

УДК 334.75

А.С. Маничева, Е.В. Понькина

Модель рынка зерна в условиях кооперации производителей*

A.S. Manicheva, E.V. Ponkina

Model of the Grain Market under Cooperation of Producers

Рассмотрена модель рассредоточенного, мультиагентного рынка зерна при кооперации сельскохозяйственных производителей по реализации продукции в условиях ограниченности предложения. Приведены результаты вычислительных экспериментов по модели при варьировании климатических и экономических факторов.

Ключевые слова: математическое моделирование, рассредоточенный рынок, рынок зерна.

Введение. На региональном рынке зерна количество производителей существенно превышает численность перерабатывающих предприятий, обладающих доминирующим положением, формирующих основной спрос и уровень закупочных цен на зерно. Рынок зерна по типу относится к олигополии, на котором производители находятся в неравных экономических условиях, получая меньшую долю прибыли, чем их вклад в себестоимость конечного продукта. Кооперация группы сельхозпроизводителей по реализации зерна позволяет снизить степень доминирования перерабатывающих предприятий и тем самым обеспечить повышение их влияния на уровень средних рыночных цен реализации зерна.

В основу модели рассредоточенного, мультиагентного рынка зерна с учетом кооперации сельхозтоваропроизводителей по реализации продукции положены результаты работ авторов [1, с. 121–126; 2].

В процессе моделирования приняты следующие положения и допущения: а) рассматриваются сделки купли-продажи зерна оптом на региональном рынке; б) предполагается полная информированность участников рынка; в) рассматривается рынок одного продукта, однородного по качеству (например, пшеница 3-го класса); г) перепродажа продукции между участниками рынка отсутствует; д) объем предложения ограничен; е) переходящие запасы зерна не учитываются; ж) рассматривается существенно рассредоточенный рынок зерна.

Математическая модель. Пусть на зерновом рынке присутствуют J переработчиков ($j = 1, \dots, J$) и I производителей сельскохозяйственной продукции ($i = 1, \dots, I$), рассредоточенных в пространстве. При этом издержки, связанные с транспортировкой и реализацией продукции i -м производителем на

The paper considers the model of spatially distributed, multi-agent grain market under cooperation of producers for products' sales in limited supply. Computational experiments on the model with varying climatic and economic factors are given.

Key words: cloudy mathematical modeling, spatially distributed market, grain market.

рынок j , существенно влияют на уровень прибыли от производства и реализации зерна и формируют матрицу $R = (r_{ij})$, $r_{ij} \geq 0$.

Производитель i , обладая производственным потенциалом \bar{X}_i , исходя из объема производства продукции x_i формирует предложение в объеме x_{ij} на каждом территориально удаленном, локальном зерновом рынке j ($j = 1, \dots, J$), которое зависит от соотношения привлекательности закупочной цены c_j и издержек транспортировки и сбыта r_{ij} , т.е. $x_{ij} = x_{ij}(c_j, r_{ij})$.

Цель функционирования производителя i заключается в оптимальном распределении предложения зерна по локальным рынкам, рассредоточенным в пространстве, обеспечивающем получение максимума прибыли от производства и реализации продукции:

$$f_i(c, x_i) = \sum_{j=1}^J (c_j - r_{ij})x_{ij} - z_i(x_{ij}) \rightarrow \max_{x_{ij} \in X_i}, \quad i = 1, \dots, I, \tag{1}$$

$$X_i = \left\{ x_{ij} \in R_+^J : \sum_{j=1}^J x_{ij} \in [0, a_i^s \bar{X}_i] \right\},$$

где $z_i(x_{ij})$ – функция издержек производства зерна; a_i^s – параметр, характеризующий эффективность используемых агротехнологий и степень достижения производственного потенциала \bar{X}_i ($0 \leq a_i^s \leq 1$).

Пусть множество \tilde{I} описывает индексы производителей, участвующих в коллективном кооперативном процессе реализации зерна. Системообразующим фактором для кооперации сельскохозяйственных предприятий является их незначительное влияние (при функционировании автономно) на

* Работа выполнена при финансовой поддержке ведомственно-аналитической программы «Развитие научного потенциала высшей школы 2009–2011 гг.» (проект №2.2.2.4/4278).

уровень средней рыночной цены. Объединение усилий по реализации зерна группой сельскохозяйственных предприятий позволит обеспечить более выгодные экономические условия при достаточно большом «пакете» предложения зерна. Совокупное предложение зерна предприятий, входящих в кооператив, \tilde{x} определено как $\tilde{x} = \sum_{i \in \tilde{I}} x_i$. Доля кооператива на рынке зерна составляет $\frac{\tilde{x}}{\sum_{i=1}^I x_i}$.

