

УДК 51-77 + УДК 334.78

**ЭКОНОМИКО-МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ  
ФИНАНСИРОВАНИЯ ИНВЕСТИЦИЙ В ИНТЕГРИРОВАННЫХ ЦЕПЯХ ПОСТАВОК**

*д-р экон. наук, доц., проф. М.А. СЛОНИМСКАЯ  
(Полоцкий государственный университет)*

*Обоснована необходимость организации межфирменного сетевого сотрудничества в цепи поставок мяса крупного рогатого скота белорусского производства, ориентированной на внешний рынок, представлена разработанная автором экономико-математическая модель, позволяющая обосновать решения по распределению суммы инвестиций между участниками интегрированной цепи поставок на основе критерия максимизации общей суммы прибыли от реализации конечной продукции. Предлагаемая модель позволяет повысить эффективность процедуры бенчмаркинга и государственного субсидирования для стимулирования развития отечественного мясного животноводства и поддержки экспорта говядины на зарубежные рынки.*

**Ключевые слова:** *экономико-математическое моделирование, межфирменное сетевое сотрудничество, интегрированные цепи поставок, бенчмаркинг, финансирование инвестиций.*

**Введение.** Организация межфирменного сетевого сотрудничества позволяет реализовать потенциальную роль сетевого механизма координации деятельности предприятий в повышении их конкурентоспособности, а также отдельных отраслей и национальной экономики в целом за счет синергетического эффекта при совместном использовании ресурсов, инфраструктуры и единой маркетинговой политики; создания системы обмена информацией, знаниями и компетенциями; распределения рисков между партнерами по цепи поставок; снижения транзакционных издержек; единых стандартов выполнения процессов и обслуживания клиентов [1].

Создание бизнес-сетей требует формирования взаимного доверия, механизма согласования целей, обмена информацией и адаптации. Этап проектирования бизнес-процессов сети является ключевым фактором в области сетевого взаимодействия. Необходимо спроектировать структуру сети, систему управления и обосновать выбор партнеров. В процессе проектирования бизнес-процессов сетевого взаимодействия необходимо определить: процедуры (функции, работы), которые необходимо выполнить для получения заданного конечного результата; последовательность выполнения процедур; механизмы контроля и управления; исполнителей процессов; входящие и исходящие документы / информацию по каждой процедуре процесса; ресурсы, необходимые для выполнения каждой процедуры процесса; документацию и условия, регламентирующие выполнение каждой процедуры; параметры, характеризующие выполнение процедур и процессов в целом. Проектирование процессов в вертикально интегрированных межфирменных сетях осуществляется с помощью так называемой референтной модели операций в цепях поставок (The Supply Chain Operations Reference – SCOR), которая описывает деятельность, связанную со всеми этапами удовлетворения спроса клиента [2]. Экономико-математическое моделирование при этом играет важную роль на всех этапах.

Рассмотрим использование экономико-математического моделирования в процессе принятия решений в интегрированной цепи поставок на примере производства и продажи мяса крупного рогатого скота (КРС). Растущий спрос на мировом рынке говядины дает возможность увеличить экспорт данного вида мясной продукции из Беларуси. Организация межфирменного сетевого сотрудничества объектов цепи поставок мяса КРС позволяет обеспечить конкурентоспособность данного продукта на внешних рынках при допустимом уровне рентабельности деятельности объектов цепи поставок. Достижение указанной цели связано с выполнением ряда целевых показателей Государственной программы развития аграрного бизнеса в Республике Беларусь на 2016 – 2020 гг.: темп роста экспорта мяса КРС; темп роста численности коров специализированных мясных пород (подпрограмма 4 «Развитие племенного дела в животноводстве»); рентабельность продаж продукции мясного скотоводства в сельскохозяйственных предприятиях (подпрограмма 9 «Структурные преобразования в агропромышленном комплексе»); индекс производства продукции мясного скотоводства в крестьянских (фермерских) хозяйствах (подпрограмма «Развитие и поддержка малых форм хозяйствования») [3].

**Основная часть.** В соответствии с референтной SCOR-моделью, которая признается международным межотраслевым стандартом проектирования цепей поставок, для разработки направлений совершенствования процессов используется процедура бенчмаркинга [4].

