

Математическая модель организации производства на основе ресурсосбережения

05, май 2013

DOI: 10.7463/0513.0568317

Бром А. Е., Елисеева Е. В.

УДК 658.511

Россия, МГТУ им. Н.Э. Баумана

abrom@yandex.ru

leliseeva20@gmail.com

Введение

На российских машиностроительных предприятиях проблемам рационального использования производственных ресурсов не уделяется достаточного внимания. Высокая себестоимость выпускаемой продукции, обусловленная значительными затратами на сырье, энергоресурсы, воду, а также большие объемы образующихся отходов основных производств, которые не используются вторично и создают опасность загрязнения окружающей среды, снижают конкурентоспособность машиностроительных предприятий. В современных условиях, когда доля живого труда в себестоимости продукции неуклонно снижается, а удельный вес материальных и энергетических затрат возрастает, в качестве важнейшей задачи выдвигается экономия материальных и энергетических ресурсов.

В настоящее время существующих традиционных методов организации производства [1], используемых на предприятиях, становится недостаточно. На первый план выходит растущее стремление избежать остаточных материалов производства и по возможности максимизировать использование отходов производства, избежать которых невозможно. В соответствии с этим ведется поиск концепций, методов и моделей, позволяющих наряду с уменьшением воздействий на окружающую среду содействовать снижению затрат предприятия.

К настоящему моменту представляется необходимым объединение логистических подходов к организации производства, основанных на минимизации ресурсопотребления,

с экологической оценкой воздействия процессов переработки ресурсов на окружающую среду.

Таким образом, современная логистика в рамках концепции ресурсосберегающего развития должна рассматриваться как эффективный подход к управлению ресурсными потоками не только с целью снижения издержек производства, но также и эколого-экономического ущерба, наносимого окружающей среде.

В связи с этим логистика ресурсосбережения призвана сформировать следующие основные направления в организации производства:

- Минимизация потерь, связанная с неэффективностью производственного процесса;
- Эффективное использование энергетических ресурсов;
- Эффективное использование материальных и сырьевых ресурсов;
- Эффективное использование существующих мощностей (производственных, складских);
- Минимизация экологических воздействий на окружающую среду.

Серьезным сдерживающим фактором в реализации оптимального ресурсосберегающего управления динамическими процессами является отсутствие алгоритмов, поскольку известные подходы к обеспечению устойчивого развития предприятия носят описательный характер и представляют собой информационные модели, описывающие рекомендации по обеспечению устойчивого развития на основе организационных преобразований. Разработанные национальные стандарты в области ресурсосбережения [2, 3, 4] определяют и унифицируют основные понятия, связанные с ресурсосбережением.

Таким образом, для внедрения концепции ресурсосберегающего развития на предприятии, необходимо расширить существующие логистические подходы организации производства с учетом стандартов оценки ресурсных потоков производственных систем и их воздействий на окружающую среду.

Научная новизна работы заключается в том, что в ней разработана математическая модель организации производства на основе концепции ресурсосберегающего развития.

1. Постановка задачи

При разработке математической модели введем следующие ограничения:

- Заказы готовой продукции известны и подтверждены;
- Производственные, перерабатывающие мощности и мощности системы хранения определены;
- В соответствии с производственно-календарным планированием определена потребность материальных ресурсов для производства;
- Известна стоимость заказов всех видов материальных ресурсов;
- Известны компоненты и детали (твердые отходы и бракованная продукция), которые могут быть переработаны и использоваться повторно в производстве;
- Известна стоимость переработки определенных видов твердых отходов и бракованной продукции;
- Объем выбросов в атмосферу при хранении, производстве и переработке материалов известен и может быть рассчитан.

Основная задача: определить, какие виды материальных ресурсов необходимо заказывать, в каком объеме и в какое время для обеспечения непрерывного экономически и экологически эффективного производства машиностроительной продукции.

2. Разработка математической модели организации производства на основе ресурсосбережения

Для начала разработаем схему организации материальных и информационных потоков организации производственной деятельности предприятия с учетом постановки задачи. Схема представлена на рис. 1.

