УДК 519.876.2

Дорощук Александр Иванович
Азово-Черноморский инженерный институт – филиал ФГБОУ ВО «Донской государственный аграрный университет» в г. Зерноградe, кафедра бухгалтерского учета, анализа и аудита, доцент, кандидат технических наук, Россия, Зерноград,
e-mail: daidor@yandex.ru

Экономико-статистическое моделирование производственных рисков в растениеводстве

Аннотация. В статье рассмотрены методические и прикладные аспекты экономико-статистического моделирования производственных рисков в отрасли растениеводства аграрных предприятий на примере производства зерновых и зернобобовых культур в АО «Учхоз Зерновое». Предложена методика разработки стохастических моделей параметров управления. Рассмотрены особенности обоснования безрисковых производств в условиях переменной внешней среды. Исследованы производственные ситуации с использованием CVP – подхода. Получен вывод, что разработанная методика может быть успешно применена в разработке плана антикризисного управления производством различных культур растениеводства.

Ключевые слова: растениеводство, риски, CVP – подход, безубыточное производство, моделирование, антикризисное управление, тенденция, аппроксимация, прогнозирование, планирование.

Doroshchuk Alexander Ivanovich
Azov-black sea engineering Institute. Branch Don State Agrarian University in Zernograde
Department of Accounting, Analysis and Audit, Associate Professor, Candidate of Technical Sciences, Russia, Zernograd,
e-mail: daidor@yandex.ru

Economic and statistical modeling of production risks in crop production

Abstract. The article discusses the methodological and applied aspects of economic and statistical modeling of production risks in the field

of crop production of agricultural enterprises on the example of the production of grain and leguminous crops in JSC "Uchkhoz Zernovoe". A methodology for the development of stochastic models of control parameters is proposed. The features of the justification of risk-free production in a variable external environment are considered. Investigated production situations using the CVP – approach. It is concluded that the developed methodology can be successfully applied in the development of a plan for anti-crisis management of the production of various crops.

Keywords: crop production, risks, CVP – approach, break-even production, modeling, crisis management, trend, approximation, forecasting, planning.

На устойчивое функционирование отрасли растениеводства аграрных предприятий оказывают негативное влияние природно-климатические, торгово-политические, макроэкономические и производственные факторы рисков. Сущность перечисленных факторов и последствия их отрицательного влияния на финансовое состояние аграрных предприятий рассмотрены в статье «Влияние сезонного колебания цен на финансовое состояние аграрных предприятий» [1]. Эффективным механизмом демпфирования негативного воздействия производственных рисков на уровне сельскохозяйственных организаций и их объединений является экономико-статистическое моделирование факторов риска и обоснование сценариев безубыточных производств. В общем виде структура единой системы управления рисками в производстве продукции растениеводства раскрыта в статье «Управление производством и продажами продукции растениеводства на основе теории равновесных состояний» [2]. Инструментом обоснования безубыточных производств служат модели решения управленческих задач, в основу которых заложен CVP – подход. Указанный подход основан на комплексном изучении соотношений затрат на производство с группировкой на условно-переменную и условно-постоянную составляющие, объема производства и дохода (выручки). Исторически CVP – подход (метод «затраты-объем-прибыль») был разработан для статического состояния объекта управления с использованием детерминированных моделей параметров управления. Его теоретическая сущность основана на обосновании некоторой теоретической «точки» безубыточного производства. В статье «Оценка производственных и коммерческих

рисков на основе CVP – подхода» [3] рассмотрены методические основы повышения эффективности CVP – подхода в решении задач управления производственными рисками. Полезность подхода может быть повышена путем статистического моделирования параметров управления и прогнозирования сценариев безубыточных производств.

Цель настоящей статьи рассмотреть методику экономико-статистического моделирования производственных рисков на примере растениеводства сельскохозяйственной организации АО «Учхоз Зерновое». Общество – это крупное по размеру узкоспециализированное сельскохозяйственное предприятие, которое в последние годы производит только пшеницу, ячмень и подсолнечник. Общая площадь земельных угодий составляет 11469 га, основная часть которых выделена под возделывание зерновых культур.

