

УДК:658.5.012.1

Иерархические макросистемы как модели технологических бизнес-процессов в пищевой промышленности

Амелькин Сергей Анатольевич*кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник Научно-исследовательской части
ФГБОУ ВО «Московский государственный лингвистический университет»**Адрес: 119034, город Москва, ул. Остоженка, 38, с. 1**E-mail: amelkin@ist.education***Логунова Нина Юрьевна***кандидат технических наук, доцент**ФГБОУ ВО «Московский государственный университет пищевых производств»**Адрес: 125080, город Москва, Волоколамское шоссе, д. 11**E-mail: logunova@mgupr.ru*

Рассмотрены бизнес-процессы в пищевой промышленности с точки зрения теории макросистем. Особенностью бизнес-процессов является их многоплановость: необходимо учитывать технологический, экономический и информационный аспекты. Для моделирования таких бизнес-процессов предложена модель иерархической макросистемы. Рассмотрены задачи оптимального выбора режима бизнес-процесса, построены математические модели, получены условия оптимальности. В качестве наиболее простой задачи, позволяющей получить аналитические решения рассмотрена модель скалярного бизнес-процесса. В таком приближении все потоки на каждой ступени макросистемной модели рассматриваются, как скалярные, агрегированные. В этом случае каждая ступень представляет собой некоторый аналог тепловой машины, в которой преобразование ресурса приводит к формированию целевого потока: готовой продукции, прибыли, информационного потока. Комплексный, иерархический подход позволяет структурировать полученную модель и найти условия оптимальности режима функционирования бизнес-процессов. Полученные результаты могут использоваться при моделировании бизнес-процессов с учетом агрегирования потоков ресурсов на каждой ступени иерархии.

Ключевые слова: макросистема, бизнес-процесс, иерархия критериев, технические, экономические и информационные потоки

Макросистемой (Цирлин, 2006) называется система, состоящая из большого количества элементарных объектов, контролировать, а тем более управлять каждым из которых невозможно. Управление такими системами возможно осуществлять только за счет изменения усредненных параметров, характеризующих условия взаимодействия элементарных объектов. К процессам в макросистемах относятся термодинамические процессы (Berry, Kazakov, Sieniutycz, Szwest, Tsirlin, 1999) и процессы химического взаимодействия (Миронова, Амелькин, Цирлин, 2002), где элементарными объектами являются молекулы, экономические системы ресурсообмена (Амелькин, Мартинаш,

Цирлин, 2002), где элементарные объекты – это экономические агенты, которые не только неконтролируемы, но и могут характеризоваться нерациональностью поведения (Косова, 1998), тесно связанные с экономическими-социальными системами (Парсонс, 1993), модели которых описывают мобильность, предпочтения и трудоустройство населения, экологические (Гурман, Кульбака, Рюмина, Токсанбаева, 2001) и другие системы, в которых обмен ресурсами – энергией и массой, товарами и деньгами, трудовыми ресурсами и пр. может описываться феноменологическими моделями (Гейзенберг, 1967). Возможность использования одного и того же подхода к изучению макросистем различной природы доказана в

(Розоноэр, Цирлин, 1983). Поэтому естественно использовать в качестве критерия оптимальности режима работы макросистемы критерии, связанные с различной возможной ролью данной макросистемы в различных процессах ресурсообмена. Так, термодинамические процессы тепло- и массообмена могут быть составной частью экономических производственных процессов, целью которых является не только максимальная интенсивность и максимальная эффективность производства, но и максимальный экономический эффект (прибыль) и максимальная экономическая эффективность (рентабельность); информационные процессы прогнозирования в параллельных вычислительных системах могут иметь не только цель обеспечить максимальную точность и скорость получения прогноза, но и максимальный социальный эффект от использования алгоритмов прогноза в работе контролирующих и экспертных комиссий. Поэтому при определении оптимального режима макросистемы часто необходимо использовать несколько разнородных критериев, иерархически организованных так, что часть переменных, являющихся параметрами при решении одной из задач, становится управлениями при решении других задач с критериями другой природы.