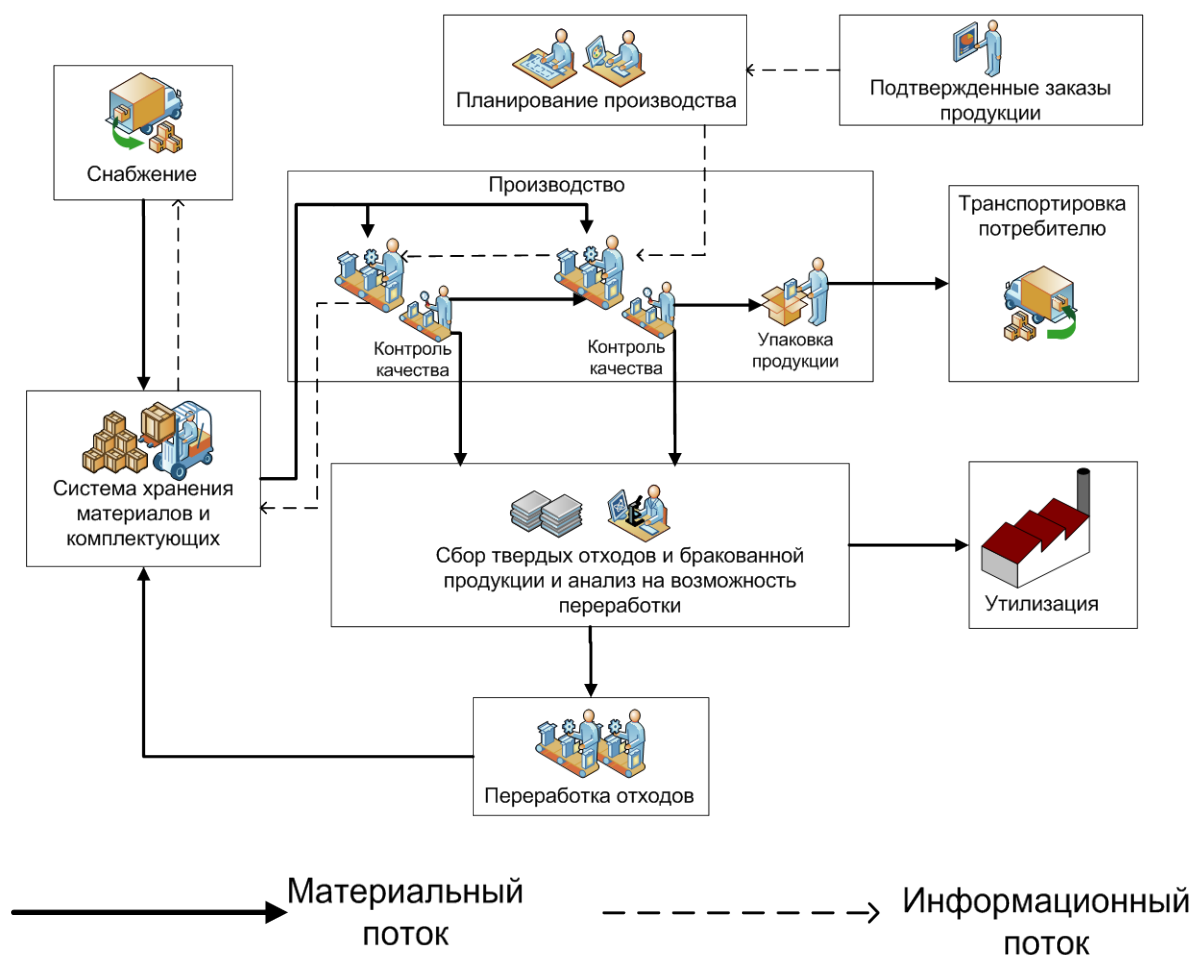


Рис. 1. Модель организации материальных и информационных потоков организации производственной деятельности

Для решения задачи в этой модели выделим три производционные системы:

1. Система снабжения
 - а. Планирование материальных ресурсов
 - б. Заказ материальных ресурсов
 - с. Хранение материальных ресурсов
2. Система производства
 - а. Планирование производства
 - б. Основное производство
3. Система переработки отходов для повторного использования
 - а. Сбор отходов и бракованных деталей/узлов

- б. Анализ отходов и бракованной продукции на предмет, подлежит переработке или нет
- с. Переработка отдельных компонентов и деталей
- д. Утилизация не подлежащих переработке твердых отходов
- е. Транспортировка в систему хранения переработанных материалов для дальнейшего использования

В каждой из систем опишем основные единичные процессы, необходимые для учета в нашей задаче (рис. 2).

