

### 3.10. МОДЕЛИ БЕЗУБЫТОЧНОСТИ ПРОИЗВОДСТВА

Щербинин В.П., старший преподаватель

*Байкальский государственный университет экономики и права (филиал в г. Усть-Илимске)*

В статье сделан обзор существующих подходов и моделей к анализу безубыточности производства. Автором предложен новый вероятностный подход к оценке затрат и доходов, описана модель анализа безубыточности в рамках этого подхода.

Прибыльная деятельность любого коммерческого предприятия является важнейшей экономической целью его функционирования. Важнейшим условием такой деятельности является безубыточность, то есть такое состояние предприятия, в котором возможен стабильный положительный финансовый результат. Существует множество подходов к достижению такого состояния. Все эти подходы можно объединить в определенную концепцию. Относительно «концепции безубыточности» следует отметить, что данный термин довольно часто встречается в литературе. Другим аналогом этого термина является так называемый CVP-анализ, который расшифровывается как cost – volume – profit, что означает издержки – объем – прибыль. Эти три понятия являются ключевыми в концепции безубыточности, она опирается на их взаимосвязь.

Концепция безубыточности позволяет решать следующие задачи:

- определение объемов реализации продукции, при которых валовые затраты полностью покрываются валовыми доходами и валовая прибыль при этом равна нулю;
- расчет объема продаж, который обеспечит предприятию заданный уровень прибыли;
- анализ влияния на безубыточный уровень продаж затрат и цен;
- определение запаса финансовой прочности, который определяется как процент, на который может быть снижен объем продаж без риска возникновения убытков;
- выявление нерентабельных продуктов, которые требуют мероприятий по изменению ситуации или прекращению производства таких продуктов;
- обоснование ассортиментной политики фирмы;
- выбор и замена оборудования;
- оценка дополнительных заказов;
- решение вопроса о собственном производстве или закупке со стороны.

Как видно, концепция безубыточности является мощным инструментом планирования и оценки деятельности предприятия. Решение вышеперечисленных задач опирается на определенные методы проведения анализа безубыточности. На основе этих методов разработаны различные модели безубыточности, которые и являются предметом данной статьи.

Рассмотрение моделей безубыточности уместно начать с базовой модели, лежащей в основе концепции безубыточности. Базовая модель содержит ряд допущений, ограничивающих ее использование. Естественно, действительность гораздо сложнее, чем базовая модель. Поэтому следует понимать, что базовая модель – только частный случай. Несмотря на это, в основе фундаментальных принципов концепции безубыточности такая модель будет, несомненно, полезной, поскольку уже в таком виде модель позволяет вскрыть принципиальные закономерности, имеющие

место в действительности. Поэтому базовая модель концепции безубыточности используется автором как отправная точка в исследовании. Конечной же целью данной статьи автор ставит получение такой модели, которая бы более полно отражала реальные экономические взаимозависимости.

Анализ безубыточности базируется на принципе разделения полных издержек предприятия на переменные и постоянные. Впервые данный принцип был предложен американским экономистом Дж. Кларком в 1923 году. Под издержками (затратами) понимается стоимость факторов производства, использованных при производстве товаров, услуг.

Деление издержек на переменные и постоянные осуществляется исходя из их поведения в зависимости от изменения объемов производства. Переменные – это затраты, сумма которых имеет в конкретной ситуации ту или иную (линейную или нелинейную) зависимость от объемов производства. Постоянными называются такие затраты, общая сумма которых остается неизменной при изменении объемов производства в достаточно широком диапазоне. Сумма постоянных (fixed cost, **FC**) и переменных затрат (variable cost, **VC**) называется полными затратами (total cost, **TC**)

$$TC = VC + FC \tag{1}$$

Данные определения касаются валовых затрат, то есть в расчете на весь объем производства. Однозначное отнесение тех или иных элементов затрат к переменным или постоянным невозможно. В каждом случае этот вопрос решается по-разному. Все зависит от содержания деятельности конкретного предприятия. Например, нельзя сказать, что затраты на топливо и энергию – всегда переменные или всегда постоянные. Если речь идет о топливе и энергии, расходуемых для отопления и освещения помещений, занимаемых административно-управленческим персоналом, это постоянные издержки. В то же время топливо, используемое автотранспортом предприятия, осуществляющего грузоперевозки, или энергия, потребляемая в технологическом процессе производства, являются переменными затратами. Другой пример – заработная плата. Сдельная заработная плата производственных рабочих – переменные затраты, оклады работников вспомогательного производства – постоянные. Налоговые платежи тоже представляют собой и тот и другой вид издержек. Например, налог на имущество будет отнесен к постоянным, а налог на добавленную стоимость или таможенные пошлины – к переменным затратам. Подобных примеров встречается множество. Тем не менее, существуют методы разделения издержек на переменные и постоянные, среди них:

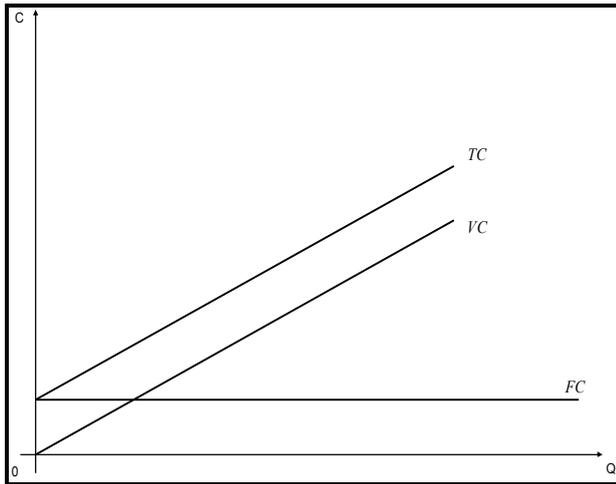
- метод высшей и низшей точки, графический (корреляционный);
- метод наименьших квадратов (регрессионный), инженерный.

