

Томск 2017

Миньков С.Л.

Программная инженерия. Лабораторный практикум. Часть 2: учебное пособие
– Томск: Издательский дом ТГУ, 2017. – 41 с.

Содержит методические указания к выполнению лабораторных работ по дисциплине «Программная инженерия» для направления подготовки бакалавров 09.03.03 «Прикладная информатика». Рекомендуется для всех форм обучения, в том числе с применением дистанционных технологий.

© Миньков С.Л., 2017

Иллюстрация на обложке: http://ru.123rf.com/photo_7066570_software-word-collage-on-white-background.html

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
Лабораторная работа 1 АВТОМАТИЗАЦИЯ РАСЧЕТА ТЕХНИКО- ЭКОНОМИЧЕСКОГО ОБОСНОВАНИЯ ПРОЕКТА	5
1.1 Оценка конкурентоспособности проекта в сравнении с аналогом	5
1.2 Планирование комплекса работ по разработке проекта и оценка трудоемкости	7
1.3 Расчет затрат на разработку проекта	9
1.4 Расчет эксплуатационных затрат	12
1.5 Расчет показателей экономической эффективности.....	15
Задание.....	16
Лабораторная работа 2. КАЛЬКУЛЯТОР СОСОМО	18
2.1. СОСОМО	18
2.2. СОСОМО II.....	21
Задание.....	26
ЛИТЕРАТУРА	27
Приложение (справочное) Некоторые примеры автоматизации расчета СОСОМО.....	28
1. Интерфейс онлайн-калькулятора	28
2. Интерфейс программы-калькулятора Costar 7.0	29

ВВЕДЕНИЕ

Экономика разработки программных продуктов – одна из составляющих программной инженерии. Например, в главе 23 «Оценка стоимости программного продукта» классического учебника И. Соммервилла «Инженерия программного обеспечения» [1] подчеркивается, что менеджеры проекта должны уметь отвечать на вопросы:

1. Какие затраты необходимы для выполнения проекта?
2. Сколько времени займет работа над проектом?
3. Какова стоимость выполнения проекта?

Во второй части лабораторного практикума по дисциплине «Программная инженерия», предназначенного для студентов, обучающихся по направлению подготовки бакалавров «Прикладная информатика», предлагаются лабораторные работы по изучению методов оценки трудовых и временных затрат на разработку программных продуктов (в частности, модели Б. Боэма) с дальнейшей автоматизацией расчета этих затрат и оценки экономической эффективности проекта.

При составлении лабораторного практикума использован опыт преподавания дисциплин «Разработка и применение программных средств и информационных технологий» и «Программная инженерия» студентам факультета инновационных технологий Национального исследовательского Томского государственного университета и факультета систем управления Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники.

Лабораторная работа 1

АВТОМАТИЗАЦИЯ РАСЧЕТА ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО ОБОСНОВАНИЯ ПРОЕКТА

Цель работы: изучить структуру технико-экономического обоснования эффективности проекта по разработке автоматизированной информационной системы на основе сравнения с аналогом и автоматизировать процесс расчета ТЭО.

Технико-экономическое обоснование (ТЭО) – это анализ, расчет, оценка экономической целесообразности осуществления предлагаемого проекта, в данном случае – проекта по разработке автоматизированной информационной системы. ТЭО основано на сопоставительной оценке затрат и результатов, установлении эффективности использования, срока окупаемости вложений.

Технико-экономическое обоснование является необходимым для каждого инвестора исследованием, в ходе подготовки которого проводится ряд работ по изучению и анализу всех составляющих инвестиционного проекта и разработке сроков возврата вложенных в бизнес средств.

В качестве примера рассмотрено технико-экономическое обоснование разработки автоматизированной системы контроля договоров на поставку материально-технических ресурсов, создаваемой в рамках выпускной квалификационной работы студента [2].

1.1 Оценка конкурентоспособности проекта в сравнении с аналогом

Работа выполнялась для предприятия ООО «Стройсервис» (название условное). В качестве программы-аналога для сравнения при разработке проекта принята программа «DogoPro» (производитель – компания «InterBuild»).

Эта разработка принята в качестве базового варианта исходя из трех факторов:

- 1) смежный профиль;
- 2) соответствие требованиям технического задания проекта;
- 3) доступность для исследования и сравнения с разрабатываемым проектом реальной версии программы.

Для оценки конкурентоспособности разрабатываемого продукта необходимо провести анализ и сравнение с выбранным аналогом по функциональному назначению, основным техническим и эксплуатационным параметрам, областям применения. Подобный анализ осуществляется с помощью оценки эксплуатационно-технического уровня разрабатываемого продукта.

Эксплуатационно-технический уровень (ЭТУ) разрабатываемого продукта – это обобщенная характеристика его эксплуатационных свойств, возможностей, степени новизны, являющихся основой качества продукта. Для определения ЭТУ продукта можно использовать индекс эксплуатационно-технического уровня $J_{ЭТУ}$, который рассчитывается как сумма частных индексов, куда входят

показатели качества программного продукта. Для учета значимости отдельных параметров применяется балльно-индексный метод.

Тогда

$$J_{\text{ЭТУ}} = \sum_{j=1}^n B_j \times X_j, \quad (1.1)$$

где $J_{\text{ЭТУ}}$ – комплексный показатель качества продукта по группе показателей;

n – число рассматриваемых показателей;

B_j – коэффициент весомости j -го показателя в долях единицы, назначаемый в соответствии с потребностями организации-заказчика программного продукта;

X_j – экспертная оценка j -го показателя качества по выбранной шкале оценивания.

В таблице 2.1 представлены результаты расчета балльно-индексным методом при пятибалльной шкале оценивания. Показатели качества выбираются в соответствии с деревом характеристик качества программного изделия (стандарт «ГОСТ Р ИСО/МЭК 9126-93. Информационная технология. Оценка программного продукта. Характеристики качества и руководство по их применению» (рис. 1.1).

Таблица 1.1 – Расчет показателя качества балльно-индексным методом

Показатели качества	Коэффициент весомости, B_j	Проект		Аналог	
		X_j	$B_j \times X_j$	X_j	$B_j \times X_j$
1. Удобство работы (пользовательский интерфейс)	0,14	4	0,56	2	0,28
2. Новизна (соответствие современным требованиям)	0,1	4	0,4	3	0,3
3. Соответствие профилю деятельности заказчика	0,2	4	0,8	2	0,4
4. Ресурсная эффективность	0,05	4	0,2	4	0,2
5. Надежность (защита данных)	0,13	3	0,39	3	0,39
6. Скорость доступа к данным	0,1	4	0,4	4	0,4
7. Гибкость настройки	0,06	3	0,18	3	0,18
8. Обучаемость персонала	0,13	5	0,65	1	0,13
9. Соотношение стоимость/возможности	0,09	4	0,36	2	0,18
Обобщенный показатель качества $J_{\text{ЭТУ}}$		$J_{\text{ЭТУ1}}=3,94$		$J_{\text{ЭТУ2}}=2,46$	

Отношение двух найденных индексов называют коэффициентом технического совершенства (КТС) A_k первого программного продукта по отношению ко второму:

$$A_k = \frac{J_{\text{ЭТУ1}}}{J_{\text{ЭТУ2}}}. \quad (1.2)$$

$$\text{В нашем случае } A_k = \frac{3,94}{2,46} = 1,60. \quad (1.3)$$

Так как КТС больше 1, то разработка проекта с технической точки зрения оправдана.

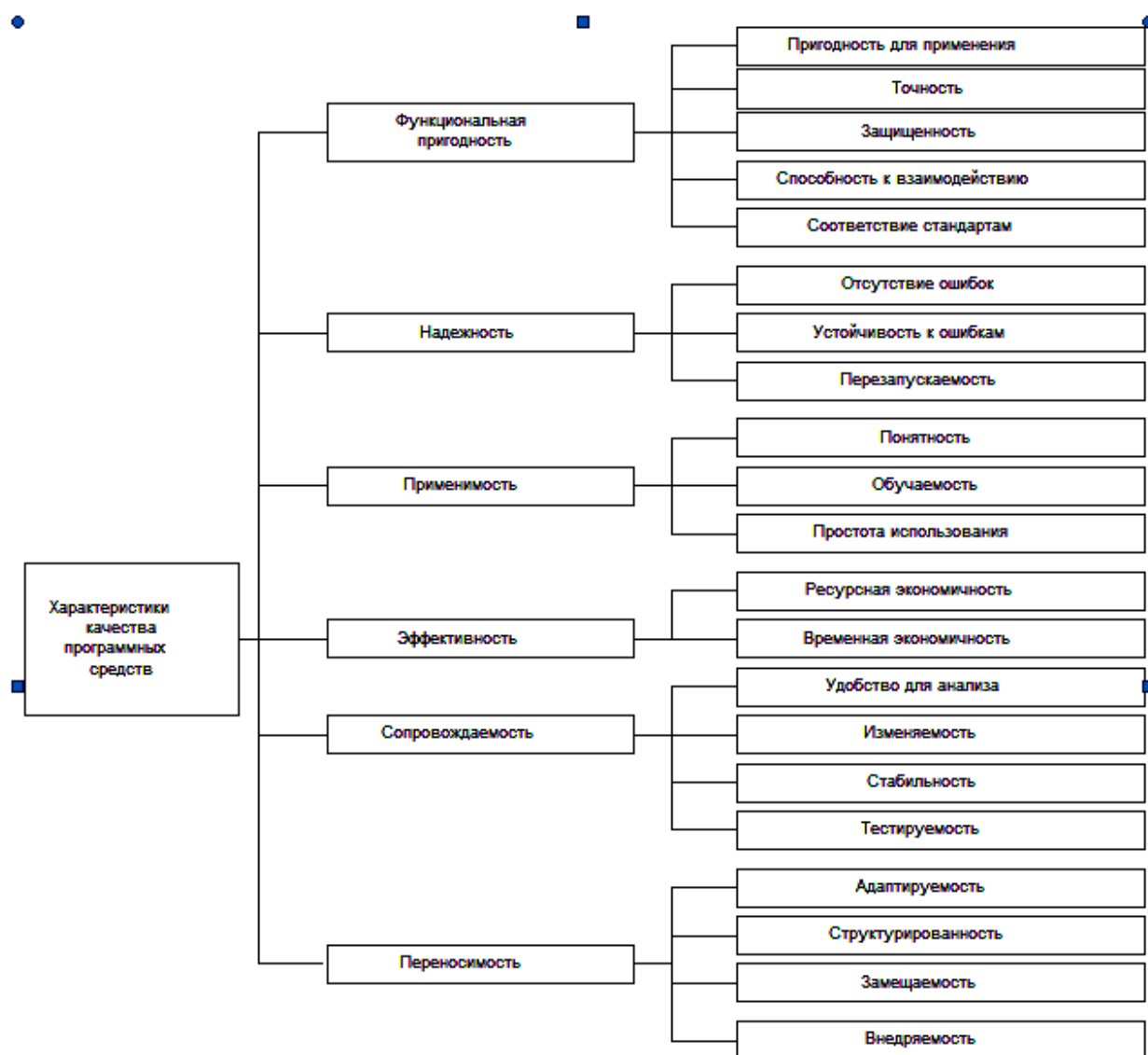


Рисунок 1.1 - Дерево характеристик качества программного изделия

1.2 Планирование комплекса работ по разработке проекта и оценка трудоемкости

В разработке было задействовано два человека: руководитель проекта и исполнитель (инженер-программист). Руководитель выполняет постановку задачи, курирует ход работ и дает необходимые консультации при разработке системы. Исполнитель отвечает за проектирование информационного обеспечения, разработку структур баз данных, реализацию вычислительных алгоритмов в виде завершеного продукта, разработку интерфейсных блоков и отладку программы.

