

**Ефремов А.А.**

**Научный руководитель - к. ф.-м. н., доц. Ливинская В.А.**

*Белорусско-Российский университет, Беларусь (г. Могилёв)*

## **Оптимизация производственной программы промышленного предприятия на основе аппарата теории игр**

Одним из основополагающих принципов планирования является принцип оптимальности, который постулирует необходимость выбора из всевозможных альтернативных вариантов плана одного наилучшего. Для реализации этого принципа лицо, принимающее решение, должно располагать несколькими вариантами плана. В данной работе будет рассмотрена научно обоснованная процедура выбора оптимальной производственной программы на примере Могилёвского автомобильного завода им. С.М. Кирова – филиала ОАО «БелАЗ».

На основании данных статистической отчётности завода за 2006–2011 гг. с помощью различных методов прогнозирования динамических рядов (в частности, модели Брауна [4]) был получен интервальный прогноз объёма реализации продукции филиала на 2012 г. в стоимостном и в натуральном выражении (см. таблицу 1).

Таблица 1 – Варианты производственной программы МоАЗ им. С.М. Кирова на 2012 г.

Наименование продукции	Вариант 1		Вариант 2		Вариант 3	
	тыс. долл.	шт.	тыс. долл.	шт.	тыс. долл.	шт.
А/поезд самосвальный МоАЗ-7405	9140	80	10825	95	12510	110
А/погрузчик МоАЗ-4048	2657	13	3147	16	3637	19
Скрепер самоходный МоАЗ-6014	8050	67	9534	80	11018	92
Самосвал шахтный МоАЗ-7529	5686	29	6734	35	7783	40
А/бетоносмеситель СМБ	8232	89	9750	105	11267	121
Всего:	33765		39990		46215	

Различные варианты производственной программы филиала соответствуют верхней и нижней границе доверительного интервала, а также точечному прогнозу объёма продаж.

В условиях неопределённости выбор оптимального варианта производственной программы может быть осуществлён с применением методов сценарного анализа и аппарата теории игр.

Теория игр как специфический инструмент экономического анализа имеет ряд отличительных особенностей, которые обуславливают её преимущества. Во-первых, теория игр предоставляет ясный и точный язык

исследования различных ситуаций в экономической практике. Во-вторых, она даёт возможность подвергать интуитивные представления проверке на логическую согласованность. В третьих, аппарат теории игр помогает проследить путь от «наблюдений» до основополагающих предположений и обнаружить, какие из предположений действительно лежат в основе частных выводов.

Теория бескоалиционных игр – это способ моделирования и анализа ситуаций, в которых оптимальные решения каждого участника (игрока) зависят от его представлений (или ожиданий) об игре оппонентов.

В данной работе будет рассматриваться специфическая разновидность бескоалиционной игры – так называемая «игра с природой». Под термином «природа» здесь понимается вся совокупность внешних обстоятельств, в которых сознательному игроку (в данном случае – предприятию) приходится принимать решение. Такая игра относится к статистическим играм с неполной информацией.

Условимся рассматривать три возможные ситуации, которые могут сложиться на рынке:

- 1) низкий уровень рыночного спроса ( $D_1$ , тыс. долл. США);
- 2) средний уровень рыночного спроса ( $D_2$ , тыс. долл. США);
- 3) высокий уровень рыночного спроса ( $D_3$ , тыс. долл. США).

Соответственно рассмотрим три варианта производственной программы:

- 1) Плановый объём выпуска каждого вида продукции на уровне, удовлетворяющем низкому спросу (вариант 1).
- 2) Плановый объём выпуска каждого вида продукции на уровне, удовлетворяющем среднему спросу (вариант 2).
- 3) Плановый объём выпуска каждого вида продукции на уровне, удовлетворяющем высокому спросу (вариант 3).

Далее составляется матрица выигрышей, которая в общем случае выглядит так, как показано в таблице 2.

Таблица 2 – Общий вид платёжной матрицы

Варианты производственной программы	Ситуация 1	Ситуация 2	Ситуация 3
Вариант 1	$\alpha_{11}$	$\alpha_{12}$	$\alpha_{13}$
Вариант 2	$\alpha_{21}$	$\alpha_{22}$	$\alpha_{23}$
Вариант 3	$\alpha_{31}$	$\alpha_{32}$	$\alpha_{33}$

Здесь  $\alpha_{ij}$  - выигрыш, который получит завод, если выберет  $i$ -й вариант производственной программы, при условии, что на рынке сложится  $j$ -я ситуация. В рассматриваемом случае выигрыш принимает только отрицательные значения и трактуется как потери предприятия. Величина потерь может быть вычислена по следующей формуле:

$$a_{ij} = -|D_i - D_j|, \quad i, j = \overline{1,3}$$

(1)

Подразумевается, что любое отклонение производственной программы завода от фактического объёма спроса, приводит к нежелательным потерям. Так, если спрос превышает объём производства, предприятие теряет клиентов, упускает потенциальную выгоду, и его конкурентоспособность снижается.