Общая последовательность исследования производственных рисков для случайных процессов включает этапы:

- постановки цели управления производственными рисками;
- формулировки задач управления рисками;
- подготовки информационной базы статистического моделирования;
- разработки детерминированных моделей параметров управления;
- разработки статистических моделей параметров управления;
- краткосрочного прогноза и анализа вероятных сценариев безрисковых производств.

Цель управления производственными рисками состоит в обосновании допустимых пределов изменения производственных факторов, исключающих риск убыточного производства. Состав задач управления может быть самый различный. Для отрасли растениеводства чаще всего решают задачи:

- обоснования критической и целевой площади возделывания культуры растениеводства;
- обоснования критической и целевой цены реализации продукции растениеводства;
- обоснования критической и целевой урожайности культур растениеводства;
- обоснования критических и целевых условно-переменных удельных затрат на возделывание культур растениеводства;

- обоснования критических и целевых условно-постоянных затрат на возделывание культур растениеводства.

Исходя из состава задач управления, на следующем этапе готовят информационную базу для статистического моделирования параметров управления. Для отрасли растениеводства в качестве информационной базы могут быть использованы данные формы № 9 – АПК Отчет о производстве, затратах, себестоимости и реализации продукции растениеводства. Здесь следует отметить, что на уровне сельскохозяйственной организации предпочтительней создать специальную систему управленческого учета. Такая система должна включать учет затрат на производство с их группировкой на условно-постоянные и условно-переменные. Информационной базой статистического моделирования служи динамика показателей производства культур растениеводства. В таблице 1 приведены данные о динамике показателей производства зерновых и зернобобовых культур в АО «Учхоз Зерновое» за период 2012-2020 годов. Источник данных форма № 9 – АПК. В состав условно-переменных затрат включены затраты на оплату труда с отчислениями, затраты на семена, затраты на удобрения, затраты на средства защиты растений и затраты на нефтепродукты. В свете CVP – подхода перечисленные затраты изменяются пропорционально объему производства. В качестве параметра объема производства в растениеводстве принята посевная площадь. В таблице 1 приведены данные о динамике показателей производства зерновых и зернобобовых культур в АО «Учхоз Зерновое», которые служат информационной базой для статистического моделирования.

Таблица 1 – Динамика показателей производства зерновых и зернобобовых культур в АО «Учхоз Зерновое»

Годы	Параметры управления						
	$П$, га	$\Delta З_{сум.}$, тыс. руб./га	$\Delta З_{пер.}$, тыс. руб./га	$\Delta З_{пост.}$, тыс. руб./га	$Ц$, тыс. руб./ц	$У$, ц/га	$\Delta В$, тыс. руб./га
2012	7987	21,059	9,342	11,718	0,788	32,0	25,211
2013	7783	24,000	10,117	13,883	0,782	30,7	24,007
2014	6915	26,900	9,571	17,329	0,806	42,5	34,255
2015	7027	31,411	12,802	18,609	0,883	44,0	38,852
2016	5930	38,116	17,161	20,955	0,916	43,9	40,212
2017	6856	36,759	18,468	18,291	0,789	48,8	38,503
2018	6668	40,057	18,170	21,887	0,975	43,1	42,023
2019	6347	37,716	21,532	16,184	1,080	42,1	45,468
2020	6400	37,207	20,040	17,167	1,240	34,5	42,780
Среднее	6879	32,581	15,245	17,336	0,918	40,2	36,812

В таблице 1:

$П$ – посевная площадь, га;

$\Delta З_{сум.}$ – удельные суммарные затраты на возделывание зерновых и зернобобовых культур, тыс. руб./га;

$\Delta З_{пер.}$ – удельные условно-переменные затраты на возделывание зерновых и зернобобовых культур, тыс. руб./га;

$\Delta З_{пост.}$ – удельные условно-постоянные затраты на возделывание зерновых и зернобобовых культур, тыс. руб./га;

$Ц$ – среднереализационная цена зерновых и зернобобовых культур, тыс. руб./ц;

$У$ – урожайность зерновых и зернобобовых культур, ц/га;

$\Delta В$ – продуктивность 1 гектара в производстве зерновых и зернобобовых культур, тыс. руб./га.

