стоимость коммерческих продуктов оценить сложно, поскольку нет единой методики определения цены для заказчика. Все системы подразумевают не только покупку лицензии и установку ПО, но и его последующую настройку, адаптацию под требования заказчика, которая значительно осложняется закрытостью исходных кодов этих систем.

Для примера приведем стоимость решений от IBM Rational по прайс-листам (на 28 апреля 2011 года) компании «Интерфейс», которая является официальным партнером компании IBM в России.

Таблица – Стоимость коммерческих аналогов

В рублях	
Наименование продукта	Стоимость
IBM Rational Suite	332 996
IBM Rational Team Unifying Platform	142 534

При этом все проприетарные решения данные решения не включают в себя ни поддержку необходимых заказчику библиотек модульного тестирования, ни возможность интеграции с платформой Moodle, что приводит к необходимости прибегать к обходным решениям при их адаптации к конкретным нуждам. Кроме того разрабатываемая система изначально ориентирована на применение в учебном процессе для решения основной бизнес-проблемы заказчика — необходимость в эффективном по времени и надежном способе оценки студенческих работ. Все это делает разработку такой системы в некотором роде уникальной.

Использование бесплатного ПО при разработке системы значительно снижает стоимость создаваемой системы, делает ее разработку экономически выгодной. Так основной статьей расходов является заработная плата работников, следовательно, стоимость разработки фактически зависит только от размеров окладов работников, и становится очевидной невыгодность заказа разработки такой системы сторонним организациям.