Выбор комплекса работ по разработке проекта производится в соответствии со стандартом «ГОСТ Р ИСО/МЭК 12207-99 Информационная технология. Процессы жизненного цикла программных средств», устанавливающим

стадии разработки программных продуктов, и приведен в календарном графике работ (таблица 1.2, составлена с учетом выходных и праздничных дней).

Таблица 1.2 - Календарный график выполнения работ

Содержание работы	Исполнители	Длительность, дни	График работ	
			Начало	Конец
1. Подготовка процесса разработки и анализ требований				
1.1 Постановка задачи	Руководитель	1	21.01.2013	21.01.2013
	Программист	3	21.01.2013	23.01.2013
1.2 Сбор исходных данных	Руководитель	5	24.01.2013	28.01.2013
	Программист	14	24.01.2013	06.02.2013
1.3 Анализ существующих методов решения задачи и программных средств	Руководитель	0	-	-
	Программист	6	07.02.2013	12.02.2013
1.4 Обоснование принципиальной необходимости разработки	Руководитель	1	13.02.2013	13.02.2013
	Программист	2	13.02.2013	14.02.2013
1.5 Определение и анализ требований к программе	Руководитель	1	15.02.2013	15.02.2013
	Программист	3	15.02.2013	17.02.2013
1.6 Определение структуры входных и выходных данных	Руководитель	1	18.02.2013	18.02.2013
	Программист	5	18.02.2013	22.02.2013
1.7 Выбор технических средств и программных средств реализации	Руководитель	1	23.02.2013	23.02.2013
	Программист	3	23.02.2013	25.02.2013
1.8 Согласование и утверждение технического задания	Руководитель	1	26.02.2013	26.02.2013
	Программист	3	26.02.2013	28.02.2013
2. Проектирование				
2.1 Проектирование программной архитектуры	Руководитель	0	-	-
	Программист	3	01.03.2013	03.03.2013
2.2 Техническое проектирование компонентов программы	Руководитель	0	-	-
	Программист	7	04.03.2013	10.03.2013
3. Программирование и тестирование программных модулей				
3.1 Программирование модулей в выбранной среде программирования	Руководитель	0	-	-
	Программист	13	11.03.2013	23.03.2013
3.2 Тестирование программных модулей	Руководитель	0	-	-
	Программист	21	24.03.2013	13.04.2013
3.3 Сборка и испытание программы	Руководитель	2	14.04.2013	15.04.2013
	Программист	5	14.04.2013	18.04.2013
3.4 Анализ результатов испытаний	Руководитель	1	19.04.2013	19.04.2013
	Программист	5	19.04.2013	23.04.2013
4. Оформление рабочей документации				

4.1 Проведение расчетов показателей безопасности жизнедеятельности	Руководитель	0	-	-
	Программист	3	24.04.2013	26.04.2013
4.2 Проведение экономических расчетов	Руководитель	0	-	-
	Программист	4	27.04.2013	30.04.2013
4.3 Оформление пояснительной записки	Руководитель	5	01.05.2013	05.05.2013
	Программист	15	01.05.2013	15.05.2013

1.3 Расчет затрат на разработку проекта

Капитальные вложения, связанные с автоматизацией обработки информации, рассчитываются по формуле

$$K = K_{\pi} + K_p, \quad (1.4)$$

где K_{π} - капитальные вложения на проектирование, руб.;

K_p - капитальные вложения на реализацию проекта, руб.

Предпроизводственные затраты представляют собой единовременные расходы на разработку обеспечивающих или функциональных систем или элементов на всех этапах проектирования, а также затраты на их усовершенствование, т.е. на проведение обследования и обработку материалов исследования, разработку технического задания, разработку технического и рабочего проекта системы и ее опытного внедрения. Сюда включаются затраты на разработку алгоритмов и программ, стоимость разработок по привязке типовых проектных решений (ТПР) и пакетов прикладных программ (ППП) к конкретному объекту автоматизации.

Суммарные затраты на проектирование системы и ее разработку и отладку на компьютере определяются по формуле

$$K_{\pi} = ((1 + W_d)(1 + W_c) + W_n) \sum_{i=1}^m Z_{oi} + C_M + M_g, \quad (1.5)$$

где m – количество работников, участвующих в разработке проекта;

Z_{oi} – затраты на основную заработную плату работника i -й категории, руб.;

W_d – коэффициент, учитывающий дополнительную заработную плату в долях к основной заработной плате ($W_d = 0,4$ и состоит из коэффициента отпусковых, равного 0,1, и районного коэффициента – 0,3 для Томска);

W_c – коэффициент, учитывающий отчисления на социальные нужды, в долях к сумме основной и дополнительной заработной платы разработчиков: страховые взносы в Пенсионный фонд – 0,22, страховые взносы в ФСС – 0,029, страховые взносы в ФФОМС – 0,051, страховые взносы на производственный травматизм – 0,002; итого $W_c = 0,302$ (в соответствии с Федеральным законом 379-ФЗ от 03.12.2011г.).

W_n – коэффициент, учитывающий накладные расходы организации, в долях к основной заработной плате разработчиков (принимается по фактическим данным, $W_n = 0,6$);

C_M – затраты на материалы;

M_g – затраты на использование машинного времени.

Затраты на основную заработную плату работника i -й категории:

$$Z_{oi} = Z_{\text{дни}} t_i, \quad (1.6)$$

где $Z_{\text{дни}}$ – среднедневная заработная плата работника i -й категории, руб./дн.;
 t_i – количество дней, отработанных работником i -й категории.

Затраты времени на разработку системы по каждому исполнителю принимаются, исходя из его загрузки по календарному графику выполнения работ (табл. 1.3).

Расчет основной заработной платы разработчиков проекта приведен в таблице 1.3 из расчета, что в месяце в среднем 21 рабочий день.

Таблица 1.3 – Основная заработная плата разработчиков

Должность	Должностной оклад, руб.	Средняя дневная ставка, руб.	Затраты времени на разработку, человеко-дней	ОЗП, руб.
Руководитель	19000	904,76	19	17190,48
Программист	7000	333,33	115	38333,33
Итого				55523,81

Ввиду того, что проектируемая информационная система должна быть запрограммирована и отлажена с помощью компьютеров, к суммарным затратам на разработку добавляются затраты на использование машинного времени, исчисляемые как:

$$M_{\text{г}} = t_{\text{мв}} S_{\text{мч}} K_{\text{м}}, \quad (1.7)$$

где $t_{\text{мв}}$ – машинное время компьютера, необходимое для разработки программного продукта; например, для ежедневного 4-х часового использования компьютера программистом $t_{\text{мв}} = 4 \times 115 = 460$ час.);

$S_{\text{мч}}$ – стоимость 1 часа машинного времени: $S_{\text{мч}} = 20$ руб./час. (рассчитать, исходя из амортизации компьютера, или использовать среднюю стоимость платного доступа к ПК в вашем городе);

$K_{\text{м}}$ – коэффициент мультипрограммности (показывает долю машинного времени, отводимого непосредственно на работу над проектом); $K_{\text{м}} = 1$.

Материалы, приобретенные в процессе выполнения работы, и их стоимость приведены в таблице 1.4.

Таблица 1.4 - Затраты на материалы

Материалы	Единица измерения	Требуемое количество	Цена за единицу, руб.	Сумма, руб.
Компакт-диск CD-RW	шт.	2	35	70
Тонер для лазерного принтера	шт.	1	1000	1000
Бумага офисная	пачка	1	130	130
Итого				1200

Таким образом, капитальные вложения на проектирование равны:

$$K_{\text{п}} = (17190,48 + 38333,33) \times ((1+0,4) \times (1 + 0,302) + 0,6) + 460 \times 20 \times 1 + 1200 \text{ руб.} = 144923,09 \text{ руб.}$$

Смета затрат на разработку представлена в таблице 1.5.

Таблица 1.5 – Затраты на разработку

Статьи затрат	Сумма, руб.
Основная заработная плата	55523,81
Дополнительная зарплата	22209,52
Отчисления на социальные нужды	23475,47
Затраты на материалы	1200
Затраты на машинное время	9200
Накладные расходы организации	33314,29
ИТОГО	144923,09

Капитальные вложения на реализацию проекта:

$$K_p = K_o + K_{зд} + K_{пп} + K_{св} + K_{иб} + K_{пк}, \quad (1.8)$$

где K_o – затраты на основное и вспомогательное оборудование, руб.;

$K_{зд}$ – затраты на строительство, реконструкцию здания и помещений, руб.;

$K_{пп}$ – затраты на приобретение типовых разработок, пакетов, руб.;

$K_{св}$ – затраты на прокладку линий связи, руб.;

$K_{иб}$ – затраты на создание информационной базы, руб.;

$K_{пк}$ – затраты на подготовку и переподготовку кадров, руб.

В связи с тем, что для внедрения системы, рассматриваемой в данном проекте, не было затрат связанных с прокладкой линии связи, затрат на основное и вспомогательное оборудование, затрат на реконструкцию и строительство зданий, то данные затраты для внедрения системы не учитывают. Также не принимаются в расчет затраты по подготовке и переподготовке кадров, затраты на создание информационной базы и затраты на приобретение типовых разработок.

Таким образом, при внедрении системы, рассматриваемой в данном проекте, затраты на его реализацию определяются затратами на оборудование и материалы. В оборудование и материалы входит компьютер на базе процессора Pentium-4. Стоимость компьютера 22500 руб.