Следующий этап экономико-статистического моделирования – разработка детерминированных моделей параметров управления. Такие модели в развернутом факторном представлении приведены в таблице 2. Состав моделей определяет цель и задачи управления рисками, которые изложены выше. Модели таблицы 2 – результат обобщения работ по детерминированному моделированию, изложенный в статьях: «Управление производством и продажами продукции растениеводства на основе теории равновесных состояний» [2], «Методические и прикладные аспекты оценки риска потери дохода в производстве продукции растениеводства» [4] и «Метод «затраты-объем-прибыль»: классификация затрат и тенденции их изменения» [5].

В таблице 2 критическое значение параметра управления определяет его уровень, при котором выручка покроет затраты при нулевой прибыли. Целевое значение параметра управления определяет его уровень, при котором будет достигнут заданный уровень рентабельности производства. Уровень рентабельности задает параметр P_n – рентабельность в относительном измерении. Если $P_n = 0$, то выполняют расчет критического уровня параметра управления. Если $P_n \succ 0$, то выполняют расчет целевого уровня параметра управления.

Таблица 2 – Детерминированные модели и их назначение в решении задач управления рисками в растениеводстве

Параметр управления	Модель параметра управления	Задачи управления
1	2	3
Площадь возделывания культуры растениеводства (объем производства)	$П = \frac{(1+P_n)\times З_{пост.}}{Ц \times У \times (P_n+1)\times \Delta З_{пер.}}$	Обоснование критической и целевой площади возделывания культуры
Цена производителя (среднереализационная цена)	$Ц = \frac{(P_n+1)\times (З_{пост.}+\Delta З_{пер.}\times П)}{У \times П}$	Обоснование критической и целевой цены реализации (цены предложения)
Урожайность культуры растениеводства	$У = \frac{(P_n+1)\times (З_{пост.}+\Delta З_{пер.}\times П)}{Ц \times П}$	Обоснование критической и целевой урожайности
Удельные условно-переменные затраты на возделывание культуры растениеводства	$\Delta З_{пер.} = \frac{Ц \times У \times П - (1+P_n)\times З_{пост.}}{(P_n+1)\times П}$	Обоснование критических и целевых условно-переменных удельных затрат
Условно-постоянные затраты на возделывание культуры растениеводства	$З_{пост.} = \frac{(Ц \times У - (P_n+1)\times \Delta З_{пер.})\times П}{(P_n+1)}$	Обоснование критических и целевых условно-постоянных затрат
Продуктивность 1 гектара культуры растениеводства	$\Delta В = \frac{(P_n+1)\times (\Delta З_{пер.}\times П + З_{пост.})}{П}$	Обоснование критической и целевой продуктивности

Информационная база, приведенная в таблице 1, и детерминированные модели, приведенные в таблице 2, позволяют приступить к разработке статистических моделей параметров управления. Статистическая модель – некоторая теоретическая математическая зависимость, которая отражает закономерность поведения случайных величин во времени. Разработка таких моделей сводится:

- к аппроксимации рядов случайных данных, приведенных в таблице 1, теоретическими математическими функциями;

- к исследованию качества аппроксимации в оценке по коэффициенту детерминации;

- к исследованию точности аппроксимации в оценке по средней относительной ошибке;

- к расчету доверительных пределов изменения параметров управления для заданного уровня значимости.