Введем следующие обозначения:

Наименование	Характеристика
<i>Управляемые параметры задачи</i>	
v_j^t	Объем запланированных заказов материальных ресурсов вида j в момент времени t ;
<i>Параметры системы производства</i>	
D_i^t	Подтвержденные заказы готовой продукции вида i в момент времени t ;
X_i^t	Объем производства готовой продукции вида i в момент времени t ;
H_j^t	Производственная потребность в материальном ресурсе вида j в момент времени t ;
m_i	Удельная стоимость производства i -го вида продукции (входят затраты на энергию, водные ресурсы, затраты на персонал и др.);
<i>Параметры системы переработки</i>	
R_j^t	Объем твердых отходов и бракованных деталей, которые образуются за время t при переработке материала вида j ;
δ_j	Доля отходов и бракованных деталей вида j , которые могут быть переработаны;
ε_j	Доля отходов и бракованных деталей из материала вида j , которые отправляются на утилизацию;
c_j	Стоимость переработки твердого отхода и бракованных деталей из материала вида j ;

u_j	Стоимость утилизации твердых отходов из материала вида j ;
r_j^t	Объем переработанных материалов вида j в момент времени t пригодных к повторному использованию;
<i>Параметры системы снабжения</i>	
$\omega_j^t = \omega_j^{t-1} + r_j^t + v_j^t - H_j^t$	Объем запасов j –го вида материальных ресурсов к концу периода t ;
p_j	Стоимость закупки j –го вида материального ресурса
b_j	Стоимость хранения j –го вида материального ресурса в единицу времени;
<i>Параметры экологичности</i>	
V_{wj}^t	Объем выбросов в окружающую среду за время t при хранении материала вида j в системе хранения;
V_{pj}^t	Объем выбросов в окружающую среду за время t при переработке материала вида j ;
V_{rj}^t	Объем выбросов в окружающую среду за время t при сборе и хранении отходов и бракованных деталей;
V_{rpj}^t	Объем выбросов в окружающую среду за время t при переработке отходов и бракованных деталей;
f_j	Штрафы и платежи за негативные воздействия j -го вида материала предприятия на окружающую среду.