Базовая модель поведения валовых издержек при изменении объемов производства представлена на рис. 1. Допущения, сделанные в данной модели, следующие:

- валовые переменные издержки имеют линейную зависимость от объема производства;
- величина валовых постоянных издержек неизменна на релевантном диапазоне объема производства.

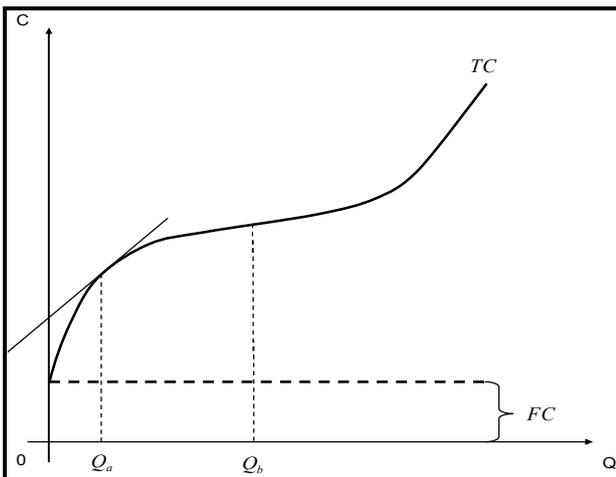
Несмотря на допущения о поведении валовых издержек, сделанные в базовой модели, уже такая модель дает возможность определить ряд важных закономерностей:

- валовые переменные издержки начинаются от начала координат. Это означает, что при отсутствии деятельности по производству товаров и услуг валовые переменные издержки равны нулю;
- валовые переменные издержки находятся в прямой зависимости от объемов производства: чем он больше, тем больше сумма валовых переменных издержек;
- валовые постоянные затраты имеют место и при нулевом объеме производства, то есть они сохраняются даже в том случае, если производство полностью остановится;
- валовые полные затраты имеют такую же форму, как и валовые переменные;
- величина валовых полных затрат по мере роста объемов производства все больше определяется валовыми переменными издержками и все меньше валовыми постоянными.



**Рис. 1. Базовая модель поведения валовых издержек при изменении объемов производства**

Рассмотренный подход к поведению затрат получил в литературе название бухгалтерского. Он является более простым и наиболее практичным. Определим его сущность. Все затраты предприятия, как уже было сказано, могут вести себя как переменные или как постоянные. Зависимость переменных и валовых затрат от объема производства носит линейный характер на рассматриваемом интервале изменений объемов производства.



**Рис. 2. График общих затрат при микроэкономическом подходе**

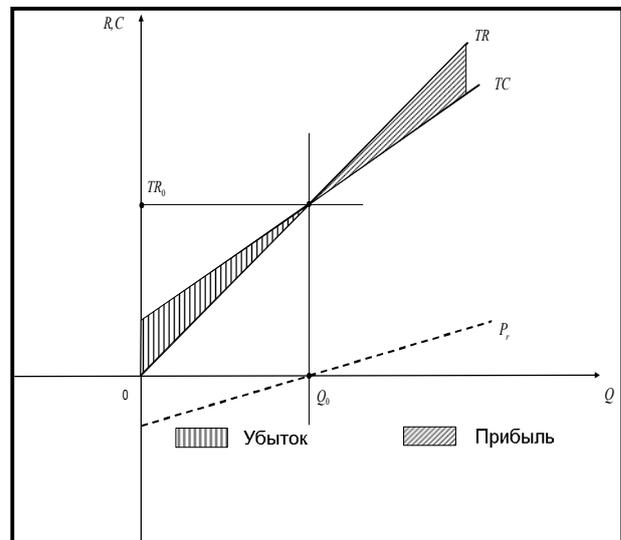
Но наряду с бухгалтерским подходом существует еще микроэкономический подход к определению из-

держек предприятия. Приверженцы такого подхода считают, что линия себестоимости представляет собой кривую, которую они и называют кривой себестоимости или кривой общих затрат. Опуская доказательства, рассмотрим главные особенности этого подхода. На рис. 2 приведен график общих затрат.

Как видно из графика, затраты вначале возрастают довольно интенсивно до точки  $Q_a$ , затем приращение затрат на каждую дополнительную единицу продукции (предельные издержки) снижается вплоть до объема, выраженного точкой  $Q_b$ , после которого интенсивность приращения затрат повышается. На графике это видно по изменению угла касательной к кривой общих затрат. Данная зависимость вызвана действием эффекта от масштаба производства, а также законом убывающей производительности факторов производства.

