

**РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА ПОСТРОЕНИЯ
МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ПО ОПРЕДЕЛЕНИЮ
ОПТИМАЛЬНОЙ СТРАТЕГИИ ПЛАНИРОВАНИЯ
ПРОИЗВОДСТВА НА БАЗЕ СТАТИСТИЧЕСКОЙ ИГРЫ**

К. Д. Кузник, А. В. Капusto

Белорусский государственный университет, Минск, Республика Беларусь

В работе предложен алгоритм построения математической модели задачи принятия решения по определению оптимальной стратегии планирования производства с привлечением игрового моделирования. Детально исследован этап обработки статистических данных по реализации товарной продукции производства с широким ассортиментом для формирования подхода к построению стратегий планирования. Предложены варианты оценки возможных состояний спроса.

Ключевые слова: задача принятия решений; математическая модель; статистическая игра; планирование; стратегия; алгоритм.

**DEVELOPMENT OF AN ALGORITHM FOR CONSTRUCTING
A MATHEMATICAL MODEL FOR DETERMINING THE OPTIMAL
PRODUCTION PLANNING STRATEGY BASED ON STATISTICAL
GAME THEORY**

K. D. Kuznik, A.V. Kapusto

Belarusian State University, Minsk, Republic of Belarus

This paper proposes an algorithm for constructing a mathematical model for decision-making in determining the optimal production planning strategy using game modeling. The stage of processing statistical data on the implementation of a wide range of manufactured products is thoroughly studied to form an approach to building planning strategies. Various options for evaluating possible demand states are proposed.

Keywords: decision-making problem; mathematical model; statistical game theory; planning; strategy; algorithm.

Сферой приложения теории принятия решений является разработка методов анализа проблемных ситуаций и выработка обоснований выбора принимаемых управленческих решений, обеспечивающих достижение наилучшего экономического эффекта в имеющихся условиях. В зависимости от сферы экономической деятельности, степени заинтересованно-

сти и целей участников экономического процесса, привлекается аппарат соответствующего направления.

Рассмотрим классификацию задач принятия решений (ЗПР) по признаку «определенность – риск – неопределенность». В этом случае можно выделить три подкласса:

- детерминированные ЗПР, в которых принятие решений осуществляется в условиях определенности. Они характеризуются однозначной детерминированной связью между принятым решением и его исходом;

- стохастические ЗПР, в которых принятие решений происходит при риске. Любое принятое решение может привести к одному из множества возможных исходов, каждый из которых имеет определенную вероятность появления. Предполагается, что эти вероятности заранее известны лицу, принимающему решение;

- принятие решений в условиях неопределенности. Любое принятое решение может привести к одному из множества возможных исходов, вероятности появления которых неизвестны [1].

Одним из наиболее распространенных методов принятия решений в условиях неопределенности является игровой подход, использующий моделирование ситуации в виде статистической игры.

Особенностью игровой модели в данном случае является наличие в паре участников: активного игрока – лица, принимающего решение (ЛПР) и пассивного игрока – «Природы», который не проявляет никакой заинтересованности в исходе игры и не предпринимает никаких целенаправленных действий по отношению к активному игроку. Природа – собирательный образ внешних состояний среды (спрос на продукцию, курс валют, инфляция, погодные условия и т.п.), оказывающих непосредственное влияние на результат реализации примененной активным игроком стратегии. Методы принятия решений в статистических играх определяются характером неопределенности [2].

При построении математической модели ЗПР в виде статистической игры исследователь (в дальнейшем будем отождествлять его с ЛПР) должен определить ее следующие компоненты:

- 1) перечень и содержание возможных стратегий активного игрока;
- 2) спектр возможных состояний природы;
- 3) элементы платежной матрицы игры.

Фактически, определение данных компонент и представляет собой этапы построения математической модели задачи.

В зависимости от конкретной экономической ситуации первый этап построения статистической игры может быть как вполне очевидным и закономерным, так и весьма сложным и требующим дополнительных исследований и обоснований. Остановимся на втором случае.