Задача кооператива как участника зернового рынка заключается в максимизации прибыли $\tilde{f}(c, \tilde{x})$ от реализации продукции в объеме \tilde{x} :

$$\begin{aligned} \tilde{f}(c, \tilde{x}) &= \sum_{j=1}^J (c_j - \tilde{r}_j) \tilde{x}_j - \tilde{z}(\tilde{x}) \rightarrow \max_{\tilde{x}_j \in \tilde{X}}, \\ \tilde{X} &= \left\{ \tilde{x}_j \in R^J : \sum_{j=1}^J \tilde{x}_j \in [0, \sum_{i \in \tilde{I}} a_i^s \bar{X}_i] \right\}, \end{aligned} \quad (2)$$

где $\tilde{z}(\tilde{x}) = \sum_{i \in \tilde{I}} z_i(x_i)$ – функция совокупных издержек на производство зерна; \tilde{r}_j – средневзвешенные затраты на транспортировку и сбыт продукции на рынок j .

Поскольку при функционировании кооператива формируются совокупные издержки, то введем показатель p , ($0 \leq p \leq 1$) – коэффициент, характеризующий уровень отчислений предприятий, покрывающий издержки реализации зерна (без учета транспортных расходов).

Сумма отчислений на функционирование кооператива в целом составит $P = \sum_{j=1}^J c_j p \tilde{x}_j$.

Рынок j является привлекательным, если выполнено условие достижения нормы рентабельности: $c_j(1-p) \geq \frac{\tilde{z}(\tilde{x})}{\tilde{x}} + \tilde{r}_j$. По сути величина p характеризует степень повышения средней нормы рентабельности производства зерна участниками кооператива. При увеличении p требования к закупочной цене также повышаются.

Величина предложения зерна кооперативом на локальный рынок j в зависимости от цены закупки формируется по правилу:

$$\tilde{x}_j = \begin{cases} \Delta \tilde{x}, & \text{если } c_j(1-p) \geq \frac{\tilde{z}(\tilde{x})}{\tilde{x}} + \tilde{r}_j, \\ 0, & \text{иначе,} \end{cases}$$

где $\Delta \tilde{x}$ – имеющееся на данный момент предложение кооператива.

Величина предложения зерна производителем $i \in I \setminus \tilde{I}$ на рынок j определяется как:

$$x_{ij} = \begin{cases} \Delta x_i, & \text{если } c_j \geq \frac{z_i(x_i)}{x_i} + r_{ij}, \\ 0, & \text{иначе,} \end{cases}$$

где Δx_i – имеющееся на данный момент предложение производителя.

Прибыль (без отчислений), получаемая участником кооператива, зависит от внесенного объема зерна x_i и величины удовлетворенного кооперативом предложения \tilde{u} :

$$\tilde{f}_i(\tilde{c}, x_i) = \frac{x_i}{\sum_{\tau \in \tilde{I}} x_\tau} \tilde{u} \tilde{c} (1-p) - z_i(x_i), \quad i \in \tilde{I},$$

где \tilde{c} – средний вектор цен реализации зерна кооперативом.

Производители зерна направляют предложение переработчикам. Каждый переработчик j рассматривается в качестве агента локального зернового рынка и, управляя закупочной ценой на зерно c_j , формирует потенциальный спрос в объеме $X_j(c_j)$, зависящем также от доходности реализации готовой продукции d_j .

Задача переработчика j заключается в максимизации прибыли от производства и реализации готовой продукции $F_j(c_j, x)$:

$$\begin{aligned} F_j(c_j, x) &= (d_j - c_j) X_j(c_j, d_j) \rightarrow \max_{c_j}, \\ c_j &\in [c_j, \bar{c}_j], \quad j = 1, \dots, J, \\ X_j(c_j) &= \sum_{i=1}^I x_{ij} + \tilde{x}_j \end{aligned} \quad (3)$$

где c_j, \bar{c}_j – нижний и верхний пределы изменения закупочной цены на рынке j .

Решением задачи (1)–(3) являются равновесные цены (c_1^*, \dots, c_J^*) , оптимальное распределение совокупного предложения участников кооператива $(\tilde{x}_1^*, \dots, \tilde{x}_J^*)$ и автономных производителей $(x_{i1}^*, \dots, x_{iJ}^*)$, такие, что на каждом локальном рынке j выполнено соотношение $X_j(c_j^*) = \sum_{i=1}^I x_{ij}^*(c_j^*) + \tilde{x}_j^*(c_j^*)$, а интересы участников рынка максимально удовлетворены.