Расхождения между бухгалтерским и микроэкономическим подходами к определению затрат существуют, когда речь идет об их изменении от нулевого до максимального объемов производства в пределах производственной мощности предприятия. Если объем производства изменяется незначительно или стабильный от периода к периоду, то в данном случае различия между двумя подходами сводятся к минимуму, поскольку кривую себестоимости на каждом рассматриваемом участке можно рассматривать приближенно как прямую.

Рассмотренные подходы к поведению затрат лежат в основе соответствующих моделей анализа безубыточности. Как известно, безубыточность характеризуется порогом, переступив который, предприятие начинает приносить прибыль. Называется данный порог точкой безубыточности (break-even point BEP,  $TR_0$ ). Поэтому объем производства, при котором нет ни прибыли, ни убытков, также называют порогом рентабельности, точкой окупаемости, точкой нулевой прибыли, критической точкой. Рассмотрим порядок нахождения точки безубыточности в рамках бухгалтерской модели (рис. 3).



**Рис. 3. Точка безубыточности и график валовой прибыли ( $P_p$ ) в бухгалтерской модели**

Точка безубыточности в натуральном выражении есть критический объем производства ( $Q_0$ ). Точка безубыточности в денежном выражении ( $TR_0$ ) есть критический оборот.

Математический инструментарий определения точки безубыточности достаточно известен и прост. Впервые он был предложен в 1930 г. американским инженером Уолтером Раутенштрахом как способ планирования, известный под названием графика критического объема производства (break-even chart). Он явился одним из первых синтетических инструментов, поступивших в распоряжение руководителей производства<sup>1</sup>. В отечественной литературе он был описан Н.Г. Чумаченко в 1957 г. [1]. Рассмотрим формально задачу определения точки безубыточности. Для этого можно воспользоваться любым уравнением валовой прибыли из формулы (2), являющейся фундаментальной в рамках концепции безубыточности.

$$P_r = p \cdot Q - v \cdot Q - FC = TR - VC - FC = TR - TC = GM - FC, \quad (2)$$

где

$p$  – цена продукции;

$v$  – удельные переменные затраты;

$GM$  – валовой маржинальный доход;

$TR$  – валовая выручка.

Приняв величину валовой прибыли равной нулю, из формулы (2) можно вывести формулу для определения точки безубыточности как в натуральном выражении (3), так и в денежном выражении (4):

$$Q_0 = \frac{FC}{p-v}; \quad (3)$$

$$TR_0 = \frac{FC}{1-\frac{v}{p}}. \quad (4)$$

Показатели безубыточности (3) и (4), рассчитанные по бухгалтерской модели, конечно, не претендуют на точность, но они уже в первом приближении позволяют определить зону безубыточности. Поэтому на практике используется как раз эта модель ввиду простоты расчетов.

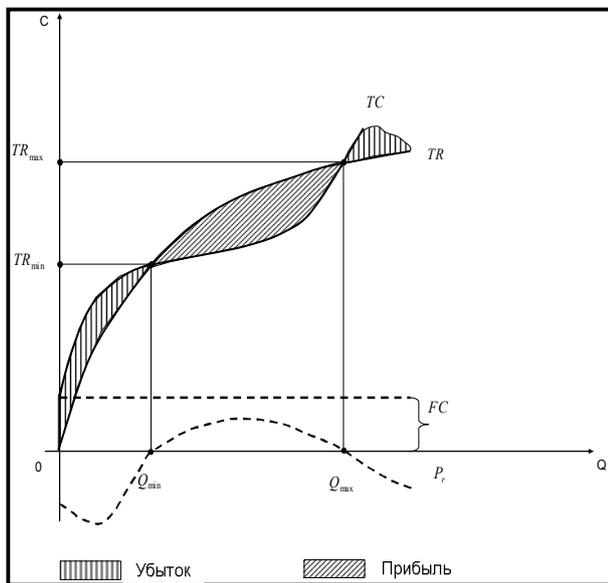


Рис. 4. Точки безубыточности и график валовой прибыли ( $P_r$ ) в микроэкономической модели

Рассмотрим модель анализа безубыточности, основанную на микроэкономическом подходе к поведению затрат (рис. 4).

Микроэкономическая модель безубыточности предполагает, кроме нелинейности общих затрат, еще и нелинейное поведение доходов (валовой выручки) предприятия с ростом объемов. Это объясняется свойством насыщения рынка при определенном объеме продаж, и каждая последующая единица продаваемого товара может быть реализована по меньшей цене. Поэтому при данном подходе появляются уже две точки безубыточности, которые образуют некий интервал. В пределах данного интервала предприятие получает прибыль, за пределами – убыток. Если в бухгалтерской модели при превышении точки безубыточности ( $Q_0$ ) прибыль предприятия начинает неограниченно возрастать, то в микроэкономической модели такой рост ограничен определенным максимумом прибыли (на графике примерно середина интервала [ $Q_{min}$ ;  $Q_{max}$ ]). Ввиду нелинейности общих затрат и выручки, график валовой прибыли будет также нелинейный.