Модели макросистем используются для описания технологических и бизнес-процессов пищевой промышленности. Однако, в качестве критерия используются отдельно либо технологические параметры: эффективность процесса при заданной его интенсивности, либо экономические: рентабельность бизнес-процесса при заданной интенсивности логистических потоков. Для корректного описания технологических и бизнес-процессов необходим системный подход, рассматривающий эти процессы в их взаимосвязи. Это можно сделать, используя иерархические макромоделли. В качестве примера рассмотрим тепловую машину. Тепловая машина представляет собой удобную модель для описания различных технологических процессов пищевой промышленности. Так, для хлебопекарного производства технологический процесс включает процессы очистки муки, брожения теста, расстойки и выпечку. Все эти процессы включают потоки тепла и вещества, интенсивность которых зависит от интенсивных параметров, устанавливаемых в соответствующем оборудовании и параметров продукции (муки, теста). Выход – готовая продукция, хлеб – определяется на технологическом уровне этими потоками, на уровне бизнес-процессов – логистикой внутри предприятия между цехами и логистикой входных и выходных товарных и

денежных потоков, определяемых рыночными условиями. Для реальных технологических и бизнес-процессов потоки являются векторными. Тепловая машина представляет собой простейшую модель, где потоки скалярны, поэтому тепловую машину удобно рассматривать в качестве примера.

Методы

Термодинамические и экономические критерии режима работы тепловой машины

Одной из простейших, хорошо изученных моделей макросистем является модель тепловой машины. Задача выбора температур рабочего тела при контакте с источниками тепла для условия максимальной мощности решена в (Новиков, 1957), а для произвольной заданной мощности – в (Розоноэр, Цирлин, 1983). А. де Вос (Vos, 1995) первым рассмотрел задачу экономической эффективности тепловой машины, таким образом введя дополнительный экономический критерий в задачу поиска оптимального термодинамического режима макросистемы. Далее рассмотрена тепловая машина, одновременно как термодинамическая, так и экономическая система. Среди всего множества режимов работы тепловой машины выберем тот, который соответствует минимальному производству энтропии (максимальной термодинамической эффективности: КПД тепловой машины) и максимальной производимой мощности (максимальному термодинамическому эффекту). В качестве дополнительного экономического критерия выбираем общую прибыль при использовании тепловой машины, включая как капитальные, так и операционные затраты. Будем рассматривать модель экономической системы, как модель идеальной конкуренции, где экономический агент – владелец тепловой машины не может влиять на цены ресурсов. Организационно будем рассматривать тепловую машину, как находящуюся на этапе проектирования, что дает возможность обеспечить за счет выбора оптимальных параметров наибольшую экономию капитальных затрат.

Учет капитальных затрат в (Бондина, 2019) осуществляется путем ограничения на общую сумму затрат. Это, даже при учете средневзвешенного расчета общих затрат, может быть некорректно, так как нет связи между возможным доходом и произведенными затратами. Поэтому целесообразно (Пиндайк, Рабинфельд, 2011) учитывать капитальные

затраты в виде амортизации, что, кроме того, дает возможность ввести в рассмотрение операционные затраты. Основными капитальными затратами являются стоимости теплообменников и стоимость использования источника тепла: чем больше температура источника тепла, тем дороже конструкция тепловой машины. Возможны два пути учета стоимости источника тепла: первый связан с капитальными затратами, когда общие затраты пропорциональны температуре горячего источника. Коэффициент пропорциональности – цена использования горячего источника. Второй путь – операционные затраты, где необходимо оплачивать каждую единицу мощности, получаемую от горячего источника. Экономическим критерием является прибыль от реализации механической работы, генерируемой тепловой машиной максимальной мощности.