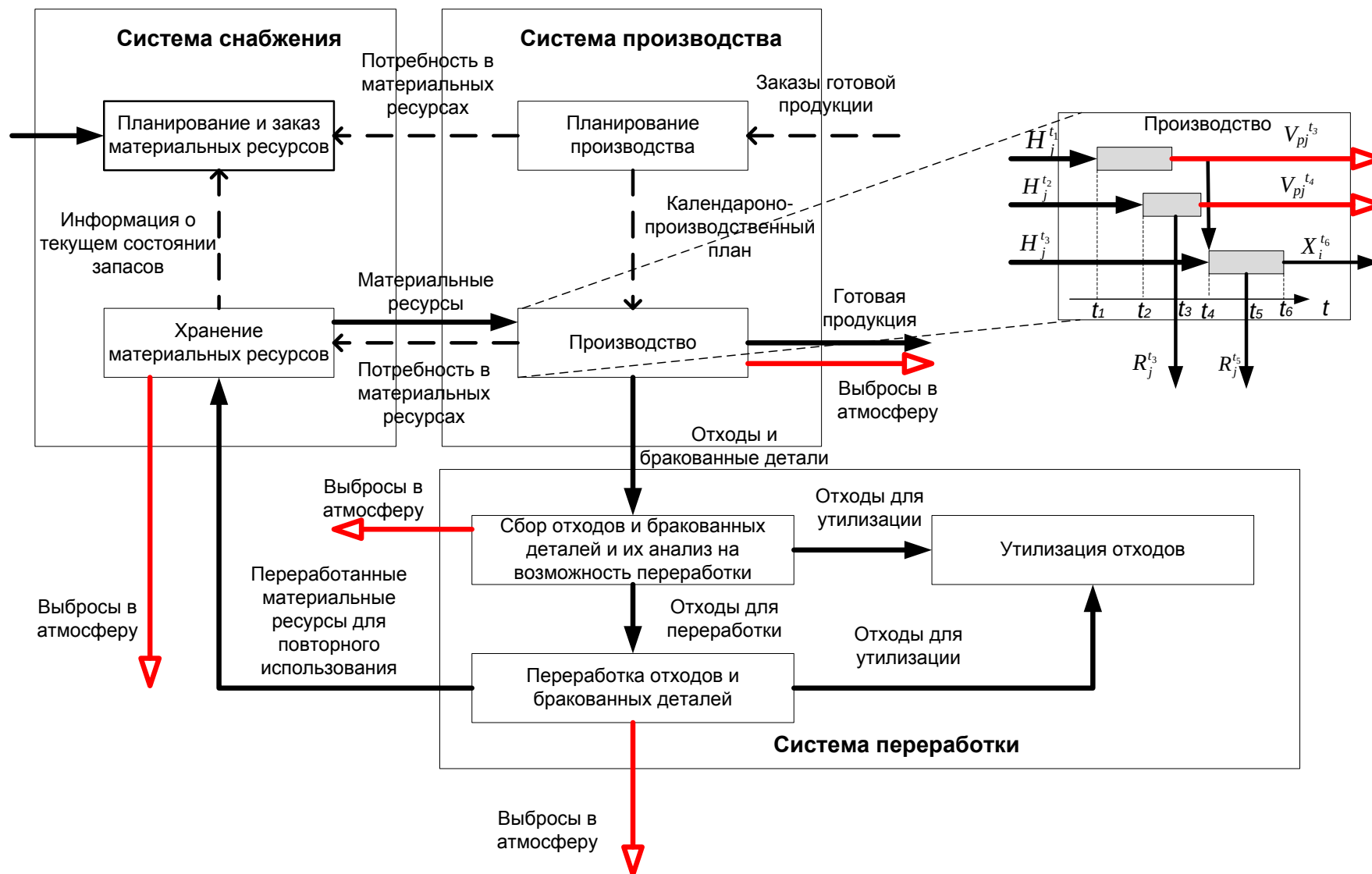


Рис. 2. Модель продукционной системы организации производства

Целью является организация непрерывного производства при минимизации общих затрат и минимизации уровня воздействия на окружающую среду предприятия.

Поскольку производство машиностроительной продукции имеет достаточно длительных технологический цикл, то для того, чтобы обеспечить непрерывное производство с минимизацией общих затрат, материальные ресурсы необходимо заказывать не к началу производственного цикла, а к началу той технологической операции, когда возникает в них потребность, т.е. необходимо использовать концепцию Just-in-Time. Также необходимо учитывать объем переработанных материальных ресурсов, пригодных к дальнейшему использованию.

Исходя из вышесказанного, целевая функция по минимизации затрат будет иметь следующий вид:

$$\sum_{j=1}^M \sum_{t=0}^T p_j v_j^t + \sum_{j=1}^M \sum_{t=0}^T b_j (\omega_j^{t-1} + v_j^t + r_j^t - H_j^t) + \sum_{i=1}^N \sum_{t=0}^T m_i X_i^t + \sum_{j=1}^M \sum_{t=0}^T c_j \delta_j R_j^t \rightarrow \min \quad (1)$$

Где

$$C_1 = \sum_{j=1}^M \sum_{t=0}^T p_j v_j^t - \text{затраты, связанные с закупкой материальных ресурсов за весь}$$

период планирования;

$$C_2 = \sum_{j=1}^M \sum_{t=0}^T b_j (\omega_j^{t-1} + v_j^t + r_j^t - H_j^t) - \text{затраты, связанные с хранением запасов}$$

материальных ресурсов;

$$C_3 = \sum_{i=1}^N \sum_{t=0}^T m_i X_i^t - \text{затраты, связанные с производством готовой продукции;}$$

$$C_4 = \sum_{j=1}^M \sum_{t=0}^T c_j \delta_j R_j^t - \text{затраты, связанные с переработкой бракованных деталей и}$$

компонентов или твердых отходов.