Обозначенные объемы безубыточности  $Q_{min}$  и  $Q_{max}$  могут быть найдены аналитическим путем. Зная уравнения для общих затрат и выручки и приравняв одно к другому, процесс нахождения неизвестных объемов сводится к решению системы нелинейных уравнений. В связи со сложностью расчетов микроэкономическая модель безубыточности получила меньшее распространение на практике, хотя она точнее отражает взаимосвязь доходов, затрат и объемов. Данная модель будет более полезна в средне- и долгосрочном планировании, когда требуется рассчитать приемлемый размер производства, зная параметры будущего спроса на продукцию. Следует сказать, что зависимости, изображенные на рис. 4, являются далеко не исчерпывающими, а представляют один из вариантов поведения рассматриваемых показателей. Наличие более чем одной точки безубыточности также вполне возможно и в бухгалтерской модели, если предположить, что постоянные затраты меняются ступенчато в зависимости от конкретного диапазона изменения объемов производства. На множественность точек безубыточности указывал Н.Г. Чумаченко [1]. Ситуация, подобная описанной, изображена на рис. 5.

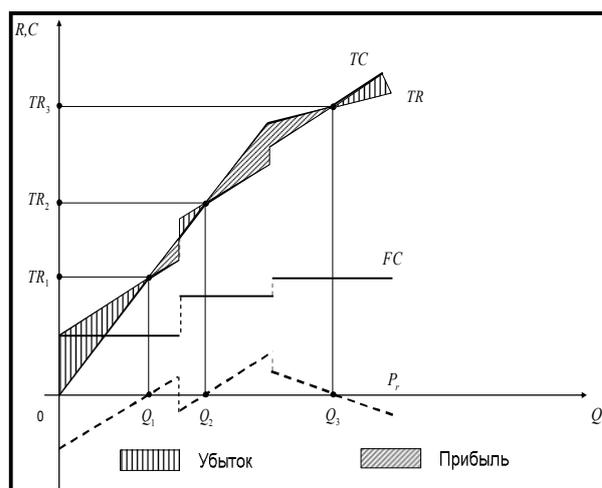


Рис. 5. Точки безубыточности и график валовой прибыли ( $P_r$ ) в бухгалтерской модели

<sup>1</sup> Martin Kenneth Starr, Production Management: Systems and Synthesis, Englewood Cliffs, N. J., Prentice-Hall, 1964, p. 58.

Помимо рассмотренных моделей безубыточности, основанных на бухгалтерском и микроэкономическом подходах к поведению затрат, существует множество дополнений и модификаций этих моделей. Так, в рамках бухгалтерской модели разработаны модели анализа безубыточности производства нескольких продуктов. Центральным вопросом применения этих моделей является выбор способа распределения постоянных затрат между производимыми продуктами. Например, в случае производства двух продуктов имеется множество сочетаний объемов, дающих нулевую прибыль. На рис. 6 это множество образует прямую, уравнение которой

$$x_1 m_1 + x_2 m_2 = FC, \quad (5)$$

где  $x_1, x_2$  – объемы производства продуктов;  
 $m_1, m_2$  – удельные маржинальные доходы по первому и второму продукту соответственно.

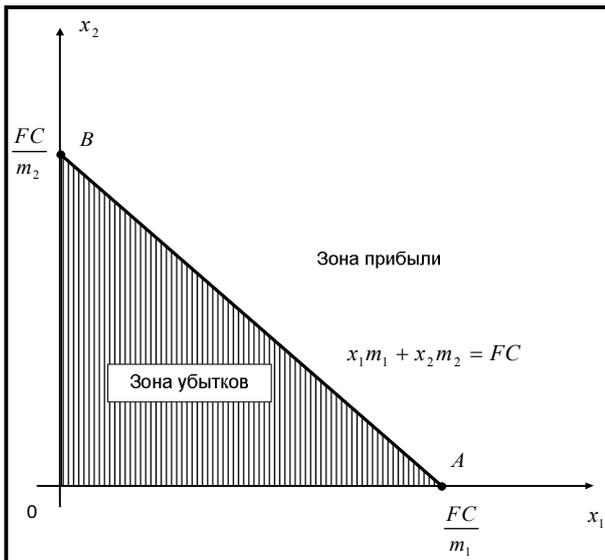


Рис. 6. Бухгалтерская модель безубыточности производства двух продуктов

Из рис. 6 видно, что точки, лежащие ниже отрезка **AB**, будут характеризовать сочетания убыточных объемов производства, а выше – прибыльных. Расположение всех сочетаний объемов  $(x_1, x_2)$  на отрезке **AB** зависит от способа распределения постоянных затрат **FC**. Среди наиболее распространенных следует отметить следующие:

- равномерно, пропорционально цене;
- пропорционально удельным переменным затратам;
- пропорционально маргинальному доходу;
- пропорционально удельному маргинальному доходу.

С точки зрения затрат искомое сочетание объемов  $(x_1, x_2)$  должно быть таким, чтобы суммарные переменные затраты, а равно как и общие, были минимальными. Достигнуть этого позволяет метод распределения постоянных затрат пропорционально маргинальному доходу, это доказано в [2]. Там же показано, что необходимым условием существования точки безубыточности является положительное значение удельного маржинального дохода. На рис. 7, 8, 9 и 10 показаны различные ситуации в производстве двух продуктов, когда отрезок **AB** преобразуется в луч или вообще смещается в зону отрицательных объемов в результате отрицательных значений  $m_1$  и  $m_2$ .

