

УДК 631.171.1

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИ МОДЕРНИЗАЦИИ БИОТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ С УЧЁТОМ СИТУАЦИИ ЭКОНОМИЧЕСКОГО РИСКА

*Ливиу ВОЛКОНОВИЧ<sup>1</sup>, Михаил КУШНИР<sup>1</sup>, Аугустин ВОЛКОНОВИЧ<sup>2</sup>, Наталья КУШНИР<sup>1</sup>, Викторин СЛИПЕНКИ<sup>1</sup>, Анатолие ДАЙКУ<sup>1</sup>, Александр ПОПА<sup>1</sup>*

*<sup>1</sup>Государственный Аграрный Университет Молдовы*

*<sup>2</sup>Министерство Сельского Хозяйства и Пищевой Промышленности Республики Молдова*

**Abstract.** This article discusses the formation of economic risk situations in the biotechnical systems and determines the effectiveness of these systems after upgrading. It is shown that the main difficulty in the economic evaluation of the technological gain consists in the impossibility to predict with reasonable accuracy the consequences of the action of many factors causing deviations of the technological regime from the normal regime wherein the best result is obtained.

**Key words:** Biotechnical system; Economic risk; Technological process; Uncertainty conditions; Compromise solutions.

**Реферат.** В данной статье рассматривается формирование ситуации экономического риска в биотехнических системах с определением их эффективности при модернизации. Показано, что основная трудность при экономической оценке технологического выигрыша заключается в невозможности с достаточной точностью прогнозировать последствия действия многочисленных факторов, вызывающих отклонения технологического от нормального режима, при котором получается наилучший результат.

**Ключевые слова:** Биотехническая система; Экономический риск; Технологический процесс; Условия неопределённости; Компромиссные решения.

### ВВЕДЕНИЕ

Под действием внешних и внутренних факторов условия функционирования автоматизированной биотехнической системы (БТС) изменяются, в результате этого изменяется и конечный результат технологического процесса. Причины и последствия таких изменений могут быть разные. Это, например, колебания цен на сырье и продукцию, отклонения от расчетных значений температуры внешней среды для систем отопления и вентиляции и т. д.

Дать точное, однозначное описание всех вероятных ситуаций невозможно. Здесь должны играть важную роль опыт и знания лица, принимающего решение (в данном случае исследователь или проектировщик автоматизированной БТС). Результатом анализа переменных целевой функции являются доминирующие факторы. Эти факторы должны приниматься во внимание в первую очередь, т.к. именно они создают ситуации, ведущие к наибольшему риску. Так как условия функционирования технологического процесса разнообразны, отклонения параметров, характеризующих эти факторы, от расчетных значений могут создавать множество разнообразных комбинаций, которые в совокупности следует принять во внимание при технико-экономической оценке технического решения. На основе имеющегося опыта эксплуатации аналогичных БТС можно указать пределы изменения параметров, характеризующих доминирующие факторы. Например, количество выдаваемого животным корма зависит от погрешности работы кормораздатчика, которую можно считать границей изменения переменной целевой функции. Таким же образом можно обосновать пределы изменения других переменных. Результат анализа условий функционирования объекта автоматизации можно представить в виде таблицы ситуаций экономического риска, эффективности вариантов решения.

Основная трудность при экономической оценке технологического выигрыша заключается в невозможности с достаточной точностью прогнозировать последствия действия многочисленных факторов, вызывающих отклонения реального от нормального режима, при котором получается наилучший результат.

## МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Статистические исследования позволяют получить количественную оценку случайных событий, создающих неопределенность результатов. Однако и эти возможности ограничены, они не позволяют раскрыть неопределенность. Получение достоверных статистических оценок связано с большими затратами труда и времени. К тому же при проведении статистических исследований необходимо выполнять определенные требования (однородность выборки, большое число опытов и т. д.), ограничивающих круг объектов, на которые можно распространять результаты исследования. Обычно указывают их доверительную вероятность или пределы возможной ошибки. Тем самым указывают границы зоны неопределенности искомой величины. В результате приходится принимать решение в условиях ограниченной неопределенности. Необходимо стремиться к оптимальному использованию имеющейся информации и, взвесив все последствия реализации возможных технических решений, найти среди них наилучшее.