Обязательным условием построения надежных и безопасных цепей поставок продуктов питания является необходимость создания на национальном и международном уровнях единых правил идентификации, учета и прослеживаемости сельскохозяйственных животных и развития на этой основе технологий

прослеживаемости продукции животного происхождения. В Республике Беларусь уже разработана отечественная автоматизированная информационная система идентификации, регистрации, прослеживаемости животных и продукции животного происхождения (AITS). AITS обеспечивает прослеживаемость животных с момента их рождения до убоя, фиксируя 25 типов базовых событий: рождение животного; идентификация животного; все события, связанные с перемещениями животного; все санитарно-ветеринарные мероприятия, проводимые для животного; события утери или падежа животных; отправку животного на убой; идентификацию туши животного для организации прослеживаемости продукции животного происхождения [5]. AITS предоставляет логистическому интегратору информацию о движении численности КРС в сельскохозяйственных предприятиях и их основных физических характеристиках. Данная информация в сочетании с финансовыми показателями производителей КРС мясной породы дает возможность определить примеры наилучшей практики и распространить опыт на остальные объекты, используя процедуру бенчмаркинга. Предлагается авторская методика проведения процедуры бенчмаркинга на основе использования метода «Развертывание функций качества». Традиционно данный метод используется для оценки нового товара на стадии разработки с заданным уровнем конкурентоспособности [6, с. 126-155].

Матрица бенчмаркинга отрасли мясного животноводства по странам-основным импортерам замороженного мяса КРС в КНР и Республике Беларусь, построенная по методу «Развертывание функций качества», представлена на рисунке 1.

		Важность для потребителя	Факторы					Рейтинг					
			Система прослеживаемости цепи поставок	Порода скота и технология выращивания	Расстояние до рынка сбыта	Продолжительность пастбищного периода	Размер ввозной таможенной пошлины	Площадь пастбищ	— Республика Беларусь □ — Бразилия △ — Уругвай				
									1	2	3	4	5
Требования потребителей к мясу КРС на рынке КНР	Натуральность	0,2	●			○			☆	□	△		
	Безопасность	0,3	●		△				☆	□	△		
	Вкус	0,2		●	△			☆		□	△		
	Цена	0,3		●	●	●	●	○		□	☆	△	
Организационная сложность			5	3	-	-	8	-					
Финансовые затраты на проведение изменений			5	5	-	-	8	-					
Единицы измерения			баллы	баллы	км	дней	%	млн. га					
Значения факторов	Республика Беларусь		3	2	6013	130-140	12	1,5					
	Бразилия		3	4	16622	365	12	185					
	Уругвай		5	4	18127	365	12	14					
	☆ — Республика Беларусь □ — Бразилия △ — Уругвай	1 2 3 4 5	△	△ □	☆	△ □	□	☆	□	△	☆		
Абсолютная важность			4,5	4,5	3,2	3,3	2,7	2,7					

Рисунок 1. – Матрица бенчмаркинга отрасли мясного животноводства для основных импортеров замороженного мяса КРС, построенная по методу «Развертывание функций качества»

Как показывают результаты бенчмаркинга, наиболее важными направлениями совершенствования процессов в цепи поставок мяса КРС является внедрение системы прослеживаемости цепи поставок для потребителей, а также улучшение породы и технологии выращивания скота. Первый параметр влияет на натуральность и безопасность продукции, второй – на вкус и себестоимость производства продукции.

Единственное конкурентное преимущество Беларуси перед другими странами, которые являются основными импортерами мяса КРС в КНР, – более близкое ее географическое расположение к данному рынку сбыта. Больше всего Беларусь отстает от рассматриваемых стран-конкурентов по наличию возможностей наращивания количества КРС, т.к. имеет значительно меньшие площади пастбищ.

Цена на замороженное мясо КРС белорусского производства на рынке КНР для обеспечения его конкурентоспособности не должна превышать соответствующую цену на данный вид продукции основных конкурентов. Существует проблема низкой экономической эффективности отечественной отрасли мясного животноводства. Повышение закупочных цен на мясо КРС мясной породы приведет к росту отпускных цен производителей на мясо КРС и, соответственно, к снижению его конкурентоспособности на внешних рынках. К росту цен на мясо КРС также могут привести необходимые дополнительные инвестиции в основной капитал для увеличения численности КРС мясной породы и развития производства по переработке говядины, а также изменения существующих объектов в соответствии с требованиями международных рынков по санитарным и фитосанитарным мерам (СФСМ), безопасности пищевых продуктов и благополучию животных. В Уругвае, например, сумма таких инвестиций составляет 2% от стоимости экспорта [7, с. 15].