Постановка задачи и условия оптимальности

Задача выбора оптимального режима работы тепловой машины с учетом экономического критерия является двухкритериальной, поэтому с учетом зависимости максимальной мощности от температур источников, может быть формализована следующим образом:

$$N = \frac{\alpha_H \alpha_C}{\alpha_H + \alpha_C} (\sqrt{T_{OH}} - \sqrt{T_{OC}})^2 \rightarrow \max_{T_{OH}, \alpha_H, \alpha_C} \quad (1)$$

$$\Pi = p_N N - p_{OH} T_{OH} - p_H \alpha_H - p_C \alpha_C$$

Здесь: α_H, α_C – коэффициенты теплопередачи на горячем и холодном концах тепловой машины, T_{OH}, T_{OC} – температуры горячего и холодного источника соответственно, N – мощность тепловой машины, Π – прибыль от реализации мощности тепловой машины, p_N, p_{OH}, p_H, p_C – цены реализуемой мощности тепловой машины, капитальных затрат на использование тепла от горячего источника, цены на теплообменники, приведенные на значение коэффициентов теплопередачи, соответственно.

Функция Лагранжа для задачи (1) имеет вид:

$$L = \frac{\alpha_H \alpha_C}{\alpha_H + \alpha_C} (\sqrt{T_{OH}} - \sqrt{T_{OC}})^2 - \lambda (p_N N - p_{OH} T_{OH} - p_H \alpha_H - p_C \alpha_C) \quad (2)$$

Необходимые условия оптимальности сводятся к условиям седловой точки функции Лагранжа, что приводит к уравнениям:

$$\frac{\partial L}{\partial \alpha_H} = \left(\frac{\alpha_C}{\alpha_H + \alpha_C} \right)^2 (\sqrt{T_{OH}} - \sqrt{T_{OC}})^2 - \lambda p_H = 0;$$

$$\frac{\partial L}{\partial \alpha_C} = \left(\frac{\alpha_H}{\alpha_H + \alpha_C} \right)^2 (\sqrt{T_{OH}} - \sqrt{T_{OC}})^2 - \lambda p_C = 0;$$

$$\frac{\partial L}{\partial \lambda} = \left(\frac{\alpha_H \alpha_C}{\alpha_H + \alpha_C} \right) 2(\sqrt{T_{OH}} - \sqrt{T_{OC}}) \frac{1}{2\sqrt{T_{OH}}} - \lambda p_{OH} = 0$$

откуда мы получаем условия оптимальности для теплообменников:

$$\alpha_H^2 p_H = \alpha_C^2 p_C$$

и, обозначив $\frac{\alpha_H \alpha_C}{\alpha_H + \alpha_C} = \alpha_\varepsilon$, выражение,

связывающее искомые переменные задачи:

$$\alpha_\varepsilon \frac{\sqrt{T_{OH}} - \sqrt{T_{OC}}}{\sqrt{T_{OH}}} = \lambda p_{OH},$$

что, с учетом выражения для кпд Новикова η_N , может быть переписано в виде

$$\alpha_\varepsilon \eta_N = \lambda p_{OH},$$

откуда можно вычислить значение неопределенного множителя Лагранжа.

Видно, что при использовании иерархической модели с двумя (технологической и экономической) стратами, мы получаем результат, отличный от максимума энергетического кпд, вычисленного без учета экономической составляющей.

Построение иерархических моделей с учетом обмена информацией

Рассмотренная модель тепловой машины предполагает, что параметры рынка постоянны и известны. Тогда все ресурсы являются материальными: вещество, товары, энергия, деньги. Особенностью материальных ресурсов является закон сохранения: общий запас ресурсов в замкнутой системе в процессах обмена (не включая производство и потребление) неизменно, а в процессах производства и потребления уменьшение запаса одних ресурсов приводит к увеличению запаса других ресурсов. Нематериальные ресурсы, к которым относится информация, не подчиняются законам сохранения: запас информации у подсистемы, передающей информацию, не изменяется при передаче ее другим подсистемам.

Долгое время информация как экономический

ресурс, как значимая сила, влияющая на экономическую систему, выносилась за пределы исследований экономической теории (Ходжсон, 2001). Лишь с развитием процесса информатизации, выявлением возможностей использования информации как экономического ресурса, а также увеличением значимости информационных факторов в экономике ученые и специалисты начали проявлять повышенное внимание к исследованию информации в экономической деятельности (Эггертсон, 2001).