Если же имеет место ситуация перепроизводства, то это влечёт за собой «замораживание» части оборотного капитала, рост расходов на обслуживание складского хозяйства.

Наконец, при полном совпадении спроса и объёма выпуска, филиал не несёт никаких потерь.

Таким образом, выбор оптимальной производственной программы предприятия в терминах данной модели сводится к решению матричной игры.

Из таблицы 1 следует, что  $D_1 = 33765$ ,  $D_2 = 39990$ ,  $D_3 = 46215$ . Пользуясь формулой (1), заполним матрицу выигрышей (потерь) анализируемого предприятия (см. таблицу 3).

Таблица 3 – Платёжная матрица МоАЗ им. С.М. Кирова

Варианты производственной программы	Низкий спрос	Средний спрос	Высокий спрос
Вариант 1	0	-6387	-12699
Вариант 2	-6387	0	-6312
Вариант 3	-12699	-6312	0

*Примечание.* Следует отметить, что в данной работе рассматривалась простейшая матричная игра всего лишь для трёх вариантов производственной программы. На практике таких вариантов необходимо разработать намного больше, как и сценариев ситуации на рынке автотехники. В результате размерность модели существенно возрастет, однако методика оценки останется прежней.

Решим данную матричную игру, пользуясь известными статистическими критериями (Байеса, Вальда, Гурвица, Ходжа-Лемана и Сэвиджа).

Использовать критерий максимакса в данном случае некорректно, поскольку на главной диагонали платёжной матрице стоят нулевые значения.

Результаты оценки сведены в таблицу 4.

Таблица 4 – Расширенная матрица потерь МоАЗ им. С.М. Кирова

$A_i$	$D_1$	$D_2$	$D_3$	Байеса	Вальда	Ходжа-Лемана	Гурвица
$A_1$	0	-2235,45	-3174,75	-5410,2	-12699	-9054,6	-3174,75
$A_2$	-2554,8	0	-1578	-4132,8	-6387	-5259,9	-1596,75
$A_3$	-5079,6	-2209,2	0	-7288,8	-12699	-9993,9	-3174,75
$q_j$	0,4	0,35	0,25				

*Примечания:*

1) При расчёте критерия Ходжа-Лемана степень доверия к экспертным оценкам здесь принята равной 50 %.

2) При расчёте критерия Гурвица показатель пессимизма был принят равным 0,75.

3) Вероятности  $q_j$ , применяемые при расчёте критерия Байеса, были получены в ходе опроса экспертов, в роли которых выступили шесть специалистов отдела маркетинга и сбыта и планово-экономического отдела предприятия.

Для применения критерия Сэвиджа необходимо сначала сформировать матрицу рисков. Под **риском** понимается мера несоответствия между различными возможными результатами принятия определённых стратегий. Здесь риск рассчитывается по следующей формуле:

$$r_{ij} = \max_y \alpha_y - \alpha_{ij} \quad (2)$$

Результаты вычислений представлены в таблице 5.

Таблица 5 – Матрица рисков МоАЗ им. С.М. Кирова

$A_i$	$D_1$	$D_2$	$D_3$	$\max_j r_{ij}$
$A_1$	0	6387	12699	12699
$A_2$	6387	0	6312	6387
$A_3$	12699	6312	0	12699

Оптимальной по Сэвиджу является стратегия  $A_1$ .

Таким образом, в результате решения статистической игры однозначно выбирается стратегия  $A_2$ , поскольку её рекомендуют все критерии без исключения. Примем этот вариант производственной программы как окончательный.

Сопоставим его с имеющимися в распоряжении МоАЗ им. С.М. Кирова производственными мощностями (см. таблицу 6).

Таблица 6 – Производственная программа МоАЗ им. С.М. Кирова на 2012 г.