С целью решения проблемы повышения экономической эффективности отрасли мясного животноводства предлагается организовать обмен знаниями и компетенциями между участниками цепи поставок мяса КРС в рамках инновационной сети с участием научных учреждений и сельскохозяйственных вузов Республики Беларусь на основе интеллектуальной платформы по аналогии с европейскими «живыми лабораториями» [8]. Участники интеллектуальной платформы будут решать следующие задачи: генерация идей участниками инновационной сети; разработка стандартов выполнения бизнес-процессов с учетом зарубежного опыта и современных информационных технологий; разработка программного обеспечения для предприятий сферы мясного животноводства в соответствии с бизнес-моделью SaaS (услуги по обеспечению доступа к программным продуктам через интернет).

Получить доступ к зарубежному опыту дает возможность участие интеллектуальной платформы в международной сети «Глобальный круглый стол по вопросам устойчивого производства говядины» [9]. Глобальный круглый стол по вопросам устойчивого производства говядины (The Global Round Table for Sustainable Beef – GR SB) – это стратегическая платформа, созданная для объединения заинтересованных сторон, осуществляющих деятельность в сфере производства говядины, экологии, розничной торговли и других, которые проявляют интерес к данной отрасли, с целью разработки направлений улучшения устойчивости глобальной цепочки создания стоимости при производстве мяса и мясной продукции путем обмена знаниями, лидерства, научной деятельности и многостороннего взаимодействия и сотрудничества. Организаторы сети GR SB называют ее «миром, в котором все аспекты цепочки создания говядины являются экологически безопасными, социально ответственными и экономически жизнеспособными» [10].

Повысить экономическую эффективность отрасли мясного животноводства также предлагается за счет развития межфирменных сетей в виде закупочных групп, что обеспечивает лучшие условия от поставщиков по цене, стабильность поставок и контроль логистических затрат.

Цели и источники финансирования создания и поддержки деятельности системы интегрированной цепи поставок мяса КРС, ориентированной на внешние рынки, представлены в таблице.

Таблица. – Цели и источники финансирования создания и поддержки деятельности системы интегрированной цепи поставок мяса КРС, ориентированной на внешние рынки

Цель	Источники финансирования
1. Функционирование Автоматизированной информационной системы идентификации, регистрации, прослеживаемости животных и продукции животного происхождения (AITS)	Средства государственного бюджета Республики Беларусь
2. Проектирование бизнес-процессов в интегрированной цепи поставок	Средства государственного бюджета Республики Беларусь в рамках финансирования государственных программ «Развитие цифровой экономики и информационного общества», «Развитие транспортного комплекса Республики Беларусь», «Развитие аграрного бизнеса в Республике Беларусь»
3. Осуществление деятельности логистического интегратора	Плата за услуги участников интегрированной цепи поставок
4. Осуществление деятельности интеллектуальной платформы	Средства Белорусского инновационного фонда Республики Беларусь, ежемесячная абонентская плата за онлайн-использование программного обеспечения для предприятий сферы мясного животноводства
5. Осуществление деятельности закупочных групп	Плата за услуги закупочной группы ее участников

Дополнительные задачи, которые необходимо решить для осуществления предлагаемых мероприятий по созданию и поддержке деятельности системы интегрированной цепи поставок мяса КРС:

- поиск источников финансирования инвестиции в основной капитал для увеличения численности КРС мясной породы и развития производства по переработке говядины;
- стимулирование сельскохозяйственных производителей и фермеров к участию в проектах по развитию отрасли мясного скотоводства;
- развитие сотрудничества между организациями в отрасли мясного скотоводства и стимулирование их участия в интегрированной цепи поставок, деятельности интеллектуальной платформы и закупочных группах.

Одной из наиболее активных стран-инвесторов в мировой экономике является КНР. Учитывая заинтересованность китайских компаний-покупателей мяса КРС в развитии данной отрасли, компанию по привлечению инвесторов для строительства или репрофилирования существующих мясоперерабатывающих предприятий в соответствии с требованиями целевых рынков целесообразно ориентировать на китайских инвесторов. Сотрудничество отечественного логистического интегратора с Китайской торгово-инвестиционной компанией мясной промышленности «Большой шелковый путь», которая содействует торгово-экономическому сотрудничеству между Китаем и Беларусью в сфере мясной продукции и мясной промышленности, позволит не только повысить эффективность поиска необходимых инвесторов, но и обеспечит необходимое информационно-техническое взаимодействие с покупателями на китайском рынке.