В статистическом моделировании для оценки устойчивости изучаемых тенденций выполняют качественную оценку взаимосвязи случайных переменных с использованием коэффициента детерминации R^2. Коэффициент рассчитывают по формуле:

$$R^2 = 1 - \frac{\sum_{i=1}^{n}(y_i - y)^2}{\sum_{i=1}^{n}(y_i - \bar{y})^2}, \qquad (1)$$

где y_i – фактические уровни значений случайных данных ряда динамики изучаемой величины;

y – соответствующие значения изучаемой величины, рассчитанные по выбранной аппроксимирующей функции;

$\bar{y}$ – среднее арифметическое значение выборочных случайных данных ряда динамики.

Доверительный интервал характеризует вероятные пределы варьирования случайных величин относительно или среднего их значения, или теоретических значений, рассчитанных с использованием аппроксимирующей функции. Доверительный интервал рассчитывают по формуле:

$$D = \hat{y}_i \pm t \times \frac{\sigma}{\sqrt{n}}, \qquad (2)$$

где y – значения изучаемой величины, рассчитанные по выбранной аппроксимирующей функции;

t – значение аргумента функции Лапласа *Ф(t)*;

σ – среднеквадратическое отклонение;

n – число наблюдений (размер ряда динамики).

В результате аппроксимации поведения случайных величин одной из функций получают два ряда данных:

y_i – фактические значения случайной величины;

$\hat{y}_i$ – соответствующие расчетные значения случайной величины.

Для оценки точности аппроксимации поведения случайной величины одной из математических функций используют статистический показатель средняя относительная ошибка аппроксимации:

$$\Delta Y(\%) = \frac{100}{n} \times \sum_{i=1}^{n} \left| \frac{(y_i - \widehat{y_i})}{y_i} \right| , \qquad (3)$$

Если показатель относительной ошибки находится в пределах 10%, то выбранная математическая функция с высокой точностью отражает поведение случайной величины.

Таблица 3 – Результат аппроксимации динамики параметров управления

Параметр управления и аппроксимирующая функция	Коэффициент детерминации (R^2)	Относительная ошибка аппроксимации, %	Доверительный интервал для $\alpha = 0,95$
1	2	3	4
Посевная площадь, га: *П=-790 × Ln(t) + 8002.9* - логарифмическая функция	$R^2 = 0,73$	3,60	±434
Среднереализационная цена, тыс. руб./ц: *Ц = 0,0095 ×t^2- 0.0464 ×t +0.8471* – квадратичная функция	$R^2 = 0,87$	4,52	±0,103
Урожайность, ц/га: *У=0,8367 × t +35,994* – линейная функция	$R^2 = 0,14$	12,88	±4,1
Удельные условно-переменные затраты, тыс. руб./га: $\Delta З_{пер.}$ = 1,665 × *t +6,9197* – линейная функция	$R^2 = 0,90$	8,26	±3,137
Удельные условно-постоянные затраты, тыс. руб./га: $\Delta З_{пост.}$ = 3,1387 × *Ln(t) +12,871*- логарифмическая функция	$R^2 = 0,50$	10,51	±2,081

Критерием выбора той или иной функции является максимум коэффициента детерминации и минимум относительной ошибки аппроксимации. При этом следует учитывать, что во многих случаях для заданного интервала данных тождественный результат дает аппроксимация поведения случайных величин не-

сколькими функциями. В ситуации тождественного результата проводят предварительный анализ тренда с использованием темповых показателей, например, с использованием цепного коэффициента роста или цепного индекса. Такой анализ позволяет более точно установить разновидность тренда и соответствующую ему математическую функцию, наиболее достоверно аппроксимирующую или восходящий пропорциональный тренд, или восходящий возрастающий тренд, или восходящий затухающий тренд, или нисходящий пропорциональный тренд, или нисходящий затухающий тренд и т.д.

