ISSN 1992-6502 (Print)
2013. Т. 17, № 7 (60). С. 40–46
Вестник УГАТУ
ISSN 2225-2789 (Online)
http://journal.ugatu.ac.ru

УДК 622.276:005.932

Оптимизация ресурсных потоков в системе обеспечения надежного функционирования нефтегазодобывающих предприятий

О. Г. Кантор[1], **И. Н. Гарифуллин**[2]

[1] o_kantor@mail.ru, [2] garildar@mail.ru

[1] ФГБУН «Институт социально-экономических исследований Уфимского научного центра РАН»
[2] ФГБОУ ВПО «Уфимский государственный авиационный технический университет» (УГАТУ)

Поступила в редакцию 11.06.2013

Аннотация. Рассматриваются проблемы материально-технического обеспечения нефтедобывающих и газодобывающих компаний РФ в современных экономических условиях. Предложена модель формирования системы материально-технического обеспечения функционирования вертикально-интегрированных нефтяных компаний.

Ключевые слова: предприятия нефтяной промышленности; материально-техническое снабжение; движение материальных потоков; запасы сырья, материалов и средств производства; минимизация издержек; экономико-математическое моделирование, оптимизация распределения ресурсов.

В плановой экономике основную роль в организации централизованного материально-технического снабжения предприятия играл Госснаб и его региональные отделения. При переходе к рыночным отношениям система Госснаба была ликвидирована, а большинство его региональных отделений не смогли провести структурную перестройку и самоликвидировались.

Отсутствие в регионах России предприятий, осуществляющих крупные оптовые поставки и организующих сбыт продукции, привело к созданию информационного вакуума вокруг большинства предприятий производственной сферы. Отсутствие необходимой информации нарушило производственные связи, создало непреодолимые трудности при самостоятельном решении проблем поставок сырья и реализации продукции. Все это усугублялось медленным движением денежных средств, трудностями в организации движения материальных потоков и необходимостью поиска надежных партнеров. Эти трудности создали проблему «неплатежей», обусловили непрекращающийся спад производства, как в отдельных регионах, так и в целом по России.

Особенно проблемно организовать движение материальных потоков предприятиям, работающим в трудно доступных районах на месторождениях нефти. Общую схему информационных, денежных и материальных потоков предприятий материально-технического снабжения можно представить следующим образом (рис. 1).

Стрелками на рис. 1 показан объединенный информационно-денежно-матери-альный поток. Такая схема организации функционирования предприятий по входам и выходам неизбежно страдает информационной перегруженностью (каждое предприятие должно знать обо всех предприятиях для изучения возможности получения от них поставок и сбыта им своей продукции); скорость движения материальных потоков и соответственно денежных – невелика.

Подобная организация системы поставок материалов и сбыта продукции неэффективна, для повышения ее устойчивости требуется создавать повышенные запасы (по особо дефицитным материалам и комплектующим оборудования – до уровня годовой потребности). Это обстоятельство уменьшает оборотные средства и еще более снижает эффективность работы нефтедобывающих предприятий.

С целью совершенствования функционирования системы предприятий в нефтяной промышленности в работе предлагается создание в отдельных регионах с помощью либо ассоциации нефтяных предприятий, либо государства (совместная организация – наиболее привлекательна) – коммерческо-производственной компании (КПК), владеющих рядом центров запасов материалов и средств производства.

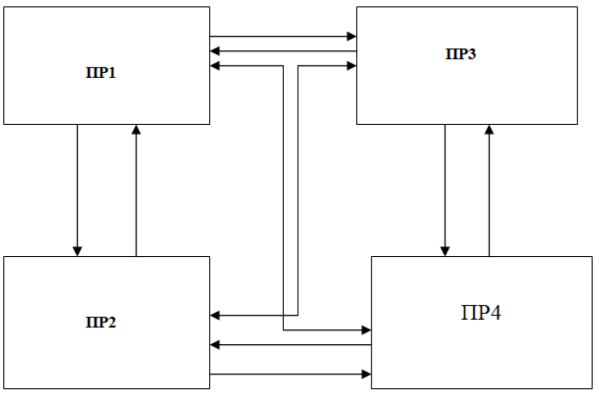

Рис. 1. Схема потоков предприятий МТС после ликвидации Госснаба

Основная цель функционирования КПК – максимальное удовлетворение потребностей предприятий при безусловной рентабельности собственных предприятий.

Проблема эффективности использования средств, направляемых на обеспечение функционирования подразделений крупной компании, является актуальной ввиду того, что от правильной ее реализации зависит быстрота решения текущих производственных задач, и, как следствие, благосостояние самой компании. Как правило, на практике существует множество возможных вариантов для непосредственной реализации указанной проблемы: создание региональных, межрегиональных или точечных центров обеспечения средствами производства, материалами и сырьем; кооперация с другими компаниями и пр. Более того, ее непосредственная реализация должна осуществляться с учетом взаимосвязи с другими основными экономическими и техническими задачами, стоящими перед компанией, что делает ее нетривиальной и обусловливает необходимость глубокого и всестороннего анализа, а также применения специальных методов ее решения.

Сложность решения указанной проблемы зависит от многовариантности расположения центров обеспечения средствами производства, материалами и сырьем (далее “центры”). Расположение таких центров на значительном расстоянии от поставщиков влечет за собой рост издержек на приобретение необходимой продукции, а удаленность от непосредственных потребителей (предприятий) приведет к росту издержек при осуществлении транспортировок. Также необходимо заранее определять емкость таких центров (площадь построек, количество персонала и средств технического оснащения), которая в свою очередь зависит от потребностей предприятий. Как правило, места для расположения центров заранее известны, в то время как их емкость подлежит определению. Оптимальным, очевидно, будет такое решение, которое обоснует емкость планируемых к организации центров, с позиций минимизации издержек на приобретение, доставку потребителям, строительство и эксплуатацию. Однако если стоимость строительства и эксплуатации одинаковых по емкости центров не разнится в зависимости от их местоположения, задачу можно решать без учета данных статей расходов.