Повышение эффективности цепи поставок при одновременном стимулировании интеграционных процессов позволяет использовать оптимизационных экономико-математических моделей при принятии решений финансирования инвестиций в интегрированных цепях поставок [11]. Для стимулирования сельскохозяйственных производителей и фермеров к участию в интеграционных проектах по развитию отрасли мясного скотоводства предлагается использовать следующую экономико-математическую модель:

$$Z_{t+1} - \vartheta \rightarrow \text{Max} \tag{1}$$

где  $Z_{t+1}$  – общая сумма прибыли животноводческих и мясоперерабатывающих предприятий от производства, переработки и продажи говядины на внутренний и внешний рынок в  $(t + 1)$  периоде;

$\vartheta$  – общая сумма государственной субсидии.

В модели рассматривается  $I$  животноводческих предприятий ( $i \in I$ ), претендующих на получение государственной субсидии в  $(t + 1)$ -м периоде по итогам работы за  $t$ -й период времени. Каждое  $i$ -е из них вырастило и сдало за  $t$ -й период  $b_{ijt}$  голов КРС ( $b \in B$ ) на  $j$ -е мясоперерабатывающее предприятие ( $j \in J$ ). В среднем из одной  $b_{ij}$  головы КРС в  $t$ -м периоде получено  $q_{ijt}$  кг готовой продукции, которая была продана в том же периоде по цене  $p_{ijk}$ -у внутреннему покупателю ( $k \in K$ ) и  $p_{ijm}$ -у внешнему покупателю ( $m \in M$ ). Средние издержки производства 1 кг продукции из сырья  $i$ -го животноводческого предприятия, произведенной на  $j$ -м мясоперерабатывающем предприятии в  $t$ -м периоде составляют  $c_{ijt}$ , средние издержки обращения при продаже 1 кг продукции из сырья  $i$ -го животноводческого предприятия, произведенной на  $j$ -м мясоперерабатывающем предприятии –  $d_{ijt}$ .

Государственная субсидия в  $(t + 1)$ -м периоде позволяет увеличить животноводческим предприятиям число голов КРС. Необходимо распределить общую сумму государственной субсидии таким образом, чтобы общая сумма ожидаемой в  $(t + 1)$ -м периоде прибыли животноводческих и мясоперерабатывающих предприятий от производства КРС, его переработки и продажи мясной продукции на внутренний и внешний рынок  $Z_{t+1}$  была максимальной при условии сохранения основных факторов выращивания КРС, производства и продажи продукции на прежнем уровне.

$$Z_{t+1} = \sum_{k \in K} \sum_{j \in J} \sum_{i \in I} p_{ijk} b_{ijk(t+1)} q_{ijkt} + \sum_{m \in M} \sum_{j \in J} \sum_{i \in I} p_{ijm} (b_{ij(t+1)} q_{ijt} - \sum_{k \in K} b_{ijk(t+1)} q_{ijkt}) - \sum_{j \in J} \sum_{i \in I} b_{ij(t+1)} q_{ijt} (c_{ijt} + d_{ijt}). \tag{2}$$

Первая часть уравнения (2) представляет ожидаемую общую сумму выручки, которую можно получить от продажи продукции мясоперерабатывающих предприятий на внутреннем рынке в  $(t+1)$ -м периоде, где:

$p_{ijk}$  – средняя цена 1 кг продукции  $j$ -го мясоперерабатывающего предприятия из КРС, выращенного на  $i$ -м животноводческом предприятии при продаже  $k$ -му внутреннему покупателю в  $t$ -м периоде;

$b_{ijk(t+1)} q_{ijkt}$  – ожидаемый объем продукции  $j$ -го мясоперерабатывающего предприятия в  $(t + 1)$ -м периоде из КРС, выращенного на  $i$ -м животноводческом предприятии, проданной  $k$ -му внутреннему покупателю.

Вторая часть уравнения (2) представляет ожидаемую общую сумму выручки в  $(t + 1)$ -м периоде от продажи продукции на внешние рынки, где:

$p_{ijmt}$  – средняя цена 1 кг продукции  $j$ -го мясоперерабатывающего предприятия из КРС, выращенного на  $i$ -м животноводческом предприятии при продаже  $m$ -му внешнему покупателю в  $t$ -м периоде;

$b_{ij(t+1)q_{ijt}}$  – объем продукции  $j$ -го мясоперерабатывающего предприятия из КРС, выращенного на  $i$ -м животноводческом предприятии в  $(t + 1)$ -м периоде.