Тогда затраты на основное и вспомогательное оборудование составят

$$K_o = \sum_{j=1}^n C_{bj} Q_j Y_j, \quad (1.9)$$

где C_{bj} – балансовая стоимость j -го вида оборудования, руб. (при $n=1$ $C_{b1}=22500$ руб.);

Q_j – количество единиц j -го оборудования, руб. (1 шт.);

Y_j – коэффициент загрузки j -го вида оборудования при обработке информации по решению задач предметной области:

$$Y_j = \frac{T_j}{\Phi_{эфj}}, \quad (1.10)$$

где $\Phi_{эфj}$ – эффективный годовой фонд времени работы технического средства j -го вида, час./год, равный произведению количества рабочих дней в году (по производственному календарю) на количество рабочих часов в день (по производственному регламенту предприятия).

Время работы технического средства j -го вида по решению s задач (час./год) определяется по формуле:

$$T_j = \sum_{k=1}^s t_{kj} \times U_k, \quad (1.11)$$

где t_{kj} – трудоемкость однократной обработки информации по k -й задаче на j -м виде технических средств при внедрении системы, час./день ($t_{kj}=6$);

U_k – частота (периодичность) решения k -й задачи при внедрении системы, дней /год ($U_k=247$).

Тогда затраты на реализацию (внедрение системы):

$$K_p = 22500 \times 1 \times 6 \times 247 / (247 \times 8) \text{ руб.} = 16875 \text{ руб.}$$

Таким образом, суммарные затраты на разработку и внедрение проекта:

$$K = K_{\pi} + K_p = 144923,09 + 16875 \text{ руб.} = 161798,09 \text{ руб.}$$

Суммарные затраты, связанные с внедрением аналога складываются из следующих затрат:

–затраты на приобретение программного продукта (37300 руб.);

–затраты по оплате услуг на установку и сопровождение продукта (12000 руб.);

–затраты на основное и вспомогательное оборудование (22500 руб.) (*предполагается, что для внедрения аналога понадобится такой же компьютер, что и для проектируемой системы*);

–затраты на подготовку пользователя (*оплата курсов повышения квалификации, командировочные расходы и пр.*) (9000 руб.).

Итого суммарные затраты, связанные с внедрением аналога составят 80800 руб.

1.4 Расчет эксплуатационных затрат

К эксплуатационным затратам относятся затраты, связанные с обеспечением нормального функционирования проекта. Эти затраты называют также текущими затратами. Это могут быть затраты на ведение информационной базы, эксплуатацию комплекса технических средств, эксплуатацию систем программно-математического обеспечения, реализацию технологического процесса обработки информации по задачам, эксплуатация системы в целом.

Текущие затраты рассчитываются по формуле

$$Z_{\text{тек}} = Z_{\text{зП}} + C_a + Z_{\text{э}} + C_{\text{рем}} + Z_{\text{м}} + Z_{\text{н}}, \quad (1.12)$$

где $Z_{\text{зП}}$ – затраты на зарплату основную и дополнительную с отчислениями во внебюджетные фонды, руб.;

C_a – амортизационные отчисления от стоимости оборудования и устройств системы, руб.;

$Z_{\text{э}}$ – затраты на силовую энергию, руб.;

$C_{\text{рем}}$ – затраты на текущий ремонт оборудования и устройств системы, руб.;

$Z_{\text{м}}$ – затраты на материалы и машинные носители, руб.;

$Z_{\text{н}}$ – накладные расходы информационного отдела, руб.

Эксплуатацию разработанной системы осуществляют специалисты. Затраты на заработную плату основную и дополнительную с отчислениями на социальные нужды производственного персонала рассчитываются по формуле

$$C_{\text{зп}} = \sum_{i=1}^m (t_i z_i (1 + W_d)(1 + W_c)), \quad (1.13)$$

где t_i – время эксплуатации системы i -м работником, дни;

z_i – среднедневная заработная плата i -го работника, руб./день.

Данные расчета заработной платы специалистов приведены в таблицах 1.6 и 1.7.

Таблица 1.6 – Данные по заработной плате специалистов (для проекта)

Должность	Должностной оклад, руб.	Средняя дневная ставка, руб./день	Затраты времени на эксплуатацию, человеко-дней	Фонд заработной платы, руб.
Сотрудник отдела МТС	15000	714,29	40	52080,0
Программист	10000	476,19	20	17360,0
Итого (с учетом начисл.)				69440,0

$$C_{\text{зп1}} = (40 \times 714,29 + 20 \times 476,19) \times 1,4 \times 1,302 \text{ руб.} = 69440,0 \text{ руб. (за год).}$$

Таблица 1.7 – Данные по заработной плате специалистов (для продукта-аналога)

Должность	Должностной оклад, руб.	Средняя дневная ставка, руб./день	Затраты времени на эксплуатацию, человеко-дней	Фонд заработной платы, руб.
Сотрудник отдела МТС	15000	714,29	60	78120
Программист	10000	476,19	40	21706,2
Итого (с учетом начисл.)				112840

$$C_{\text{зп2}} = (60 \times 714,29 + 40 \times 476,19) \times 1,4 \times 1,302 = 112840,0 \text{ руб. (за год).}$$

Сумма амортизационных отчислений рассчитывается следующим образом:

$$C_a = \sum_{j=1}^n \frac{C_{bj} a_j g_j t_j}{F_{\text{эф}}}, \quad (1.14)$$

где C_{bj} – балансовая стоимость j -го вида оборудования, руб.;

t_j – время работы j -го вида оборудования, час;

$F_{\text{эф}}$ – эффективный фонд времени работы оборудования в год, час;

a_j – норма годовых амортизационных отчислений для j -го вида оборудования;

g_j – количество единиц оборудования j -го вида.

Эффективный фонд времени работы оборудования можно вычислить по формуле

$$F_{\text{эф}} = D_p \times H_3, \quad (1.15)$$

где D_p – количество рабочих дней в году. $D_p = 247$ (в соответствии с производственным календарём на 2013 год);

H_3 – норматив среднесуточной загрузки, час./день, $H_3 = 8$.

Таким образом, эффективный фонд времени работы оборудования составит

$$F_{эф} = 247 \times 8 = 1976 \text{ час.}$$

Данные для расчета:

$$a_j = 0,2 \text{ (используется ускоренная амортизация – 20-30 \%);}$$

$$g_j = 1;$$

$$t_j \text{ (для проекта)} = (40 + 20) \times 8 = 480 \text{ час.};$$

$$t_j \text{ (для аналога)} = (60 + 40) \times 8 = 800 \text{ час.};$$

$$C_{b1} = 22500 \text{ руб.}; C_{b2} = 22500 \text{ руб.}$$

Сумма амортизационных отчислений для проекта составит

$$C_{a1} = (22500 \times 0,2 \times 1 \times 480) / 1976 \text{ руб.} = 1093,12 \text{ руб.}$$

Сумма амортизационных отчислений для аналога составит

$$C_{a2} = (22500 \times 0,2 \times 1 \times 800) / 1976 \text{ руб.} = 1821,86 \text{ руб.}$$

Затраты на силовую энергию рассчитываются по формуле

$$З_э = \sum_{j=1}^n N_j t_j g_j T_э, \quad (1.16)$$

где N_j – установленная мощность j -го вида технических средств, кВт;

t_j – время работы j -го вида технических средств, час;

g_j – коэффициент использования установленной мощности оборудования;

$T_э$ – тариф на электроэнергию, руб./кВт ч.

В настоящее время тариф на электроэнергию на данной территории составляет 2,6 руб./кВт ч (указать конкретно, каждый год тариф меняется для каждой территории), установленная мощность для компьютера равна 0,4 кВт (укажите суммарную мощность используемого оборудования), таким образом затраты на силовую энергию для проекта составят $З_э = 0,4 \times 1 \times 480 \times 2,6 \text{ руб.} = 499,20 \text{ руб.}$, для аналога составят $З_э = 0,4 \times 1 \times 800 \times 2,6 \text{ руб.} = 832,00 \text{ руб.}$

Затраты на текущий ремонт оборудования рассчитываются по формуле

$$З_{рем} = \sum_{j=1}^n \frac{C_{pi} C_{bj} T_{pi}}{F_{эфj}}, \quad (1.17)$$

где C_{pi} – норматив затрат на ремонт ($C_{pi} = 0,05$).

Затраты на текущий ремонт оборудования составят:

$$\text{– для проекта } З_{рем1} = (0,05 \times 22500 \times 480) / 1976 = 273,28 \text{ руб.},$$

$$\text{– для аналога } З_{рем2} = (0,05 \times 22500 \times 800) / 1976 = 455,47 \text{ руб.}$$

Затраты на материалы, потребляемые в течение года, составляют 1 % от балансовой стоимости основного оборудования и равны 225 руб. ($22500 \times 0,01$) для проекта и аналога.

Накладные расходы включают затраты на содержание административного и управленческого персонала, на содержание помещения и т.д. Норматив накладных расходов составляет 20 % от прямых затрат, включающих первые пять статей затрат, представленных в таблице 1.8.

Накладные расходы для проекта:

$$З_{н1} = (69440,00 + 1093,12 + 499,20 + 273,28 + 225) \times 0,2 = 14306,12 \text{ руб.}$$

Накладные расходы для аналога:

$$З_{н2} = (112840,00 + 1821,86 + 832,00 + 455,47 + 225) \times 0,2 = 23234,87 \text{ руб.}$$

Таблица 1.8 – Годовые эксплуатационные затраты

Статьи затрат	Затраты на проект, руб.	Затраты на аналог, руб.
Основная и дополнительная зарплата с отчислениями во внебюджет-	69440,00	112840,00
Амортизационные отчисления	1093,12	1821,86
Затраты на электроэнергию	499,20	832,00
Затраты на текущий ремонт	273,28	455,47
Затраты на материалы	225,00	225,00
Накладные расходы	14306,12	23234,87
Итого	85836,72	139409,19

1.5 Расчет показателей экономической эффективности

Оценка экономической эффективности вариантов проектных решений элементов АИС основывается на расчете показателей сравнительной экономической эффективности капитальных вложений. Годовой экономический эффект от использования разрабатываемой системы определяется по разности приведенных затрат на базовый (аналог) и новый (проектируемый) варианты в расчете на годовой объем выпуска:

$$\Theta = (Z_1 \times A_k - Z_2) \times N, \quad (1.18)$$

где Z_1, Z_2 – приведенные затраты на единицу работ, выполняемых с помощью базового и проектируемого вариантов процесса обработки информации, руб.;

A_k – коэффициент технического совершенства, $A_k = 1,60$ (формула (1.3));

N – объем работ, выполняемых с помощью разрабатываемого продукта (примем равным 1).