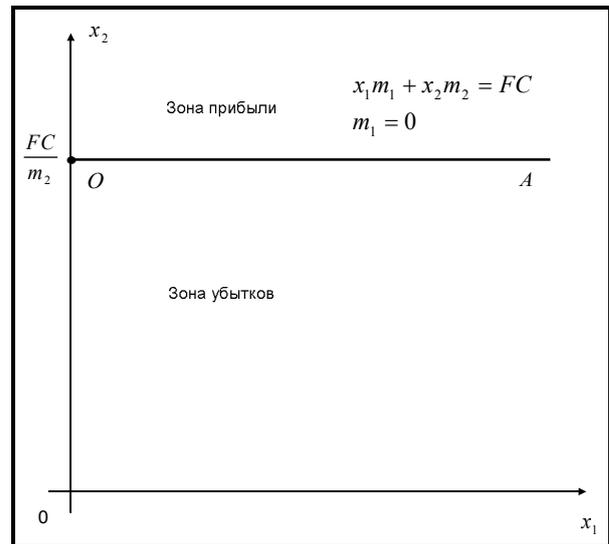


Рис. 7. Линия безубыточности при нулевой прибыльности первого продукта

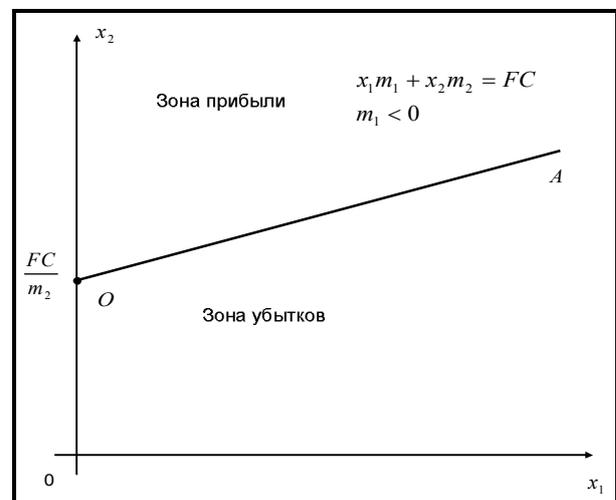


Рис. 8. Линия безубыточности при отрицательной прибыльности первого продукта

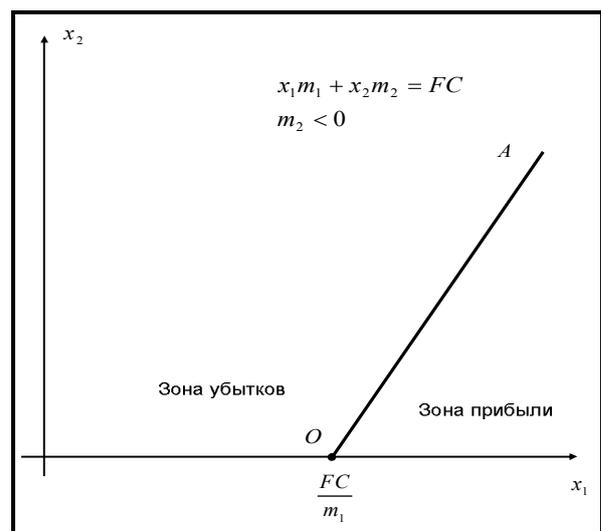


Рис. 9. Линия безубыточности при отрицательной прибыльности второго продукта

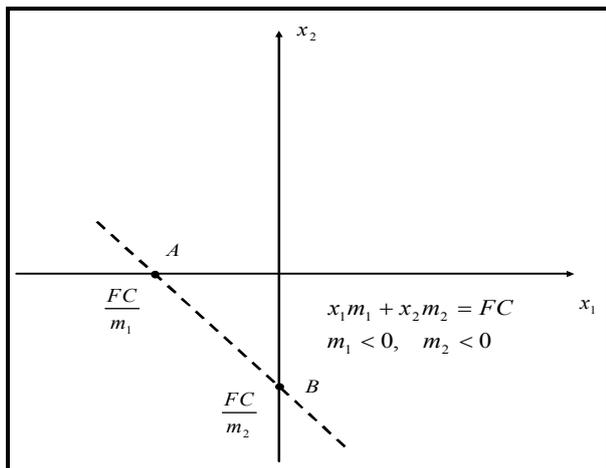


Рис. 10. Линия безубыточности при отрицательной прибыльности двух продуктов

Переносим бухгалтерскую модель безубыточности производства на случай производства 3-х продуктов, роль отрезка **AB** будет играть часть (треугольник) плоскости **ABC** (рис. 11).