Обычно, при недостатке информации, решение принимают на основе субъективной оценки ситуации, без, формального расчета. Получаемый при этом результат может оказаться далеким от оптимального. Формализованное описание производственной ситуации, возникающей в ходе выполнения технологического процесса, поможет избежать возникающих при субъективных подходах поспешных решений.

Математическое обоснование методов принятия технических решений в условиях неопределенности достаточно подробно изложено в работах авторов Э. Мушик и П. Мюлер (1990).

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЯ

Рассмотрим возможность применения методов принятия решения в условиях неопределенности исходной информации при определении эффективности технологических процессов животноводства. Достоверно известно, что технологический процесс может быть реализован в альтернативных вариантах, обозначенных  $E_i$ . В таблице 1 представлено три варианта. Их число может быть больше. Принятие решения представляет собой выбор одного из альтернативных вариантов, называемых стратегией. Допустим при каждой стратегии возможны погрешности  $x_{max}$  (максимальное значение),  $x_0$  (среднее значение),  $x_{min}$  (минимальное значение); а каждому значению погрешности соответствует результат; (табл. 1).

Таблица 1. Выбор стратегии

Стратегии	Погрешности, X			Результат, W		
	$x_{max}$	$x_0$	$x_{min}$	$W_{max}$	$W_0$	$W_{min}$
$E_1$	$x_{1max}$	$x_{10}$	$x_{1min}$	$W_{1max}$	$W_{10}$	$W_{1min}$
$E_2$	$x_{2max}$	$x_{20}$	$x_{2min}$	$W_{2max}$	$W_{20}$	$W_{2min}$
$E_3$	$x_{3max}$	$x_{30}$	$x_{3min}$	$W_{3max}$	$W_{30}$	$W_{3min}$
...	...	...	...	...	...	...
$E_i$	$x_{imax}$	$x_{i0}$	$x_{imin}$	$W_{imax}$	$W_{i0}$	$W_{imin}$

Из первой таблицы нужно выбрать стратегию по принятому критерию. В зависимости от целей исследования и условий функционирования объекта исследования для принятия решения можно использовать несколько критериев. Для обоснования их применения необходим анализ факторов, влияющих на ожидаемый результат. При этом должны быть учтены значимость этих факторов по степени их влияния на конечный результат и особенности функционирования объекта.

Предполагается, что в ходе функционирования технологического процесса неуправляемые внешние факторы (цены реализации продукции, затраты энергии, оплата труда и т. д.) остаются постоянными. В реальных условиях ситуации, в которых функционируют рассматриваемые технологические процессы, могут изменяться. Возникает экономический риск снижения эффективности. В таблице 2 представлена матрица экономических рисков при осуществлении стратегий в реальных ситуациях. Экономический риск представляет собой разность между эффектом при изменении ситуации и минимальным эффектом  $w_{min}$ . Он показывает экономические потери при самых неблагоприятных ситуациях.

$$r = w_i - w_{min} \quad (1)$$

Таблица 2. Таблица рисков при различных ситуациях

Стратегии	Погрешности, X			Результат, W		
	$X_{\max}$	$X_0$	$X_{\min}$	$W_{\max}$	$W_0$	$W_{\min}$
$E_1$	$X_{1\max}$	$X_{10}$	$X_{1\min}$	$W_{1\max}$	$W_{10}$	$W_{1\min}$
$E_2$	$X_{2\max}$	$X_{20}$	$X_{2\min}$	$W_{2\max}$	$W_{20}$	$W_{2\min}$
$E_3$	$X_{3\max}$	$X_{30}$	$X_{3\min}$	$W_{3\max}$	$W_{30}$	$W_{3\min}$
...	...	...	...	...	...	...
$E_i$	$X_{i\max}$	$X_{i0}$	$X_{i\min}$	$W_{i\max}$	$W_{i0}$	$W_{i\min}$

Критерии выбора решения назначает лицо, принимающее решение. При этом он учитывает поставленные задачи и производственные условия. При выборе варианта технического решения биотехнической системы животноводства следует руководствоваться следующими соображениями:

1. Если результат реализации технического решения может привести к значительному ущербу или к необратимым последствиям, то следует выбирать такой вариант решения, при котором наихудший возможный результат  $w_{\min}$  будет больше допустимого по условию безопасности результата. Иначе говоря, нужно выбрать решение, которое обеспечит прибыль.