Приведенные затраты Z_i на единицу работ, выполняемых по базовому и разрабатываемому вариантам, рассчитываются по формуле

$$Z_i = C_i + E_n \times K_i, \quad (1.19)$$

где C_i – себестоимость (текущие эксплуатационные затраты единицы работ), руб.;

E_n – нормативный коэффициент экономической эффективности ($E_n = 0,33$);

K_i – суммарные затраты, связанные с внедрением нового проекта.

Затраты на единицу работ по аналогу:

$$Z_1 = 139409,19 + 0,33 \times 80800 = 166073,19 \text{ руб.}$$

Затраты на единицу работ по проекту:

$$Z_2 = 85836,72 + 0,33 \times 161798,09 = 139230,08 \text{ руб.}$$

Экономический эффект от использования разрабатываемой системы:

$$\Theta = 166073,19 \times 1,60 - 139230,08 = 126757,06 \text{ руб.}$$

Сводные данные по расчету экономического эффекта приведены в таблице 1.9.

Таблица 1.9 – Экономический эффект

Характеристика	Значение	
	продукт-аналог	разрабатываемый продукт
Себестоимость (текущие эксплуатационные затраты), руб.	139409,19	85836,72
Суммарные затраты, связанные с внедрением проекта, руб.	80800,00	161798,09
Приведенные затраты на единицу работ, руб.	166073,19	139230,08
Экономический эффект от использования разрабатываемой системы, руб.	126757,06	

После определения годового экономического эффекта необходимо рассчитать срок окупаемости затрат на разработку продукта по формуле

$$T_{ок} = K/\mathcal{E}. \quad (1.20)$$

Срок окупаемости составит: $T_{ок} = 161798,09 / 126757,06 = 1,28$ года.

Затем рассчитаем фактический коэффициент экономической эффективности разработки (E_{ϕ}) и сопоставим его с нормативным значением коэффициента эффективности капитальных вложений $E_n = 0,33$:

$$E_{\phi} = 1/T_{ок} = 1/1,28 = 0,78. \quad (1.21)$$

Фактический коэффициент экономической эффективности разработки получился больше, чем нормативный, поэтому разработка и внедрение разрабатываемого продукта является эффективной.

Таким образом, в ходе проделанной работы найдены все необходимые данные, доказывающие целесообразность и эффективность данной разработки. Приведем эти данные в сводной таблице 1.10.

Таблица 1.10 – Результаты экономического обоснования проекта

Характеристика проекта	Значение
Затраты на разработку и внедрение проекта, руб.	161798,09
Общие эксплуатационные затраты, руб.	85836,72
Экономический эффект, руб.	126757,06
Коэффициент экономической эффективности	0,78
Срок окупаемости, лет	1,28

В предлагаемых методических указаниях приведен расчет для модельных условий. В каждом конкретном случае следует учесть конкретные обстоятельства и сроки выполнения работы, действующие цены и нормативы.

Задание

1. Выбрав инструментальную среду программирования, разработать программу автоматизации расчетного процесса технико-экономического обоснования, создав удобный пользовательский интерфейс, позволяющий проводить параметрические исследования.

2. Обратить особое внимание на то, чтобы значения для каждого входного данного для расчета ТЭО вводились в программе только один раз. Все используемые коэффициенты вводить в формулы не константами, а переменными, включив их в список входных данных.

В календарном графике работ (таблица 1.2) в качестве временных исходных данных вводить только дату начала работы.

В таблицах 1.1 и 1.4 предусмотреть возможность добавления новых строк.

3. Весь расчетный процесс предлагается разбить на пять расчетных блоков:

- 1) расчет КТС;
- 2) расчет плана-графика работ;
- 3) расчет затрат на разработку проекта и внедрение аналога;
- 4) расчет эксплуатационных затрат;
- 5) расчет показателей экономической эффективности.

В каждом блоке выделить входную и выходную информацию.

4. Изменяя входные данные, проанализировать степень их влияния на итоговые результаты (табл. 1.10).

Лабораторная работа 2. КАЛЬКУЛЯТОР СОСОМО

Цель работы: изучить алгоритмы различных уровней конструктивных моделей стоимости Б. Боэма и автоматизировать процесс расчета экономических показателей проекта по разработке программного продукта.

2.1. СОСОМО

СОСОМО (Constructive Cost Model) – это конструктивная модель стоимости, разработанная в начале 80-х годов Барри Боэмом для оценки трудоемкости разработки программных продуктов¹. Она основана на статистическом анализе фактических данных по выполнению 63 проектов в компании TRW Aerospace, где Барри Боэм был директором отдела исследований программного обеспечения и технологий. Анализировались проекты объемом от 2 до 100 тысяч строк кода, на языках программирования от ассемблеров до высокоуровневого языка PL/1, основанные на каскадной модели жизненного цикла разработки ПО.

Модель состоит из иерархии трех последовательно детализируемых и уточняемых уровней [3]. На каждом уровне все проекты разбиваются на три группы по уровню сложности:

- 1) распространенный тип (organic projects);
- 2) встроенный тип (embedded projects);
- 3) полунезависимый тип (semidetached projects).

Распространенный тип характеризуется тем, что проект выполняется небольшой группой специалистов, имеющих опыт в создании подобных изделий и опыт применения технологических средств. Условия работы стабильны, и изделие имеет относительно невысокую сложность.

Встроенный тип характеризуется очень жесткими требованиями на программный продукт, интерфейсы, параметры ЭВМ. Как правило, у таких изделий высокая степень новизны и планирование работ осуществляется при недостаточной информации, как о самом изделии, так и об условиях работы. Встроенный проект требует больших затрат на изменения и исправления.

Полунезависимый тип занимает промежуточное положение между распространенным и встроенным – это проекты средней сложности. Исполнители знакомы лишь с некоторыми характеристиками (или компонентами) создаваемой системы, имеют средний опыт работы с подобными изделиями, изделие имеет элемент новизны. Только часть требований к изделию жестко фиксируется, в остальном разработки имеют степени выбора.

Тип той или иной группы можно рассматривать как один из параметров модели СОСОМО.

Рассмотрим уровни модели.

¹ Опубликовано в книге Barry Boehm. *Software Engineering Economics* (Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall, 1981).

2.1.1 Базовый уровень (Basic COCOMO)

Модель этого уровня – двухпараметрическая. В качестве параметров выступают тип проекта и объем программы (число строк кода).

Уравнения базового уровня модели имеют вид:

$$PM = a_i \times (SIZE)^{b_i},$$
$$TM = c_i \times (PM)^{d_i},$$

где

PM (People×Month) – трудоемкость (чел.×мес.);

TM (Time at Month) – время разработки в календарных месяцах;

SIZE – объем программного продукта в тысячах строк исходного текста (Kilo of Source Line of Code – *KSLOC*).

Коэффициенты a_i , b_i , c_i и d_i выбираются из табл. 2.1.

Таблица 2.1. Значения коэффициентов базовой уровня модели COCOMO в зависимости от типа проекта

Тип проекта	<i>a</i>	<i>b</i>	<i>c</i>	<i>d</i>
Распространенный	2,4	1,05	2,5	0,38
Полунезависимый	3,0	1,12	2,5	0,35
Встроенный	3,6	1,20	2,5	0,32

Модель этого уровня подходит для ранней быстрой приблизительной оценки затрат, но точность её весьма низка, т.к. не учитываются такие факторы, как квалификация персонала, характеристики оборудования, опыт применения современных методов разработки программного обеспечения и современных инструментальных сред разработки и др.

2.1.2 Промежуточный уровень (Intermediate COCOMO)

На этом уровне базовая модель уточнена за счет ввода дополнительных 15 «атрибутов стоимости» (или факторов затрат) *Cost Drivers* (CD_k), которые сгруппированы по четырем категориям:

- **Характеристики продукта (Product Attributes):**
 - Требуемая надежность ПО (Required Software Reliability);
 - Размер БД приложения (Size of Application Database);
 - Сложность продукта (Complexity of the Product);
- **Характеристики аппаратного обеспечения (Hardware Attributes):**
 - Ограничения быстродействия при выполнении программы (Run-Time Performance Constraints);
 - Ограничения памяти (Memory Constraints);
 - Неустойчивость окружения виртуальной машины (Volatility of the Virtual Machine Environment);
 - Требуемое время восстановления (Required Turnabout Time);
- **Характеристики персонала (Personnel Attributes):**
 - Аналитические способности (Analyst Capability);

- Способности к разработке ПО (Software Engineer Capability);
- Опыт разработки (Applications Experience);
- Опыт использования виртуальных машин (Virtual Machine Experience);
- Опыт разработки на языках программирования (Programming Language Experience);
- **Характеристики проекта (Project Attributes):**
 - Использование инструментария разработки ПО (Use of Software Tools);
 - Применение методов разработки ПО (Application of Software Engineering Methods);
 - Требования соблюдения графика разработки (Required Development Schedule).

Значения каждого атрибута выбирается из табл. 2.2 в соответствии с его степенью значимости (рейтингом) в конкретном проекте.

Таблица 2.2. Значения атрибутов стоимости в зависимости от их уровня

Атрибуты стоимости, CD_k	Рейтинг					
	Очень низкий	Низкий	Средний	Высокий	Очень высокий	Критический
Характеристики продукта						
1. Требуемая надежность ПО	0,75	0,88	1,00	1,15	1,40	n/a
2. Размер БД приложения	n/a	0,94	1,00	1,08	1,16	n/a
3. Сложность продукта	0,70	0,85	1,00	1,15	1,30	1,65
Характеристики аппаратного обеспечения						
4. Ограничения быстродействия при выполнении программы	n/a	n/a	1,00	1,11	1,30	1,66
5. Ограничения памяти	n/a	n/a	1,00	1,06	1,21	1,56
6. Неустойчивость окружения виртуальной машины	n/a	0,87	1,00	1,15	1,30	n/a
7. Требуемое время восстановления	n/a	0,87	1,00	1,07	1,15	n/a
Характеристики персонала						
8. Аналитические способности	1,46	1,19	1,00	0,86	0,71	n/a
9. Опыт разработки	1,29	1,13	1,00	0,91	0,82	n/a
10. Способности к разработке ПО	1,42	1,17	1,00	0,86	0,70	n/a
11. Опыт использования виртуальных машин	1,21	1,10	1,00	0,90	n/a	n/a
12. Опыт разработки на языках программирования	1,14	1,07	1,00	0,95	n/a	n/a
Характеристики проекта						
13. Применение методов разработки ПО	1,24	1,10	1,00	0,91	0,82	n/a
14. Использование инструментария разработки ПО	1,24	1,10	1,00	0,91	0,83	n/a
15. Требования соблюдения гра-	1,23	1,08	1,00	1,04	1,10	n/a

фика разработки						
-----------------	--	--	--	--	--	--

Примечание: n/a (not available) – данные отсутствуют, т.е. соответствующий уровень не оценивается

Формула промежуточного уровня модели имеет вид

$$PM = EAF \times a_i \times (SIZE)^{b_i},$$

где PM – трудоемкость (чел.×мес.);

$SIZE$ – объем программного продукта в тысячах строк исходного текста (Kilo of Source Line of Code – $KSLOC$).