Целевая функция по минимизации негативного воздействия на окружающую среду, имеет следующий вид:

$$\sum_{j=1}^M \sum_{t=0}^T f_j (V_{wj}^t + V_{pj}^t + V_{rj}^t + V_{rpj}^t) + \sum_{j=1}^M \sum_{t=0}^T u_j \varepsilon_j R_j^t \rightarrow \min \quad (2)$$

Где

$$C_5 = \sum_{j=1}^M \sum_{t=0}^T f_j (V_{wj}^t + V_{pj}^t + V_{rj}^t + V_{rpj}^t) - \text{платежи предприятия за негативные}$$

воздействия на окружающую среду;

$$C_6 = \sum_{j=1}^M \sum_{t=0}^T u_j \varepsilon_j R_j^t - \text{затраты, связанные с утилизацией твердых отходов, не}$$

подлежащих переработке.

Ограничения, накладываемые на данную модель:

$$\sum_{j=1}^M \sum_{t=0}^T c_j \delta_j R_j^t + \sum_{j=1}^M \sum_{t=0}^T f_j (V_{rj}^t + V_{rpj}^t) \leq \sum_{j=1}^M \sum_{t=0}^T p_j v_j^t \quad (3)$$

$$\sum_{j=1}^M \omega_j^{t-1} + v_j^t + r_j^t - H_j^t \leq W \quad (4)$$

$$\sum_{t=0}^T (V_{wj}^t + V_{pj}^t + V_{rj}^t + V_{rpj}^t) \leq V_{\max j} \quad (5)$$

$$v_j^t \geq 0, \forall j \in M, \forall t \in T \quad (6)$$

Где

Ограничение (3) представляет собой ограничение на стоимость переработки материальных ресурсов. Если стоимость переработки материальных ресурсов выше стоимости их закупки, то целесообразнее закупить новые материальные ресурсы.

Ограничение (4) – ограничение на объем запасов материальных ресурсов, находящихся в системе хранения.

W – максимальная вместимость системы хранения материальных ресурсов;

Ограничение (5) – ограничение на не превышение максимально допустимого уровня воздействия на окружающую среду.

$V_{\max}$ – максимально допустимый уровень воздействия материального ресурса вида j , согласно государственным стандартам.

Объем воздействия на окружающую среду V во всех системах рассчитывается посредством суммирования масс эмитируемых субстанций m с учетом соответствующего экоиндикатора I по формуле:

$$V = \sum m_i * I_i$$

Экоиндикатор I определяется исходя из категории воздействия, к которому привязывается каждый вид воздействия на окружающую среду на основе экологических стандартов. [5]

Пример воздействий на окружающую среду и соответствующие им категории воздействия представлен в Таблице 1. [5]

Таблица 1

Категории воздействия	Параметры инвентаризационного анализа
Парниковый эффект	Выбросы углекислого газа, метана, закиси азота
Выбросы фотооксидантов	Выбросы метана, формальдегида, бензола, летучих органических соединений
Потребление природных ресурсов	Расход нефти, природного газа, угля, серной кислоты, железа, песка, воды, древесины, земельных ресурсов и др.
Образование отходов	Образование бытовых и промышленных отходов разных классов опасности, шлаков, илов очистных сооружений

Наряду с оценкой воздействия на окружающую среду при организации производства необходимо также учитывать следующие инструменты экологической ориентации производства:

- Определение объема производства;
- Формирование системы утилизации производственных отходов.

Определение объема производства играет особую роль, когда вследствие расширения производства существует опасность перейти границы допустимых выбросов.

Формирование системы утилизации производственных отходов и переработка бракованных деталей и компонентов также очень важно при планировании производства, поскольку возникшие остаточные материалы производственной деятельности после соответствующей обработки могут найти свое применение в качестве нового материала или сырья.