Моделирование ЗПР планирования производства с целью получения максимальной выручки от продаж для предприятия с широким ассортиментом продукции основано на использовании статистических данных по ряду показателей за предыдущие периоды: объемы производства, выручка, наличие или отсутствие сезонности спроса, периодичность продаж, наличие постоянных клиентов, и т.д.

В зависимости от объема и содержания доступной статистической информации ЛПР может выработать последовательность первичной обработки данных, порядок систематизации полученных результатов, их анализа, а также оценить возможность использования, как для обоснования стратегий активного игрока, так и для разработки сценариев поведения природы. Важную роль здесь играет длительность периода, за который предоставлены данные, а также степень их детализации.

Предварительным (начальным) этапом обработки данных для предприятия с широким ассортиментом продукции (от 1 тысячи до 100 тысяч наименований продукции) становится установление групп продукции. В данном случае уместно применить принятую на предприятии классификацию. Наличие 4-5 групп продукции позволит проанализировать анализ структуры спроса.

В данном случае необходимо выбрать временные интервалы, которые позволят правильно оценить не только объемы, но и структуру спроса. В качестве статистических данных для анализа были использованы отчеты действующего на рынке Республики Беларусь предприятия по изготовлению пластиковых изделий за период с октября 2021 г. по сентябрь 2022 г.

В связи с широким ассортиментом продукции было проведено предварительное разбиение всего ассортимента на 5 товарных групп (ТП1, ТП2, ТП3, ТП4, ТП5). Анализ объема продаж в поквартальном разрезе за весь указанный период показал только существенное различие результатов продаж, от минимального (апрель 2022 года) до максимального (декабрь 2021 г.), рисунок 1. Вместе с тем явной картины структуры спроса выявить не получилось.

Проанализировав существующий порядок заключения сделок, поступления оплаты и отгрузки продукции, было принято решение рассмотреть объемы продаж в поквартальном разрезе. С этой целью по каждой товарной группе была получена суммарная выручка поквартально и дана оценка структуры спроса.

В таблице 1 и на рисунке 2 представлены исходные данные и результаты оценки структуры спроса на основе анализа выручки по 5 группам товарной продукции за четвертый квартал 2021 г., в данном случае – начало рассматриваемого периода.



Рис. 1. Выручка от реализации продукции за октябрь 2021 г. – сентябрь 2022 г.

Источник: собственная разработка

Таблица 1

Выручка от реализации продукции (руб.) за IV квартал 2021 г.

Тип Продукции	2021			
	Квартал IV	Октябрь	Ноябрь	Декабрь
ТП 1	794253	169764	218268	406221
ТП 2	303150	111155	109134	82861
ТП 3	1089319	250604	396116	442599
ТП 4	774043	252625	228373	293045
ТП 5	60630	24252	10105	26273
Итого	3021395	808400	961996	1250999

Примечание. Собственная разработка

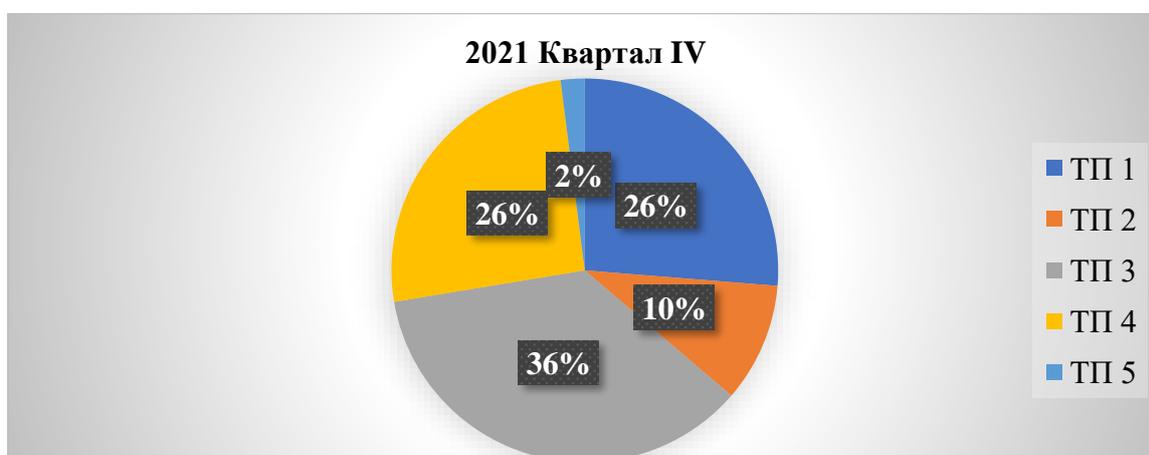


Рис. 2. Структура выручки от реализации продукции (%) за IV квартал 2021 г.