EAF (Effort Adjustment Factor) – произведение выбранных атрибутов стоимости из табл. 2.2: $EAF = \prod_{k=1}^{15} CD_k$.

Коэффициенты модели a_i и b_i выбираются из табл. 2.3.

Таблица 2.3. Значения коэффициентов промежуточного уровня модели COCOMO в зависимости от типа проекта

Тип проекта, i	Значения коэффициентов	
	a_i	b_i
1. Распространенный	3,2	1,05
2. Полунезависимый	3,0	1,12
3. Встроенный	2,8	1,20

Время разработки рассчитывается по той же формуле, что и для базовой модели.

2.1.3 Детальный уровень (Advanced COCOMO)

Повышает точность оценки за счет иерархической декомпозиции создаваемого ПО и учета стоимостных факторов на каждом уровне иерархии и по фазам работ (здесь не рассматривается).

2.2. COCOMO II

В 1997 методика была усовершенствована и получила название COCOMO II. Калибровка параметров производилась уже по 161 проекту разработки ПО.

Различаются две стадии оценки проекта: *предварительная* оценка на начальной фазе (Early Design) и *детальная* оценка после проработки архитектуры (Post Architecture).

Формула оценки трудоемкости проекта в чел.×мес. имеет вид:

$$PM = EAF \times A \times (SIZE)^E,$$

где $SIZE$ – объем программного продукта в тысячах строк исходного текста ($KSLOC$ – Kilo of Source Line of Code);

$A = 2,94$ для предварительной оценки; $A = 2,45$ для детальной оценки¹;

$$E = B + 0,01 \times \sum_{i=1}^5 SF_i ;$$

$B = 0,91$;

SF_i – факторы масштаба (Scale Factors) (табл. 2.5);

EAF (Effort Adjustment Factor) – произведение выбранных множителей

трудоемкости: $EAF = \prod_{j=1}^n EM_j ;$

EM_j – множители трудоемкости² (Effort Multipliers). $n=7$ для предварительной оценки (табл. 2.6), $n=17$ для детальной оценки (табл. 2.7).

2.2.1 Факторы масштаба (Scale Factors)

В методике COCOMO II используются пять факторов масштаба SF_i , описание которых приведено в табл. 2.4.

Таблица 2.4. Описание уровней значимости факторов масштаба

SF_i	Описание	Уровень значимости фактора					
		Очень низкий	Низкий	Средний	Высокий	Очень высокий	Критический
1. PREC. Precedentedness.	Прецедентность, наличие опыта аналогичных разработок	опыт в продукте и платформе отсутствует	продукт и платформа не много знакомы	некоторый опыт в продукте и платформе присутствует	продукт и платформа в основном известны	продукт и платформа в большой степени знакомы	продукт и платформа полностью знакомы
2. FLEX. Development Flexibility	Гибкость процесса разработки	процесс строго детерминирован	допускаются некоторые компромиссы	значительная жесткость процесса	относительная жесткость процесса	незначительная жесткость процесса	определены только общие цели
3. RESL. Architecture / Risk Resolution	Архитектура и разрешение рисков	риски известны/ проанализированы на 20%	риски известны/ проанализированы на 40%	риски известны/ проанализированы на 60%	риски известны/ проанализированы на 75%	риски известны/ проанализированы на 90%	риски разрешены на 100%

¹ Приведены параметры модели COCOMO II.2000 (Version 2.1). Источник: COCOMOII: Model Definition Manual. – USC, Center for Software Engineering. – URL:

<http://csse.usc.edu/csse/TECHRPTS/2000/usccse2000-500/usccse2000-500.pdf>

² Иное название: Cost Driver (CD) – атрибут стоимости (фактор затрат).

4. TEAM. Team Cohesion	Сработан- ность коман- ды	фор- мальные взаимо- действия	тяжелое взаимо- действие до неко- торой степени	чаще всего коллек- тивная работа	в основ- ном кол- лектив- ная ра- бота	высокая степень взаимо- действия	полное доверие, взаимо- заменяе- мость и взаимо- помощь
5. PMAT. Process Maturity	Зрелость процессов	СММ ¹ Уровень 1 (ниже полови- ны). Процес- сы не- предска- зуемы.	СММ Уровень 1 (выше полови- ны). Процес- сы вы- полня- ются ad hoc ²	СММ Уровень 2. Уста- новлены основ- ные про- цессы	СММ Уровень 3. Процес- сы стан- дартизо- ваны	СММ Уровень 4. Процес- сы управ- ляемы	СММ Уровень 5 Постоян- ное улучше- ние про- цессов

Эти факторы применяются **на обеих стадиях оценки** проекта.

Числовые значения фактора масштаба в зависимости от оценки его уровня, приведены в таблице 5.

Таблица 2.5. Значение фактора масштаба в зависимости от оценки его уровня

Фактор масшта- ба, SF_j	Оценка уровня фактора					
	Very Low	Low	Nominal	High	Very High	Extra High
1. PREC	6,20	4,96	3,72	2,48	1,24	0,00
2. FLEX	5,07	4,05	3,04	2,03	1,01	0,00
3. RESL	7,07	5,65	4,24	2,83	1,41	0,00
4. TEAM	5,48	4,38	3,29	2,19	1,10	0,00
5. PMAT	7,80	6,24	4,68	3,12	1,56	0,00

2.2.2 Множители трудоемкости (Effort Multipliers)

Количество и значения множителей трудоемкости отличаются для разных стадий оценки проекта.

1. Стадия **предварительной оценки трудоемкости программного проекта (Early Design)**. Для этой оценки необходимо оценить для проекта уровень **семи множителей трудоемкости EM_j** :

– **параметры персонала:**

1. PERS (Personnel Capability) – квалификация персонала (Extra Low – аналитики и программисты имеют низшую квалификацию, текучесть больше 45%;

¹ СММ (Capability Maturity Model) — пятиуровневая модель зрелости возможностей компании-разработчика ПО, предложенная SEI (Software Engineering Institute, США).

² Ad hoc (лат. «для этого»). Решение, предназначенное для конкретной задачи или задачи, не обобщаемое и не предназначенное для адаптации к другим целям.

Extra High – аналитики и программисты имеют высшую квалификацию, текучесть меньше 4%);

2. PREX (Personnel Experience) – опыт персонала (Extra Low – новое приложение, инструменты и платформа; Extra High – приложение, инструменты и платформа хорошо известны);

– **параметры продукта:**

3. RCPX (Product Reliability and Complexity) – сложность и надежность продукта (Extra Low – продукт простой, специальных требований по надежности нет, БД маленькая, документация не требуется; Extra High – продукт очень сложный, требования по надежности жесткие, БД сверхбольшая, документация требуется в полном объеме);

4. RUSE (Developed for Reusability) – разработка для повторного использования (Low – не требуется; Extra High – предполагается переиспользование в других продуктах);

– **параметры платформы:**

5. PDIF (Platform Difficulty) – сложность платформы разработки (Extra Low – специальные ограничения по памяти и быстродействию отсутствуют, платформа стабильна; Extra High – жесткие ограничения по памяти и быстродействию, платформа нестабильна);

– **параметры проекта:**

6. FCIL (Facilities)– оборудование (Extra Low – инструменты простейшие, коммуникации затруднены; Extra High – интегрированные средства поддержки жизненного цикла, интерактивные мультимедиа коммуникации);

7. SCED (Required Development Schedule) – требуемое выполнение графика работ (Very Low – 75% от номинальной длительности; Very High – 160% от номинальной длительности).

Значения множителей трудоемкости в зависимости от их уровня приведены в табл. 2.6.

Таблица 2.6. Значения множителей трудоемкости в зависимости от оценки их уровня (Early Design)

№	Множитель трудоёмкости, EM_i	Оценка уровня множителя трудоемкости						
		ExtraLow	VeryLow	Low	Nominal	High	VeryHigh	ExtraHigh
Параметры персонала								
1	PERS	2,12	1,62	1,26	1,00	0,83	0,63	0,50
2	PREX	1,59	1,33	1,22	1,00	0,87	0,74	0,62
Параметры продукта								
3	RCPX	0,49	0,60	0,83	1,00	1,33	1,91	2,72
4	RUSE	n/a	n/a	0,95	1,00	1,07	1,15	1,24
Параметры платформы								
5	PDIF	n/a	n/a	0,87	1,00	1,29	1,81	2,61
Параметры проекта								
6	FCIL	1,43	1,30	1,10	1,00	0,87	0,73	0,62
7	SCED	n/a	1,43	1,14	1,00	1,00	n/a	n/a

Примечание: n/a (not available) – данные отсутствуют, т.е. соответствующий уровень не оценивается

2. Стадия детальной оценки после проработки архитектуры (**Post Architecture**). Для этой оценки необходимо оценить для проекта уровень семнадцати множителей трудоемкости EM_j :

– **параметры персонала:**

- 1) Analyst Capability (ACAP) – возможности аналитика;
- 2) Applications Experience (AEXP) – опыт разработки приложений;
- 3) Programmer Capability (PCAP) – возможности программиста;
- 4) Personnel Continuity (PCON) – продолжительность работы персонала;
- 5) Platform Experience (PEXP) – опыт работы с платформой;
- 6) Language and Tool Experience (LTEX) – опыт использования языка программирования и инструментальных средств.

– **параметры продукта:**

- 7) Required Software Reliability (RELY) – требуемая надежность программы;
- 8) Database Size (DATA) – размер базы данных;
- 9) Software Product Complexity (CPLX) – сложность программы;
- 10) Required Reusability (RUSE) – требуемая возможность многократного использования;
- 11) Documentation Match to Life-Cycle Needs (DOCU) – соответствие документации потребностям жизненного цикла.

