

## Анализ стоимости самолета

### КОНТУР

2.1 Введение	33	2.2.3 Несколько слов о точности модели Истлейка	48
2.1.1 Содержание этой главы	34		
2.1.2 Обзор состояния отрасли гражданской авиации	34	2.3 Оценка эксплуатационных расходов самолета	50
2.1.3 Основы анализа стоимости разработки	35	2.3.1 Прямые эксплуатационные расходы самолета общей авиации	50
2.1.4 Важные концепции экономики воздушного транспорта	36	2.3.2 Прямые эксплуатационные расходы бизнес-самолета	52
2.2 Оценка стоимости разработки проекта	38	2.3.3 Несколько слов об эксплуатационных расходах на самолет	54
2.2.1 Стоимость разработки самолета общей авиации	38	Упражнения	55
2.2.2 Стоимость разработки бизнес-самолета	47	Ссылки	55

### 2.1 ВВЕДЕНИЕ

Оценка стоимости, связанной с разработкой нового самолета, является неотъемлемой частью процесса проектирования. Мы, возможно, задумали самый интересный самолет в мире, но стоит ли он затрат и усилий на производство? Если мы убеждены, что это так, сколько самолетов мы планируем изготовить? Сколько будет стоить приобретение и эксплуатация каждого? Сколько нужно поставить, чтобы мы вышли на уровень безубыточности? Сколько инженеров и техников понадобится? Все это важные вопросы, и в этой главе представлены инструменты, которые дают ответы.

Оценка затрат на приобретение включена, но она дает полное представление о том, что влияет на цену продажи новых самолетов. В этой книге эта стоимость моделируется с использованием специального отношения оценки стоимости (CER) первоначально выведенный корпорацией RAND для оценки стоимости разработки новых военных самолетов. CER представляют собой метод, обычно называемый DAPCA-IV<sup>1</sup> (затраты на разработку и закупку самолетов). Это описано в статье Гесса и Романоффа.[1], доступно на сайте компании[2]. CCB представляют собой набор статистических уравнений.

tions основаны на большинстве американских военных самолетов, находящихся в производстве и эксплуатации на момент их создания. Они позволяют оценить стоимость разработки самолета, используя только базовую информацию, такую как пустой вес, максимальная скорость полета и ожидаемый объем производства. Также можно оценить затраты, связанные с исследованиями, разработками, испытаниями и оценкой (RDT&E), и даже численность рабочей силы.

DAPCA-IV ориентирован на военные самолеты США, поэтому он сильно переоценивает производственные часы для самолетов GA. Заслуженный профессор Чарльз Истлейк из Университета аэронавтики Эмбри-Риддла изменил исходную формулировку, чтобы лучше отразить стоимость разработки и эксплуатации самолетов GA[3]. В этом тексте эта модификация упоминается как Модель Истлейка. Предусмотрены две модели затрат: одна для винтовых самолетов, другая для самолетов бизнес-класса.

Проницательные студенты часто сомневаются в точности CER и спрашивают: Как можно оценить так много, имея столь малые данные? На этот вопрос можно ответить с помощью аналогии. Предположим, вы планируете открыть продуктовый магазин в своем районе. Чтобы получить финансирование от вашего банка, вам необходимо оценить общую стоимость предприятия. Сюда входят зарплаты сотрудников, накладные расходы, инвентарь, коммунальные услуги и т. д.

<sup>1</sup>DAPCA-IV предшествовала ныне устаревшая модель DAPCA-III (R-1854-PR с 1976 года).

Есть как минимум два способа сделать это. Во-первых, вы можете разведать продуктовые магазины в этом районе и попытаться оценить количество работников, стоимость оборудования и инвентаря. Хотя можно было бы ожидать, что этот подход даст точную оценку, это потребует непомерных усилий. Второй метод предполагает, что вы можете склонить желающих владельцев магазинов раскрыть, сколько им стоило открытие своих продуктовых магазинов. Дальнейшее раскрытие ежемесячной стоимости коммунальных услуг, зарплат, инвентаря и, конечно же, площади магазина предоставит кладезь информации: это позволит создать статистические отношения, которые зависят от площади пола. Зная ожидаемую площадь пола нового магазина, такие отношения можно использовать для прогнозирования связанных с этим расходов. CER работают таким образом.

### 2.1.1 Содержание этой главы

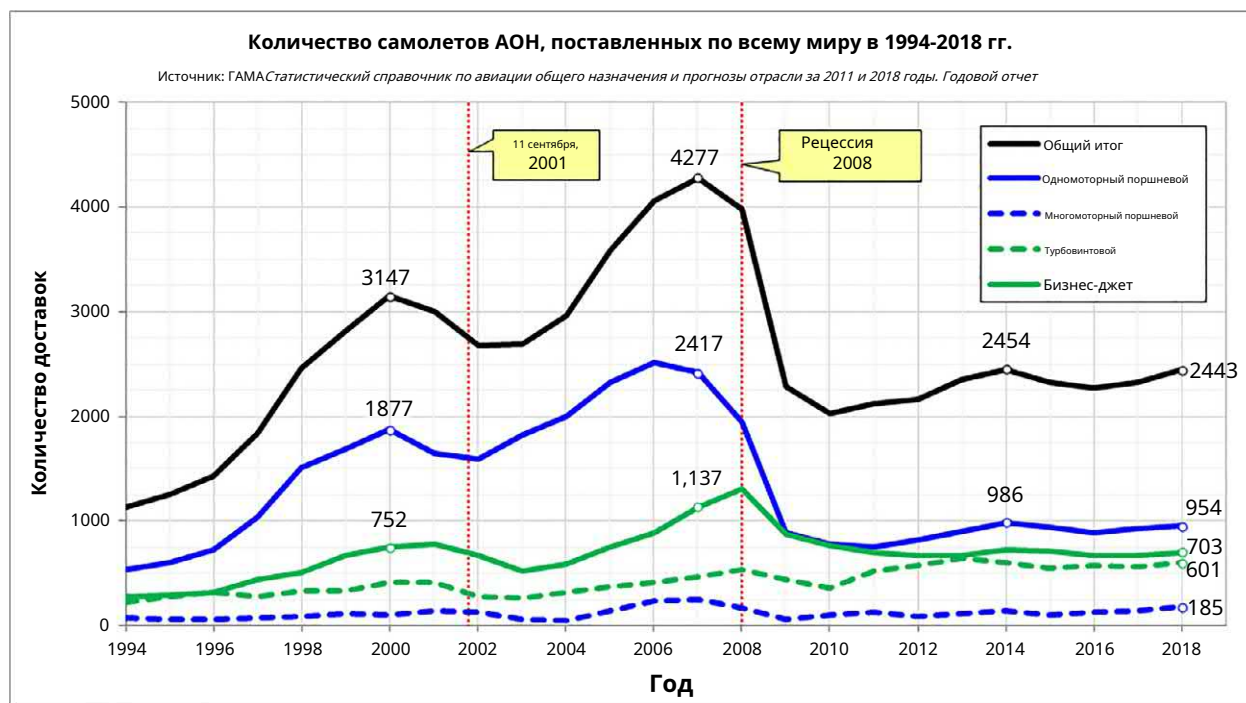
- **Раздел 2.1** представляет собой обзор состояния авиации общего назначения и содержит основы анализа затрат на проектирование воздушных судов и экономику воздушного транспорта.
- **Раздел 2.2** представляет методы оценки стоимости приобретения нового самолета GA. Метод, основанный на методе анализа стоимости закупки самолета DAPCA-IV, был специально адаптирован для самолетов GA. В процессе определяются подробные модели затрат на разработку и сертификацию. Предоставляются два метода: один для винтовых самолетов, другой для бизнес-джетов.

- **Раздел 2.3** представляет методы, помогающие оценить эксплуатационные расходы для самолетов GA. Такие методы необходимы при попытке продемонстрировать, будет ли новый самолет более дорогим в эксплуатации, чем самолеты конкурентов. Кроме того, простой Предусмотрена модель амортизации.

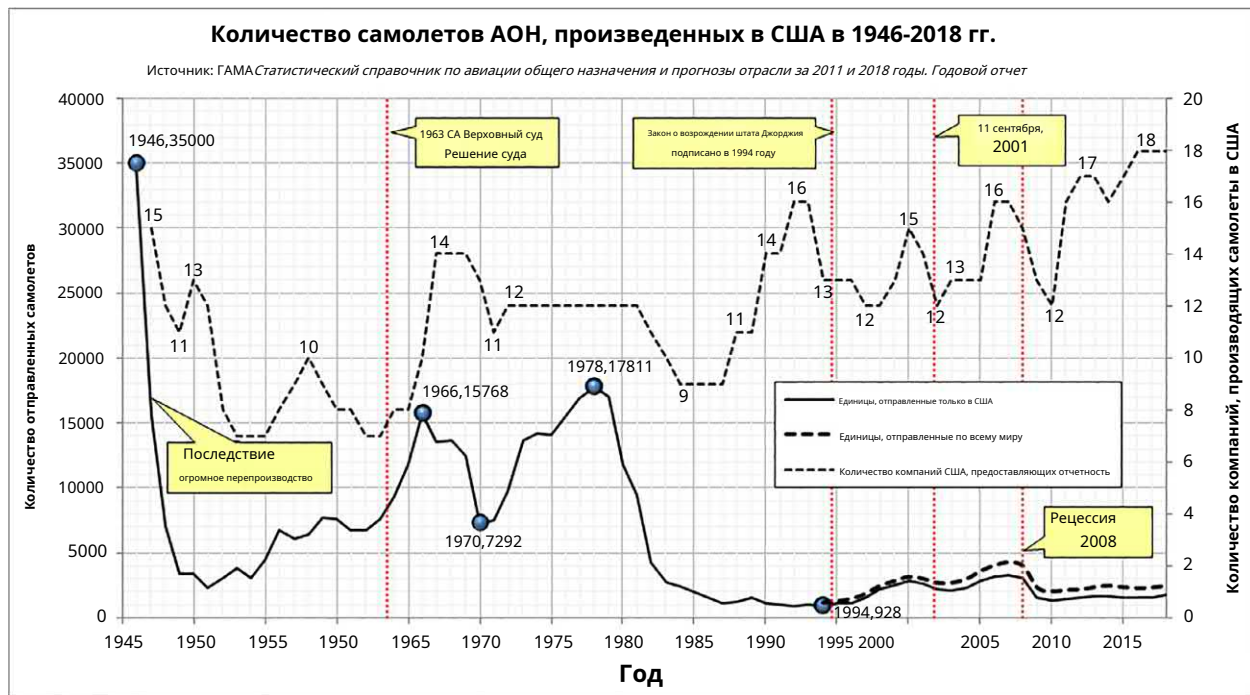
### 2.1.2 Обзор состояния отрасли гражданской авиации

Во-первых, предостережение для слишком восторженных оценщиков стоимости: все методы анализа стоимости имеют ограничения. Они дают только «приблизительные» значения. В этом контексте отрезвляет проверка данных производителя, собранных Ассоциацией производителей авиации общего назначения (GAMA)[4, 5], доступно на веб-сайте организации [6]. В нем перечислены поставки всех самолетов GA за ряд десятилетий, что дает важное представление о состоянии отрасли. Некоторые из этих данных отображены в **Рисунок 2-1**, где он разбит по классам самолетов. Для новичка в отрасли важно понимать, что трудно отобрать долю рынка у признанных игроков, которые уже имеют преимущество в создании всемирных сетей поддержки, предоставляющих запасные части и техническое обслуживание.

Ссылки[4, 5]пролить необходимый свет на характер отрасли с 1946 года. **Рисунок 2-2**Показывает, что в целом наблюдается колоссальное падение поставок самолетов, хотя и с всплесками роста. Первое падение происходит



**РИСУНОК 2-1**Перспективы продаж самолетов общей авиации с 1994 по 2018 год.На основе ссылок Аноним, General Aviation Statistical Databook and Industry Outlook 2016, Ассоциация производителей авиации общего назначения, 2017; Аноним, Годовой отчет 2018, Ассоциация производителей авиации общего назначения, 2019.



**РИСУНОК 2-2** Количество самолетов, произведенных в США, сокращается с 1946 года, с периодическими периодами роста. На основе данных анонимного источника, «Статистический справочник по авиации общего назначения и перспективы отрасли 2016», Ассоциации производителей авиации общего назначения, 2017 г.; годового отчета анонимного источника за 2018 г., Ассоциации производителей авиации общего назначения, 2019 г.

после окончания Второй мировой войны. За 5 лет с 1946 по 1951 год производство самолетов резко упало с 35 000 до 2302. В то время считалось, что владение частным самолетом станет нормой после войны, как это было с владением автомобилем после Первой мировой войны. Эта точка зрения не оправдалась, и образовался большой излишек самолетов, на разгрузку которого ушло более 5 лет. Затем последовал период устойчивого роста, который достиг пика в 1966 году, когда было поставлено 15 768 самолетов.

В 1963 году Верховный суд Калифорнии вынес решение, в котором было установлено правило «строгой ответственности» в отношении халатности.<sup>[7]</sup> Это означало, что компании могут быть привлечены к ответственности за вред, причиненный их продукцией, даже если нет доказательств халатности. Другие штаты в Соединенных Штатах вскоре последовали этому примеру, переложив бремя ответственности с общественности на промышленность. Это вызвало резкий рост исков об ответственности против производителей. Ответом авиационной промышленности стало приобретение защиты в форме страхования ответственности и добавление ее к цене нового самолета. Это, в свою очередь, увеличило цену нового самолета, вызвав падение спроса. Это объясняет сокращение поставок самолетов между 1978 годом, когда производство достигло максимума с 1946 года, когда было поставлено 17 811 единиц; и минимумом в 928 единиц в 1994 году, когда тогдашний президент Билл Клинтон подписал Закон о возрождении авиации общего назначения (иногда называемый реформой деликтного права), целью которого было ограничить объем обязательств. Это, по-видимому, подстегнуло скромный рост поставок, с последующим

падением, когда началась экономическая рецессия 2008 года. Оба графика представляют данные до 2018 года. Это падение еще не восстановилось до уровня, предшествовавшего рецессии, на момент написания этой статьи.

Цель этого обсуждения — подчеркнуть, что хотя модели оценки затрат, такие как DAPCA-IV, делают разумные прогнозы, читатель должен помнить, что именно экономика непредсказуема. То, что сегодня может показаться жизнеспособной бизнес-моделью, завтра может таковой не оказаться, и наоборот.