Таким образом, в выручке за последний квартал 2021 года 36% занимает ТП3, ТП1 и ТП4 – 26% каждая, ТП2 – 10% и ТП5 – 2%.

В таблице 2 и на рисунке 3 представлены исходные данные и результаты оценки структуры спроса на основе анализа выручки по 5 группам товарной продукции за первый квартал 2022 г.

Таблица 2

Выручка от реализации продукции (руб.) за I квартал 2022 г.

Тип Продукции	2022			
	Квартал I	Январь	Февраль	Март
ТП 1	355872	103122	139518	113232
ТП 2	240618	46506	84924	109188
ТП 3	647040	188046	242640	216354
ТП 4	509544	179958	198156	131430
ТП 5	40440	22242	12132	6066
Итого	1793514	539874	677370	576270

Примечание. Собственная разработка

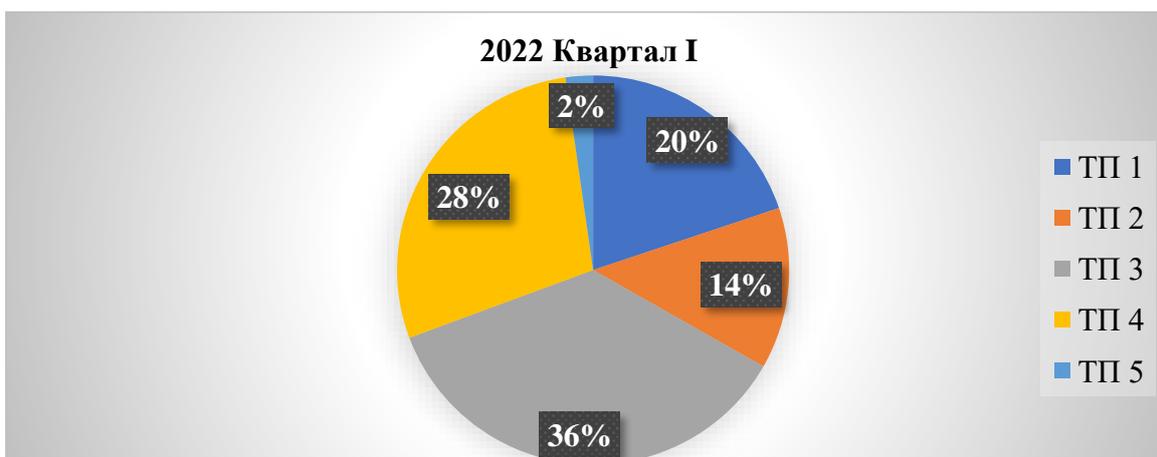


Рис 3. Структура выручки от реализации продукции (%) за I квартал 2022 г.

Источник: собственная разработка

На начало года выручка от реализации продукции ТП3 также составила 36% в общем объеме, ТП4 – 28% (увеличилась на 2% по сравнению с предыдущим кварталом), ТП1 – 20 % (уменьшение на 6%), ТП2 – 14% (увеличение на 4 %), ТП5 – 2%.

Совокупный анализ по данным за все четыре квартала позволил построить возможные интервалы варьирования спроса на продукцию в разрезе товарных групп в общем объеме продаж.

Для оценки структуры совокупного спроса с учетом каждого вида продукции был выполнен ABC-анализ, результаты которого представлены на рисунке 4.