Заключение

В настоящее время существующих традиционных методов организации производства, используемых на машиностроительных предприятиях, становится недостаточно. На первый план выходит растущее стремление избежать остаточных материалов производства и по возможности максимизировать использование отходов производства, избежать которых невозможно, и минимизировать воздействия предприятия на окружающую среду.

В данной статье разработана математическая модель организации производства на основе ресурсосбережения. Модель представляет собой многокритериальную модель линейного программирования. Многокритериальная задача линейного программирования решается так же, как и однокритериальная, отличие состоит исключительно в методе задания целевой функции.[6] Поскольку в разработанной модели обе целевые функции направлены на минимизацию затрат (связанных с экономическими аспектами и экологическими аспектами), то их можно объединить с учетом коэффициентов относительной важности каждой целевой функции.

Разработанная модель позволяет определить какой вид ресурса, в каком объеме и в какое время необходимо заказывать для обеспечения непрерывного производства на основе концепции Just-in-Time тем самым обеспечивая минимальное воздействие на окружающую среду. Также эта модель позволяет определить, необходимо ли заказывать и покупать определенный вид материального ресурса или же его можно получить к определенному моменту времени путем переработки бракованных деталей или твердых отходов.

Таким образом, внедрение разработанной математической модели организации производства позволит существенно сократить ресурсоемкость выпускаемой продукции и уровень воздействия предприятия на окружающую среду.

Список литературы

1. Сергеев В.И. Логистика в бизнесе. М.: ИНФРА-М, 2001. 608 с.
2. ГОСТ Р 52107-2003. Ресурсосбережение. Классификация и определение показателей. М.: Изд-во стандартов, 2003. 7 с.
3. ГОСТ Р 52106-2003. Ресурсосбережение. Общие положения. М.: Изд-во стандартов, 2003. 7 с.

4. Покараев Г.М. Ресурсосбережение: проблемы и решения. М.: Экономика, 1990. 141 с.
5. Чижиков Ю.В. Экологическое сопровождение проектов: учеб. пособие. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2010. 308 с.
6. Косоруков О.А., Мищенко А.В. Исследование операций: учебник / Под общ. ред. д.э.н., проф. Н.П. Тихомирова. М.: Издательство «Экзамен», 2003. 448 с.

Mathematical model of production management based on resource-saving principles

05, May 2013

DOI: 10.7463/0513.0568317

Brom A.E., Eliseeva E.V.

Bauman Moscow State Technical University, 105005, Moscow, Russian Federation

abrom@yandex.ru

eliseeva20@gmail.com

Problems of engineering production were studied in this article; it is also shown that the main problem is high resource consumption of products. When solving this problem, it is not enough to rely on existing traditional methods of production management that are used at enterprises. The authors propose a new logistic approach and a mathematical model of production management based on minimization of resource consumption, both from the economic point of view (minimization of the production cost) and the ecological point of view (minimization of manufacturing impact on the environment).

Publications with keywords: [mathematical model](#), [manufacture organization](#), [logistic approach](#), [resource-saving](#)

Publications with words: [mathematical model](#), [manufacture organization](#), [logistic approach](#), [resource-saving](#)

References

1. Sergeev V.I. *Logistika v biznese* [Logistics in business]. Moscow, INFRA-M, 2001. 608 p.
2. GOST R 52107-2003. *Resursosberezhenie. Klassifikatsiia i opredelenie pokazatelei* [State Standard of RF 52107-2003. Resources saving. Classification and definition of indices]. Moscow, Standards Publishing House, 2003. 7 p.
3. GOST R 52106-2003. *Resursosberezhenie. Obshchie polozheniia* [State Standard of RF 52106-2003. Resources saving. General]. Moscow, Standards Publishing House, 2003. 7 p.
4. Pokaraev G.M. *Resursosberezhenie: problemy i resheniia* [Resource saving: problems and solutions]. Moscow, Ekonomika, 1990. 141 p.
5. Chizhikov Iu.V. *Ekologicheskoe soprovozhdenie proektov* [Environmental support of projects]. Moscow, Bauman MSTU Publ., 2010. 308 p.

6. Kosorukov O.A., Mishchenko A.V. *Issledovanie operatsii* [Operations research]. Moscow, «Ekzamen», 2003. 448 p.