И сейчас этот вопрос особенно актуален, т.к. информация в современном мире играет немаловажную роль, в разных сферах экономической деятельности (Амелькин, Иванова, 2011). К примеру, для рынка сельскохозяйственной продукции, для анализа технического состояния оборудования пищевой промышленности, для анализа качественных характеристик пищевой продукции характерна достаточно высокая степень неопределенности (Логунова, 2006). Принятие решений, связанных со спросом и предложением, это всегда ожидаемые затраты и выгоды. Качество принимаемого решения тем выше, чем больше информации имеется при принятии решения. Основной способ избежать ошибочного решения – получить больше информации прежде, чем начать действовать (Хейне, 19978). Кроме того, важной характеристикой информации является ее ценность. В различных системах управления ценность информации определяется ее значением для принятия правильного решения (Багиев, Аренков, 2009).

Если информации нет ($I = 0$), то все решения равновероятны. При полной информации решение единственно и прибыль максимальна. Однако зачастую бывает, что по ряду причин фирма не может обладать всей информацией, в зависимости от полноты информации меняется распределение принятия решений и соответственно прибыль. Таким образом, информационный обмен является следующей стратой иерархической модели. Влияние этой страты на рассматриваемую модель тепловой машины можно оценить путем решения следующей задачи.

Рассмотрим тепловую машину, для которой мощность – это товар на рынке, при этом установление цены зависит от количества полученной информации I , чем ее больше, тем более детерминированной становится случайная величина оценки $\widetilde{p}_{0N}$.

Имеется распределение цен на рынке, в каждый

момент принимаем реализацию случайной величины оценки $\widetilde{p}_{0N}$ и продаем товар в соответствии с реализацией функции спроса: $\tilde{q} = \gamma(\widetilde{p}_{0N} - p_N)$ по выбранной цене p_N . При этом

$\widetilde{p}_{0N} > p_N$. Спектр цен принадлежит промежутку:

$p_0 \in [p_{0min}, p_{0max}]$, $f(p_0)$ будем называть

плотностью распределения $\widetilde{p}_{0N}$.

Требуется найти условия равновесия на рынке, такую минимальную цену, при которых система приходит в стационарное состояние ($\tilde{q} = 0$).

Оценки экономического резервуара (Tsirlin, Amelkin, 2001) p_0 являются постоянным распределением и зависят от количества полученной информации, так что линии $\Pi = \text{const}$ и зависят от I , где Π – прибыль.

Показателем эффекта для тепловой машины на неопределенном рынке является математическое ожидание прибыли – $M[\Pi]$. Максимальной прибыли Π соответствует обмен по максимальной цене из распределения, в условиях отсутствия полной информации.

Требуется найти условия равновесия на рынке, при которых система приходит в стационарное состояние и максимум математического ожидания прибыли:

$$M[\Pi] \rightarrow \max_{p_N}$$

Включение дополнительной страты в иерархическую модель не требует изменения задачи, но только приводит к увеличению условий в задаче (1). Дополнительным необходимым условием оптимальности является равенство

$$M'[\Pi] = \int_{p_N}^{\infty} p_0 f(p_0) dp_0 - 2p_N \int_{p_N}^{\infty} f(p_0) dp_0 = 0 \quad (3)$$

где $\int_{p_N}^{\infty} f(p_0) dp_0$ – является плотностью распределения, равной $1 - F(p_N)$,

$\int_{p_N}^{\infty} p_0 f(p_0) dp_0$ – представляет собой условное математическое ожидание:

С учетом того, что условное математическое ожидание

$$M[\widetilde{p_{0N}} | \widetilde{p_{0N}} > p_N] = \frac{\int_{p_N}^{\infty} p_0 f(p_0) dp_0}{\int_{p_N}^{\infty} f(p_0) dp_0},$$

Можно записать требование выбора цены мощности:

$$p_N = \frac{1}{2} M[\widetilde{p_{0N}} | \widetilde{p_{0N}} > p_N].$$

Использование иерархических макросистемных моделей позволяет комплексно рассмотреть задачи выбора оптимальных режимов технологических и бизнес-процессов производства продукции. Обобщенно можно представить модель в виде диаграммы, показанной на Рисунке 1. Видно, что каждая страта: технологическая, экономическая, информационная (а также не учтенные в этой статье другие страты, такие как, например, поведенческая) накладывает дополнительные условия на решение задачи максимального эффекта производства. Часть ограничений, в частности, информационной страты, могут быть выделены для части переменных, другие требуют комплексного решения.