### 2.1.3 Основы анализа стоимости разработки

В своей самой базовой форме затраты на разработку оцениваются, чтобы помочь производителю понять финансирование, необходимое для разработки нового самолета, а также доход. Анализ также дает ответы на вопросы потенциальных инвесторов относительно возврата инвестиций. Усилия, в частности, достигаются путем определения двух функций: одна описывает общую стоимость, связанную с производством самолетов. Другой описывает доход, связанный с продажей этих самолетов. Теперь они будут рассмотрены более подробно.

#### (1) Постоянные и переменные затраты

Общая стоимость производства самолетов, обозначенный как,  $C$ , представляет собой линейное уравнение вида

$$C = \text{СФНР} \cdot \frac{1}{4} \text{Сисправить} + \text{Свар-Н}$$

(2-1)

где  $N$  — количество самолетов, которые будут произведены в течение определенного периода времени (часто называемого объемом),  $C_{\text{сист}}/N$  — это фиксированная стоимость, и  $C_{\text{свар}}$  — это переменные затраты на единицу продукции.  $C_{\text{сист}}/N$  относится ко всем затратам, которые остаются постоянными независимо от количества произведенной продукции (например, объекты и коммунальные услуги), в то время как  $C_{\text{свар}}$  — это дополнительные затраты, связанные с каждой произведенной единицей (например, материал и двигатели). Каждый определяется с использованием модели затрат, как те, что представлены в этой главе. Обратите внимание, что представленная формулировка является ступенчатой функцией, поскольку  $N$  является целым числом.

#### (2) Стоимость за единицу

Стоимость за единицу,  $C_{\text{единица}}$ , — это общая стоимость, деленная на количество произведенных единиц:

$$C_{\text{единица}} = \frac{C_{\text{сист}}}{N} + C_{\text{свар}} \quad (2-2)$$

Полезно изучить, как стоимость единицы продукции меняется в зависимости от количества произведенных единиц (например, см. [Рисунок 2-6](#)).

#### (3) Цена за единицу и функция дохода

Цена за единицу ( $P_{\text{единица}}$ ) выбирается как компромисс между тем, что достаточно низко, чтобы стимулировать продажи, и достаточно высоко, чтобы сделать производство прибыльным. Напротив, функция дохода,  $R$ , — это общий доход, полученный от продажи  $N$  единиц. В простейшем виде это определяется как

$$R = N \cdot P_{\text{единица}} \quad (2-3)$$

Уравнения (2-1) и (2-3) позволяют оценить рыночную привлекательность самолета, рассчитав, сколько самолетов необходимо продать, прежде чем производство станет безубыточным.

#### (4) Анализ безубыточности

Анализ безубыточности используется для определения того, сколько единиц продукции должно быть произведено, прежде чем выручка сравняется с затратами на их производство. Использование стандарта анализ затрат-объема-прибыли для определения этого используется следующее выражение:

Количество единиц до безубыточности:

$$N_{\text{безуб}} = \frac{C_{\text{сист}}}{P_{\text{единица}} - C_{\text{свар}}} \quad (2-4)$$

Пример 2-4 демонстрирует применение этого подхода.

#### ВЫВОД УРАВНЕНИЯ (2-4)

Общая стоимость разработки  $N$  единиц определяется по формуле:

$C_{\text{сист}} + C_{\text{свар}} \cdot N$

Общая выручка от продажи  $N$  единиц составляет:  $P_{\text{единица}} \cdot N$ . Когда эти два показателя равны, мы достигли уровня безубыточности, т.е.

$$C_{\text{сист}} + C_{\text{свар}} \cdot N = P_{\text{единица}} \cdot N \quad (я)$$

Если мы обозначим количество единиц для безубыточности переменной  $N_{\text{безуб}}$ , мы можем переставить уравнение (я) получить:

$$N_{\text{безуб}} = \frac{C_{\text{сист}}}{P_{\text{единица}} - C_{\text{свар}}}$$

### 2.1.4 Важные концепции экономики воздушного транспорта

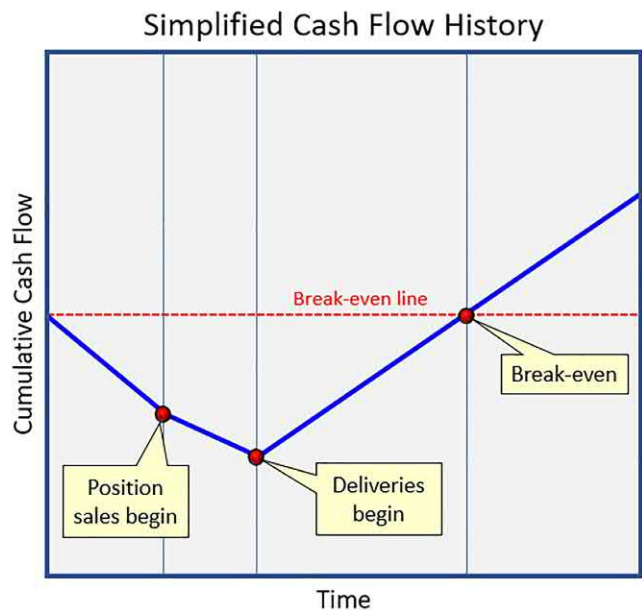
Неудивительно, что в этой области экономика воздушного транспорта выходит за рамки этой книги. Однако в ней развиваются несколько важных концепций, представляющих интерес для авиаконструктора.

#### (1) Денежный поток

Это относится к чистой сумме денег, переведенных в бизнес и из него за определенный период. Рассмотрим банковский счет с начальным балансом \$1000, а через 3 месяца баланс составляет \$700. Таким образом, денежный поток за 3 месяца составляет -\$300 (или -\$100 в месяц). Упрощенная история денежного потока для разработки нового самолета, основанная на [8], показано в [Рисунок 2-3](#). Важно понимать, какую роль играет денежный поток в разработке нового самолета. Составление такого графика может помочь проектной группе осознать необходимость капиталовложений на критическом этапе разработки, когда доход ограничен или отсутствует.

#### (2) Амортизация

Это относится к снижению стоимости актива со временем. Актив — это некое имущество, например компьютер, автомобиль или самолет. Самый простой подход к оценке



**РИСУНОК 2-3** Идеализированная история движения денежных средств для девелоперского проекта. На основе ссылки А. Якобсона, К. Цубаки, Экономика в проектировании новых коммерческих самолетов, Авиационные системы, Конференция по проектированию и технологиям, 1986. <https://doi-org.ezproxy.libproxy.db.erau.edu/10.2514/6.1986-2667>.

амортизация - это прямолинейная амортизация. В этой модели используется начальная стоимость актива ( $C_{\text{ини}}$ ) и ликвидационная стоимость ( $C_{\text{конец}}$ ), которая представляет собой стоимость актива в более позднее время. Обычно это время рассматривается в терминах периодов (например, количество лет) ( $N_{\text{периоды}}$ ). Затем периодическая амортизация рассчитывается из

$$\text{Памортизация} = \frac{C_{\text{ини}} - C_{\text{конец}}}{N_{\text{периоды}}} \quad (2-5)$$

Например, рассмотрим автомобиль, изначально оцененный в 30 000 долларов ( $C_{\text{ини}}$ ), но через 5 лет ( $N_{\text{периоды}}$ ) его можно оценить в 15 000 долларов ( $C_{\text{конец}}$ ). Таким образом, годовая амортизация составляет \$3000 в год. Существуют и другие методы оценки амортизации (например, метод двойного уменьшения остатка и метод единиц продукции), но в этом тексте достаточно линейного метода.

Некоторые студенты путаются в нюансах амортизации. Амортизация работает следующим образом: (1) У человека есть  $X$  денег. (2) Человек обменивает эти деньги на продукт стоимостью  $X$ . (3) Проще говоря, если бы человек сохранил деньги, их стоимость осталась бы постоянной. Напротив, поскольку стоимость продукта со временем обесценивается от первоначальной стоимости до некоторой меньшей стоимости, амортизация равна потере денег.

#### (3) Деловой капитал и акционерный капитал

Деловой капитал относится к финансовым активам, принадлежащим компании. Сюда входят средства на банковских счетах, задолженность клиентов, инвентарь, воспринимаемая стоимость оборудования (например, компьютеров, производственных инструментов и т. д.) и помещения, в которых находится бизнес, и это лишь некоторые из них. Это может даже включать воспринимаемую стоимость бренда и рабочей силы. По сути, это означает все, что бизнес может конвертировать в деньги. Проще говоря, капитал относится к стоимости всех активов за вычетом обязательств (например, долга компании). Если использовать простую аналогию, предположим, что у компании есть только один актив: автомобиль стоимостью \$10 000. Далее предположим, что она все еще должна \$7000 банковского кредита, использованного для его покупки. В этом случае капитал составляет \$10 000, обязательство — \$7000, а собственный капитал — \$3000.

#### (4) Прямые операционные расходы (DOC)

Относится к расходам, которые возникают непосредственно при эксплуатации продукта. При эксплуатации самолета они включают цену покупки (планер, запчасти, страховка, проценты по кредиту и амортизация), техническое обслуживание и эксплуатацию полета (экипаж, топливо, сборы). Минимизация DOC часто используется в различных схемах оптимизации при проектировании самолетов, в частности коммерческих самолетов. DOC состоит из фиксированной стоимости (например, цена покупки) и переменных затрат (например, техническое обслуживание и летная эксплуатация).

#### (5) Косвенные эксплуатационные расходы (IOC)

Относится к расходам, связанным с эксплуатацией продукта, которые не относятся напрямую к использованию

продукт (например, все расходы, кроме DOC). Они включают приобретение помещений, оборудования, администрирование, обучение, обслуживание клиентов и т. д.

#### (6) Возврат инвестиций (ROI)

Это относится к соотношению чистой прибыли к стоимости инвестиций, связан с приобретением какого-либо продукта. Если кто-то платит 100 долларов за коробку печенья, а затем продает ее за 150 долларов, то  $ROI = \frac{150 - 100 \text{ долл. США}}{100 \text{ долл. США}} = 0,5$  (50%).

#### (7) Стоимость доступного места-мили (CASM) и доход за доступное место-милю (RASM)

Термин «место-миля», используемый в коммерческой авиации, является производением общего количества доступных мест (занятых или нет) в самолетном парке авиакомпании и общего количества пролетенных миль. 100-местный авиалайнер, пролетающий 300 морских миль, генерирует 30 000 доступных место-миль. Термин стоимость доступного место-миля определяется путем деления общих операционных расходов авиакомпании на количество доступных мест-миль. Термин доход на доступное место-милю определяется путем деления общего дохода на количество доступных место-миль.

#### (8) Стоимость жизненного цикла (LCC)

В мире авиации термин стоимость жизненного цикла (LCC) относится к общим расходам, связанным с эксплуатацией самолета с момента его изобретения до окончательного отказа от него. Использование расчета стоимости жизненного цикла относится к 1960-м годам, когда Министерство обороны начало проводить торги на системы вооружения, используя LCC, а не только затраты на приобретение [9]. Его можно рассчитать с точки зрения производителя или оператора продукта. Для последнего это относится к стоимости приобретения и эксплуатации самолета с момента его поставки до последнего дня обслуживания. Например, LCC для бизнес-джетов часто основывается на периоде в 10 лет. Этот подход учитывает комбинацию стоимости покупки, стоимости эксплуатации и ликвидационной стоимости самолета в конце его срока службы (или периода эксплуатации). Таким образом, он помогает принимать обоснованные деловые решения. Например, недорогой продукт может иметь значительные расходы на техническое обслуживание, тогда как более дорогой продукт может требовать меньшего обслуживания и, таким образом, стоить меньше в течение срока службы. В этом контексте оценки прямых эксплуатационных расходов (DOC), стоимости на доступное место-милю (CASM) в дополнение к стоимости приобретения являются критически важными параметрами.

Проще говоря, LCC можно оценить как сумму покупной цены, постоянных эксплуатационных расходов и переменных эксплуатационных расходов.

$$LCC = \underbrace{C_{\text{покупка}}}_{\text{закрепленный}} + \underbrace{N_{\text{периоды}} \cdot C_{\text{исправление}}}_{\text{эксплуатационные расходы}} + \underbrace{N_{\text{часы полета}} \cdot C_{\text{оп}}}_{\text{эксплуатационные расходы}} \quad (2-6)$$



где  $P_{покупка}$  — это цена покупки,  $N_{часы полета}$  — это количество ожидаемых часов полета,  $C_{исправление}$  — это фиксированные эксплуатационные расходы за период (например, год), и  $C_{оп}$  — это все включенные эксплуатационные расходы за час полета (топливо, запчасти, техническое обслуживание и т. д.).

## 2.2 ОЦЕНКА СТОИМОСТИ РАЗРАБОТКИ ПРОЕКТА

В этом разделе представлены две версии модели стоимости Eastlake для самолетов GA. Одна из них предназначена для типичных винтовых самолетов, другая — для самолетов бизнес-класса (или представительских). Обе версии основаны на ожидаемом весе голого планера (без двигателей, шин, органов управления и т. д.) и максимальной горизонтальной скорости полета. Специальные поправочные коэффициенты используются для учета самолетов, требующих более сложных технологий производства, связанных с коническими крыльями, сложными системами закрылков, герметизацией и выбором материала (алюминий или композиты). Чтобы идти в ногу со временем, автор пересмотрел несколько уравнений, представленных в 1-м издании.

### 2.2.1 Стоимость разработки самолета общей авиации

Общая блок-схема модели Истлейк представлена на рисунке. [Рисунок 2-4](#). Двигаясь слева направо, первый шаг включает расчет рабочего времени (с использованием CER 1 по

3), за которыми следуют затраты (CER 4–11). Необходимо определить стоимость поставляемых поставщиком компонентов и скорректировать цену для «оптовой закупки». Это делается путем применения коэффициента дисконтирования количества (QDF), будут обсуждаться позже. Расходы, полученные с использованием CER, делятся на фиксированные и переменные (см. [Рисунок 2-4](#)). Минимальная цена продажи должна включать стоимость страхования ответственности производителя, добавленную в конце процесса. Естественно, фактическая цена продажи должна быть наценена для обеспечения прибыли.