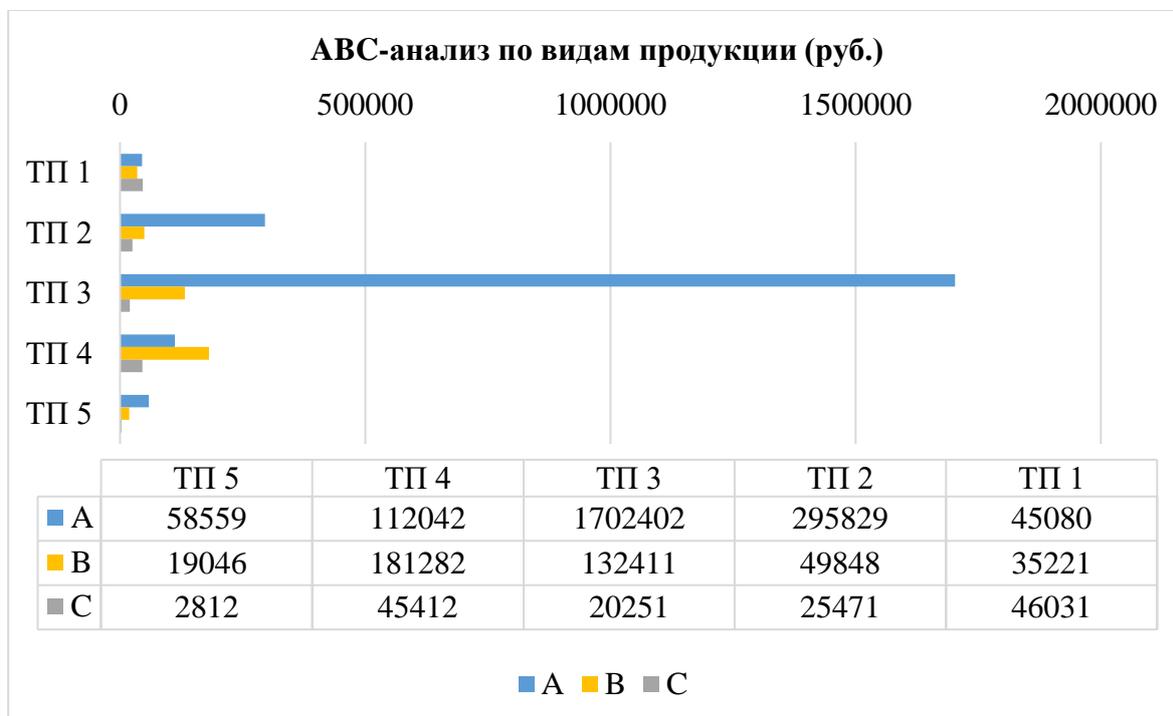


Рис. 4 Результаты ABC-анализа спроса по видам продукции

Источник: собственная разработка

Результаты ABC-анализа позволяют детализировать структуру востребованности продукции внутри каждой товарной группы.

Возвращаясь к первому этапу построения статистической игры, отметим, что сформированная оценка спроса на продукцию каждой товарной группы позволяет, используя значение средней цены от реализации одной единицы продукции, получить оценочные интервалы по варьированию спроса на продукцию в абсолютных единицах (штуках). Таким образом, разработка совокупности возможных стратегий ЛПР по выпуску продукции должна ориентироваться на полученную оценку структуры спроса и мощности производства. Планируя каждый из возможных вариантов общего выпуска продукции ЛПР сначала определяет структуру выпуска, а затем – детализирует состав выпускаемой продукции в каждой из товарных групп.

В данной статье приведены исследования первого этапа алгоритма построения математической модели задачи принятия решения на базе

статистической игры для планирования выпуска производства с широким ассортиментом выпускаемой продукции.

Библиографические ссылки

1. *Меньков А.В., Острейковский В.А.* Теоретические основы автоматизированного управления. – Учебник для вузов. – М.: Издательство Оникс, 2005. – 640 с.
2. *Капусто А.В.* Игровое моделирование в задачах принятия решений // Тенденции экономического развития в XXI веке: материалы IV Междунар. науч. конф., Минск, 1 марта 2022 г., Белорус. гос. ун-т – Минск : БГУ, 2021, С. 178 – 180.