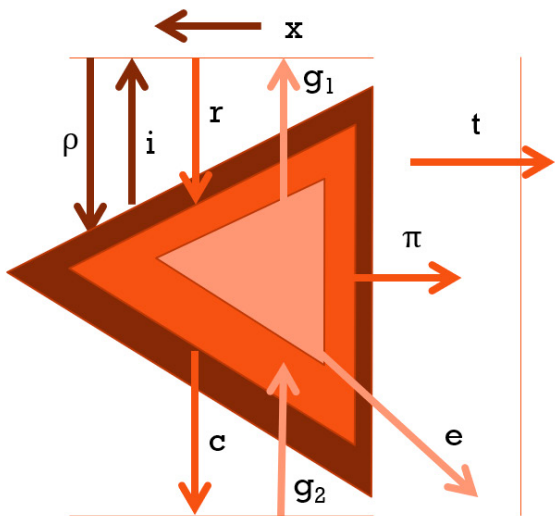
Обсуждение

Предложенная модель бизнес-процессов базируется на принципах теории макросистем. В первом приближении мы можем использовать простую модель, где все потоки на каждой страте макросистемной модели: факторов производства, готовой продукции, энергии – рассматриваются,

как скалярные, агрегированные. Уже на этом этапе мы получили условия оптимальности, которые могут быть использованы для выбора оптимального режима с учетом не только технологических и экономических, но также и информационных критериев. Такой подход является общим алгоритмом для создания моделей конкретных процессов, где необходимо учитывать структуру потоков и их взаимосвязи. Более того, для ряда бизнес-процессов требуется разграничить технологические и экономические потоки. Это связано с множественностью критериев, характеризующих качественные и количественные показатели бизнес-процесса. В таких случаях мы можем на разных стратах модели представить структуру бизнес-процесса с взаимосвязанными входными и выходными потоками. Решение оптимизационных задач на таких моделях требует проведение вычислительного эксперимента, аналитические результаты могут быть использованы в качестве начальных точек оптимизационных алгоритмов. Другим расширением рассмотренной задачи является анализ больших данных, которые описывают бизнес-процессы. Информационная составляющая в этом случае хорошо описывается с позиции макросистем, где элементарным объектом является каждый источник информации.

Заключение

Возможности использования макросистемных моделей рассмотрены на простом примере



g1	Факторы производства
g2	Готовая продукция
c	Издержки
r	Доход от продажи
t	Налоги и таможенные платежи
п	Прибыль
ρ	Рекламации
i	Информация (реклама)
e	Внешние эффекты
x	Предпочтения

Рисунок 1. Структура иерархической модели производственной макросистемы.

скалярного бизнес-процесса. В этом случае каждая страта представляет собой некоторый аналог тепловой машины, в которой преобразование ресурса приводит к формированию целевого потока: готовой продукции, прибыли, информационного потока. Комплексный, иерархический подход позволяет структурировать полученную модель и найти условия оптимальности режима функционирования бизнес-процессов. Полученные результаты могут использоваться при моделировании бизнес-процессов с учетом агрегирования потоков ресурсов на каждой страте иерархии.