Модель Истлейка была разработана в 1986 году. Однако, как представлено здесь, расходы рассчитываются исходя из стоимости жизни в 2012 году. По этой причине модель была скорректирована путем применения Индекса потребительских цен (ИПЦ), неофициально известный как индекс стоимости жизни. ИПЦ для 1986–2012 годов это 2,0969. Все соответствующие константы (исключая экспоненты) были обновлены, чтобы отразить это путем умножения исходных констант на это значение. Таким образом, если читатель применяет этот метод, скажем, в 2022 году, ИПЦ (обозначаемый термином  $ИПЦ_{2012}$  в следующей формулировке) необходимо обновить относительно 2012 года. Требуемое значение для  $ИПЦ_{2012}$  легко получить с помощью Калькулятора инфляции ИПЦ, предоставленного на сайте Бюро трудовой статистики.<sup>2</sup> Также обратите внимание, что термин «рабочий час» относится к времени, которое требуется для выполнения определенной задачи. Например, если для выполнения определенной задачи требуется 20 рабочих часов, ее могут выполнить два человека за 10 часов.

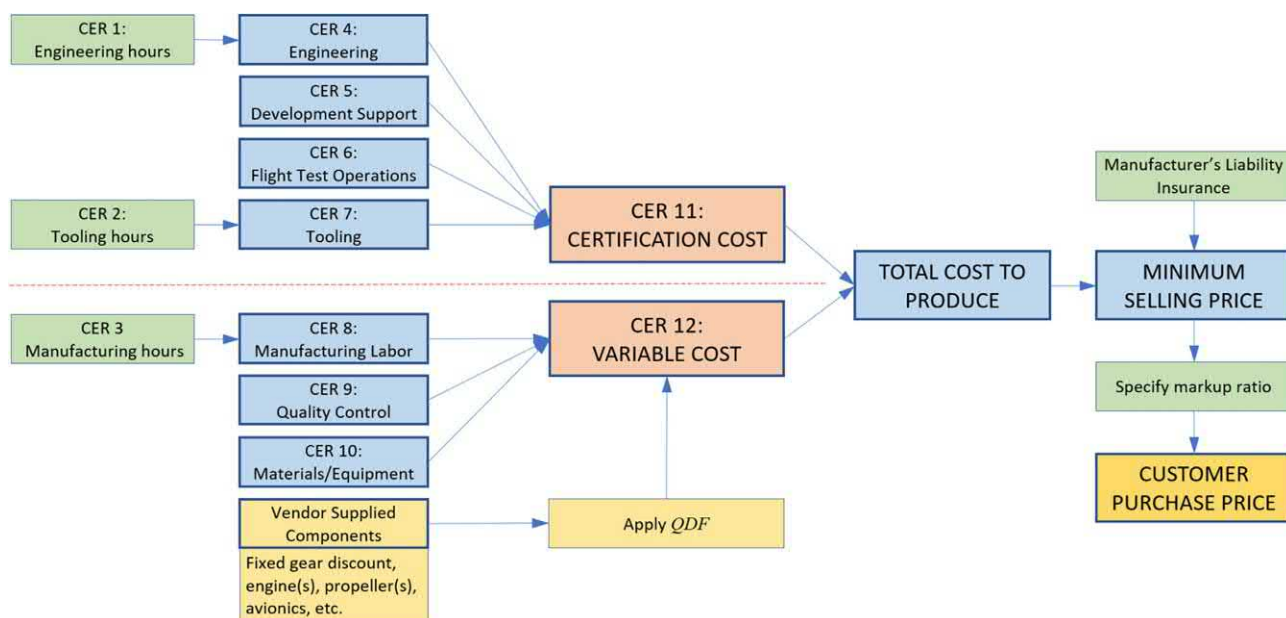


РИСУНОК 2-4 Блок-схема, описывающая применение модели затрат Истлейка.

<sup>2</sup> Веб-сайт - это [www.bls.gov](http://www.bls.gov). В частности, см. [https://www.bls.gov/data/inflation\\_calculator.htm](https://www.bls.gov/data/inflation_calculator.htm), который является калькулятором, который возвращает индекс с помощью простых пользовательских вводов. Также, пояснения о том, как рассчитывается CPI, можно увидеть на [https://www.bls.gov/cpi/cpifaq.htm#Question\\_11](https://www.bls.gov/cpi/cpifaq.htm#Question_11).

## (1) Фактор дисконтирования по количеству

Как и DAPCA-IV, модель Eastlake не учитывает такие компоненты, как двигатели и авионика. Такие компоненты называются поставщиками поставок (VSC). Они приобретаются отдельно и просто добавляются к результатам, полученным с использованием CER. Цена за компонент VSC обычно оговаривается с поставщиком и, как ожидается, будет снижаться скупаемым количеством.<sup>3</sup> Это учитывается при оценке стоимости путем умножения цены за компонент (предполагается, что это цена покупки одной единицы) на специальный коэффициент, называемый коэффициентом дисконтирования количества (QDF). Значение QDF зависит от количества закупаемых компонентов и требует выбора эффективности опыта, что является мерой потенциального снижения цены продавца. Результирующее снижение цены имеет ту же природу, что и то, что происходит для серийного самолета, проиллюстрированного в Рисунок 2-6.

Рисунок 2-5 показывает QDF для четырех значений эффективности опыта — 80%, 85%, 90% и 95%. QDF рассчитывается с использованием выражения:

Фактор скидки за количество:

$$QDF = \frac{P_{1:4427}}{P_{ЭКСП}} \cdot VNH \quad (2-7)$$

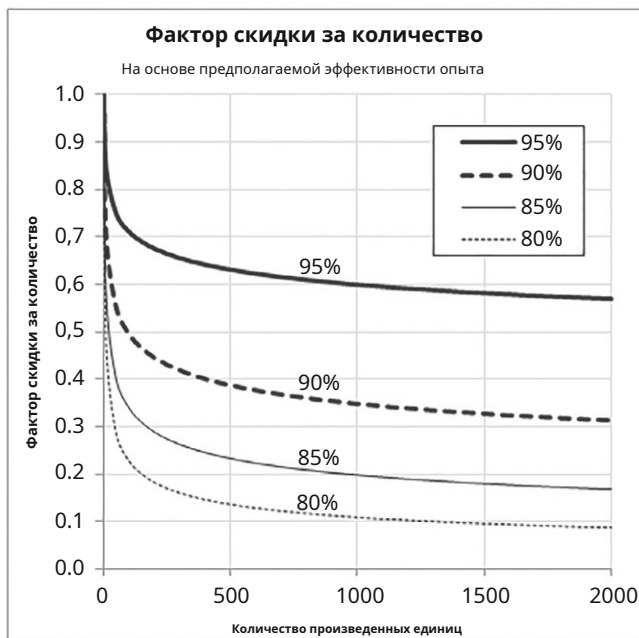


РИСУНОК 2-5 Фактор дисконтирования количества зависит от предполагаемых эффективности исследования.

<sup>3</sup> Например, цена за единицу авионики ниже, если закупать ее оптом.

<sup>4</sup> Что представляет собой сложная система закрылков, является предметом инженерного суждения. В этом контексте фиксированные шарнирные закрылки считаются простыми, тогда как с трансляционными шарнирами — сложными. Исключением из этого различия будет система закрылков «паралифта» на одномоторном самолете Cessna, которую автор считает простой (хотя и умной).

где

$\Phi_{ЭКСП}$  — эффективность опыта (1/0,8 для 80%, 0,9 для 90% и т. д.)

$N$  — количество произведенных единиц

Автор рекомендует значение  $\Phi_{ЭКСП}$  95%, так как это приводит к затратам, которые более точно соответствуют реальным приложениям. Обратите внимание, что также приемлемо назначать уникальные QDF к каждому VSC. Обратите внимание, что получение скидки может также зависеть от объема произведенных планеров. Мелкосерийное производство может не получить любой скидки при покупке VSC.

## (2) Включение расходов на ответственность за качество продукции

Важным дополнением к минимальной цене продажи является стоимость ответственности производителя за качество продукции. Она заставляет студентов задуматься о реальности ведения бизнеса в США.<sup>[3]</sup> Согласно информации из страховой отрасли, стоимость ответственности за качество продукции для любого конкретного производителя зависит от количества проданных самолетов и их аварийности. Практически невозможно предсказать, как продукт будет себя вести после начала производства. Поэтому учтите ответственность за качество продукции на самолет, предположив, что она составляет 12%–17% от цены продажи. Более низкий процент применяется к воздушным судам, которые, как ожидается, будут иметь низкий уровень аварийности (например, пассажирские перевозки), в то время как более высокое значение применяется к тем, которые предназначены для более рискованной эксплуатации (например, учебные и акробатические самолеты).

(3) CER 1 — Рабочие часы инженерных работ (ЧАС<sub>ЕНГР</sub>):

Количество рабочих часов инженерного времени, необходимых для проектирования самолета и выполнения необходимых НИОКР, можно оценить с помощью следующего выражения:

$$ЧАС_{ЕНГР} = \frac{1}{40} \cdot 0,396 \cdot \frac{В_{то:791}}{планер} \cdot \frac{В_{1:526}}{НАЖИМАТЬ} \cdot \frac{Н_{0:183}}{ЧАС} \cdot \Phi_{СЕРТ1} \cdot \Phi_{СФ1} \cdot \Phi_{КОМП} \cdot \Phi \quad (2-8)$$

где

$В_{то:791}$  — вес структурного скелета  $В_{ЧАС}$  — максимальная скорость горизонтального полета в КТАС

$N$  — количество самолетов, запланированных к производству в течение 5 лет

$\Phi_{СЕРТ1}$  — 0,67, если сертифицирован как LSA, 1, если сертифицирован как самолет 14 CFR Часть 23

$\Phi_{СФ1}$  — 1,03 для сложной системы закрылков, 1, если простая система закрылков

$\Phi_{КОМП1}$  — 1 +  $\Phi_{КОМП}$  фактор, учитывающий использование композитных материалов в планере самолета

$\Phi_{КОМП}$  — доля планера, изготовленного из композитных материалов, варьируется от 0 до 1 (1/0 для алюминиевых самолетов, 1 для полностью композитного самолета)

$\Phi_{НАЖИМАТЬ1}$  — 1,03 для герметичного самолета, 1, если негерметичен

Обратите внимание, что структурный скелет весит намного меньше, чем пустой вес самолета. Этот вес можно приблизительно оценить, приняв во внимание пустой вес за вычетом двигателей, авионики, сидений, мебели, системы управления и других компонентов. При отсутствии такой информации предположим, что он составляет около 65% от пустого веса.

(4) CER 2 — Рабочие часы по инструментальной обработке (ЧАС<sub>ИНСТРУМЕНТ</sub>):

Количество рабочих часов, необходимых для проектирования и изготовления инструментов, приспособлений, кондукторов, форм и т. д.

$$\text{ЧАС}_{\text{ИНСТРУМЕНТ}} = \frac{1}{41} \cdot 0032 \cdot \frac{В_{\text{ТО:764}}}{\text{планер}} \cdot \frac{В_{\text{О:899}}}{\text{ЧАС}} \cdot \frac{Н_{\text{О:178}}}{\text{НАЖИМАТЬ}_2} \cdot \frac{В_{\text{О:066}}}{\text{М}} \cdot \frac{1}{\text{Ф}_{\text{CF}_2} \cdot \text{Ф}_{\text{КОМП}_2} \cdot \text{Ф}_{\text{НАЖИМАТЬ}_2} \cdot \text{Ф}_{\text{КОНУС}_2}} \quad (2-9)$$

где

$В_{\text{М}}$  — Расчетная производительность по количеству самолетов в месяц ( $\frac{1}{4}N/60$  на 60 месяцев/5 лет)

$\text{Ф}_{\text{CF}_2}$  — 1,02 для сложной системы закрылков, 1, если простая система закрылков

$\text{Ф}_{\text{КОМП}_2}$  — 1 +  $\text{Ф}_{\text{КОМП}}$  фактор, учитывающий использование композитных материалов в планере самолета

$\text{Ф}_{\text{НАЖИМАТЬ}_2}$  — 1,01 для герметичного самолета, 1, если негерметичен

$\text{Ф}_{\text{КОНУС}_2}$  — 1,095 для крыла с постоянной хордой, 1 для конического крыла

(5) CER 3 — Рабочие часы в обрабатывающей промышленности (ЧАС<sub>МОГ</sub>):

Количество рабочих часов, необходимых для постройки самолета.

$$\text{ЧАС}_{\text{МОГ}} = \frac{1}{49} \cdot 6613 \cdot \frac{В_{\text{ТО:764}}}{\text{планер}} \cdot \frac{В_{\text{О:899}}}{\text{ЧАС}} \cdot \frac{Н_{\text{О:178}}}{\text{НАЖИМАТЬ}_2} \cdot \frac{В_{\text{О:066}}}{\text{М}} \cdot \frac{1}{\text{Ф}_{\text{CER}_3} \cdot \text{Ф}_{\text{CF}_3} \cdot \text{Ф}_{\text{КОМП}_3}} \quad (2-10)$$

где

$\text{Ф}_{\text{CER}_3}$  — 1,075, если сертифицирован как LSA, 1, если сертифицирован как самолет 14 CFR Часть 23

$\text{Ф}_{\text{CF}_3}$  — 1,01 для сложной системы закрылков, 1, если простая система закрылков

$\text{Ф}_{\text{КОМП}_3}$  — 1 + 0,25  $\text{Ф}_{\text{КОМП}}$  фактор, учитывающий использование композитных материалов в планере самолета

### ПРИМЕР 2-1

(а) Оцените количество рабочих часов, необходимое для производства сертифицированного композитного самолета с одним поршневым двигателем, если ожидается, что его планер будет весить 1100 фунтов. (В<sub>ТО:764</sub> планер) и рассчитан на максимальную скорость горизонтального полета 185 KTAS (В<sub>О:899</sub> ЧАС). Ожидается, что 1000 самолетов (Н) будет произведено в течение первых 5 лет (В<sub>М</sub> — 1000 единиц/60 месяцев (17 единиц в месяц, поскольку мы не продаем самолеты по частям). Негерметичный самолет будет сертифицирован в соответствии с 14 CFR Часть 23 и будет иметь коническое крыло с простой системой закрылков.

(б) Если предположить, что инженерный персонал работает 40 часов в неделю в течение 48 недель в году, сколько инженеров потребуется для завершения разработки в течение 5 лет?

(с) Каково среднее время изготовления одной единицы продукции?

(г) Определите и сравните соответствующие значения, если самолет изготовлен из алюминия (т.е. измените только коэффициент  $\text{Ф}_{\text{КОМП}}$ ).