– **параметры платформы:**

- 12) Execution Time Constraint (TIME) – ограничения времени выполнения;
- 13) Main Storage Constraint (STOR) – ограничения памяти;
- 14) Platform Volatility (PVOL) – изменяемость платформы.

– **параметры проекта:**

- 15) Use of Software Tools (TOOL) – использование инструментальных программных средств;
- 16) Multisite Development (SITE) – многоабонентская (удаленная) разработка;
- 17) Required Development Schedule (SCED) – требуемое выполнение графика работ.

Значения множителей трудоемкости в зависимости от их уровня приведены в табл. 2.7.

Таблица 2.7. Значения множителей трудоемкости в зависимости от оценки их уровня (Post Architecture)

№	Effort Multiplier, EM_j		Very Low	Low	Nominal	High	Very High	Extra High
	<i>Personnel Factors</i>							
1	ACAP	Analyst Capability	1,42	1,29	1,00	0,85	0,71	n/a
2	AEXP	Applications Experience	1,22	1,10	1,00	0,88	0,81	n/a
3	PCAP	Programmer Capability	1,34	1,15	1,00	0,88	0,76	n/a
4	PCON	Personnel Continuity	1,29	1,12	1,00	0,90	0,81	n/a

5	PEXP	Platform Experience	1,19	1,09	1,00	0,91	0,85	n/a
6	LTEX	Language and Tool Experience	1,20	1,09	1,00	0,91	0,84	n/a
Product Factors								
7	RELY	Required Software Reliability	0,84	0,92	1,00	1,10	1,26	n/a
8	DATA	Database Size	n/a	0,23	1,00	1,14	1,28	n/a
9	CPLX	Software Product Complexity	0,73	0,87	1,00	1,17	1,34	1,74
10	RUSE	Required Reusability	n/a	0,95	1,00	1,07	1,15	1,24
11	DOCU	Documentation Match to Life-Cycle Needs	0,81	0,91	1,00	1,11	1,23	n/a
Platform Factors								
12	TIME	Execution Time Constraint	n/a	n/a	1,00	1,11	1,29	1,63
13	STOR	Main Storage Constraint	n/a	n/a	1,00	1,05	1,17	1,46
14	PVOL	Platform Volatility	n/a	0,87	1,00	1,15	1,30	n/a
Project Factors								
15	TOOL	Use of Software Tools	1,17	1,09	1,00	0,90	0,78	n/a
16	SITE	Multisite Development	1,22	1,09	1,00	0,93	0,86	0,80
17	SCED	Required Development Schedule	1,43	1,14	1,00	1,00	1,00	n/a

Примечание: n/a (not available) – данные отсутствуют, т.е. соответствующий уровень не оценивается

2.2.3 Оценка длительности проекта

Время разработки проекта TM в методике COCOMO II для обоих уровней рассчитывается по формуле:

$$TM = SCED \times C \times (PM_{NS})^{D+0,2 \times (E-B)},$$

где $C = 3,67$; $D = 0,28$;

PM_{NS} – рассчитанная трудоемкость проекта без учета множителя $SCED$, определяющего сжатие расписания.

Остальные параметры определены выше.

Задание

1. Используя выбранную инструментальную среду разработки, создать программное приложение «Калькулятор COCOMO» для расчета трудоёмкости и сроков разработки программного продукта на основе различных конструктивных моделей стоимости COCOMO с удобным пользовательским интерфейсом.

2. Исследовать влияние объема программного кода ($SIZE$) на трудоемкость (PM) и время разработки проекта (TM) для разных уровней и версий COCOMO.

3. Получить значения PM и TM по всем моделям для одного и того же значения параметра $SIZE$, выбрав номинальный (средний) уровень сложности про-

екта. Повторить расчет для простого проекта и проекта, имеющего высокую степень новизны.

4. Результаты исследований оформить графически.

ЛИТЕРАТУРА

1. Соммервилл, Иан. Инженерия программного обеспечения, 6-е изд. : Пер. с англ. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2002. – 624 с.

2. Миньков С.Л. Техничко-экономическое обоснование выполнения проекта: методическое пособие. – Томск: ТУСУР, 2014. – 30 с. [Электронный ресурс]. – Режим доступа:

http://asu.tusur.ru/learning/spec080801/d26/s080801_d26_work.docx

3 Миньков С.Л. Разработка и применение ППП в экономике: Учебное пособие. – Томск: ТМЦДО, 2002. – 231 с.

Приложение (справочное)

Некоторые примеры автоматизации расчета COCOMO

1. Интерфейс онлайн-калькулятора

Copyright © 2008 Ray Madachy (Naval Postgraduate School)

На сайте Центра системного и программного инжиниринга Университета Южной Каролины (США) (USC Center for Systems and Software Engineering) можно посмотреть интерфейс интернет-калькулятора **COCOMO Suite of Constructive Cost Models** (<http://csse.usc.edu/tools/COCOMOSuite.php>).

The screenshot shows the web interface of the COCOMO Suite of Constructive Cost Models. The browser window title is "COCOMO Suite of Constructive Cost Models - Windows Internet Explorer". The address bar shows the URL "http://csse.usc.edu/tools/COCOMOSuite.php". The page header includes the USC CSSE logo and the title "COCOMO Suite of Constructive Cost Models". The main content area is divided into several sections: "Software Size" with input fields for "New", "Reused", and "Modified" (with "Sizing Method" set to "Source Lines of Code"), "Software Scale Drivers" with dropdown menus for "Precedentedness", "Development Flexibility", "Architecture / Risk Resolution", "Team Cohesion", "Process Maturity", and "Software Cost Drivers" with dropdown menus for "Product", "Personnel", "Platform", and "Project". A right sidebar contains a "Model(s)" dropdown menu set to "COCOMO", and checkboxes for "Monte Carlo Risk" and "Auto Calculate", both set to "Off". The browser window shows multiple tabs, including "COCOMO Suite of Co..." and "CSSE | Center for Syste...".

Рис. 1. Интерфейс интернет-калькулятора «COCOMO Suite of Constructive Cost Models»

В правом верхнем углу расположено окно выбора модели. Здесь:

COSYSMO – Constructive Systems Engineering Cost Model,
COQUALMO – Constructive Quality Model.

На сайте <http://csse.usc.edu/csse/tools/> находятся ссылки на другие программные продукты по расчету моделей COCOMO, разработанные в USC CSSE.

The dropdown menu shows the following options: COCOMO (selected), COSYSMO, COCOMO and COSYSMO, and COCOMO and COQUALMO.

2. Интерфейс программы-калькулятора Costar 7.0

Copyright © 2011 Softstar Systems

Программа-калькулятор Costar 7.0 разработана компанией Softstar (<http://www.softstarsystems.com/>) на основе модели COCOMO II для автоматизации оценки стоимости разработки программных продуктов.

Ниже приведены примеры интерфейса этой программы для уровня детальной оценки после проработки архитектуры (Post Architecture).

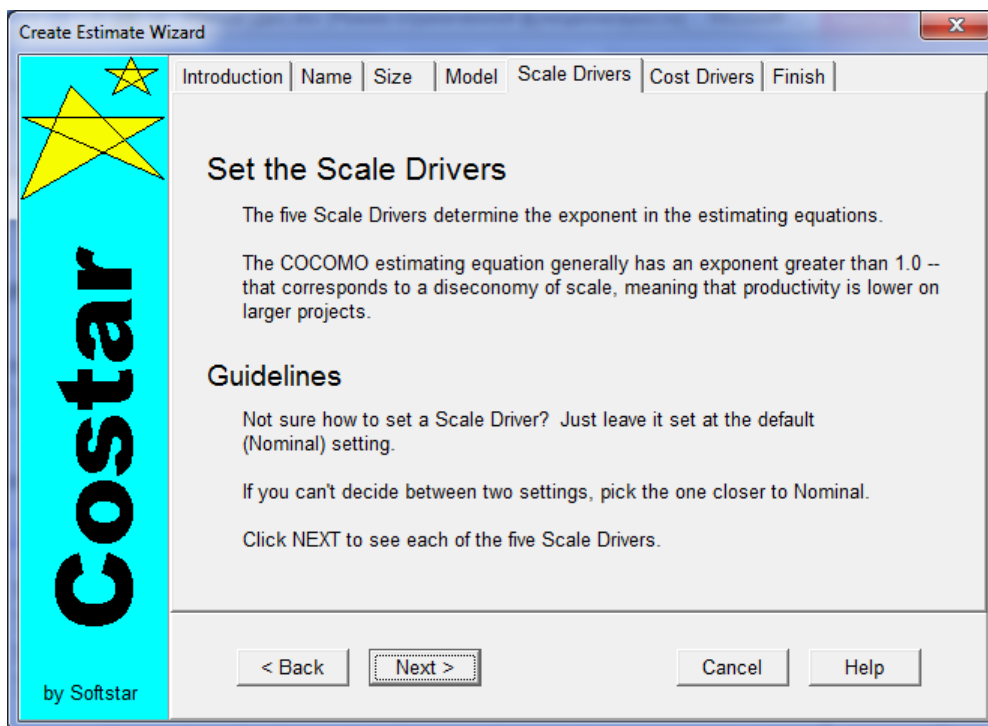


Рис. 2. Установка 5-ти факторов масштаба (Scale Drivers)