2. Если технологический процесс совершается многократно и возможные результаты реализации  $w_i$  не приводят к большому ущербу, следует выбирать стратегию, при которой результат  $w_0$  имеет максимальное значение. Такой выбор решения соответствует часто принимаемому решению по ожидаемому среднему значению.

3. Если возможны нежелательные последствия при изменениях производственной ситуации (например, изменения цены энергоносителей), следует скорректировать решение с учетом анализа (табл. 2).

4. Таблицы дают возможность оценить экономический риск выбора по среднему результату. Этот риск заключается в том, что существует возможность не получить ожидаемый результат. Разность между ожидаемым средним результатом и гарантированным минимальным является оценкой экономического риска.

На рисунке 1 представлен график зависимости результата реализации выбранной стратегии от объема выполненной работы. Стратегия, дающая максимальный результат, реализуется при благоприятных условиях, а дающая минимальный результат - при неблагоприятных условиях. Выбор стратегии по умеренным (средним) условиям приводит к экономическому риску. Результат может оказаться минимальным. Лицо, принимающее решение, рискует получить результат меньше ожидаемого на величину, равную разности между результатами при умеренных и при неблагоприятных условиях.

Применение методов имитационного моделирования позволяет обосновать выбор стратегии

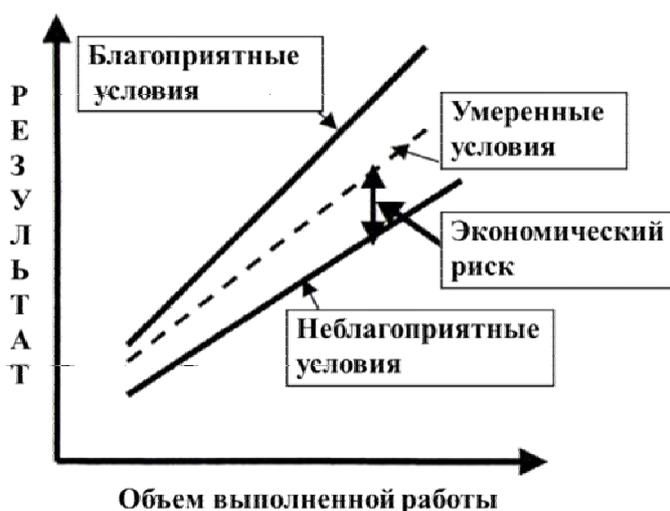


Рисунок 1. Выбор стратегии при неопределенности исходных данных

при неопределенности исходных данных с учетом дополнительной информации, часто имеющей субъективный характер.

Далее остановимся на определении эффективности при модернизации БТС

Хозяйственные условия использования созданной на первой стадии жизненного цикла БТС отличаются от нормативных условий, на которые она рассчитана на стадии научной разработки и проектирования.

Усовершенствование техники и технологии открывает все новые возможности повышения эффективности и стимулирует модернизацию системы.

В зависимости от конкретных

задач и технических возможностей модернизация осуществляется в следующих направлениях.

1. Выявление резервов повышения эффективности БТС.
2. Замена части БТС более совершенными машинами и оборудованием.
3. Повышение эффективности системы за счет автоматизации режимов функционирования.

В ходе эксплуатации БТС изменяются хозяйственные условия и появляются новые возможности совершенствования техники, которые потенциально могут повысить их эффективность. В первую очередь следует рассмотреть возможность повышения уровня использования имеющейся техники.

В ходе эксплуатации техники в хозяйственных условиях ее загрузка часто оказывается ниже номинальной. Поэтому фактическая экономическая эффективность оказывается ниже ожидаемой и при некотором снижении производительности она может стать отрицательной. Такой переход от положительной эффективности к отрицательной характеризуется точкой безубыточности.

Математическая модель эффективности при модернизации имеет вид:

$$DP = DS - DЗ, \quad (2)$$

где  $DP$  - прирост прибыли;  $DS$  - стоимость дополнительной продукции, создаваемой в результате модернизации;  $DЗ$  - дополнительные затраты на модернизацию.