#### РЕШЕНИЕ

Обратитесь к описанию уравнений для переменных. Обратите внимание, что следующие задачи были решены с использованием электронной таблицы, которая сохраняет точность с двойной плавающей точкой. Таким образом, читатель, пытающийся повторить вычисления, должен ожидать незначительных различий.

(а) Количество рабочих часов инженерного времени:

$$\text{ЧАС}_{\text{ИНСТРУМЕНТ}} = \frac{1}{41} \cdot 0032 \cdot \frac{В_{\text{ТО:764}}}{\text{планер}} \cdot \frac{В_{\text{О:899}}}{\text{ЧАС}} \cdot \frac{Н_{\text{О:178}}}{\text{НАЖИМАТЬ}_2} \cdot \frac{В_{\text{О:066}}}{\text{М}} \cdot \frac{1}{\text{Ф}_{\text{CF}_2} \cdot \text{Ф}_{\text{КОМП}_2} \cdot \text{Ф}_{\text{НАЖИМАТЬ}_2} \cdot \text{Ф}_{\text{КОНУС}_2}} = \frac{1}{41} \cdot 0032 \cdot \frac{1100}{1} \cdot \frac{1}{1} \cdot \frac{1}{1} \cdot \frac{1}{1} \cdot \frac{1}{1} = 1121 \cdot \frac{1}{41} = 205,670 \text{ ч.}$$

Количество рабочих часов на изготовление оснастки:

$$\text{ЧАС}_{\text{ИНСТРУМЕНТ}} = \frac{1}{41} \cdot 0032 \cdot \frac{В_{\text{ТО:764}}}{\text{планер}} \cdot \frac{В_{\text{О:899}}}{\text{ЧАС}} \cdot \frac{Н_{\text{О:178}}}{\text{НАЖИМАТЬ}_2} \cdot \frac{В_{\text{О:066}}}{\text{М}} \cdot \frac{1}{\text{Ф}_{\text{CF}_2} \cdot \text{Ф}_{\text{КОМП}_2} \cdot \text{Ф}_{\text{НАЖИМАТЬ}_2} \cdot \text{Ф}_{\text{КОНУС}_2}} = \frac{1}{41} \cdot 0032 \cdot \frac{1100}{1} \cdot \frac{1}{1} \cdot \frac{1}{1} \cdot \frac{1}{1} \cdot \frac{1}{1} = 1121 \cdot \frac{1}{41} = 205,670 \text{ ч.}$$

Количество рабочих часов для производства 1000 самолетов:

$$\text{ЧАС}_{\text{МОГ}} = \frac{1}{49} \cdot 6613 \cdot \frac{В_{\text{ТО:764}}}{\text{планер}} \cdot \frac{В_{\text{О:899}}}{\text{ЧАС}} \cdot \frac{Н_{\text{О:178}}}{\text{НАЖИМАТЬ}_2} \cdot \frac{В_{\text{О:066}}}{\text{М}} \cdot \frac{1}{\text{Ф}_{\text{CER}_3} \cdot \text{Ф}_{\text{CF}_3} \cdot \text{Ф}_{\text{КОМП}_3}} = \frac{1}{49} \cdot 6613 \cdot \frac{1100}{1} \cdot \frac{1}{1} \cdot \frac{1}{1} \cdot \frac{1}{1} \cdot \frac{1}{1} = 1121 \cdot \frac{1}{49} = 366,628 \text{ ч.}$$

(б) Количество инженеров, необходимых для разработки самолета в течение 5 лет:





где

$N_{п}$  — Количество прототипов

$\Phi_{СЕРТ5}$  0,5, если сертифицирован как LSA,  $\frac{1}{4}$ 1, если сертифицирован как самолет 14 CFR Часть 23

$\Phi_{CF5}$   $\frac{1}{4}$ 1,01 для сложной системы закрылков,  $\frac{1}{4}$ 1, если простая система закрылков

$\Phi_{КОМП5}$   $\frac{1}{4}$ 1+0,5 $\Phi_{КОМП}$  фактор, учитывающий использование композитных материалов в планере самолета

$\Phi_{НАЖИМАТЬ5}$   $\frac{1}{4}$ 1,03 для герметичного самолета,  $\frac{1}{4}$ 1, если негерметичен

(9) CER 6 — Общая стоимость летных испытаний ( $C_{ФТ}$ ):

Общая стоимость завершения программы летных испытаний и сертификации<sup>5</sup>:

$$C_{ФТ} = \frac{1}{4}0:009646 \frac{B_{т1}}{16} \frac{N_{п}}{1} \frac{H_{п1}}{281} \frac{I_{ПЦ}}{2012} \Phi_{СЕРТ6} \quad (2-13)$$

где

$\Phi_{СЕРТ6}$   $\frac{1}{4}$ 10, если сертифицирован как LSA,  $\frac{1}{4}$ 5, если самолет соответствует 14 CFR Часть 23

Альтернативное выражение, основанное на логистике, предлагается, когда становится больше известно о разбивке затрат на разработку и сертификационную программу летных испытаний.<sup>6</sup>:

$$C_{ФТ} = \frac{1}{4}12 N_{п} C_{п} + 12 C_{полет} + N_{гс} C_{гс} + N_{пилот} C_{пилот} + N_{фте} C_{фте} + C_{разное} \frac{N_{месяц}}{12} \quad (2-14)$$

где

$C_{п}$  — Оценка ежемесячных эксплуатационных расходов для каждого прототипа (детали, топливо, масло и т. д.)

$C_{полет}$  — Оценка всех прочих расходов, связанных с летными испытаниями, на ежемесячной основе (ангар, телеметрия, компьютеры, коммунальные услуги, летные испытания, отличные от полетов, и т. д.)

$C_{разное}$  — Различные ежемесячные расходы (например, самолет сопровождения)

$N_{фте}$  — Количество инженеров-испытателей, участвующих в программе летных испытаний

$N_{гс}$  — Количество членов наземного персонала, обслуживающего и готовящего прототипы к летным испытаниям  $N_{пилот}$  — Количество летчиков-испытателей  $C_{фте}$  — Средняя годовая зарплата инженеров-испытателей  $C_{гс}$  — Средняя годовая заработная плата членов наземного персонала  $C_{пилот}$  — Средняя годовая зарплата летчиков-испытателей  $N_{месяц}$  — Ожидаемое количество месяцев, в течение которых будет длиться программа летных испытаний (например, 24 месяца)

(10) CER 7 — Общая стоимость оснастки ( $C_{ИНСТРУМЕНТ}$ ):

Это влечет за собой расходы на проектирование, изготовление и обслуживание приспособлений, приспособлений, форм и других инструментов, необходимых для строительства самолета. Инструменты требуют промышленных и производственных инженеров для проектных работ и техников для изготовления и обслуживания.

$$C_{ИНСТРУМЕНТ} = \frac{1}{4}4 C_{ИНСТРУМЕНТ} R_{ИНСТРУМЕНТ} I_{ПЦ} 2012 \quad (2-15)$$

где

$R_{ИНСТРУМЕНТ}$  — Ставка труда по обработке инструментов в долларах США в час (например, 61 доллар США/час)

(11) CER 8 — Общая стоимость производства ( $C_{МФГ}$ ):

Это влечет за собой затраты на рабочую силу, необходимую для производства самолета.

$$C_{МФГ} = \frac{1}{4}4 C_{МФГ} R_{МФГ} I_{ПЦ} 2012 \quad (2-16)$$

где

$R_{МФГ}$  — Ставка оплаты труда на производстве в \$ в час (например, \$53/ч)

(12) CER 9 — Общая стоимость контроля качества ( $C_{СКК}$ ):

Это влечет за собой расходы на оплату труда техников и оборудования, необходимых для подтверждения того, что производимый продукт действительно является самолетом, изображенным на чертежах.

$$C_{СКК} = \frac{1}{4}0:13 C_{МФГ} \Phi_{СЕРТ} \Phi_{КОМП9} \quad (2-17)$$

где

$\Phi_{СЕРТ9}$  0,5, если сертифицирован как LSA,  $\frac{1}{4}$ 1, если сертифицирован как самолет 14 CFR Часть 23

$\Phi_{КОМП9}$   $\frac{1}{4}$ 1+0,5 $\Phi_{КОМП}$  фактор, учитывающий использование композитных материалов в планере самолета

(13) CER 10 — Общая стоимость материалов ( $C_{МАТ}$ ):

Это стоимость сырья (алюминиевые листы, предварительно пропитанные композиты, шасси, авионика и т. д.), необходимого для изготовления самолета.

$$C_{МАТ} = \frac{1}{4}24:896 \frac{B_{т0}}{689} \frac{N_{п}}{1} \frac{H_{п0}}{792} \frac{I_{ПЦ}}{2012} \Phi_{СЕРТ10} \Phi_{CF10} \Phi_{НАЖИМАТЬ10} \quad (2-18)$$

где

$\Phi_{СЕРТ10}$  0,75, если сертифицирован как LSA,  $\frac{1}{4}$ 1, если сертифицирован как самолет 14 CFR Часть 23

$\Phi_{CF10}$   $\frac{1}{4}$ 1,02 для сложной системы закрылков,  $\frac{1}{4}$ 1, если простая система закрылков

$\Phi_{НАЖИМАТЬ10}$   $\frac{1}{4}$ 1,01 для герметичного самолета,  $\frac{1}{4}$ 1, если негерметичен

<sup>5</sup>Автор обновил это выражение, чтобы оно лучше соответствовало реальным приложениям.

<sup>6</sup>Разработка и сертификационные летные испытания типичного 4–6-местного высокопроизводительного винтового самолета общей авиации могут обойтись примерно в 2–3 миллиона долларов, в то время как стоимость LSA может составить около 250 000 долларов.



**ТАБЛИЦА 2-2** Цены на пакеты авионики для нескольких классов самолетов (примерно 2019 г.).

Класс самолета	Диапазон цен
Сверхлегкий	2000 долларов
Легкий спортивный самолет	\$4000–\$8000
Однороторный двигатель	От 6000 до 35 000 долларов США
Одномоторный турбовинтовой и двухпоршневой	От 35 000 до 60 000 долларов США
Многомоторный турбовинтовой	От 40 000 до 100 000 долларов США
Бизнес-джеты — меньшая система авионики Бизнес-	От 200 000 до 300 000 долларов США
джеты — высокотехнологичная система авионики	От 1 200 000 до 2 500 000 долларов США

и турбовентиляторных двигателей, она основана на номинальной тяге ( $T_0$ ). Обратите внимание, что применение QDF к закупкам двигателей не следует воспринимать как данность — нет никаких гарантий, что производители двигателей предложат оптовые скидки.

Поршневые двигатели:

$$\text{Спп} \frac{1}{4} \text{Нангл} \text{ИПЦ}_{2019} \quad 1007 \text{Н} \text{цил} - 22620 \text{Н} \text{цил} + 155800 \text{Н} \text{цил} \\ - 0:01447 \text{П} \text{звнр} + 8:654 \text{П} \text{звнр} - 1394 \text{П} \text{звнр} - 203900 \quad (2-21)$$

Турбовинтовые двигатели:

$$\text{Спп} \frac{1}{4} 377:4 \text{Нангл} \text{Пшп} \text{ИПЦ}_{2012} \quad (2-22)$$

Турбореактивные двигатели:

$$\text{Спп} \frac{1}{4} 868:1 \text{Нангл} \text{Т} 0:8356 \quad \text{ИПЦ}_{2012} \quad (2-23)$$

Турбореактивные двухконтурные двигатели:

$$\text{Спп} \frac{1}{4} 1035:9 \text{Нангл} \text{Т} 0:8356 \quad \text{ИПЦ}_{2012} \quad (2-24)$$

Стоимость VSC 4 — стоимость винтов

Поскольку поршневые и турбовинтовые двигатели также требуют пропеллеров, эту стоимость также необходимо учитывать. Два наиболее распространенных типа — это пропеллеры с фиксированным шагом и постоянной скоростью. Пропеллеры с постоянной скоростью дороже и тяжелее. Обратите внимание, что следующие выражения

на основе ценового опроса, проведенного в апреле 2019 года, и относятся только к одному пропеллеру. Проектировщик, использующий эти значения, должен скорректировать ИПЦ, используя 2019 год в качестве базового года и учитывая количество электростанций. Значения с использованием неравенств показывают диапазоны цен, поскольку отношения к мощности двигателя, диаметру и оборотам в минуту имели незначительную корреляцию.

Композитные воздушные винты для легких и сверхлегких самолетов (СФхп):

Фиксированный или регулируемый шаг — 2 лопасти<sup>10</sup>:

$$1\,500 \text{ долларов США} < \text{СФхп} < \$2\,000 \quad (2-25)$$

Фиксированный или регулируемый шаг — 3 лопасти<sup>10</sup>:

$$1\,800 \text{ долларов США} < \text{СФхп} < \$2\,400 \quad (2-26)$$

Алюминиевые винты фиксированного шага для самолетов класса 14 CFR Часть 23 (только с одним двигателем) (СФхп):

Примеры самолетов: Piper Pa-28, Beech A23, Cessna 172 и Grumman AA-1. Обратите внимание, что  $D_p$  диаметр пропеллера в дюймах.

Фиксированный шаг — 2 лопасти<sup>10</sup>:

$$\text{СФхп} \frac{1}{4} 17489 - 371 D_p + 2:762 D_p^2 \quad \text{п} \quad \text{ИПЦ}_{2019} \quad (2-27)$$

Алюминиевые воздушные винты постоянной скорости для самолетов класса 14 CFR Часть 23 (одно- и многомоторные) (Сцсп):

Примерами самолетов (с 2-лопастными винтами) являются Beech F35 и Cessna 182T, (с 3-лопастными винтами) Beech B55 и Cirrus SR22, а также (с 4-лопастными винтами) Beech B90, DHC-6 и Jetstream 31.

Пропеллеры постоянной скорости — 2-лопастные<sup>10</sup>:

$$9\,500 \text{ долларов США} < \text{Сцсп} < \$12\,500 \quad (2-28)$$

Пропеллеры постоянной скорости — 3-лопастные<sup>10</sup>:

$$11\,500 \text{ долларов США} < \text{Сцсп} < \$19\,000 \quad (2-29)$$

Пропеллеры постоянной скорости — 4 лопасти<sup>10</sup>:

$$\text{Сцсп} \frac{1}{4} 1593 D_p - 104323 \text{ действителен для } 90 \leq D_p < 106 \quad (2-30)$$

### ПРИМЕР 2-3

(а) Создайте сводку затрат для самолета в примерах 2-1 и 2-2), предполагая, что производство составит 1000 единиц в течение 5 лет. Самолет оснащен двигателем

Один 6-цилиндровый поршневой двигатель мощностью 310 л. с., вращающий 3-лопастной винт постоянной скорости, стоимостью \$14 000. Предположим, что комплект авионики стоит \$35 000.  $\text{ИПЦ}_{2012} \frac{1}{4} 1.10$  и

<sup>9</sup>Автор обновил это уравнение с момента первого издания этой книги. Добавьте примерно 50 000 долларов для версий с турбонаддувом. Также обратите внимание, что ИПЦ использует 2019 (а не 2012) в качестве базового года. Цены на поршневые двигатели также можно почерпнуть из <http://www.airpowerinc.com/>.