Литература

- Амелькин С.А., Мартинаш К., Цирлин А.М. Задачи оптимального управления необратимыми процессами в термодинамике и микроэкономике (обзор) // Автоматика и телемеханика. 2002. N.4. С. 3-25.
- Амелькин С.А., Иванова О.С.. Предельные возможности передачи информации в макросистемах // Модел. и анализ информ. систем. 2011. 18:3. С. 75–81.
- Багиев Г.Л., Аренов И.А. Основы маркетинговых исследований: Учебник. СПб.: Нева, 2009. 157 с.
- Бондина Н.Н. Бухгалтерская (финансовая) отчетность. М.: ИНФРА-М, 2019. 256 с.
- Berry R.S., Kazakov V., Sieniutycz S., Szwaszt Z., Tsirlin A.M. Thermodynamic Optimization of Finite-Time Processes. Chichester: John Wiley & Sons, LTD, 1999. 464 p.
- Гурман В.И., Кульбака Н.Э., Рюмина Е.В., Токсанбаева М.С. Моделирование социо-эколого-экономической системы региона. М.: Наука, 2001. 175 с. ISBN 5-02-013047-8
- Гейзенберг В. Роль феноменологических теорий в системе теоретической физики // Успехи физических наук. 1967. Т. 91. № 4. С. 731–733.
- Косова Р.А. Экономическая теория: Учебное пособие: 2-е изд. Тула: Тул. гос. ун-т, 1998. 304 с.
- Логанова Н.Ю. Определение оптимального срока амортизации технологического оборудования на предприятиях пищевой промышленности // Высокоэффективные пищевые технологии. М.: МГУПП, 2006. С. 122-125.
- Миронова В.А., Амелькин С.А., Цирлин А.М. Математические методы термодинамики при конечном времени. М.: Химия, 2000. 384 с.
- Новиков И.И. Эффективный коэффициент полезного действия атомной энергетической установки // Атомная энергия. 1957. Том 3. Вып. 11. С. 409–412.
- Парсонс Т. Понятие общества: компоненты и взаимоотношения // THESIS: теория и история экономических и социальных институтов и систем. Т. 1. М.: Альманах, 1993.
- Пиндайк Р., Рабинфельд Д. Микроэкономика. 5-е изд. СПб.: Питер, 2011. 608 с.
- Розоноэр Л.И. Обмен и распределение ресурсов (обобщенный термодинамический подход) // I-III. АиТ. 1973. No 5. С. 115-132; No 6. С. 65-79; No 8. С.82-103.
- Розоноэр Л.И., Цирлин А.М. Оптимальное управление термодинамическими системами // АиТ. 1983. №1. С. 70-79; № 2, С. 88-101; № 3, С. 50-64.
- Руцкий В.Н. Эффективность информационного процесса в сложных динамических экономических системах // Современная экономика: проблемы и решения: сб. науч. тр. Вып.7. Красноярск: Изд-во Сибирского Федерального университета, 2007. С.125–138.
- Хейне П. Экономический образ мышления. М.: «Каталаксия», 1997. 704 с.
- Ходжсон Дж. Социально-экономические последствия прогресса знаний и нарастания сложности // Вопросы экономики. 2001. № 8. С. 32–45.
- Эггертсон Т. Экономическое поведение и институты. М.: Дело, 2001. 408 с.
- de Vos. Endoreversible Thermoeconomics // Energy conversion and management. 36 (1). 1995. P. 1-5.
- Цирлин А.М. Математические модели и оптимальные процессы в макросистемах. М.: Наука, 2006. 504 с. ISBN 5-02-034084-7
- Tsirlin A.M., Amelkin S.A. Dissipation and Conditions of Equilibrium for Open Microeconomic System // Open Sys. & Information Dyn. 2001. 8. P. 157-168.

Hierarchical Macrosystems as Models of Technological Business Processes in the Food Industry

Sergey A. Amelkin

*Moscow State Linguistic University
38s1, Ostozhenka, Moscow, Russian Federation, 119034
E-mail: amelkin@ist.education*

Nina Yu. Logunova

*Moscow State University of Food Production
11, Volokolamskoe shosse, Moscow, Russian Federation, 125080
E-mail: logunova@mgupp.ru*

This paper considers business processes in the food industry from the standpoint of the theory of macrosystems. The distinctive feature of such business processes is their multidimensionality, which requires taking into account their technological, economic, and information aspects. This paper proposes a hierarchical macrosystem model for modeling business processes in the food industry, analyzes the issue of choosing optimal modes for such business processes, provides a mathematical basis for the proposed model, and proposes the necessary optimality criteria. The paper uses a model of a scalar business process as the simplest model for finding analytical solutions. With such an approximation, flows on each stratum of a macrosystem model are considered to be scalar, and aggregated. In this case, each stratum represents an analog of a thermal engine where original resources are transformed into a target product, such as finished goods, profits, or an information flow. The comprehensive, hierarchical approach allows structuring the obtained model and determining optimality criteria for business processes. The obtained results can be used for modeling business processes, taking into account the aggregation of resource flows on each stratum of the hierarchy.