Решение находилось при помощи алгоритма, основанного на принципе «нащупывания» и учитывающего показатель деловой активности производителей. Данный показатель отражает способность производителя найти оптимальные рынки сбыта и реализовать свою продукцию по приемлемой цене [2].

Результаты вычислительных экспериментов. В качестве участников рынка рассматриваются девять перерабатывающих предприятий и 30 сельскохозяйственных предприятий, 13 из которых состоят в кооперативе и предлагают на рынок 53% объема зерна от общего предложения. Перерабатывающие предприятия сгруппированы по перерабатывающим мощностям: малые, средние, крупные. Использо-

ны статистические данные по предприятиям Алтайского края за 2008 г. Дескриптивная статистика участников рынка представлена в таблицах 1 и 2.

Таблица 2

Средние данные по переработчикам

Таблица 1
Средние данные по производителям

Показатель	Группы предприятий			
	малые	средние	крупные	
Затраты на переработку 1 т зерна, тыс. руб.	1,79	1,37	0,95	
Цена реализации готовой продукции, тыс. руб./т	мука высшего сорт	12,50	11,57	10,00
	мука 1 сорт	11,96	10,57	8,60
	отруби	1,25	2,96	4,67
Перерабатывающие мощности, т в сутки	40	542	1310	

Показатель	Группы предприятий			
	малые	средние	крупные	
Затраты на переработку 1 т зерна, тыс. руб.	1,79	1,37	0,95	
Цена реализации готовой продукции, тыс. руб./т	мука высшего сорт	12,50	11,57	10,00
	мука 1 сорт	11,96	10,57	8,60
	отруби	1,25	2,96	4,67
Перерабатывающие мощности, т в сутки	40	542	1310	

Приняты следующие варианты моделирования рассредоточенного, мультиагентного рынка зерна:

1) равновесный рынок – баланс спроса и предложения ($C = П$);

2) неурожайный год – спрос превышает предложение относительно равновесного состояния ($C > П$);

3) перепроизводство – ситуация перепроизводства зерна, при которой происходит превышение предложения над спросом ($C < П$).

Результаты расчета по модели (1)–(3) при варьировании климатических (соотношение спроса и предложения) и экономических (коэффициент отчислений p) условиях представлены на рисунках 1–3.

На рисунке 1 отображена динамика изменения равновесной цены в зависимости от значения коэффициента p и соответствующий конкретной цене объем удовлетворенного предложения кооператива; на зерновом рынке присутствует баланс спроса и предложения. Полное удовлетворение предложения кооперативом достигается при значении коэффициента отчислений $p = 0,2$. Дальнейшее увеличение коэффициента хоть и влечет повышение уровня равновесной цены, но приводит к частичному удовлетворению предложения. При $p = 0,4$ предложение зерна остается полностью неудовлетворенным.

Сравнение величины совокупной прибыли участников кооператива при изменении соотношения спроса и предложения на 10% в сторону уменьшения (неурожайный год) и увеличения (перепроизводство зерна) предложения относительно баланса представлено на рисунке 2, изменение суммарной прибыли переработчиков – на рисунке 3.

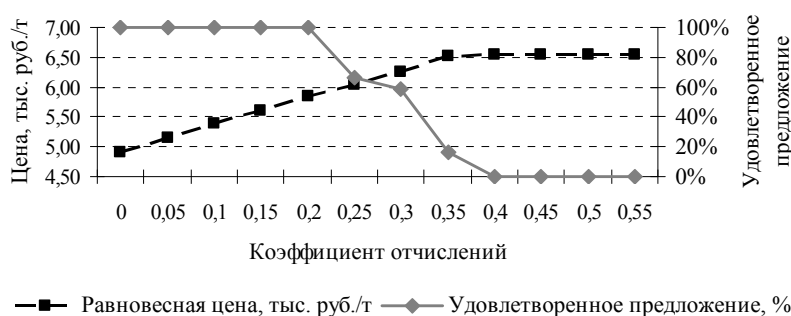


Рис. 1. Динамика изменения равновесной цены и изменение величины удовлетворенного предложения кооперативом