<sup>10</sup>Автор обновил стоимость уравнений пропеллера с момента первого издания этой книги. Обратите внимание, что эти затраты следует обновить с использованием ИПЦ на основе 2019 года в качестве базового года (т. е. ИПЦ<sub>2019</sub>).



## ПРИМЕР 2-3 (продолжение)

ИПЦ<sub>2019</sub> 1.00. Оцените фиксированную, переменную и общую стоимость за единицу с учетом и без учета QDF, а также количество самолетов для безубыточности, если розничная цена единицы составляет 350 000 долл. Предположим, что страхование ответственности производителя составляет 15% от розничной стоимости (что составляет 52 500 долл. за самолет).

- (б) Постройте график влияния количества произведенных единиц на минимальную цену продажи.
- (с) Выполните предыдущий анализ для алюминиевого самолета и сравните его с композитным самолетом, изменив только коэффициент  $f_{\text{комп}}$  (1/40 для алюминия, 1/1 для полностью составного). Предположим, что QDF не применяется.

## РЕШЕНИЕ:

- (а) Сначала нам необходимо оценить стоимость двигателя:

$$\begin{aligned} \text{СПП} \frac{1}{4} \text{Нангл ИПЦ}_{2019} &= 203900 + 155800 \text{Н}_{\text{цил}} - 22620 \text{Н}_2 \text{цил} \\ &+ 1007 \text{Н}_{\text{цил}} + -1394 \text{П}_{\text{ВНР}} + 8:654 \text{П}_2 \text{ВНР} - 0:01447 \text{П}_3 \text{ВНР} \\ &= \$102\,526 \end{aligned}$$

Полная оценка стоимости представлена в таблице Таблица 2-3, что указывает на минимальную цену продажи в размере 285 617 долларов США. Читатель, повторяющий эти расчеты, должен ожидать незначительных числовых расхождений из-за ошибок округления. Интерпретация полученных затрат предоставляется читателю. Эта оценка нацелена на такие самолеты, как Cirrus SR22 и Cessna 400 ТТх. Дальнейшие сведения можно почерпнуть из Раздел 2.2.3.

- (б) График, показанный на Рисунок 2-6, был создан путем оценки минимальной цены продажи с учетом ряда производственных сценариев с различным количеством произведенных единиц. Она показывает, как цена быстро падает с количеством произведенных единиц, а затем становится более асимптотической с более высокими темпами производства.

- (с) Сравнение стоимости разработки и производства самолета из композитных материалов и алюминия показано на рисунке Таблица 2-4. В нем показано, что статистический анализ типа DAPCA-IV предсказывает, что производство композитных самолетов будет на 25–30 % дороже, чем производство сопоставимых алюминиевых самолетов.

ТАБЛИЦА 2-3 Анализ стоимости проекта.

FIXED COST		Workhours		Total Cost	Cost per Unit
Engineering (\$92/hr)	$H_{\text{ENGR}} =$	205670	$C_{\text{ENGR}} =$	\$20,813,804	\$20,814
Development support			$C_{\text{DEV}} =$	\$1,499,633	\$1,500
Flight test operations			$C_{\text{FT}} =$	\$1,361,666	\$1,362
Tooling (\$61/hr)	$H_{\text{TOOL}} =$	190300	$C_{\text{TOOL}} =$	\$12,769,130	\$12,769
<b>Fixed Cost</b>			$C_{\text{fix}} =$	<b>\$36,444,233</b>	<b>\$36,444</b>

VARIABLE COST		Workhours		Total Cost	Cost per Unit
Manufacturing labor (\$53/hr)	$H_{\text{MFG}} =$	1366628	$C_{\text{MFG}} =$	\$79,674,412	\$79,674
Quality control			$C_{\text{QC}} =$	\$15,536,510	\$15,537
Materials/equipment			$C_{\text{MAT}} =$	\$21,074,485	\$21,074
Units produced in 5 years					1000
Quantity Discount Factor					0.5998

			Without QDF	With QDF
Fixed landing gear discount		$VSC_1 =$	-\$17,500	-\$10,496
Avionics		$VSC_2 =$	\$35,000	\$20,993
Engine(s)		$VSC_3 =$	\$102,526	\$61,494
Propeller(s)		$VSC_4 =$	\$14,000	\$8,397
<b>Variable Cost (per unit)</b>		$C_{\text{var}} =$	<b>\$250,311</b>	<b>\$196,672</b>
<b>Total Cost per Unit</b>		$C_{\text{unit}} =$	<b>\$286,755</b>	<b>\$233,117</b>
Manufacturers liability insurance			\$52,500	\$52,500
<b>MINIMUM SELLING PRICE</b>			<b>\$339,255</b>	<b>\$285,617</b>
<b>Target Price per Unit</b>		$P_{\text{unit}} =$	<b>\$350,000</b>	
<b>Units to Break-Even</b>		$N_{\text{BE}} =$	<b>366</b>	<b>238</b>



ПРИМЕР 2-3 (продолжение)

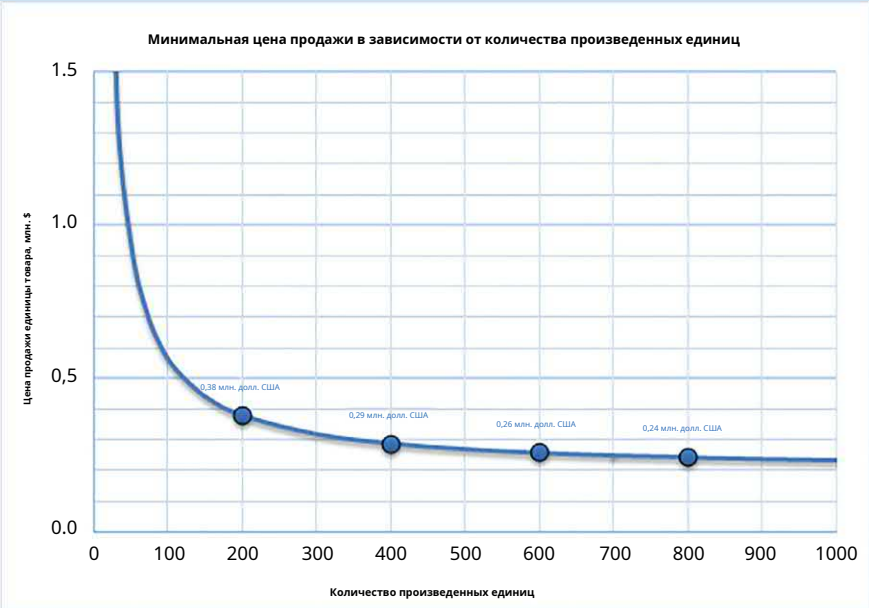


РИСУНОК 2-6Цена продажи в миллионах долларов в зависимости от количества произведенных единиц вначале демонстрирует быстрое падение цены.

ТАБЛИЦА 2-4Сравнение стоимости проекта самолета из композитных материалов и алюминия.

	Costs per Unit (without QDF)		
	Composite AC	Aluminum AC	Ratio Comp/Al
Engineering	\$20,814	\$10,407	2.00
Development support	\$1,500	\$1,000	1.50
Flight test operations	\$1,362	\$1,362	1.00
Tooling	\$12,769	\$6,385	2.00
Certification Cost	\$36,444	\$19,153	1.90
Manufacturing labor	\$79,674	\$63,740	1.25
Quality control	\$15,537	\$8,286	1.87
Materials/equipment	\$21,074	\$21,074	1.00
Fixed landing gear discount	-\$17,500	-\$17,500	1.00
Engine(s)	\$102,526	\$102,526	1.00
Propeller(s)	\$14,000	\$14,000	1.00
Avionics	\$35,000	\$35,000	1.00
Manufacturers liability insurance	\$52,500	\$52,500	1.00
Minimum Selling Price	\$339,255	\$298,779	1.14

## ПРИМЕР 2-4

Оцените, сколько самолетов должно быть произведено, прежде чем производитель сможет ожидать безубыточности, если цена установлена на уровне 350 000 долларов США. Постройте график себестоимости производства и выручки в зависимости от количества произведенных единиц, предполагая, что розничная цена составляет 233 000, 300 000 и 350 000 долларов США. Постройте график общей себестоимости производства и выручки в зависимости от количества произведенных единиц. Укажите точки безубыточности на графике (Рисунок 2-7).

## РЕШЕНИЕ:

Общие постоянные затраты от Таблица 2-3:  $\frac{36444233}{1}$  \$36, 444, 233

Переменные затраты на единицу от Таблица 2-3:  $\frac{196672}{1}$  \$196, 672 Точка безубыточности:

$$\text{Нбыть} \frac{\text{Систавить}}{\text{Пединица-Свар}} \frac{1}{1} \frac{36444233}{350000-196672} \frac{1}{1} 238 \text{ единиц}$$

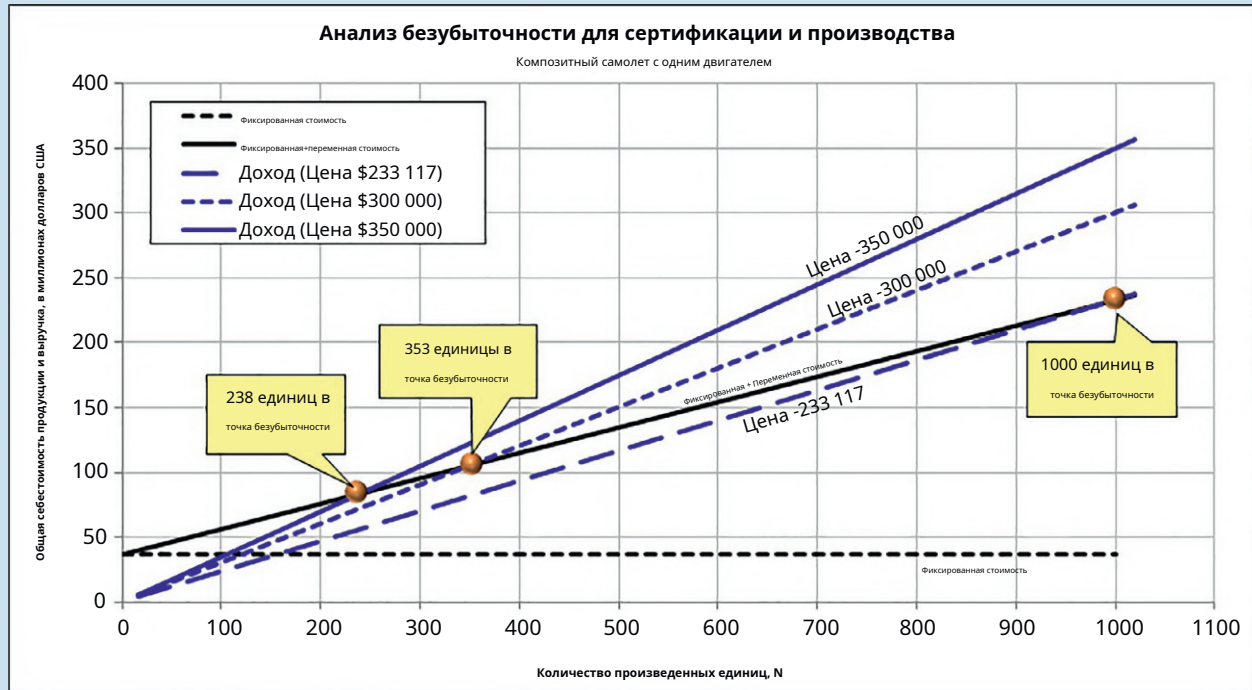


РИСУНОК 2-7 Анализ безубыточности с учетом трех разниц цен.

## 2.2.2 Стоимость разработки бизнес-самолета

Модель Eastlake была адаптирована для разработки самолетов деловой (административной) авиации. Хотя методология параллельна методологии самолетов GA, модель гораздо ближе к оригинальной модели DAPCA-IV. Предполагается сертификация по 14 CFR Часть 23 или Часть 25. Последняя категория будет дороже из-за более строгих требований. Факторы, обозначенные общей переменной  $\Phi_{\text{СЕРТ}}$  являются наилучшими предположениями относительно разницы в стоимости — читатель может изменить эти значения в соответствии с собственным опытом.