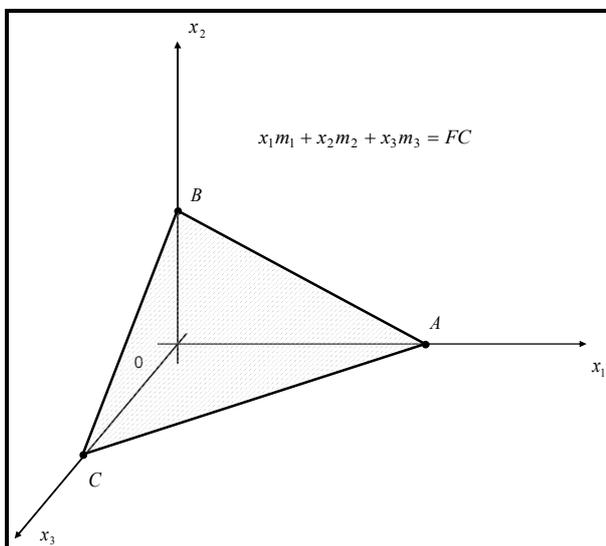


Рис. 11. Бухгалтерская модель безубыточности производства трех продуктов

В случае производства  $n$  продуктов плоскостью, содержащей множество сочетаний безубыточных объемов, будет являться гиперплоскость в  $n$ -мерном пространстве. Относительно рассмотренной бухгалтерской модели можно сказать, что задача определения безубыточных объемов в производстве двух и более продуктов не является сложной, достаточно выбрать подходящий метод распределения постоянных затрат. А вот в случае применения микроэкономических моделей такая задача существенно усложняется. Достаточно взглянуть на рис. 4 и понять, что уже в условиях производства двух продуктов зона безубыточности, ограниченная объемами  $Q_{min}$  и  $Q_{max}$ , преобразуется из кривой в поверхность. Частным случаем производства двух продуктов в микроэкономической модели может быть ситуация, аналогичная рис. 6, только лишь с той разницей, что отрезок **AB** преобразуется в кривую, которая в принципе может быть и замкнутой (рис. 12 и 13).

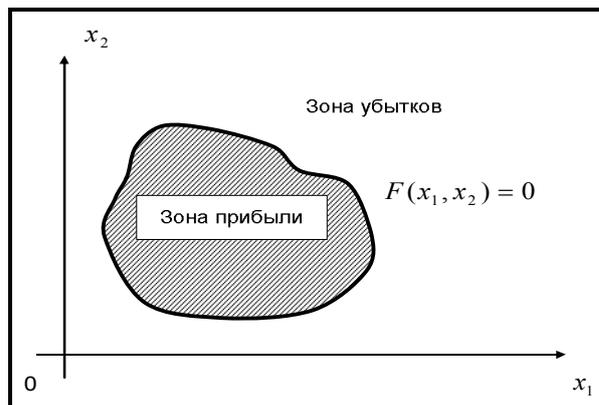


Рис. 12. Микроэкономическая модель безубыточности производства двух продуктов (вариант 1)

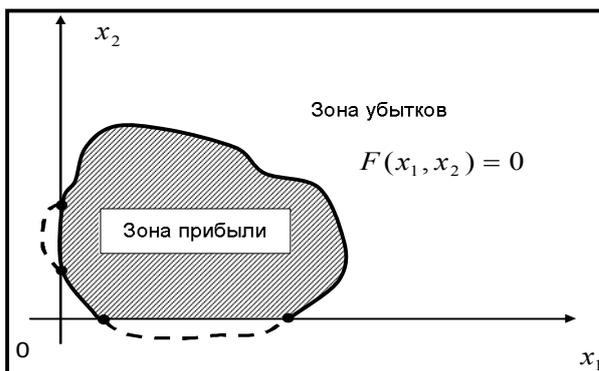


Рис. 13. Микроэкономическая модель безубыточности производства двух продуктов (вариант 2)

Данные рисунки означают, что вне заштрихованной области никакие сочетания объемов  $(x_1, x_2)$  не обеспечат прибыль. Для решения задачи подбора оптимальной комбинации  $(x_1, x_2)$  необходимо иметь аналитическое выражение  $F(x_1, x_2) = 0$ . Еще одним вариантом ситуации на рис. 13 является производство двух сопряженных продуктов, т.е. когда из исходного сырья получается один основной продукт, а другой вспомогательный. В этом случае область прибыли будет касаться одной из осей, на которой откладывается объем основного продукта (рис. 14 и 15).

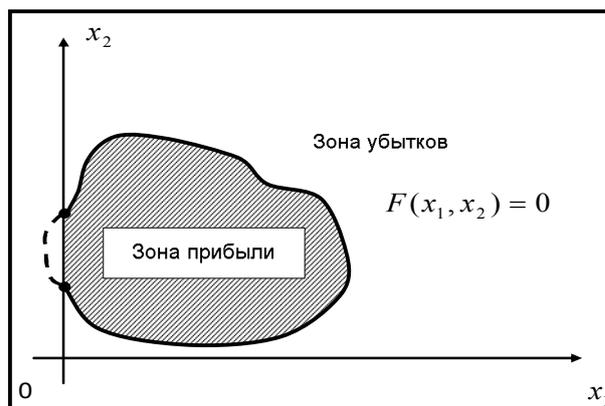


Рис. 14. Микроэкономическая модель безубыточности производства двух сопряженных продуктов (второй продукт – основной)

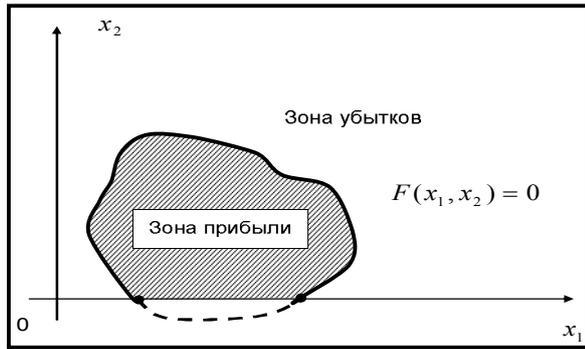


Рис. 15. Микроэкономическая модель безубыточности производства двух сопряженных продуктов (первый продукт – основной)

Подробнее об особенностях анализа безубыточности в комплексных производствах освещено в [3].