Наименование продукции	Среднегодовая производственная мощность, шт.	Плановый объём выпуска, шт.	План. коэфф. исполыз. произв. мощности, %
А/поезд самосвальный МоАЗ-7405	210	95	45,2
А/погрузчик МоАЗ-4048	60	16	26,7
Скрепер самоходный МоАЗ-6014	40	80	200
Самосвал шахтный МоАЗ-7529	50	35	70
А/бетоносмеситель СМБ	180	105	58,3

Как видно из таблицы 6, анализируемое предприятие при действующих на настоящий момент условиях способно обеспечить выполнение разработанного плана производства продукции в 2012 г. по всем ассортиментным позициям, кроме одной – скрепера МоАЗ-6014.

Вообще можно предложить несколько путей решения этой проблемы:

- 1) аренда недостающего оборудования для «расшивки» «узких мест»;
- 2) передача части заказов другим филиалам ОАО «БелАЗ»;
- 3) изменение режима работы завода;
- 4) корректировка производственной программы, т.е. снижение плана производства до уровня производственной мощности.

Специфика технологического процесса производства автомобилей на МоАЗ им. С.М. Кирова такова, что практически вся выпускаемая заводом техника (за исключением новых видов и опытных образцов) производится в одних и тех же подразделениях рабочими сходной квалификации. Производство различных видов автомобилей не требует переналадки оборудования. Поэтому самым эффективным, на мой взгляд, способом решения является перераспределение плановых заданий между имеющимися в распоряжении завода производственными мощностями.

Этот способ требует много меньше затрат, чем аренда оборудования, не связан с упущенной выгодой в виде потерянных клиентов. Кроме того, такая мера повысит степень использования производственных мощностей, а значит, и эффективность функционирования предприятия в целом.

Воспользуемся незадействованными мощностями, предназначенными для производства автопогрузчиков МоАЗ-4048 и самосвалов МоАЗ-7529, т.к. трудоёмкость и станкоёмкость их производства сопоставимы с аналогичными показателями скрепера МоАЗ-6014. Так, станкоёмкость автопогрузчика МоАЗ-4048 превышает станкоёмкость скрепера МоАЗ-6014 на 4 %, а производство автопоезда самосвального МоАЗ-7405 требует на 12 % станкочасов больше, чем производство скрепера. Поэтому можно свободные мощности от производства автопоездов и автопогрузчиков перераспределить на производство скреперов. Кроме того, необходимо предусмотреть наличие резерва производственной мощности (10–15 %) по каждой ассортиментной позиции.

Изменение загрузки производственных мощностей МоАЗ им. С.М. Кирова в результате перераспределения плановых заданий представлено в таблице 7.

Таблица 7 – Загрузка производственных мощностей МоАЗ им. С.М. Кирова в 2012 г.

Наименование продукции	Среднегодовая производственная мощность, шт.	Плановый объём выпуска, шт.	План. коэфф. использ. произв. мощности, %
А/поезд самосвальный МоАЗ-7405	195	95	48,7
А/погрузчик МоАЗ-4048	35	16	45,7
Скрепер самоходный МоАЗ-6014	94	80	85,1
Самосвал шахтный МоАЗ-7529	50	35	70
А/бетоносмеситель СМБ	180	105	58,3

Таким образом, в результате корректировки увеличилась загрузка производственных мощностей, что, во-первых, повысит эффективность использования активной части основных фондов, во-вторых, создаст новые рабочие места, а в-третьих, увеличит объём выпуска именно тех видов автомобилей, которые в 2012 г. будут востребованы на рынке.

В заключении отметим, что представленная в данной работе методика может быть многократно использована, причём не только на МоАЗ им. С.М. Кирова, но и на других промышленных предприятиях.

#### Литература:

1. **Печерский, С.Л.**, Беляева, А.А. Теория игр для экономистов. Вводный курс. Учебное пособие. – СПб.: Изд-во Европ. Ун-та в С.-Петербурге, 2001. – 342 с.
2. **Р. Фелькнер** Использование теории игр в практике управления. [Электронный ресурс] Режим доступа: [http://www.cfin.ru/management/game\\_theory](http://www.cfin.ru/management/game_theory).
3. **Смирнов, Э. А.** Управленческие решения / Э. А. Смирнов. – М.: ИНФРА-М, 2001. – 264 с.
4. **Ефремов, А.А.** Прогнозирование структуры рыночного спроса на основе модели Брауна // Материалы 3-й международной научно-практической конференции «Научный прогресс на рубеже тысячелетий». – Прага: Publishing House «Education and Science», 2012.