(1) CER 1 — Рабочие часы инженерных работ ( $\text{ЧАС}_{\text{ЕНГР}}$ ):

$$\text{ЧАС}_{\text{ЕНГР}} = \frac{1}{4} \cdot 86 \cdot \text{ВТО} : 777 \cdot \text{Планер} \cdot \text{ВТО} : 89 \cdot \text{АИ} : 10 : 163 \cdot \Phi_{\text{СЕРТ}} \cdot \Phi_{\text{CF1}} \cdot \Phi_{\text{КОМП1}} \cdot \Phi_{\text{НАЖИМАТЬ1}} \quad (2-31)$$

где

$\text{ВТО}_{\text{Планер}} \frac{1}{4}$  Вес структурного скелета  $\text{ВТО}_{\text{ЧАС}} \frac{1}{4}$  Максимальная скорость горизонтального полета в KTAS  
 $\text{Н} \frac{1}{4}$  Количество самолетов, запланированных к производству за 5-летний период.  
 $\Phi_{\text{СЕРТ1}} \frac{1}{4}$  1, если сертифицирован как 14 CFR Часть 23,  $\frac{1}{4}$  1.15, если сертифицирован как 14 CFR Часть 25  
 $\Phi_{\text{CF1}} \frac{1}{4}$  1,03 для сложной системы закрылков,  $\frac{1}{4}$  1, если простая система закрылков  
 $\Phi_{\text{КОМП1}} \frac{1}{4}$  1 +  $\Phi_{\text{комп}}$  фактор, учитывающий использование композитных материалов в планере самолета  
 $\Phi_{\text{КОМП1}} \frac{1}{4}$  Часть планера, изготовленная из композитных материалов ( $\frac{1}{4}$  1 для полностью композитного самолета)  
 $\Phi_{\text{НАЖИМАТЬ1}} \frac{1}{4}$  1,03 для герметичного самолета,  $\frac{1}{4}$  1, если негерметичен

(2) CER 2 — Рабочие часы по инструментальной обработке (ЧАС<sub>ИНСТРУМЕНТ</sub>):

$$\text{ЧАС}_{\text{ИНСТРУМЕНТ}} = 5,99 \cdot \text{ВТ}0,777 \cdot \text{В}0,696 \cdot \text{Н}0,263 \cdot \text{Ф}_{\text{СЕРТ}2} \cdot \text{Ф}_{\text{КОНУС}2} \cdot \text{Ф}_{\text{СФ}2} \cdot \text{Ф}_{\text{КОМП}2} \cdot \text{Ф}_{\text{НАЖИМАТЬ}2} \quad (2-32)$$

где

Ф<sub>СЕРТ2</sub>¼1, если сертифицирован как 14 CFR Часть 23,¼1,05, если сертифицирован как 14 CFR Часть 25  
 Ф<sub>КОНУС2</sub>¼0,95 для крыла с постоянной хордой,¼1 для конического крыла  
 Ф<sub>СФ2</sub>¼1,02 для сложной системы закрылков,¼1, если простая система закрылков  
 Ф<sub>КОМП2</sub>¼1+ф<sub>комп</sub>фактор, учитывающий использование композитных материалов в планере самолета  
 Ф<sub>НАЖИМАТЬ2</sub>¼1,01 для герметичного самолета,¼1, если негерметичен

(3) CER 3 — Рабочие часы в обрабатывающей промышленности (ЧАС<sub>МФГ</sub>):

$$\text{ЧАС}_{\text{МФГ}} = 47,37 \cdot \text{ВТ}0,82 \cdot \text{В}0,484 \cdot \text{Н}0,641 \cdot \text{Ф}_{\text{СЕРТ}3} \cdot \text{Ф}_{\text{СФ}3} \cdot \text{Ф}_{\text{КОМП}3} \quad (2-33)$$

где

Ф<sub>СФ3</sub>¼1,01 для сложной системы закрылков,¼1, если простая система закрылков  
 Ф<sub>СЕРТ3</sub>¼1, если сертифицирован как 14 CFR Часть 23,¼1,05, если сертифицирован как 14 CFR Часть 25  
 Ф<sub>КОМП3</sub>¼1+0,25ф<sub>комп</sub>фактор, учитывающий использование композитных материалов в планере самолета

(4) CER 4 — Общая стоимость проектирования (С<sub>ЕНГР</sub>):

Использовать уравнение(2-11).

(5) CER 5 — Общая стоимость поддержки развития (С<sub>ДЕВ</sub>):

$$\text{С}_{\text{ДЕВ}} = 495,24 \cdot \text{ВТ}0,63 \cdot \text{В}1,3 \cdot \text{Н}0,3 \cdot \text{ИПЦ}2012 \cdot \text{Ф}_{\text{СЕРТ}5} \cdot \text{Ф}_{\text{СФ}5} \cdot \text{Ф}_{\text{КОМП}5} \cdot \text{Ф}_{\text{НАЖИМАТЬ}5} \quad (2-34)$$

где

Ф<sub>СЕРТ5</sub>¼1, если сертифицирован как 14 CFR Часть 23,¼1,10, если сертифицирован как 14 CFR Часть 25  
 Ф<sub>СФ5</sub>¼1,01 для сложной системы закрылков,¼1, если простая система закрылков  
 Ф<sub>КОМП5</sub>¼1+0,5ф<sub>комп</sub>фактор, учитывающий использование композитных материалов в планере самолета  
 Ф<sub>НАЖИМАТЬ5</sub>¼1,03 для герметичного самолета,¼1, если негерметичен

(6) CER 6 — Общая стоимость летных испытаний (С<sub>ФТ</sub>):

$$\text{С}_{\text{ФТ}} = 42606,51 \cdot \text{ВТ}0,325 \cdot \text{В}0,822 \cdot \text{Н}1,21 \cdot \text{ИПЦ}2012 \cdot \text{Ф}_{\text{СЕРТ}6} \quad (2-35)$$

где

Ф<sub>СЕРТ6</sub>¼1, если сертифицирован как 14 CFR Часть 23,¼1,50 при сертификации по 14 CFR Часть 25

(7) CER 7 — Общая стоимость оснастки (С<sub>ИНСТРУМЕНТ</sub>):

Использовать уравнение(2-15).

(8) CER 8 — Общая стоимость производства (С<sub>КК</sub>):

Использовать уравнение(2-16).

(9) CER 9 — Общая стоимость контроля качества:

$$\text{С}_{\text{КК}} = 40,133 \cdot \text{С}_{\text{МФГ}} \cdot \text{Ф}_{\text{СЕРТ}9} \cdot \text{Ф}_{\text{КОМП}9} \quad (2-36)$$

где

Ф<sub>СЕРТ9</sub>¼1, если сертифицирован как 14 CFR Часть 23,¼1,50 при сертификации по 14 CFR Часть 25  
 Ф<sub>КОМП9</sub>¼1+0,5ф<sub>комп</sub>фактор, учитывающий использование композитных материалов в планере самолета

(10) CER 10 — Общая стоимость материалов (С<sub>МАТ</sub>):

$$\text{С}_{\text{МАТ}} = 423,066 \cdot \text{ВТ}0,921 \cdot \text{В}0,644 \cdot \text{Н}0,799 \cdot \text{ИПЦ}2012 \cdot \text{Ф}_{\text{СЕРТ}} \cdot \text{Ф}_{\text{СФ}} \cdot \text{Ф}_{\text{НАЖИМАТЬ}} \quad (2-37)$$

где

Ф<sub>СЕРТ</sub>¼1, если сертифицирован как 14 CFR Часть 23,¼1,15, если сертифицирован как 14 CFR Часть 25  
 Ф<sub>СФ</sub>¼1,02 для сложной системы закрылков,¼1, если простая система закрылков  
 Ф<sub>НАЖИМАТЬ</sub>¼1,01 для герметичного самолета,¼1, если негерметичен

(11) CER 11 — Фиксированная стоимость (или общая стоимость сертификации) (С<sub>СИСТРАВИТЬ</sub>):

Использовать уравнение(2-19).

(12) CER 12 — Переменные затраты (С<sub>ВАР</sub>):

Использовать уравнение(2-20).

Следуйте тем же процедурам, которые представлены в [Раздел 2.2.1](#).

## 2.2.3 Несколько слов о точности модели Истлейка

Вопросы относительно точности метода Истлейка являются обычными. Некоторые слова предостережения уже были высказаны в тексте, но он должен пролить больше света на этот важный вопрос. [Таблица 2-5](#) был подготовлен для этой цели. В нем перечислен ряд самолетов GA, для которых минимальная цена продажи была оценена с использованием лучшей информации из общедоступных источников, включая количество единиц, произведенных за годы 2014–2018 гг.

ТАБЛИЦА 2-5 Сравнение прогнозируемых и фактических цен на самолеты.

Aircraft Make and Model	Units Manufactured in Past 5 Yrs	① Minimum Selling Price per Method	② 2018 Retail Price per [10]	①/② Predicted/Actual
SINGLE-ENGINE PISTON				
Cessna C-172	633	\$ 320,819	\$ 425,000	0.755
Cessna C-182	160	\$ 538,610	\$ 480,000	1.122
Cessna T206H	202	\$ 603,393	\$ 665,000	0.907
Cessna TTx	121	\$ 1,018,588	\$ 715,000	1.425
Aviat Husky A1C-180	181	\$ 313,069	\$ 257,278	1.217
Aviat Husky A1C-200	181	\$ 332,075	\$ 314,064	1.057
Beechcraft Bonanza G36	108	\$ 903,681	\$ 815,000	1.109
Cirrus SR20	208	\$ 669,860	\$ 439,000	1.526
Cirrus SR22	648	\$ 528,012	\$ 609,900	0.866
Cirrus SR22T	805	\$ 551,810	\$ 709,900	0.777
Diamond DA20-C1	69	\$ 657,541	\$ 234,800	2.800
Diamond DA40 XLT	364	\$ 433,516	\$ 389,800	1.112
Diamond DA40 Tundra	364	\$ 468,554	\$ 455,000	1.030
Diamond DA40 NG	364	\$ 481,681	\$ 429,890	1.120
Mahindra Airvan 8	56	\$ 968,573	\$ 798,256	1.213
Mahindra Airvan 8 Turbo	56	\$ 998,224	\$ 827,133	1.207
Piper Warrior	50	\$ 641,177	\$ 340,000	1.886
Piper Archer LX	291	\$ 338,101	\$ 372,400	0.908
Piper Archer DX	291	\$ 340,952	\$ 412,000	0.828
Piper Arrow	36	\$ 1,009,712	\$ 467,000	2.162
Piper Matrix	13	\$ 4,194,726	\$ 916,680	4.576
Piper M350	126	\$ 1,114,711	\$ 1,178,000	0.946
Tecnam P2010	80	\$ 572,458	\$ 344,160	1.663
Tecnam P2010 IO-390	100	\$ 566,270	\$ 399,360	1.418
TWIN-ENGINE PISTON				
Beechcraft Baron G58	120	\$ 1,671,978	\$ 1,400,000	1.194
Diamond DA42-VI	214	\$ 969,797	\$ 739,800	1.311
Diamond DA62	101	\$ 1,459,803	\$ 1,100,000	1.327
Piper PA-44-180	103	\$ 1,093,653	\$ 699,990	1.562
Piper PA-34-220T	24	\$ 3,156,045	\$ 999,900	3.156
Tecnam P2006T	154	\$ 698,467	\$ 443,900	1.573

ссылка[5]. Он предполагает 15% ответственности. Затем это сравнивается с фактической розничной ценой указанного самолета по ссылке[10].

Ценообразование нового самолета — сложная штука. Она включает в себя историю производителя, распространение его щупалец, как долго самолет находится в производстве, является ли он производным или самолетом с чистого листа бумаги, пожизненные поставки, сеть продаж — вот лишь некоторые из них. Важно осознавать эти сложности. Таблица 2-5 указывает минимальную цену продажи для модели Eastlake (см. Рисунок 2-4) в столбце с надписью ①. Эта цена делится на фактическую розничную цену, указанную в столбце ②, что дает дроби в последнем столбце. Обычно, минимум

Цена продажи меньше розничной цены, поэтому эта дробь должна быть <1. Указанные дроби находятся в диапазоне от 0,8 до 1,2, с некоторыми заметными исключениями. Таким образом, дробь 0,907 означает, что минимальная цена продажи составляет 90,7% от фактической розничной цены и, возможно, является разумной оценкой. Напротив, дробь 4,576 сильно отклоняется от базы и указывает на ошибочный результат. Это значение относится к Piper Matrix, варианту Piper Pa-46, из которых только 13 единиц были поставлены в период с 2014 по 2018 год. Как правило, чем меньше количество произведенных единиц, тем больше отклонение от фактической розничной цены (Рисунок 2-6 проливает свет на важного участника). Короче говоря, как Таблица 2-5 шоу, Истлейк



модель дает разумную аппроксимацию, хотя при интерпретации результатов следует проявлять осторожность.

### 2.3 ОЦЕНКА РАСХОДОВ НА ЭКСПЛУАТАЦИЮ ВОЗДУШНОГО СУДНА

Часть маркетинга самолетов включает в себя убеждение потенциальных клиентов купить ваш самолет, а не чей-то другой. Чтобы разработать убедительный аргумент, производители создают отделы продаж, цель которых — предоставить реалистичное сравнение стоимости владения между сопоставимыми самолетами. Одним из наиболее важных показателей качества, используемых для этого, является стоимость владения; сумма денег, необходимая для владения и эксплуатации самолета за час полета. В этом разделе представлены два метода оценки прямых эксплуатационных расходов за час полета для самолетов GA; один применяется к частным самолетам GA, другой — к бизнес-самолету.

#### 2.3.1 Прямые эксплуатационные расходы самолета общей авиации

Следующая модель основана на опыте фактического владения самолетом. Она включает в себя базовый учет расходов, связанных с частными самолетами. Основными входными данными являются летные часы в год, стоимость топлива, сумма денег, взятых в долг для покупки самолета, и стоимость страховки. Стоимость хранения, ежегодные осмотры и «взносы» в «банк капитального ремонта двигателя» также включены в модель. Стоимость представлена в долларах за летный час, что позволяет удобно сравнивать со стоимостью аренды аналогичного самолета. Количество летных часов в год (ВФЛГТ) для обычных самолетов общей авиации варьируется от примерно 100 часов в год для недоиспользуемых самолетов до 1000 часов<sup>11</sup> или больше для учебно-тренировочного самолета. Личные самолеты летают примерно от 100 до 500 часов в год, при этом 300 часов (5,75 часов в неделю) являются разумным средним показателем.

#### (1) Предположения

Модель предполагает наличие одномоторного самолета с фиксированным шасси и фиксированным шагом винтов, сертифицированного в соответствии с 14 CFR Часть 23, который требует 0,3 часа работы по техническому обслуживанию на час полета (обозначается термином  $\Phi_{me}$ ). Это число корректируется с учетом характеристик, которые влияют на усилия по техническому обслуживанию, таких как сложный доступ к двигателю, убирающееся шасси, мокрые крылья, сложное авионное оборудование и сложные устройства подъемной силы. Кроме того, метод не предполагает никаких затрат для экипажа, поскольку владелец является пилотом.

#### (2) Стоимость обслуживания

Стоимость профилактического и восстановительного обслуживания оценивается следующим образом. Экономия средств, достигаемая при выполнении обслуживания владельцами (в объеме, разрешенном правилами FAA) и для самолетов, сертифицированных как LSA, учитывается в этой формуле. Сертифицированные самолеты

как 14 CFR Часть 23 или 25 требуют квалифицированных механиков A&P. Для небольших самолетов может потребоваться один механик, в то время как для больших (например, двухмоторных, деловых самолетов) может потребоваться несколько механиков.

$$\text{Стоимость обслуживания \$ в год: } C_{ap} \frac{1}{4} \Phi_{me} R_{ap} V_{flgt} \quad (2-38)$$

где

$\Phi_{me}$  Соотношение часов работы по техническому обслуживанию и часов налета (см. ниже)

$R_{ap}$  Почасовая ставка сертифицированного механика по планеру и силовым установкам (A&P) (обычно 53–67 долл. США в час)  $V_{flgt}$  Количество летных часов в год.