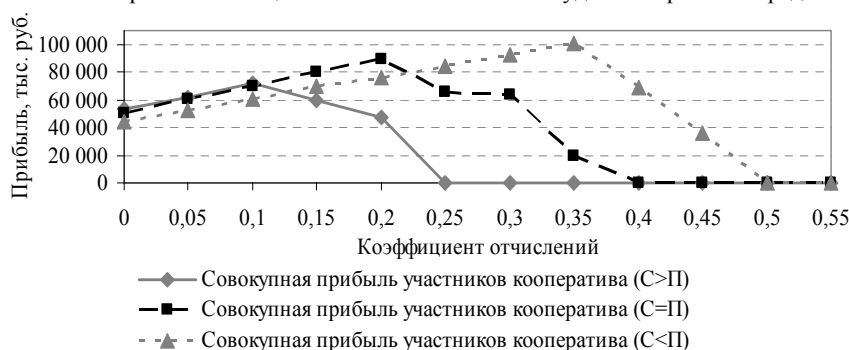


Рис. 2. Изменение прибыли кооператива

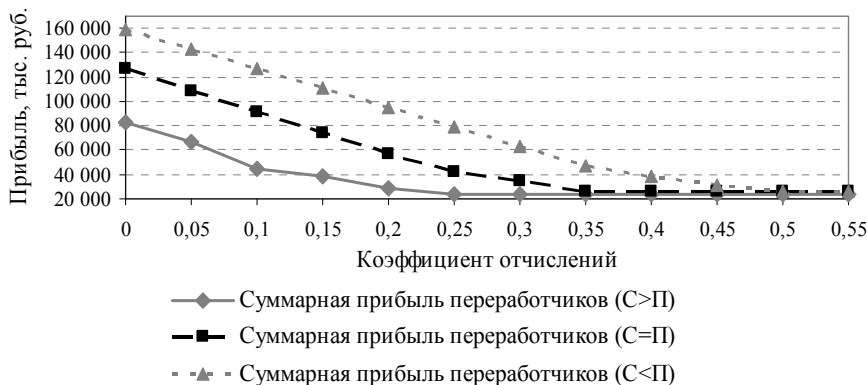


Рис. 3. Изменение суммарной прибыли переработчиков

При балансе спроса и предложения ($C = P$) максимальная величина совокупной прибыли участников кооператива достигается при $p = 0,2$ и равна нулю при $p = 0,4$, так как минимальная цена, при которой кооперативу выгодно реализовывать зерно, значительно превышает закупочную цену, предлагаемую переработчиками.

В неурожайный год ($C > P$) наибольшая величина совокупной прибыли достигается при $p = 0,1$, а при $p = 0,25$ кооператив уже не удовлетворяет полностью имеющееся предложение зерна.

При перепроизводстве зерна ($C < P$) оптимальное значение коэффициента отчислений $p = 0,35$, достигается максимум совокупной прибыли; при $p = 0,55$ совокупная прибыль кооператива от реализации зерна равна нулю.

Наибольшее значение прибыли переработчиков при различном соотношении спроса и предложения ($C > P$, $C = P$, $C < P$) достигается при $p = 0$, в этом случае минимальная желаемая цена реализации зерна участниками кооператива наименьшая среди различных вариантов цен при варьировании коэф-

фициента p . В неурожайный год при меньшем значении коэффициента p ($p = 0,25$) достигается минимум прибыли, при балансе спроса и предложения — минимум при $p = 0,4$, а при перепроизводстве минимум прибыли, получаемый за счет удовлетворения предложения производителей, не вошедших в кооператив, достигается при $p = 0,55$.

Выводы. Анализ результатов расчета по модели рассредоточенного, мультиагентного рынка зерна в условиях кооперации производителей при вариации значения коэффициента отчислений и при разном соотношении спроса и предложения показал, что наибольшая прибыль кооператива достигается при перепроизводстве зерна. В этом случае себестоимость зерна уменьшается, производство и реализация зерна окупаются в большей степени, чем при балансе спроса и предложения или превышении спроса над предложением. В случае неурожайного года ситуация противоположная: себестоимость зерна возрастает и при этом производство зерна окупается в меньшей степени, чем при $C = P$ или $C < P$.

Библиографический список

1. Понькина Е.В., Маничева А.С. Некоторые вопросы математического моделирования рассредоточенного рынка зерна // Известия АлтГУ. — 2011. — №1.

2. Боговиз А.В., Лобова С.В., Оскорбин Н.М., Понькина Е.В., Маничева А.С. Проблемы повышения рентабельности производства зерна в условиях Алтайского края: монография. — Барнаул, 2011.