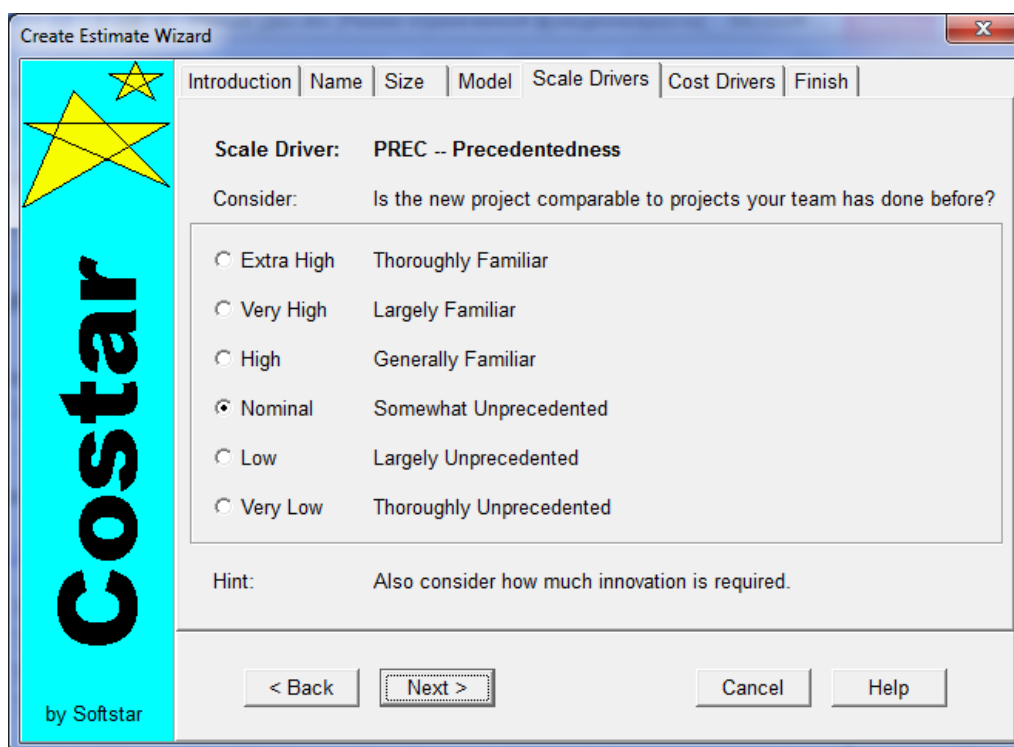


Рис. 3. Выбор уровня фактора масштаба «Прецендентность» (Precedentedness, PREC)

Create Estimate Wizard

Introduction | Name | Size | Model | **Scale Drivers** | Cost Drivers | Finish

Scale Driver: FLEX -- Development Flexibility

Consider: Are your requirements flexible, or must you meet them all?

<input type="radio"/> Extra High	General Goals
<input type="radio"/> Very High	Some Conformity
<input type="radio"/> High	General Conformity
<input checked="" type="radio"/> Nominal	Some Relaxation
<input type="radio"/> Low	Occasional Relaxation
<input type="radio"/> Very Low	Rigorous

Hint: Do HW & SW interface specifications constrain the project?

< Back Next > Cancel Help

Costar
by Softstar

Рис. 4. Выбор уровня фактора масштаба «Гибкость разработки» (Development Flexibility, FLEX.)

Create Estimate Wizard

Introduction | Name | Size | Model | **Scale Drivers** | Cost Drivers | Finish

Scale Driver: RESL -- Architecture / Risk Resolution

Consider: To what degree have you already defined the architecture?

<input type="radio"/> Extra High	Full (100%)
<input type="radio"/> Very High	Mostly (90%)
<input type="radio"/> High	Generally (75%)
<input checked="" type="radio"/> Nominal	Often (60%)
<input type="radio"/> Low	Some (40%)
<input type="radio"/> Very Low	Little (20%)

Hint: Also consider: how complete is your Risk Management plan?

< Back Next > Cancel Help

Costar
by Softstar

Рис. 5. Выбор уровня фактора масштаба «Архитектура/Разрешение рисков» (Architecture / Risk Resolution, RESL)

Create Estimate Wizard

Introduction | Name | Size | Model | **Scale Drivers** | Cost Drivers | Finish

Scale Driver: TEAM -- Team Cohesion

Consider: How would you describe the relationships among the stakeholders?

- ☐ Extra High Seamless Interactions
- ☐ Very High Highly Cooperative
- ☐ High Largely Cooperative
- ☒ Nominal Basically Cooperative
- ☐ Low Some Difficult Interactions
- ☐ Very Low Very Difficult Interactions

Hint: Stakeholders include customers, developers, maintainers, users, etc.

< Back Next > Cancel Help

Costar
by Softstar

Рис. 6. Выбор уровня фактора масштаба «Сработанность команды» (Team Cohesion, TEAM)

Create Estimate Wizard

Introduction | Name | Size | Model | **Scale Drivers** | Cost Drivers | Finish

Scale Driver: PMAT -- Process Maturity

Consider: How does your organization rate on the SEI Maturity Scale?

- ☐ Extra High SEI CMM Level 5. "Optimizing" -- continuous process improvement.
- ☐ Very High SEI CMM Level 4. "Managed" -- SW processes are understood.
- ☐ High SEI CMM Level 3. "Defined" -- SW process is standardized.
- ☒ Nominal SEI CMM Level 2. "Repeatable" -- Basic processes are established.
- ☐ Low SEI CMM Level 1 (upper half). "Initial" -- ad hoc or chaotic.
- ☐ Very Low SEI CMM Level 1 (lower half).

Hint: Use the rating that you've achieved at the beginning of the project

< Back Next > Cancel Help

Costar
by Softstar

Рис. 7. Выбор уровня фактора масштаба «Зрелость процессов» (Process Maturity, PMAT)

Cost Drivers (Effort Multipliers)

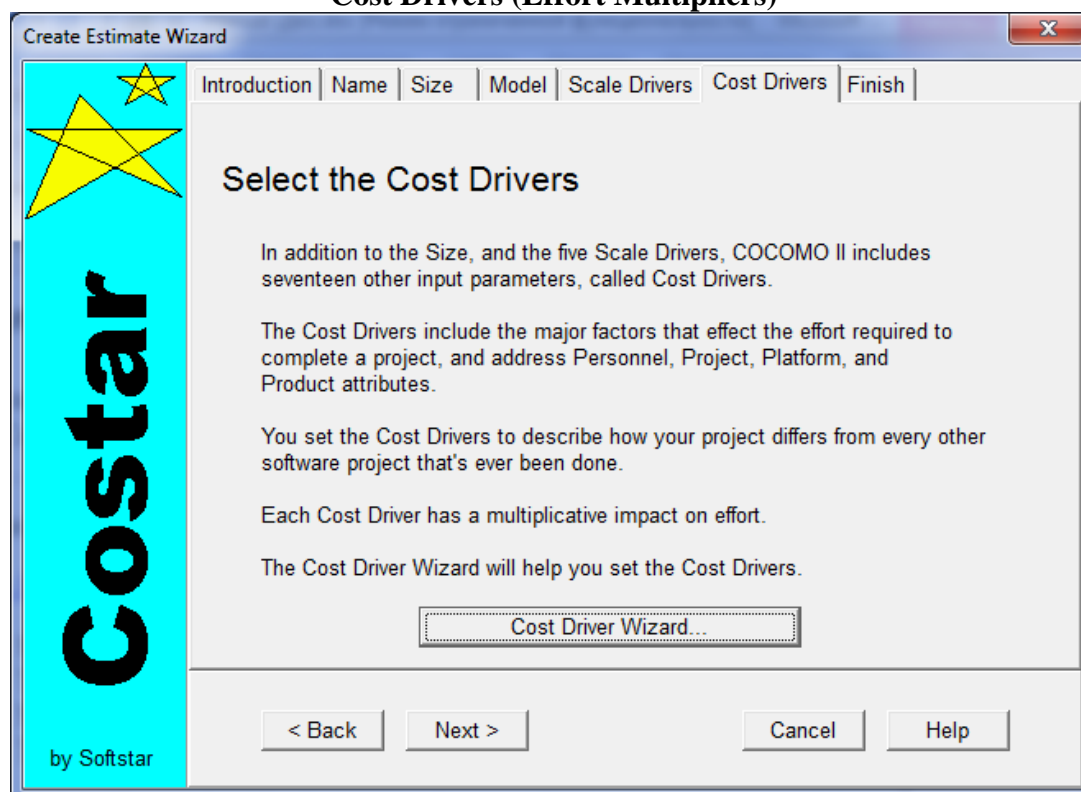


Рис. 8. Установка 17-ти факторов затрат (Cost Drivers, или Effort Multipliers)

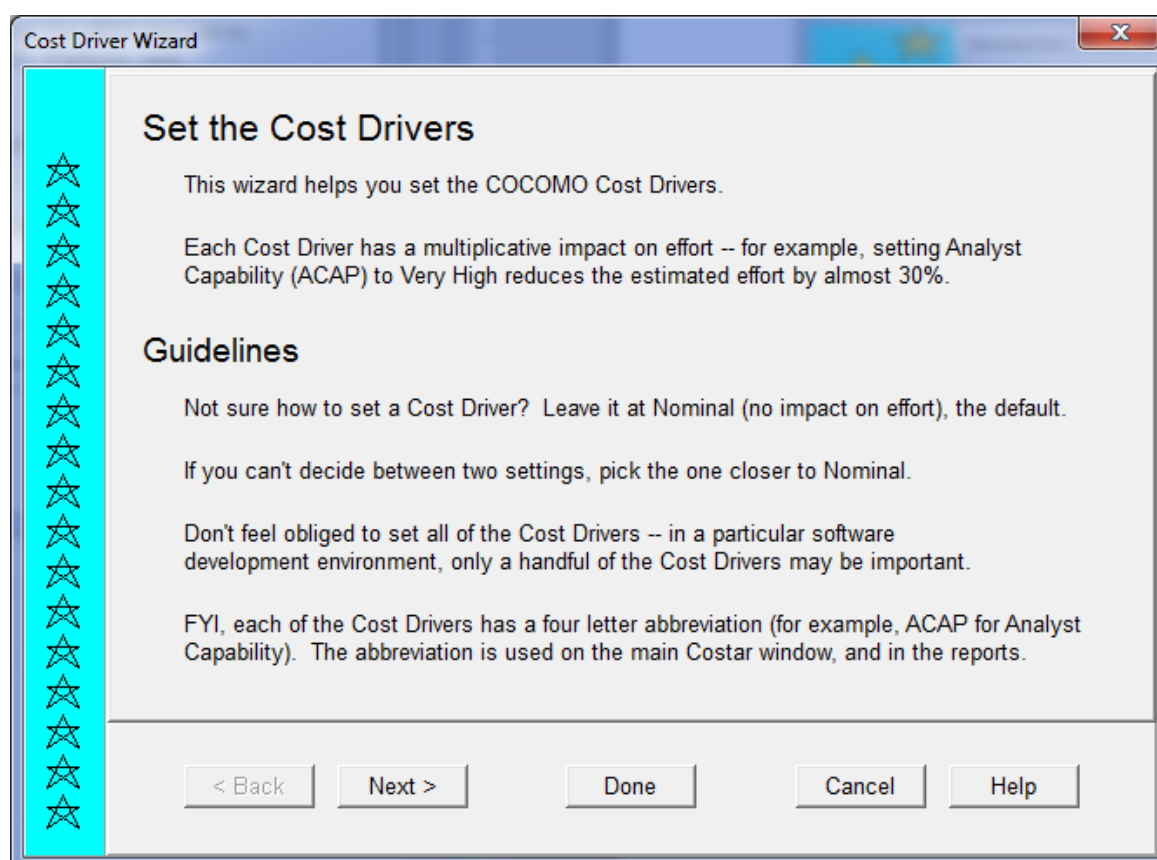


Рис. 9. Методические рекомендации по выбору факторов затрат. Например, «если вы не уверены в выборе фактора, оставьте его значение по умолчанию (Nominal)»

Cost Driver Wizard

Cost Driver: ACAP -- Analyst Capability Cost Driver

Consider: How capable are the analysts for this project?