Соотношение времени технического обслуживания и летных часов:

$$\Phi_{me} = \frac{1}{40} (30 + \Phi_1 + \Phi_2 + \Phi_3 + \Phi_4 + \Phi_5 + \Phi_6 + \Phi_7 + \Phi_8) \quad (2-39)$$

где

$\Phi_1$  0,15, если техническое обслуживание выполняется владельцем, и 0, если оно выполняется механиком A&P

$\Phi_2$  1/40 для легкого доступа к двигателю, 1/40,02 для труднодоступных мест

$\Phi_3$  1/40 для неубирающегося шасси, 1/40,02 для убирающегося шасси

$\Phi_4$  1/40, если не установлены радиостанции VFR, 1/40,02, если установлены радиостанции VFR

$\Phi_5$  1/40, если не установлены радиостанции IFR, 1/40,04, если установлены радиостанции IFR

$\Phi_6$  1/40, если не установлены встроенные топливные баки, 1/40,01, если установлены такие резервуары

$\Phi_7$  1/40 для простой системы закрылков, 1/40,02 для сложной системы закрылков

$\Phi_8$  1/40 для сертификации 14 CFR Часть 23, 1/40,10 для сертификации LSA

#### (3) Стоимость хранения

Владельцы самолетов обычно должны платить за хранение в основной базе. Предположим, что ставка в месяц составляет от 250 до 300 долларов.

$$\text{Стоимость хранения \$ в год} : C_{stor} \frac{1}{12} R_{stor} \quad (2-40)$$

где

$R_{stor}$  Скорость хранения (250–300 долларов в месяц)

#### (4) Стоимость топлива

Цены на топливо нестабильны, поэтому здесь следует ожидать колебаний.

Годовая стоимость топлива \$ в год:

$$\text{Стоимость топлива} = \frac{P_{fuel} C_{fuel} V_{flgt} R_{fuel} \frac{1}{4} \Phi_{fc} V_{flgt} R_{fuel}}{6:5} \quad (2-41)$$

<sup>11</sup>Основной учебный самолет, работающий 4 часа, 5 дней в неделю, совершает полеты 4-5-52 1/4 1040 ч в год. Всего 8760 ч/год.



где

$P_{нрс}$  Типичная мощность (BHP или SHP) во время крейсерской эксплуатации (например, 75% от номинальной максимальной мощности двигателя)  
 $СФКс$  Типичный удельный расход топлива во время крейсерского полета (например, 0,5 в час)  
 $ФФс$  Общий расход топлива в галлонах в час (например, 12 гал/ч) Р  
 $топливо$  Цена топлива в \$/галлон (например, \$5,21 за галлон)

## (5) Стоимость страховки

Стоимость страховки — это неопределенная величина, раскрываемая страховыми компаниями по каждому самолету. Она учитывает такие факторы, как опыт пилота, цена, класс и использование самолета, и это лишь некоторые из них. Пилоты с небольшим стажем платят более высокую премию, чем пилоты с большим стажем. Сельскохозяйственные самолеты участвуют в операциях с высоким риском, и это увеличивает премию. В 2012 году премия за Cessna 172 могла составлять около 1000–1500 долларов в год. Полис включает стоимость корпуса в размере 50 000 долларов и стандартную ответственность в размере 100 000 долларов на пассажира, с максимальной ответственностью в размере 1 000 000 долларов. Напротив, премия за современный самолет Cirrus SR22 стоимостью 600 000 долларов, принадлежащий и управляемый пилотом с небольшим стажем, может составлять 20 000 долларов в год, в то время как пилот с большим стажем, владеющий менее дорогим Cirrus, может заплатить всего 3000 долларов. Следующая модель стоимости проста и не учитывает такие изменения. При необходимости читатель может улучшить точность посредством исследований.

Ежегодная стоимость страхования \$ в год:

$$Синс \frac{1}{500} + 0,015 САС \quad (2-42)$$

где

$САС$  Страховая стоимость самолета.

При оценке эксплуатационных расходов новой конструкции САС равняется покупной цене самолета.

## (6) Стоимость ежегодной проверки

Он учитывает механика А&Р, осматривающего воздухопровод, самолет для технического обслуживания.

Стоимость ежегодной проверки \$ в год:  $Синсп \frac{1}{500}$  (2-43)

## (7) Капитальный ремонт двигателя

Двигатель(и) самолета регулярно проходят капитальный ремонт в соответствии с требованиями к двигателю. время между капитальными ремонтами (ТВО (указано в часах)). Это дорогостоящее требование амортизируется в течение общего количества часов полета самолета за этот период. Если стоимость известна заранее, почасовую ставку можно получить, разделив ее на ТВО двигателя. Например, двигатели Lycoming и Continental обычно имеют ТВО около 2000 ч. Если ожидается, что стоимость капитального ремонта составит 10 000 долларов, то разумно брать 5 долларов за час полета. Это отражено в выражении ниже:

Фонд капитального ремонта двигателя \$ в год :

$$Снад \frac{1}{5} Нангл \quad Вфлгт \quad (2-44)$$

где

$Нангл$  Количество двигателей

## (8) Стоимость выплат по кредиту

Если самолет был полностью или частично профинансирован через финансовые учреждения, годовая стоимость погашения этих кредитов также должна быть включена. Это учитывается, как показано ниже, с использованием стандартной формулы ипотеки:

$$\text{Ежемесячный платеж по кредиту: } \frac{С_{\text{осн}} \frac{1}{12} \frac{П}{1 - 1 = \delta 1 + \frac{П}{\text{я} Р_n}} \quad (2-45)$$

где

$П$  Основная сумма или сумма первоначально взятых в долг денег

$\frac{1}{\text{я}}$  Ежемесячная процентная ставка

$n$  Количество периодов оплаты в месяцах. Таким образом, 15 лет будет  $12 \frac{1}{15} 180$  платежных периодов

Ежегодный платеж по кредиту \$ в год :

$$С_{\text{заем}} \frac{1}{12} \frac{П}{1 - 1 = \delta 1 + \frac{П}{\text{я} Р_n}} \quad (2-46)$$

## (9) Общие годовые эксплуатационные расходы

Эта стоимость получается путем суммирования всех взносов.

Общая годовая стоимость:

$$С_{\text{год}} \frac{1}{500} С_{\text{ап}} + С_{\text{стор}} + С_{\text{топливо}} + Синс + Синсп + Снад + С_{\text{заем}} \quad (2-47)$$

И наконец, стоимость каждого часа полета должна быть:

$$\text{Стоимость за час полета: } \frac{С_{\text{нр}} \frac{1}{\text{год}}}{Вфлгт} \quad (2-48)$$

## ПРИМЕР 2-5

Оцените эксплуатационные расходы самолета из примера 2-1, предположив следующий сценарий.

(1) Самолет сертифицирован по 14 CFR Часть 23.

(2) Его обслуживает механик А&Р, который берет 60 долларов в час.

(3) Самолет имеет легкий доступ к двигателю, фиксированное шасси, радиооборудование только для полетов по приборам, встроенные топливные баки и простую систему закрылков.

## ПРИМЕР 2-5 (продолжение)

(4) Он летает 300 часов в год. Его двигатель мощностью 310 л.с. потребляет в среднем 16 галлонов топлива в час по цене 5 долларов за галлон.

(5) Стоимость хранения составляет 250 долларов в месяц.

(6) Используйте данную модель страхования, и цена самолета будет такой же, как в примере 2-3, или 350 000 долларов.

(7) Самолет полностью оплачен за счет 15-летнего кредита с годовой процентной ставкой 9%.

## РЕШЕНИЕ:

Начните с оценки соотношения времени технического обслуживания и летных часов:

$$\Phi_{\text{МФ}} \frac{1}{40:30} + \Phi_1 + \Phi_2 + \Phi_3 + \Phi_4 + \Phi_5 + \Phi_6 + \Phi_7 + \Phi_8 \\ \frac{1}{40:30} + 0 + 0 + 0 + 0 + 0 + 0:04 + 0:01 + 0 + 0 \frac{1}{40:35}$$

Ежегодная стоимость обслуживания:

$$C_{\text{АП}} \frac{1}{4} \Phi_{\text{МФ}} R_{\text{АП}} V_{\text{ФЛГТ}} \frac{1}{40,35} \quad 60 \, 300 \frac{1}{4} \$6300$$

Годовая стоимость хранения:

$$C_{\text{СТОП}} \frac{1}{4} 12 P_{\text{СТОП}} \frac{1}{4} 12 \, 250 \frac{1}{4} \$3000$$

Годовая стоимость топлива:

$$C_{\text{ТОПЛИВО}} \frac{1}{4} \Phi_{\text{ФКР}} \text{Круиз} V_{\text{ФЛГТ}} P_{\text{ТОПЛИВО}} \frac{1}{4} 16 \, 300 \, 5 \frac{1}{4} \$24000$$

Годовая стоимость страхования:

$$\text{Синс} \frac{1}{4} 500 + 0,015 C_{\text{АС}} \frac{1}{4} 500 + 0,015 (350000) \frac{1}{4} \$5750$$

Стоимость ежегодного осмотра:

$$\text{Синсп} \frac{1}{4} \$500$$

Фонд капитального ремонта двигателя:

$$C_{\text{НАД}} \frac{1}{4} 5 \, 1 \, 300 \frac{1}{4} \$1500$$

Ежегодный платеж по кредиту:

$$C_{\text{ЗАЕМ}} \frac{1}{4} \frac{12 P_{\text{и}}}{1 - 1 = \delta 1 + \text{яРн}} \frac{1}{4} \frac{12 \, 350 \, 000 P_{\delta 0:09} = 12 P}{1 - 1 = \delta 1 + \delta 0:09 = 12 P \delta 12-15 P} \frac{1}{4} \$42 \, 599$$

Ежемесячный платеж составляет 42 599 долл. США/12.  $\frac{1}{4} \$3550$ .

Общая годовая стоимость владения и эксплуатации самолета составляет сумму этих расходов, или:

$$C_{\text{ГОД}} \frac{1}{4} C_{\text{АП}} + C_{\text{СТОП}} + C_{\text{ТОПЛИВО}} + \text{Синс} + \text{Синсп} + C_{\text{НАД}} + C_{\text{ЗАЕМ}} \\ \frac{1}{4} \$6300 + 3000 \$ + 24000 \$ + 5750 \$ + 500 \$$$

+ 1500 долларов США + 42599 долларов США/12 \$83649

Стоимость за час полета, исходя из 300 часов в год:

$$C_{\text{НР}} \frac{1}{4} \frac{\$83649}{300 \, \text{ч.}} \quad \$279 \, \text{в час}$$

профессионально управляемый самолет, поддерживаемый высококачественным техническим обслуживанием, и который подлежит другим расходам, которые уже были подробно описаны в Раздел 2.3.1. Для бизнес-джетов, сертифицированных по 14 CFR Часть 25, читатель может получить более точную информацию от таких компаний, как Conklin и de Decker,<sup>12</sup> который собирает такие данные подробно для всех самолетов, которые в настоящее время находятся в эксплуатации. Список связанных со стоимостью элементов для таких самолетов представлен в Таблица 2-6 и основан на подходе Конклина и де Деккера.

Количество летных часов в год (В<sub>ФЛГТ</sub>) для обычных деловых самолетов варьируется от 100 часов в год для неиспользуемых самолетов до, возможно, 600 часов или более. Деловые самолеты сертифицированы в соответствии с 14 CFR Часть 23 или 25 и требуют квалифицированных механиков А&Р: большинство будет иметь несколько механиков.

(1) Стоимость обслуживания (\$ в год):

$$C_{\text{АП}} \frac{1}{4} \Phi_{\text{МФ}} R_{\text{АП}} V_{\text{ФЛГТ}} \quad (2-49)$$

где

$\Phi_{\text{МФ}} \frac{1}{4}$  Соотношение часов работы по техническому обслуживанию и часов налета (см. ниже)

$R_{\text{АП}} \frac{1}{4}$  Почасовая ставка сертифицированного механика по планеру и силовым установкам (А&Р) (обычно 53–67 долл. США в час)  $V_{\text{ФЛГТ}} \frac{1}{4}$  Количество летных часов в год.

Соотношение технического обслуживания и летных часов:

$$\Phi_{\text{МФ}} \frac{1}{4} 2:00 + \Phi_1 + \Phi_2 + \Phi_3 + \Phi_4 + \Phi_5 + \Phi_6 \quad (2-50)$$

где

$\Phi_1 \frac{1}{4} 0$  для легкого доступа к двигателю,  $\frac{1}{4} 0,2$  для труднодоступных мест

$\Phi_2 \frac{1}{4} 0$  для неубирающегося шасси,  $\frac{1}{4} 0,2$  для убирающегося шасси

$\Phi_3 \frac{1}{4} 0$ , если установлена простая авионика,  $\frac{1}{4} 0,2$  при установке сложной авионики

$\Phi_4 \frac{1}{4} 0$ , если не установлены встроенные топливные баки,  $\frac{1}{4} 0,1$ , если установлены такие резервуары

$\Phi_5 \frac{1}{4} 0$  для простой системы закрылков,  $\frac{1}{4} 0,2$  для сложной системы закрылков

$\Phi_6 \frac{1}{4} 0$  для сертификации 14 CFR Часть 23,  $\frac{1}{4} 0,5$  для сертификации 14 CFR Часть 25

(2) Стоимость хранения (\$ в год):

Использовать уравнение (2-40), но предположим  $P_{\text{СТОП}} \frac{1}{4}$  Стоимость хранения от 500 до 3000 долларов США в месяц в зависимости от размера необходимого ангара.

(3) Годовая стоимость топлива (\$ в год):

$$C_{\text{ТОПЛИВО}} \frac{1}{4} \frac{\Phi_{\text{ФКР}} V_{\text{ФЛГТ}} P_{\text{ТОПЛИВО}}}{6:7} \quad (2-51)$$

### 2.3.2 Прямые эксплуатационные расходы бизнес-самолета

Эта презентация предназначена для оценки расходов, связанных с самолетами бизнес-класса. Она предполагает

<sup>12</sup> Видеть <http://www.conklindd.com>.

ТАБЛИЦА 2-6 Анализ переменных и постоянных затрат для типичного бизнес-джета (действителен на 2019 год).