Третья часть уравнения (2) представляет ожидаемую общую сумму издержек производства и переработки продукции животноводческих и мясоперерабатывающих предприятий в  $(t + 1)$ -м периоде, где:

$c_{ijt}$  – средние издержки производства 1 кг продукции из сырья  $i$ -го животноводческого предприятия, произведенной на  $j$ -м мясоперерабатывающем предприятии в  $t$ -м периоде;

$d_{ijt}$  – средние издержки обращения при продаже 1 кг продукции из сырья  $i$ -го животноводческого предприятия, произведенной на  $j$ -м мясоперерабатывающем предприятии в  $t$ -м периоде.

Общий размер государственных инвестиций определяется в соответствии с уравнением (3):

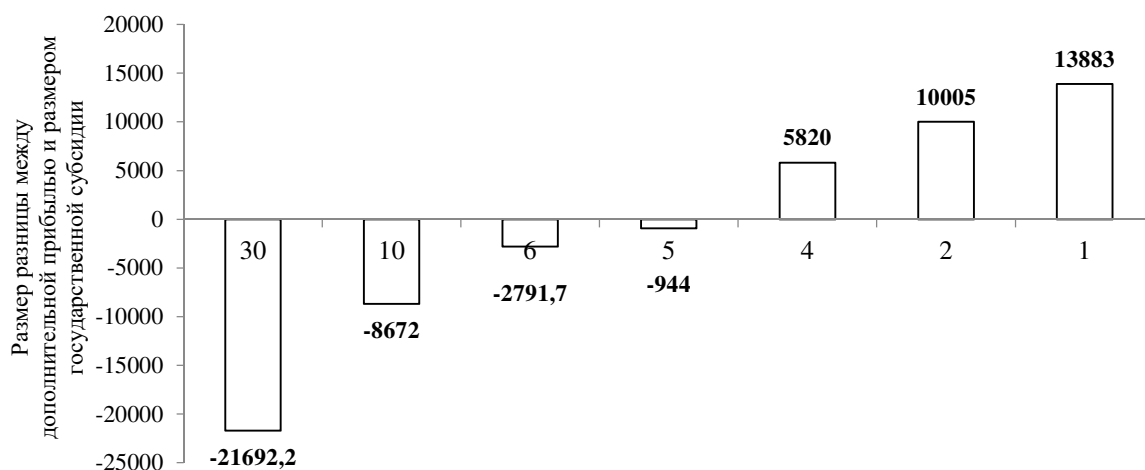
$$\vartheta = p_b \sum_{i=1} \Delta b_{i(t+1)} \quad (3)$$

где  $\Delta b_{i(t+1)}$  – количество голов КРС, которые можно дополнительно купить на  $i$ -м животноводческом предприятии на сумму выделенной государственной субсидии в  $(t + 1)$ -м периоде;

$p_b$  – средняя стоимость одной головы КРС.

Предлагаемая модель была апробирована на примере распределения субсидии в размере 33 300 тыс. долл. США, которая позволяет купить 30 голов КРС мясной породы по цене 1110 долл. США за одну голову. В условном примере были проанализированы данные по 30 животноводческим предприятиям, которые поставляют сырье на четыре мясоперерабатывающих предприятия. Продукция мясоперерабатывающих предприятий продавалась восьми внутренним и двум внешним покупателям. Поиск решения в соответствии с предложенной экономико-математической моделью осуществлялся с помощью инструмента «Поиск решения» Microsoft Excel.

На рисунке 2 представлена информация о размере разницы государственной субсидии и полученной в результате дополнительной прибыли от продажи продукции в цепи поставок при разном количестве ее получателей, выбранных в соответствии с оптимизационной моделью. Как видно из представленных данных, наиболее эффективным вариантом распределения государственной дотации является предоставление ее одному животноводческому предприятию, от продукции которого можно получить максимальную прибыль в результате ее переработки и продажи в цепи поставок. Для того, чтобы государственная дотация окупилась, она должна быть предоставлена не более чем четырем животноводческим предприятиям.



Количество животноводческих предприятий, получивших государственную субсидию

**Рисунок 2. –Размер разницы государственной субсидии и полученной в результате дополнительной прибыли от продажи продукции в цепи поставок при разном количестве ее получателей, выбранных в соответствии с оптимизационной моделью**

Общая эффективность цепи поставок будет непрерывно расти, если в обмен на предоставляемую субсидию участники цепи поставок будут предоставлять необходимую информацию для осуществления процедуры бенчмаркинга и передачи наилучшего опыта другим участникам сетевого объединения.