Для всех рассмотренных моделей безубыточности и в рамках бухгалтерского, и в рамках микроэкономического подходов характерна одна особенность – оценки затрат и доходов, полученные в этих моделях, носят статический характер на момент проведения исследования, следовательно, параметры безубыточности будут тоже статическими. Иными словами, все показатели в вышеописанных моделях носят детерминированный характер. Актуальной становится задача анализа безубыточности в условиях вероятностного характера изменения показателей затрат и доходов.

Построение вероятностной модели безубыточности уместно начать с анализа влияния случайных отклонений каждого из параметров (постоянных затрат, удельных переменных затрат и цены) на точку безубыточности. Для каждого параметра определяется размер вероятных отклонений:

$$\begin{cases} F = \bar{F} \pm \delta_F; \\ p = \bar{p} \pm \delta_p; \\ v = \bar{v} \pm \delta_v, \end{cases} \quad (6)$$

где  $\bar{F}, \bar{p}, \bar{v}$  – средние значения постоянных затрат, удельных переменных затрат и цены;

$\delta_F, \delta_p, \delta_v$  – вероятные отклонения от соответствующих средних значений.

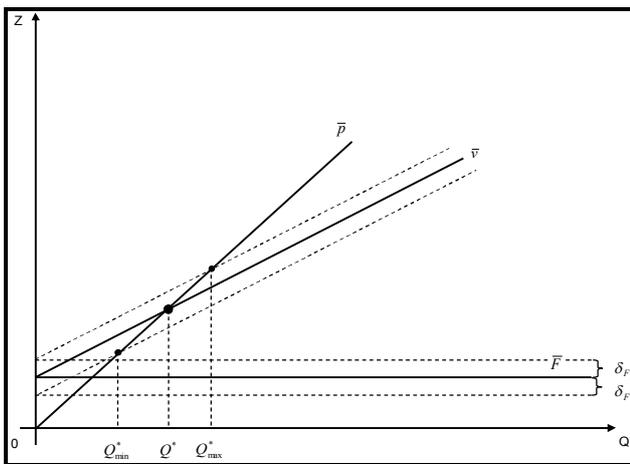


Рис. 16. Вероятностный интервал безубыточности в результате действия фактора постоянных затрат

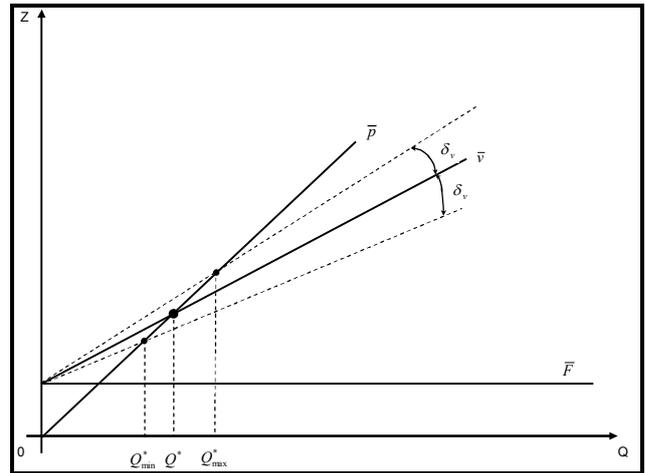


Рис. 17. Вероятностный интервал безубыточности в результате действия фактора удельных переменных затрат

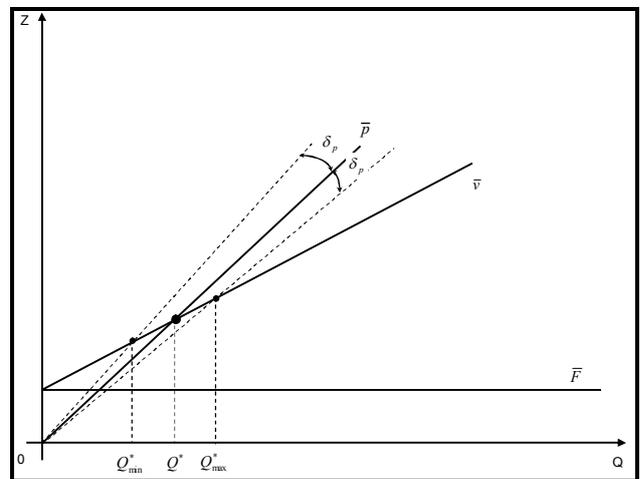


Рис. 18. Вероятностный интервал безубыточности в результате действия фактора цен

На базе бухгалтерской модели анализ влияния вероятных отклонений по каждому из параметров на точку безубыточности представлен на рис. 16, 17 и 18.