	Small Jet	Medium Jet	Large Jet
<b>ESTIMATED HOURLY VARIABLE COSTS</b>			
<b>FUEL COSTS PER FLIGHT HOUR</b>			
Fuel (typical jet fuel costs \$4.73/gal in 2018)	\$1,200	\$1,400	\$1,800
Fuel Additives	-	-	-
Lubricants	-	-	-
<b>MAINTENANCE LABOR COSTS PER FLIGHT HOUR</b>			
Maintenance Labor Cost per Hour	\$110	\$110	\$110
Maintenance Hours/Flight Hour	4	4	4
Maintenance Labor	\$440	\$440	\$440
Parts Airframe/Eng/Avionics	\$200	\$200	\$200
<b>POWERPLANT OVERHAUL FUND PER FLIGHT HOUR</b>			
Engine Restoration	\$350	\$400	\$600
Thrust Reverser Allowance	\$14	\$26	\$45
APU Allowance	\$14	\$60	\$60
<b>MISCELLANEOUS EXPENSES PER FLIGHT HOUR</b>			
Landing/Parking	\$20	\$45	\$75
Crew Expenses	\$70	\$280	\$280
Supplies/Catering	\$35	\$150	\$150
Carbon Offset	-	-	-
Other	-	-	-
<b>TOTALS</b>			
Total Variable Cost/Hour	\$2,343	\$3,001	\$3,650
<b>ANNUAL FIXED COST</b>			
<b>CREW AND OPERATIONAL COSTS</b>			
Crew salaries - Captain (NBAA rates)	\$95,000	\$135,000	\$161,000
- Co Pilot	\$60,000	\$90,000	\$94,000
- Flight Attendant	-	\$84,000	\$89,000
- Flight Eng/Other	-	-	-
- Benefits	\$47,000	\$93,000	\$104,000
Hangar - Typical	\$25,700	\$61,300	\$82,500
<b>INSURANCE COSTS</b>			
Insurance - Hull	\$7,735	\$32,300	\$41,760
Single Limit Liability	\$10,500	\$16,500	\$16,500
<b>OTHER COSTS</b>			
Recurrent Training	\$27,200	\$58,200	\$85,600
Aircraft Modernization (?)	\$45,000	\$33,333	\$33,333
Navigation Chart Service	\$4,800	\$18,500	\$18,500
Refurbishing (?)	\$16,800	\$78,500	\$117,500
Computer Mx. Program (?)	\$9,750	\$12,000	\$12,000
Weather Service	\$700	\$700	\$700
Other Fixed Costs	-	-	-
Mgmt Fee/Yr	-	-	-
<b>TOTALS</b>			
Total Fixed Cost/Year	\$350,185	\$713,333	\$856,393

где

$\frac{Ф_{кр3}}{4}$ Общийрасход топлива в галлонах в час (например, 600 фунтов/час)  
 $\frac{Р_{топливо}}{4}$ Цена топлива в \$/галлон (например, \$6,32 за галлон)

(4) Ежегодная стоимость страхования (\$ в год):

Использовать уравнение(2-42)при отсутствии более точной информации.

(5) Стоимость ежегодной проверки (\$ в год):

$$\text{Синсп} \frac{1}{4} \$1000\text{-}15000\$ \quad (2\text{-}52)$$

(6) Капитальный ремонт двигателя

Те же правила относительно ТВО для винтовых двигателей действуют и для реактивных двигателей. Например, двигатели Williams International FJ44 обычно имеют ТВО около 4000 ч, Pratt & Whitney PW306 около 6000 ч. Если ожидается, что стоимость капитального ремонта составит от 30 000 до 40 000 долл. США, то разумно взять от 6,7 до 7,5 долл. США за час полета на двигатель. Более высокое значение отражено в выражении ниже:

$$\text{Фонд капитального ремонта двигателя \$ в год:} \quad \text{Снад} \frac{1}{4} 7\text{:}5 \text{НанглВфлгт} \quad (2\text{-}53)$$

где

$\frac{\text{Нангл}}{4}$ Количество двигателей

(7) Стоимость экипажа

Некоторые бизнес-самолеты эксплуатируются только по летным часам. Соответствующие расходы на экипаж в таком случае основаны на количестве летных часов в год. При отсутствии более подробной информации для оценки этих расходов можно использовать следующее выражение:

$$\text{Почасовая оплата труда:} \frac{\text{Сэкипаж}}{4} \frac{\text{Нэкипаж}}{4} \quad \text{Рэкипаж} \quad \text{Вфлгт} \quad (2\text{-}54)$$

где

$\frac{\text{Нэкипаж}}{4}$ Количество членов экипажа, необходимое для управления самолетом.

$\frac{\text{Рэкипаж}}{4}$ Почасовая ставка экипажа в час — зависит от бизнеса.

Термин  $\frac{\text{Рэкипаж}}{4}$ зависит от бизнеса и может варьироваться от \$50 до \$150 в час. Другие бизнес-самолеты имеют штатных пилотов и даже бортпроводников, с соответствующими годовыми расходами на зарплату и льготы (см. Таблица 2-6). Другие компании могут держать на борту только одного штатного пилота и нанимать второго пилота и бортпроводника по мере необходимости. В этом случае уравнение(2-54)может быть использован для учета дополнительного экипажа и его добавленной стоимости к стоимости штатного пилота.

(8) Ежегодный платеж по кредиту (\$ в год):

Использовать уравнения(2-45) и (2-46).

Общая годовая стоимость:

$$\begin{aligned} \text{Сгод} \frac{1}{4} & \text{Сап} + \text{Сстор} + \text{Стопливо} + \text{Синс} + \text{Синсп} + \text{Снад} \\ & + \text{Сзаем} + \text{Сэкипаж} \end{aligned} \quad (2\text{-}55)$$

Следуйте тем же процедурам, которые представлены вРаздел 2.3.1.

2.3.3 Несколько слов об эксплуатационных расходах на самолет

Эксплуатационные расходы на бизнес-самолеты имеют большое значение для оператора. Проектировщик должен оценить три вида расходов для клиента, чтобы можно было сравнить их с существующими и конкурирующими самолетами: (а) общая годовая фиксированная стоимость, (b) общая переменная стоимость за час полета и (с) стоимость за морскую милю (или км) полета. Примеры расходов для конкретных самолетов представлены вТаблица 2-7. Хотя они датированы, их можно обновить с помощью CPI на основе даты их появления в печати.

ТАБЛИЦА 2-7Эксплуатационные расходы на конкретные самолеты деловой авиации.

Aircraft	Total Annual Fixed Cost	Total Variable Cost per Flight Hour	Cost per Nautical Mile	Reference - Date
Pilatus PC-12 (1/8 share)	\$174 354	\$1 743.54	\$8.07	[11] – 01/21/2010
Pilatus PC-12 (private)	\$275 774	\$2 757.74	\$12.74	
Cessna Citation X (1/8 share)	\$537 540	\$5 375.40	\$11.41	
Cessna Citation X (private)	\$876 608	\$8 766.08	\$18.61	[12] – 11/12/2012
Cessna Citation CJ3	\$336 951	\$1 607.52	\$4.02	
Hawker 850XP	\$430 570	\$2 695.24	\$6.61	
Challenger 300	\$703 552	\$2 894.25	\$6.91	
Falcon 2000EX	\$715 545	\$3 137.12	\$7.04	
Gulfstream 550	\$958 478	\$4 272.14	\$10.08	[13] – 05/10/2016
Gulfstream 450	\$878 884	\$9 980.00	-	



## УПРАЖНЕНИЯ

- (1) Новый стартап проектирует самолет LSA, и вас наняли для оценки бизнес-кейса. Планируется, что несущие поверхности нового самолета будут композитными, но фюзеляж будет изготовлен из алюминия. Таким образом, предполагается, что 50% самолета будет композитным и 50% алюминиевым. Предполагаемый вес планера составляет 530 фунтов, а максимальная скорость горизонтального полета в 120 узлов (Вчас). Предполагается, что за 5 лет будет изготовлено 250 самолетов. Самолет имеет коническое крыло с простой системой закрылков и, как требуется для самолетов LSA, фюзеляж негерметичен, а также имеет винт фиксированного шага диаметром 69 дюймов, приводимый в движение поршневым двигателем. Оцените следующее:
- (а) Количество рабочих часов инженерного времени.
  - (б) Количество рабочих часов для строительной оснастки.
  - (с) Количество рабочих часов для производства 250 самолетов.
  - (г) Оцените количество людей, необходимых для каждого из вышеперечисленных пунктов, предполагая 40 часов в неделю в течение 48 недель в году и производственный цикл в течение 5 лет (как указано выше). Другими словами, сколько Потребуется ли в течение этого периода инженеры, инструменты и техники?
  - (е) Оцените среднее количество часов, необходимое для производства каждого планера.
- (2) Используя самолет из упражнения (1), оцените общую стоимость сертификации и производства 250 единиц за 5-летний период, предполагая, что эффективность опыта составляет 95%, а ставки по проектированию, инструментам и производству составляют 95, 65 и 55 долларов в час соответственно. Предположим, что стоимость ответственности за качество продукции составляет 15%. Планируемое количество прототипов — 2. Используйте индекс потребительских цен за 2012 год (т. е. ИПЦ<sub>2012</sub>=1). Решите задачу с помощью программного обеспечения для работы с электронными таблицами и подготовьте оценку, подобную той, что приведена ниже.
- Таблица 2-2 и проверить с помощью стандартных ручных расчетов.
- Определить:
- (а) Стоимость сертификации.
  - (б) Общая стоимость за единицу производить.
  - (с) Анализ безубыточности для розничных цен на уровне 15 000, 30 000 и 45 000 долларов США и выше общая стоимость за единицу. Предположим, что агенту по продажам выплачивается 7000 долларов за каждый проданный самолет (т. е. прибавьте 7000 долларов к трем розничным ценам).
  - (г) Определите цену трех самолетов LSA, изучив веб-сайты производителей (например, перейдите по ссылке: <http://www.lightsportaircrafthq.com/> для списка производителей).
- (3) Оцените почасовую стоимость эксплуатации самолета из упражнения (1) для трех вариантов розничной цены, предполагая, что его обслуживает механик А&Р, который берет 50 долларов в час. Он имеет легкий доступ к двигателю, фиксированный

шасси; только радиостанции IFR, встроенные топливные баки и простая система закрылков. Он летает 150 часов в год. Его двигатель мощностью 100 л. с. потребляет в среднем 6 галлонов/час топлива по цене 5 долларов за галлон. Стоимость хранения составляет 50 долларов в месяц. Двигатель. Время между капитальными ремонтами (ТВО) составляет 1500 ч, а стоимость капитального ремонта составляет 4500 долл. Включите стоимость приобретения самолета, предположив, что он куплен с первоначальным взносом в размере 20%, а остаток взят в кредит под 9% годовых на 15 лет. Обратите внимание, что  $C_{\text{сумма}}$  представляет собой сумму общей стоимости за единицу, наценки и комиссии за продажу, т. е. общую сумму, уплаченную клиентом в качестве Fly-Цена на выезде.

- (4) (а) Общая стоимость разработки совершенно нового самолета может быть выражена как сумма фиксированных затрат (констант), обозначаемых как  $F$ , и переменные затраты, которые можно выразить как  $Q \cdot H$ , где  $Q$  — это переменные затраты на единицу продукции и  $H$  — количество произведенных единиц. Рассмотрим сценарий, в котором розничная цена продукта является переменной, а не постоянной, чтобы помочь первоначальному маркетингу самолета. В качестве примера такой переменной структуры розничной цены рассмотрим ситуацию, когда цена продажи единицы (назовем ее  $P_1$ ) сначала низкая, чтобы помочь продвижению самолета, но затем она повышается до  $P_2$  после определенного количества единиц,  $N_1$ , было произведено. Выведите выражение для точки безубыточности, т. е. общее количество единиц,  $N$ , требуется для безубыточности.
- (б) Рассчитайте количество единиц продукции, которое необходимо произвести для достижения безубыточности в сценарии, в котором  $F = 450$  миллионов долларов,  $Q = 0,285$  млн. \$/ед.,  $P_1 = 40,350$  млн. \$,  $P_2 = 40,450$  млн. \$, и  $N_1 = 300$ . Сколько единиц потребуется, если цена не увеличится и будет предложена  $P_1$ ?

## Ссылки

- [1] Р. Гесс, Х. Романофф, Отношения оценки стоимости планера самолета, R-3255-AF, корпорация RAND, декабрь 1987 г.
- [2] <http://www.rand.org>. (Дата обращения 18 декабря 2018 г.).
- [3] CN Eastlake, HW Blackwell, Программное обеспечение для оценки стоимости проектирования самолетов авиации общего назначения, Труды Национальной конференции ASEE, Сент-Луис, Миссури, 2000 г.
- [4] Аноним, Статистический справочник по авиации общего назначения и прогноз отрасли за 2016 год, Ассоциация производителей авиации общего назначения, 2017.
- [5] Аноним, Годовой отчет за 2018 год, Ассоциация производителей авиации общего назначения, 2019.
- [6] <http://www.gama.aero>. (Дата обращения 18 декабря 2018 г.).
- [7] Аноним, Авиация общего назначения: состояние отрасли, сопутствующая инфраструктура и вопросы безопасности, Отчет для запрашивающих в Конгрессе, GAO-01-916, Главное контрольно-финансовое управление США, август 2001 г., стр. 18.
- [8] А. Якобсон, К. Цубаки, Экономика при проектировании новых коммерческих самолетов, Совещание по авиационным системам, проектированию и технологиям, 1986 г. <https://doi-org.ezproxy.libproxy.db.erau.edu/10.2514/6.1986-2667>.
- [9] <https://www.conklindd.com/t-Articleaircraftlifecylecosting.aspx>. (Дата обращения 18 декабря 2018 г.).



[10] С. Поуп (ред.), Flying Magazine 2018 Руководство покупателя, Журнал Flying, январь 2018 г. [www.flyingmag.com](http://www.flyingmag.com).

[11] Кокс, Джереми, Сколько на самом деле стоит ваш собственный бизнес-джет — объяснение формулы, Онлайн-версия журнала Forbes Business Magazine, 2010 г. [Дата обращения: 29.02.2019].

[12] Уайт, Аласдер, Сколько стоит владение бизнес-джетом? Corporate Jet Investor онлайн, 2012. [Дата обращения 01.03.2019].

[13] Янг-Браун, Фиона, Стоимость владения и эксплуатации Gulfstream G450, Отчет шерпа онлайн, 2016. [Дата обращения 27.02.2020].