На заключительном этапе экономико-статистических исследований выполняют краткосрочный прогноз параметров управления и анализ вероятных сценариев состояния производства в будущих периодах времени. Расчет вероятных уровней параметров управления рассчитывают с использованием аппроксимирующих функций, приведенных в таблице 3. Достоверный прогноз возможен, если коэффициент детерминации показывает на высокую (R2 = 0,7 – 0,9) или весьма высокую (R2 = 0,90 – 0,99) точность аппроксимации изучаемой тенденции одной из функций. Из данных таблицы 3 следует, что устойчивая тенденция роста урожайности и удельных условно-постоянных затрат отсутствует. В ситуации отсутствия устойчивой тенденции в качестве прогнозного уровня параметра принимают его среднее за изученный период значение в доверительном интервале изменения для заданного уровня значимости.

Статья посвящена методическим особенностям экономико-статистического моделирования рисков в производстве продукции растениеводства на примере узкоспециализированной сельскохозяйственной организации. Конечной же целью экономико-статистических исследований является разработка плана антикризисного управления производством зерновой продукции. Разработка такого плана основана на исследовании большого числа вероятных сценариев и обосновании уровней параметров управления, исключающих риски или не достижения целевой рентабельности производства, или получения убытков. Именно поэтому в детерминированных моделях параметров управления присутствует фактор Рп, который задает целевую рентабельность. Рассмотрим только отдельные примеры обоснования плана анти-

кризисного управления. Так, в свете CVP – анализа производственных ситуаций состояние производства культур растениеводства может быть оценено как высокоэффективное устойчивое (безрисковое), рискованное, критическое рискованное и безнадежное. Критерии отнесения производств к одному из перечисленных состояний изложены в статье «Маржинальный анализ состояния производства культур растениеводства» [6]. Рассмотрим два сценария вероятных ситуаций состояния производства зерновой продукции в АО «Учхоз Зерновое». Первый сценарий – в 2021 году параметры управления будут находиться на уровне математических ожиданий, рассчитанных по теоретическим аппроксимирующим функциям, и на уровне средних значений за период 2012-2020 гг. (таблица 1): П = 6879 га (среднее значение за период 2012-2020 гг.), У = 40,2 ц/га (среднее значение за период 2012-2020 гг.), Ц = 1,333 тыс. руб./ц (прогноз), ΔЗпер.= 23,570 тыс. руб./га (прогноз), ΔЗпост..= 20,098 тыс. руб./га (прогноз). На рисунке 1 показан график вероятного состояния производства зерновых и зернобобовых культур в АО «Учхоз Зернове» для первого сценария.

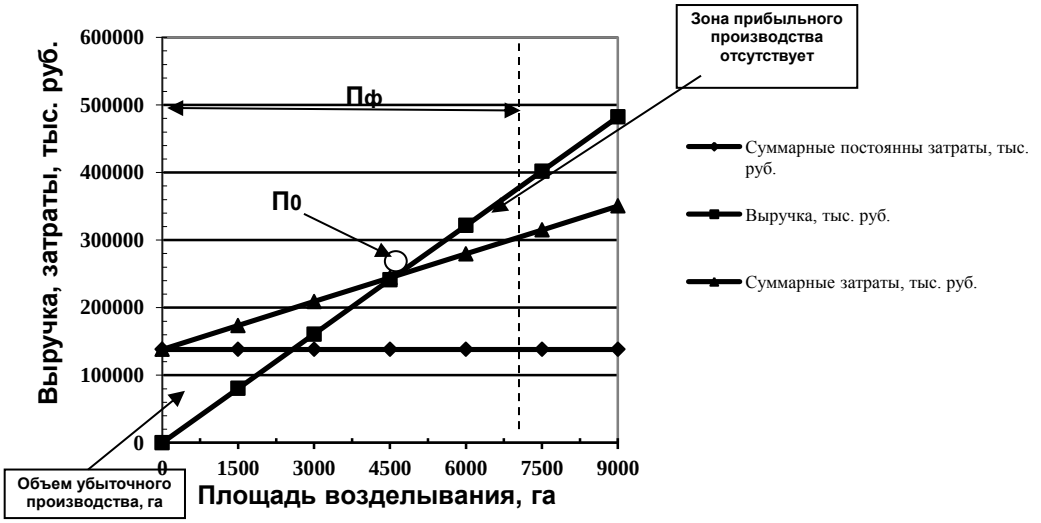


Рисунок 1 – Вероятное состояние производства зерновых культур в АО «Учхоз Зернове» в 2021 году – первый сценарий