Эффект может быть получен за счет увеличения количества продукции и его качества:

а) при увеличении количества продукции

$$DS = DM \times c_p, \quad (3)$$

где  $DM$  - количество получаемой дополнительной продукции;  $c_p$  - цена ее реализации;

б) при повышении качества продукции

$$DS = M \times (c_{pn} - c_{pb}), \quad (4)$$

где  $c_{pn}$  - цена реализации продукции в новом варианте;  $c_{pb}$  - цена реализации продукции в базовом варианте;

в) при одновременном увеличении количества продукции и повышении ее качества

$$DS = DM \times c_{pn} + M \times (c_{pn} - c_{pb}) \quad (5)$$

Количество дополнительной продукции, как было отмечено выше, имеет интервал неопределенности, отражающей действие неуправляемых факторов. Он ограничен минимальным  $DM_{\min}$  и максимальным  $DM_{\max}$  значениями. В свою очередь

$DM_{\min} = k \times q_{\min}$  и  $DM_{\max} = k \times q_{\max}$  где  $q_{\min}$  и  $q_{\max}$  - продуктивности животных,  $k$  - коэффициент пропорциональности. Прирост прибыли также будет иметь интервал неопределенности, ограниченный значениями  $DP_{\min}$  и  $DP_{\max}$  (Рис. 2).

Линия  $DP_{\min}$  соответствует благоприятным условиям, линия  $DP_{\max}$  - неблагоприятным. Решение принимается на основе анализа производственной ситуации.

Если технологический процесс повторяется многократно, а неопределенность создается при действии группы неуправляемых факторов, в числе которых нет доминирующего фактора, рекомендуется принимать решение по среднеарифметическому значению конечного результата (по критерию Байеса - Лапласа) (Мушик, Э., Мюллер, П. 1990) (на рис. 2 пунктирная линия).

Если в результате действия одного из неуправляемых факторов может произойти значительная потеря эффективности, рекомендуют использовать минимаксный критерий Севиджа (Мушик, Э., Мюллер, П. 1990). Его применение дает гарантированный конечный результат (линия). В других условиях возможно применение других критериев, применение каждого из них должно быть обосновано путем анализа производственной ситуации.

Принятие решения по среднему значению создает экономический риск (на рис. 2 - отрезок линии между  $DP_{\text{сред}}$  и  $DP_{\min}$ ).

По разным причинам не всегда удается загружать оборудование до номинального значения. Хроническая недогрузка ухудшает технико-экономические показатели технологического процесса. Критерием нагрузки, при которой эффективность становится положительной, является точка безубыточности (Уткина, В.Ф. 1988).

Если при модернизации увеличивается продуктивность животных или происходит улучшение качества продукции, нужно рассматривать влияние нового технического решения на конечный результат.

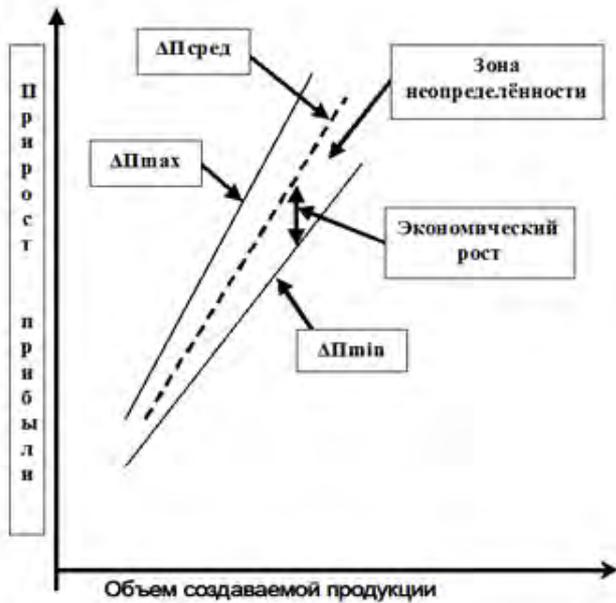


Рисунок 2. Образование зоны неопределенности

Допустим, что количество дополнительной продукции  $DM'$ , создаваемой модернизированной техникой, пропорционально загрузке

$$DM' = \kappa_3 \cdot DM, \quad (6)$$

где  $\kappa_3$  - коэффициент загрузки;  $M$  - количество дополнительной продукции при полной загрузке технического устройства.