☐ Extra High
☐ Very High 90th percentile -- your best team
☐ High 75th percentile
☒ Nominal 55th percentile -- about average
☐ Low 35th percentile
☐ Very Low 15th percentile
☐ Extra Low

Hint: On a large project, ACAP will be close to Nominal

Рис. 10. Выбор уровня фактора затрат ACAP

Cost Driver Wizard

Cost Driver: APEX -- Applications Experience Cost Driver

Consider: How much experience does your team have with this type of application?

☐ Extra High
☐ Very High 6 years
☐ High 3 years
☒ Nominal 1 year
☐ Low 6 months
☐ Very Low <= 2 months
☐ Extra Low

Рис. 11. Выбор уровня фактора затрат APEX

Cost Driver Wizard

Cost Driver: PCAP -- Programmer Capability Cost Driver

Consider: How capable are the programmers for this project?

☐ Extra High
☐ Very High 90th percentile -- your best team
☐ High 75th percentile
☒ Nominal 55th percentile -- about average
☐ Low 35th percentile
☐ Very Low 15th percentile
☐ Extra Low

Hint: On a large project, PCAP will be close to Nominal

Рис. 12. Выбор уровня фактора затрат PCAP

Cost Driver Wizard

Cost Driver: PLEX -- Platform Experience Cost Driver

Consider: How much experience does your team have with the target platform?

☐ Extra High
☐ Very High 6 years
☐ High 3 years
☒ Nominal 1 year
☐ Low 6 months
☐ Very Low <= 2 months
☐ Extra Low

Hint: "Platform" includes the HW and SW infrastructure (GUI, DBMS, network, etc.)

Рис. 13. Выбор уровня фактора затрат PLEX

Cost Driver Wizard

Cost Driver: LTEX -- Language and Tool Experience

Consider: How much experience does your team have with the language and tools?

☐ Extra High
☐ Very High 6 years
☐ High 3 years
☒ Nominal 1 year
☐ Low 6 months
☐ Very Low <= 2 months
☐ Extra Low

Рис. 14. Выбор уровня фактора затрат LTEX

Cost Driver Wizard

Cost Driver: PCON -- Personnel Continuity Cost Driver

Consider: What is the annual turnover rate for your organization?

☐ Extra High
☐ Very High 3% turnover per year
☐ High 6% turnover per year
☒ Nominal 12% turnover per year
☐ Low 24% turnover per year
☐ Very Low 48% turnover per year
☐ Extra Low

Рис. 15. Выбор уровня фактора затрат PCON

Cost Driver Wizard

Cost Driver: TOOL -- Use of Software Tools Cost Driver

Consider: What tools will your team use?

☐ Extra High
☐ Very High Mature, proactive life-cycle tools, integrated with processes, methods, reuse
☐ High Strong, mature life-cycle tools, moderately integrated
☒ Nominal Basic life-cycle tools, moderately integrated
☐ Low Simple, frontend, backed CASE, little integration
☐ Very Low Edit, code, debug tools
☐ Extra Low

Рис. 16. Выбор уровня фактора затрат TOOL

Cost Driver Wizard

Cost Driver: SITE -- Multisite Development Cost Driver

Consider: Is the team split among several sites? How do they communicate?

☐ Extra High Fully collocated. Interactive multimedia
☐ Very High Same building or complex. Occasional video conferencing
☐ High Same city or metro area. Wideband electronic communication.
☒ Nominal Multi-city or multi-company. E-mail
☐ Low Multi-city and multi-company. Phone & fax.
☐ Very Low International. Some phone, mail.
☐ Extra Low

Hint: Consider two factors: collocation & communication support

Рис. 17. Выбор уровня фактора затрат SITE

Cost Driver Wizard

Cost Driver: SCED -- Development Schedule Cost Driver

Consider: Is the schedule compressed from the Nominal (default) schedule?

☐ Extra High
☐ Very High 160% of nominal schedule
☐ High 130% of nominal schedule
☒ Nominal 100% of nominal schedule
☐ Low 85% of nominal schedule
☐ Very Low 75% of nominal schedule
☐ Extra Low

Hint: Nominal is the cheapest solution. Very Low is fastest feasible solution.

Рис. 18. Выбор уровня фактора затрат SCED

Cost Driver Wizard

Cost Driver: TIME -- Execution Time Constraint Cost Driver

Consider: How much CPU time will your software use?

☐ Extra High 95% use of available execution time
☐ Very High 85% use of available execution time
☐ High 70% use of available execution time
☒ Nominal <= 50% use of available execution time
☐ Low
☐ Very Low
☐ Extra Low

Hint: TIME is important in real-time projects

Рис. 19. Выбор уровня фактора затрат TIME

Cost Driver Wizard

Cost Driver: STOR -- Main Storage Constraint Cost Driver

Consider: How much of main memory will your software use?

☐ Extra High 95% use of available storage
☐ Very High 85% use of available storage
☐ High 70% use of available storage
☒ Nominal <= 50% use of available storage
☐ Low
☐ Very Low
☐ Extra Low

Hint: STOR is important in real-time projects

Рис. 20. Выбор уровня фактора затрат STOR

Cost Driver Wizard

Cost Driver: PVOL -- Platform Volatility Cost Driver

Consider: How often will the platform (OS, DBMS, etc.) change?

☐ Extra High
☐ Very High Major change every 2 months; Minor change every 2 days
☐ High Major change every 2 months; Minor change every week
☒ Nominal Major change every 6 months; Minor change every 2 weeks
☐ Low Major change every 12 months; Minor change every month
☐ Very Low
☐ Extra Low

Рис. 21. Выбор уровня фактора затрат PVOL

Cost Driver Wizard

Cost Driver: RELY -- Required Reliability Cost Driver

Consider: What is the consequence of a software failure?

☐ Extra High
☐ Very High Risk to human life
☐ High High financial loss
☒ Nominal Moderate, easily recoverable losses
☐ Low Low, easily recoverable losses
☐ Very Low Slight inconvenience
☐ Extra Low

Рис. 22. Выбор уровня фактора затрат RELY

Cost Driver Wizard

Cost Driver: DATA -- Database Size Cost Driver

Consider: How much data is required to test the software?

☐ Extra High
☐ Very High $(\text{Database bytes} / \text{SLOC}) \geq 1000$
☐ High $100 \leq (\text{Database bytes} / \text{SLOC}) < 1000$
☒ Nominal $10 \leq (\text{Database bytes} / \text{SLOC}) < 100$
☐ Low $(\text{Database bytes} / \text{SLOC}) < 10$
☐ Very Low
☐ Extra Low

Hint: DATA addresses the issue of the effort required to test the software

Рис. 23. Выбор уровня фактора затрат DATA

Cost Driver Wizard

Cost Driver: CPLX -- Product Complexity Cost Driver

Consider: How complex will the software be?

☐ Extra High Microcode, difficult numerical analysis, natural language interface
☐ Very High Reentrant or real-time code, partial differential equations
☐ High Complex code, numerical analysis, physical I/O
☒ Nominal Nested code, standard math routines, multiple files
☐ Low Straightforward coding, some computations, simple GUI
☐ Very Low Straight-line code, simple computations, simple I/O
☐ Extra Low

Hint: See the Help message for more details about CPLX

Рис. 24. Выбор уровня фактора затрат CPLX

Cost Driver Wizard

Cost Driver: RUSE -- Required Reusability Cost Driver

Consider: Are you developing your software components to be reused?

☐ Extra High Across multiple product lines
☐ Very High Across product line
☐ High Across program
☒ Nominal Across project
☐ Low None
☐ Very Low
☐ Extra Low

Hint: Developing for reuse is more expensive (but, you save when you reuse)

Рис. 25. Выбор уровня фактора затрат RUSE

Cost Driver Wizard

Cost Driver: DOCU -- Documentation match to life-cycle needs

Consider: How much documentation are you creating?

☐ Extra High
☐ Very High Very Excessive for life-cycle needs
☐ High Excessive for life-cycle needs
☒ Nominal Right-sized to life-cycle needs
☐ Low Some life-cycle needs uncovered
☐ Very Low Many life-cycle needs uncovered
☐ Extra Low

Hint: Click DONE to save your changes and exit from the Cost Driver Wizard

< Back Next > Done Cancel Help

Рис. 26. Выбор уровня фактора затрат DOCU

Costar - Estimate1 (Component1)

File View Reports Components Tools Preferences Help

Estimate: Estimate1 ID: Model: COCOMO II 2000

Component: Component1 ID: Increment: 1

ACT ARC CBR CDR CMP CST DET EBR EFF EGS GCS GMI GST IDT ISM MSZ NAM SCH SIZ SSM STR

Totals for entire Project		Effort (PM)	Duration (Mo)	Cost (K\$)	Productivity	Equivalent Size
Requirements	RQ:	0.0	0.4	0.0		Total Size: 100
Development	PD+DD+CT+IT:	0.2	2.3	0.0	427.9	
Total	RQ+PD+DD+CT+IT:	0.3	2.7	0.0	399.9	

COCOMO II Cost Drivers for Component: Component1

Personnel: ACAP... Nominal, APEX... Nominal, PCAP... Nominal, PLEX... Nominal, LTEX... Nominal, PCON... Nominal
 Platform: TIME... Nominal, STOR... Nominal, PVOL... Nominal
 Product: RELY... Nominal, DATA... Nominal, CPLX... Nominal, RUSE... Nominal, DOCU... Nominal
 Project: TOOL... Nominal, SITE... Nominal, SCED... Nominal
 Size Summary: Size: 100, Method: SLOC
 User Defined: USR1... Undefined, USR2... Undefined, USR3... Undefined, USR4... Undefined

Drivers & Size / Model / REVL / Reuse / Function Points / Increments / Breakage / Costs / Rates / Maint. / Filter / Descr.

Estimate1: 0.3 PM, 2.7 Months Component1: 0.3 PM EAF: 1.0000 Level: 1

Рис. 27. Оценка трудоемкости и времени выполнения проекта объемом в 100 SLOC