Если выявленные тенденции изменения параметров производства в 2021 году сохранятся, то акционерное общество сохранит достигнутый уровень доходности. Урожай зерновых культур,

собранный и проданный с площади По=4606 га., покроет затраты на производство. Остальная площадь П=Пф - По = 6879-4606 = 2273 га. будет работать на получение прибыли. Вероятная рентабельность производства зерновых и зернобобовых культур в обществе составит 22,7%, а вероятная прибыль от продаж будет равна 68230 тыс. руб. Не смотря на положительный финансовый результат, прогнозное состояние производства зерновых культур в 2021 году следует оценить как рискованное. Для доказательства наличия рисков рассмотрим второй сценарий. Второй сценарий отражает неблагоприятные климатические условия возделывания и неблагоприятную конъюнктуру рынка зерновой продукции и материальных ресурсов производства. Во втором сценарии урожайность, площадь и цена сократятся до нижнего уровня доверительного интервала, а переменные и постоянные затраты вырастут до верхнего уровня доверительного интервала: П = 6445 га, У = 36,1 ц/га, Ц = 1,230 тыс. руб./ц, ΔЗпер.= 26,707 тыс. руб./га, ΔЗпост..= 22,179 тыс. руб./га. На рисунке 2 показан график вероятного состояния производства зерновых и зернобобовых культур в АО «Учхоз Зернове» для второго сценария.

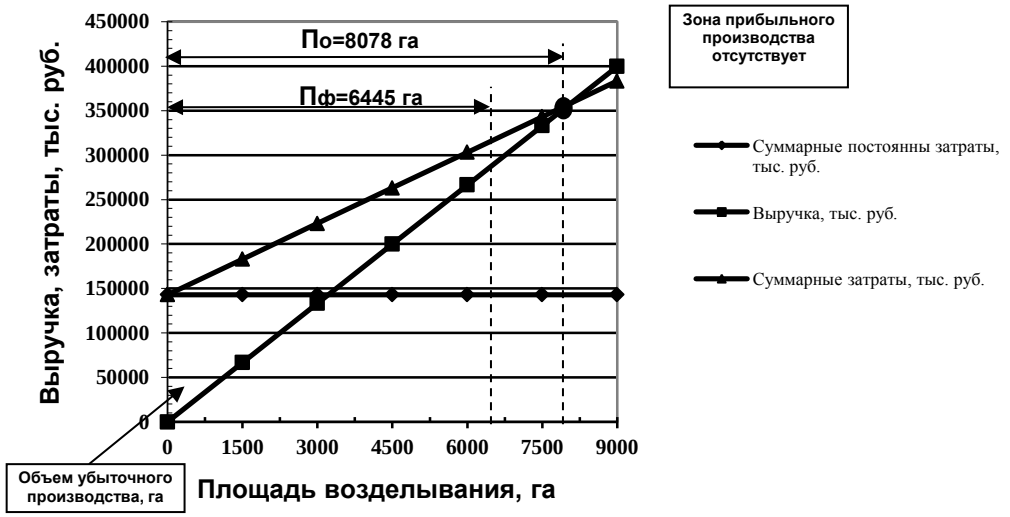


Рисунок 2 – Вероятное состояние производства зерновых культур в АО «Учхоз Зернове» в 2021 году – второй сценарий

Вероятное (прогнозное) состояние производства зерновой продукции в 2021 году следует оценивать как критическое рискованное. Из графика на рисунке 2 следует, что зона прибыльного производства отсутствует. В заданных вероятных условиях про-

изводства продукции для покрытия затрат обществу необходимо увеличить посевную площадь до 8078 га. Вероятная рентабельность составит (-9,2%). Вероятный убыток от продаж будет равен (-28893) тыс. руб. Вторая производственная ситуация иллюстрирует актуальность разработки плана антикризисного управления для условий производства АО «Учхоз Зерновое», исключающего риски получения убытков. Инструментом разработки такого плана служат экономико-статистические модели параметров управления.