Стоимость этой продукции

$$S' = \kappa_3 \cdot DM' \cdot c_p, \quad (7)$$

где  $c_p$  - цена реализации продукции.

Приведенные затраты, необходимые для создания дополнительной продукции,

$$Z' = \kappa_3 \cdot Z = a \cdot K + T + TO + \kappa_3 \cdot E, \quad (8)$$

где:  $a$  - коэффициент амортизации;  $K$  — стоимость новой техники;  $T$  - дополнительные затраты на оплату труда (в случае снижения затрат труда  $T$  принимает отрицательное значение);  $E$  - дополнительные затраты на энергию при полной загрузке оборудования.

Предполагается, что затраты на корм (сырье) при модернизации не изменяются.

Прирост прибыли при модернизации

$$\Delta\Pi' = S' - Z' = \kappa_3 \cdot DM \cdot c_p - a \cdot K + T + TO + \kappa_3 \cdot E.$$

Отсюда значение коэффициента загрузки, при которой

$$\Delta\Pi' = 0$$

$$\kappa_{30} = (a \cdot K + T + TO) / (DM \cdot c_p - E). \quad (9)$$

Назовем полученное выражение функцией безубыточности. Она позволяет определять коэффициент безубыточности, при котором прирост прибыли равен нулю. Если хозяйственные условия не позволяют достичь этого значения  $\kappa_{30}$ , то использование этого устройства на данном предприятии нецелесообразно.

Внедрению нового технического решения предшествует научное исследование, в результате которого, как отмечено выше, указывается ожидаемая эффективность в виде интервала увеличения продуктивности или улучшения показателя качества продукции.

При повышении продуктивности потребитель животноводческой продукции не чувствует разницы между качеством продукции, создаваемой по традиционной технологии, и продукцией, создаваемой по усовершенствованной технологии. Поэтому рыночная цена должна оставаться неизменной. Предприятие, производящее продукцию, компенсирует дополнительные затраты на усовершенствование технологий за счет повышения цены. При этом получаемая прибыль должна быть выше дополнительных затрат на усовершенствование технологий. Затраты, которые несет предприятие, использующее новую продукцию, компенсируются за счет стоимости дополнительной продукции, получаемой при повышении продуктивности животных. Надбавка к цене не должна превышать величины, при которой стоимость получаемой дополнительной продукции была бы ниже дополнительных затрат на модернизацию. Таким образом, надбавка к цене продукции повышенного качества должна определяться с учетом противоположных интересов производящего предприятия, и предприятия, производящего модернизацию технологического оборудования.

Для того чтобы найти компромиссное решение, нужно произвести расчеты и определить пределы надбавок к цене новой продукции, которые отвечают интересам партнеров.

Абсолютное значение прироста прибыли зависит от объемов производства продукции. Предприятие, производящее новую продукцию (ППНП), и предприятие, модернизирующее технологию (ПМТ), имеют разные объемы выпускаемой продукции. Для того чтобы можно было сопоставлять приросты прибыли у обоих партнеров, целесообразно в качестве критерия эффективности принять удельный прирост прибыли на единицу конечной продукции.

Стоимость дополнительной продукции у ПМТ

$$C_1 = M_m \cdot c_{пр} \cdot DP / 100, \quad (10)$$

где  $M_m$  - годовой объем производства на ПМТ, т;  $DP$  - процент увеличения продуктивности животных;  $c_{пр}$  - цена реализации продукции, тыс. лей ./т.

Дополнительные затраты связанные с повышением цены возрастают на величину

$$D3 = M_k \cdot Dc_{пк} \cdot c_k / 100, \quad (11)$$

где:  $M_k$  — годовой объем потребления новой продукции на ПМТ, т;  $Dc_{пк}$  - процент повышения цены;  $c_k$  - цена новой продукции, тыс. лей ./т.

Удельный прирост прибыли на 1 т новой продукции на ПМТ составит

$$Dd_1 = (C_1 - D3) / M_k. \quad (12)$$

В свою очередь

$$M_k = M_m \cdot y, \quad (13)$$

где:  $y$  - удельный расход продукции, т/т.