**Закключение.** Таким образом, предлагаемая экономико-математическая модель позволяет эффективно использовать инструментарий государственного субсидирования для стимулирования развития отечественного мясного животноводства и поддержки экспорта говядины на зарубежные рынки. Применение данной модели на практике позволит обеспечить бесперебойное производство и экспорт говядины с наименьшими транзакционными издержками по международным стандартам качества. Проведенные расчеты свидетельствуют о достаточно быстром возмещении затрат на реализацию предлагаемого проекта и возможности получить в результате социально-экономический эффект за счет роста объема экспорта продукции, создания новых рабочих мест в сельской местности и обеспечения экономической эффективности выращивания КРС мясной породы на территории Республики Беларусь.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Слонимская, М.А. Сетевые формы организации экономики / М.А. Слонимская ; науч. ред. А.Е. Дайнеко ; Нац. акад. наук Беларуси, Ин-т экономики. – Минск : Беларуская навука, 2018. – 280 с.
2. SCOR 12.0 [Electronic resource] / Apics. – Mode of access: <http://www.apics.org/apics-for-business/products-and-services/apics-scc-frameworks/scor12>. – Date of access: 20.02.2020.
3. О Государственной программе развития аграрного бизнеса в Республике Беларусь на 2016–2020 годы и внесении изменений в постановление Совета Министров Республики Беларусь от 16 июня 2014 г. № 585. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.pravo.by/document/?guid=3871&p0=C21600196>. – Дата доступа: 24.12.2019.
4. Левина, Т.В. SCOR-моделирование / Т.В. Левина // Логистика и управление цепями поставок. – 2012. – № 2 (49). – С. 88–94.
5. Автоматизированная информационная система идентификации, регистрации, прослеживаемости животных и продукции животного происхождения (AITS) [Электронный ресурс] // ID центр систем идентификации. – Режим доступа: <http://ids.by/index.php/Dev-of-Systems-Портфолио/avtomatizirovannaya-informacionnaya-sistema-identifikacii-registracii-proslezhivaemosti-zhivotnyh-i-produkcii-zhivotnogo-proisxozhdeniya-aits.html>. – Дата доступа: 31.01.2020.
6. Стерхова, С.А. Инновационный продукт: инструменты маркетинга: учеб. пособие / С.А. Стерхова. – М. : «Дело» АНХ, 2009. – 296 с.
7. Bervejillo, J. E. Uruguay's beef industry. An Assessment of WTO Disciplines on Market Access in Agriculture. / J. E. Bervejillo. – Oslo : Norwegian Institute of International Affairs, 2015. – 71 с.
8. Слонимская, М.А. Живые лаборатории в теории и практике открытых инноваций / М.А. Слонимская // Наука и инновации. – № 9. – 2016. – С. 30–32.
9. Global sustainable beef [Electronic resource]. – Mode of access: <https://grsbeef.org/page-1489655>. – Date of access: 18.02.2020.
10. Sustainability report 2016. Global sustainable beef. – Colorado Springs: Round table for global sustainable beef, 2017. – 36 p.
11. Lupita, A. A supply chain model to improve the beef quality distribution using investment analysis: A case study [Electronic resource] / A. Lupita, S. H. Rangkuti, W. Sutopo, M. Hisjam // AIP Conference Proceedings. – Mode of access: <https://doi.org/10.1063/1.5010620>. – Date of access: 18.02.2020.

*Поступила 13.03.2020*

#### MATHEMATICAL ECONOMIC MODELING OF THE DECISION-MAKING PROCESS OF FINANCING INVESTMENTS IN INTEGRATED SUPPLY CHAINS

*M. SLONIMSKA*

*The article substantiates the necessity of organizing intercompany network cooperation in the supply chain of Belarusian beef, oriented to the foreign market, presents the mathematical economic model developed by the author, which allows substantiating decisions on the distribution of the amount of investments between the participants of the integrated supply chain based on the criterion of maximizing the total profit from the sale of final products. The proposed model makes it possible to increase the efficiency of the benchmarking procedure and state subsidies to stimulate the development of domestic meat farming and support the export of beef to foreign markets.*

**Keywords:** *mathematical economic models, interfirm network collaboration, integrated supply chains, benchmarking, investment financing.*