Рассмотрим только одним пример планирования. Одним из разделов плана антикризисного управления должен быть направлен на обоснование минимальных цен реализации зерновой продукции в условиях переменной конъюнктуры рынка продукции и ресурсов производства. Для второй рассмотренной ситуации минимальная цена покрытия убытков составляет 1,354 тыс. руб./ц., а минимальная цена для целевой рентабельности в 20% равна 1,625 тыс. руб./ц без НДС. Среднереализационная цена на зерновую продукцию в АО «Учхоз Зерновое» в 2020 году составила 1,240 тыс. руб./ц. Для покрытия затрат при нулевой прибыли обществу необходимо поднимать цену предложения на 9,2%. Для сохранения рентабельности производства на уровне 20% цена предложения должна быть увеличена на 31,0%. Приведенный пример, хоть он и частный, характеризует общую ситуацию на рынке зерновой продукции в целом по России в 2021 году. Ситуация характеризуется резким ростом цен на зерно. Главная причина такого роста состоит в увеличении производственных затрат. Попытки правительства стабилизировать рынок за счет квотирования экспорта зерна не дают положительного результата.

В статье рассмотрен конкретный прикладной пример экономико - статистического моделирования рисков в производстве зерновых и зернобобовых культур. Рассмотренная методика может быть успешно использована для моделирования рисков в производстве других культур растениеводства без каких-либо значительных доработок. Кроме того, методика может быть успешно использована и для моделирования отраслевых рисков на уровне различных территориальных объединений: АПК районов, областей и краев.

Список литературы

1. Дорощук О.Н., Дорощук А.И. Влияние сезонного колебания цен на финансовое состояние аграрных предприятий // Российский экономический интернет-журнал. Интернет-журнал АТиСО / Акад. труда и социал. отношений. – М.: АТиСО, 2009. – URL: http://www.e-rej.ru/Articles/2009/Doroschuk_Doroschuk1.pdf

2. Дорощук О.Н., Дорощук А.И. Управление производством и продажами продукции растениеводства на основе теории равновесных состояний // Российский экономический интернет-журнал. Интернет-журнал АТиСО / Акад. труда и социал. Отношений. – М.: АТиСО, 2009. – URL: http://www.e-rej.ru/Articles/2009/Doroschuk_Doroschuk.pdf

3. Дорощук А.И. Оценка производственных и коммерческих рисков на основе CVP – подхода // В сборнике: Современные научные исследования: проблемы и перспективы. Сборник материалов V Международной научно-практической конференции. - Киров, 2021. - с. 39-46.

4. Дорощук О.Н., Дорощук А.И. Методические и прикладные аспекты оценки риска потери дохода в производстве продукции растениеводства // Экономический вестник Ростовского государственного университета. Том 5, часть 2, номер 3. – Ростов-на Дону, 2007. - с. 112-118. - URL: http://te.sfedu.ru/evjur/data/2007/journal5_3_2.pdf

5. Дорощук А.И. Метод «затраты-объем-прибыль»: классификация затрат и тенденции их изменения // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2016. – № 4. – Ч. 6. – с. 1153-1158. - URL: http://www.applied-research.ru/ru/issue/index

6. Дорощук А.И. Маржинальный анализ состояния производства культур растениеводства // Сборник: «Новая наука: теоретический и практический взгляд». Издательство: ООО «Агенство международных исследований». – Уфа, 2016. – с. 79-85. - URL: https://elibrary.ru/download/elibrary_25811622_29908273.pdf