Keywords: macrosystem, business process, hierarchy of criteria, technological, economic, and information flows

References

- Amelkin S.A., Martynash K., Tsirlin A.M. Tasks of optimal control of irreversible processes in thermodynamics and microeconomics. (Review) // Automation and Remote Control, N.4, 2002, P.3-25.
- S.A. Amelkin, O.S. Ivanova. Limit possibilities of information transfer in macrosystems // Model. and analysis of inform. systems, 18: 3 (2011), 75–81
- Bagiyev G.L., Arenkov I.A. Fundamentals of marketing research: Textbook. SPb.: Neva, 2009. – 157 S.
- N.N. Bondina Accounting (financial) statements. Tutorial / INFRA-M, 2019.- 256
- Berry R.S., Kazakov V., Sieniutycz S., Szwast Z., Tsirlin A.M. Thermodynamic Optimization of Finite-Time Processes. John Wiley & Sons, LTD, 1999, p. 464.
- V.I. Gurman, N.E. Kullback, E.V. Ryumina, and M.S. Toksanbaeva. Modeling the socio-ecological-economic system of the region. Science M, 2001. 175 c. ISBN 5-02-013047-8
- V. Heisenberg. The role of phenomenological theories in the system of theoretical physics. // Successes of physical sciences, April 1967. p. 731-733.
- R.A. Kosovo. Economic Theory: Tutorial: 2nd ed. / Ed. R.A. Kosovo .. Tul. state un-t Tula, 1998. - 304 s.
- Logunova N.Yu. Determination of the optimal period of depreciation of technological equipment at the enterprises of the food industry // High-performance food technologies, MGUPP, 2006, p. 122-125.
- Mironova V.A., Amelkin S.A., Tsirlin A.M. Mathematical methods of thermodynamics at finite time. - M.: Chemistry, 2000.
- Novikov I. I. Effective Efficiency of an Atomic Power Plant // Atomic Energy. Volume 3, issue. 11. - 1957. - P. 409-412.
- Parsons T. The concept of society: components and relationships // THESIS: theory and history of economic and social institutions and systems. Almanac, M., 1993, t. 1.
- Pindyke R., Rabinfeld D. Microeconomics. 5th ed. - SPb.: 2011. - 608 p.
- Roseonoer L.I. Exchange and distribution of resources

- (generalized thermodynamic approach) // I-III. AiT. 1973. No5. Pp. 115-132; No6 Pp. 65-79; No8 Pp.82-103.
- Rozonoer L.I., Tsirlin A.M. Optimal control of thermodynamic systems, Autom. 1983, №1, p. 70-79, No. 2, p. 88-101, No. 3, p.50-64.
- Rutsky V.N. The effectiveness of the information process in complex dynamic economic systems. // Modern economy: problems and solutions: Sat. scientific tr. Issue 7 - Krasnoyarsk: Publishing house of the Siberian Federal University, 2007. - pp. 125-138.
- P. Heine. Economic way of thinking - Trans. from English M., "Catalaxia", 1997. - 704 p., ISBN 0-574-19455-X (English), ISBN 5-86366-015-5 (Russian).
- Hodgson J., Socio-economic consequences of the progress of knowledge and increasing complexity // Questions of economy. - 2001. - № 8. - p. 32-45.
- Eggertson T. Economic behavior and institutions. - M.: Business, 2001.
- De vos. Endoreversible Thermoeconomics. // Energy conversion and management 36 (1), 1-5, 1995
- A.M. Tsirlin. Mathematical models and optimal processes in macrosystems. M.: Science, 2006 - 504 p. ISBN 5-02-034084-7
- Tsirlin A.M., Amelkin S.A. Dissipation and Conditions for the Open Microeconomic System // Open Sys. & Information Dyn., 8: 157-168, 2001.