После подстановки (10) в (11) и (13) в (12)

$$Dd_1 = u_{пр} \times \frac{u}{100 \times y} - Dc_k \times c_k / 100 \quad (14)$$

Увеличение стоимости новой продукции на ППНП после повышения ее цены

$$C_2 = M_2 \cdot Dc_k \cdot c_k / 100, \quad (15)$$

где:  $M_2$  - годовой объем производства корма на ППНП, т.

Удельный прирост прибыли на 1 т новой продукции на ППНП

$$Dd_2 = \frac{Dc_k \cdot c_k - Z_0}{100} - Z_0 / M_2, \quad (16)$$

где:  $Z_0$  — затраты на выполнение новой технологии.

В выражениях (10) и (12) прирост цены оказывает разное влияние на приросты прибыли у ППНП и ПМТ. При возрастании этой величины удельный прирост прибыли на ППНП повышается, а на ПМТ снижается. Из выражения (16) следует, что при недостаточном уровне ППНП может получить убыток. Затраты могут превысить рост прибыли. На ПМТ будет наблюдаться противоположная картина. Чтобы положительный прирост прибыли от возрастания цены наблюдался обоим предприятиям, прирост нужно ограничить как сверху, так и снизу. Тогда цена реализации продукции останется на прежнем уровне, а ППНП и ПМТ будут иметь положительный удельный прирост прибыли. Рассмотрим условия, при которых такой компромисс возможен.

Для того чтобы положительный прирост прибыли был у обоих партнеров ( $Dd_1 > 0$ ,  $Dd_2 > 0$ ), необходимо выполнить условия:

$$Dc_k < c_{пр} \cdot DP / (c_k \cdot y), \quad (17a)$$

$$Dc_k > 100 \cdot Z_0 / (c_k \cdot M_2). \quad (17b)$$

Неравенства (17a) и (17b) позволяют вычислить границы зоны компромисса.

## ВЫВОДЫ

1. Стратегия, дающая максимальный результат, реализуется при благоприятных условиях, а дающая минимальный результат - при неблагоприятных условиях. Выбор стратегии по умеренным (средним) условиям приводит к экономическому риску. Результат может оказаться минимальным. Лицо, принимающее решение, рискует получить результат меньше ожидаемого на величину, равную разности между результатами при умеренных и при неблагоприятных условиях.

2. В зависимости от конкретных задач и технических возможностей модернизация осуществляется в следующих направлениях.

- Выявление резервов повышения эффективности БТС.
- Замена части БТС более совершенными машинами и оборудованием.
- Повышение эффективности системы за счет автоматизации режимов функционирования.

3. Для того чтобы найти компромиссное решение, нужно произвести расчеты и определить пределы надбавок к цене новой продукции, которые отвечают интересам партнеров. Абсолютное значение прироста прибыли зависит от объемов производства продукции. Предприятие,

производящее новую продукцию, и предприятие, модернизирующее технологию, имеют разные объемы выпускаемой продукции. Для того чтобы можно было сопоставлять приросты прибыли у обоих партнеров, целесообразно в качестве критерия эффективности принять удельный прирост прибыли на единицу конечной продукции. Неравенства (17а) и (17б) позволяют вычислить границы зоны компромисса.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. ВОЛКОНОВИЧ, Л., ЧЕРНЕЙ, М., БАБАН, О. и др. (2007). Автоматизация ресурсосберегающих технологических процессов в сельском хозяйстве. Кишинэу. 340 с. ISBN 978-9975-62-177-9.
2. МУСИН, А.М. (1997). Оптимизация автоматизированных технологических линий животноводства. В: Механизация и автоматизация технологических процессов в животноводстве: сб. науч. тр. ВНИИМЖ, т. 5, ч. 2.
3. МУШИК, Э., МЮЛЛЕР, П. (1990). Методы принятия технических решений. Москва: Мир. 204 с. ISBN 5-03-001284-2.
4. УТКИН, В.Ф., ред. Надежность и эффективность в технике: справочник в 10 томах, т. 3. Москва: Машиностроение, 1988.

Data prezentării articolului: 04.10.2016

Data acceptării articolului: 07.11.2016