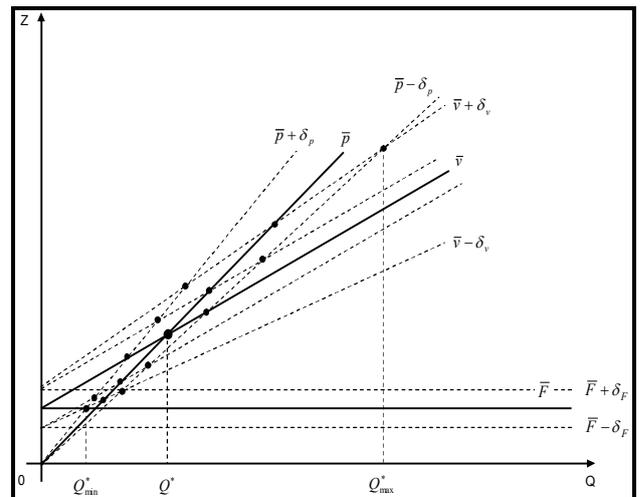


Рис. 19. Полный вероятностный интервал безубыточности

В результате действия вероятных отклонений факторов образовались интервалы значений точки безубыточности, в которых она может лежать с определенной долей вероятности. Путем наложения всех трех графиков можно получить полный вероятностный интервал значений точки безубыточности в результате совокупного действия всех трех факторов (рис. 19).

Как видно, в результате получился интервал, по своим размерам превышающий каждый частный интервал. То есть здесь закон распределения вероятности значений безубыточного объема будет учитывать вероятностный характер каждого из факторов.

Вариант вероятностной модели анализа безубыточности, подобной модели изображенной на рис. 19 в урезанном варианте, рассмотрен в [2]. Для такой модели авторы предусмотрели вариацию только постоянных затрат:

$$F = \bar{F} \pm \delta_F, \tag{7}$$

$$\delta_F \geq 0$$

и предположили, что случайная величина  $\delta_F$  имеет усеченный нормальный закон распределения. Удельные переменные затраты и цена в данной модели считаются детерминированными величинами. Используя правило «k сигм» для постоянных затрат, точка безубыточности преобразуется в интервал, наименьшее и наибольшее значения которого рассчитаны как [2]:

$$Q_{min}^* = \frac{FC - k\sigma_F}{p - v};$$

$$Q_{max}^* = \frac{FC + k\sigma_F}{p - v}, \tag{8}$$

где  $\sigma_F$  – среднеквадратическое отклонение случайной величины  $\delta_F$ .

В модели, описанной в [2], детерминированный характер величин  $p$  и  $v$  не позволяет рассмотреть весь спектр вариации факторов, определяющих точку безубыточности. В реальности и факторы затрат (постоянных, переменных), и факторы цен носят случайный характер, поэтому интервал (8) может быть в действительности намного шире.

Таким образом, в рамках вероятностной модели безубыточности ставится задача определения закона распределения случайной величины  $Q^*$  по известным законам распределения случайных величин  $F$ ,  $p$  и  $v$ , а определив его, можно построить доверительный интервал случайной величины  $Q^*$  при различных уровнях значимости для целей прогнозирования зоны безубыточности. Определенная выше задача подразумевает достоверную оценку случайных величин  $F$ ,  $p$  и  $v$ , которую можно получить, используя широкий набор методов статистики.

Подводя итог данной статьи, следует отметить, что она была посвящена анализу существующих моделей безубыточности, выделению их преимуществ и недостатков, а также автором сделана попытка построения новой модели безубыточности, основанной на вероятностном подходе к поведению затрат и доходов. Данная модель по сравнению с рассмотренными способна учитывать факторы безубыточности в динамике, повышая при этом точность планирования безубыточной деятельности.

## Литература

1. Чумаченко Н.Г. Учет и анализ в промышленном производстве США. – М.: «Финансы», 1971. – 240 с.
2. Ованесян С.С., Нечаев А.С. Математическое моделирование в бухгалтерском учете, анализе и налогообложении – 2-е изд., доп. и перераб. – Иркутск: Изд-во БГУЭП, 2004. – 190 с.
3. Савватеев В.В. Аудит издержек в комплексных производствах // Аудиторские ведомости. – 1998. – № 11. – с. 65-72.

*Щербинин Василий Петрович*

## РЕЦЕНЗИЯ

В данной статье автором исследована классическая концепция безубыточности и основанные на ней модели анализа безубыточности. Выявлена актуальная проблема развития новых моделей с применением вероятностного подхода к оценке затрат и доходов. Предложенная автором вероятностная модель безубыточности может рассматриваться как оригинальное решение проблемы анализа и планирования безубыточности в условиях действия случайных факторов и имеет научную и практическую значимость. В дальнейшем данная модель может быть более детально исследована и развита с учетом специфики реальных объектов управления.

*Ованесян С.С., д.э.н., заслуженный экономист РФ, зав. кафедрой экономического анализа Байкальского государственного университета экономики и права*

### 3.10. MODELS OF BREAK-EVEN OF PRODUCTION

V.P. Sherbinin, the Higher Teacher

*Baikal State University of Economy and the Right (Branch in Ust-Ilimske)*

In article the review of existing approaches and models to the break-even of production analysis is done. By author is offered new probabilistic approach to estimation of expenditures and profits, the model of break-even analysis within the framework of this approach is described.