Наиболее эффективным подходом к решению такого рода задач является применение экономико-математического моделирования, в рамках которого разработаны методики практического решения различных типов задач оптимального планирования.

Сущность экономико-математического моделирования состоит в изучении объекта как сложной системы (статической или динамической), состоящей из множества функционирующих и взаимодействующих элементов. При этом, очевидно, что изменения, происходящие с одним из элементов влияют на эффективность системы в целом.

Большое значение для практики имеют модели линейного программирования, в которых все соотношения между анализируемыми величинами описываются линейными функциями. Линейные модели применяются для оптимизации большого класса задач, стоящих перед предприятием: в задачах перспективного, текущего и оперативного планирования и управления; при планировании грузопотоков, определении плана товарооборота и его распределении; в задачах развития и размещения производительных сил, баз и складов систем обращения материальных ресурсов и т. д. Особенно широкое применение методы и модели линейного программирования получили при решении задач экономии ресурсов (выбор ресурсосберегающих технологий, составление смесей, раскрой материалов), производственно-транспортных и других задач.

У истоков методологии решения задач линейного программирования стоял замечательный советский ученый, академик Л.В. Канторович. Именно он впервые точно сформулировал такие важные и общепринятые экономико-математические понятия, как «оптимальность плана», «оптимальное распределение ресурсов», «объективно обусловленные (оптимальные) оценки», а также указал многочисленные области экономики, где могут быть применены экономико-математические методы принятия оптимальных решений.

Среди линейных экономико-математических моделей особое место занимает модель транспортной задачи. Сущность транспортной задачи в классической постановке состоит в оптимальном (с позиций минимизации затрат) прикреплении поставщиков однородного продукта ко многим потребителям этого продукта. Для решения транспортной задачи разработаны развитая теория и модификации прямого и двойственного симплекс-метода. Сама модель транспортной задачи линейного программирования может использоваться для планирования ряда операций, не связанных с перевозкой грузов. Так, с ее помощью решаются задачи по оптимизации размещения производства, топливно-энергетического баланса, планов загрузки оборудования и др. Однако, следует отметить, что для практики большее значение имеют, так называемые, многопродуктовые модели, в которых от поставщиков к потребителям перевозятся различные виды груза.

Для решения сформулированной выше проблемы в настоящей работе разработана экономико-математическая модель, являющаяся, по сути, синтезом задач размещения производства и многопродуктовых транспортных задач.

Будем полагать, что рассматривается возможность создания центров обеспечения средствами производства и материалами, необходимыми для работы группы *M* предприятий, входящих в одну компанию, при следующих допущениях:

- определены *K* возможных мест размещения таких центров;
- номенклатура средств производства и материалов насчитывает *N* единиц;
- известны затраты на приобретение и доставку каждой единицы номенклатуры в любой из предполагаемых центров c_j^p, $j=\overline{1,N}$, $p=\overline{1,K}$;
- известны потребности каждого предприятия во всех средствах производства и материалах b_{ij}, $i=\overline{1,M}$, $j=\overline{1,N}$;
- известна стоимость доставки каждой единицы номенклатуры из любого центра до всех предприятий a_{ij}^p $i=\overline{1,M}$, $j=\overline{1,N}$, $p=\overline{1,K}$.

Требуется определить количество каждого вида средств производства и материалов x_{ij}^p, $i=\overline{1,M}$, $j=\overline{1,N}$, $p=\overline{1,K}$, которое следует доставлять на предприятия из центров для обеспечения минимальных издержек, связанных с их приобретением и доставкой.

Каждая стрелочка, соединяющая предприятия и предполагаемые центры, на рис. 2 обозначает количество груза по всей номенклатуре, подлежащего доставке из соответствующего центра данному предприятию.

Величина $a_{ij}^p x_{ij}^p$ показывает, в какую сумму обойдется доставка j-го вида средств производства и материалов на i-е предприятие из p-го центра в количестве x_{ij}^p. Просуммировав эти величины по всем предприятиям, центрам и видам номенклатуры, получим общие затраты на доставку для обеспечения потребностей предприятий – $\sum_{p=1}^{K}\sum_{i=1}^{M}\sum_{j=1}^{N} a_{ij}^p x_{ij}^P$.

Величина $\sum_{i=1}^{M} x_{ij}^p$ показывает какое количество j-го вида средств производства и материалов должно находиться в p-м центре. Соответственно, выражение $\left(\sum_{i=1}^{M} x_{ij}^p\right) c_j^p$ определяет затраты на приобретение и доставку j-го вида средств производства и материалов в p-й центр, а выражение $\sum_{p=1}^{K}\sum_{j=1}^{N}\left(\sum_{i=1}^{M} x_{ij}^p\right) c_j^p$ – суммарные затраты на приобретение и доставку всей номенклатуры в центры.

В веденных обозначениях постановка задачи будет следующей:

$$\sum_{p=1}^{K}\sum_{i=1}^{M}\sum_{j=1}^{N} a_{ij}^p x_{ij}^p + \sum_{p=1}^{K}\sum_{j=1}^{N}\left(\sum_{i=1}^{M} x_{ij}^p\right) c_j^p \to \min, \quad (1)$$

$$\sum_{p=1}^{K} x_{ij}^p = b_{ij}, \; i=\overline{1,M}, \; j=\overline{1,N}, \quad (2)$$

$$x_{ij}^p \ge 0, \; i=\overline{1,M}, \; j=\overline{1,N}, \; p=\overline{1,K}. \quad (3)$$

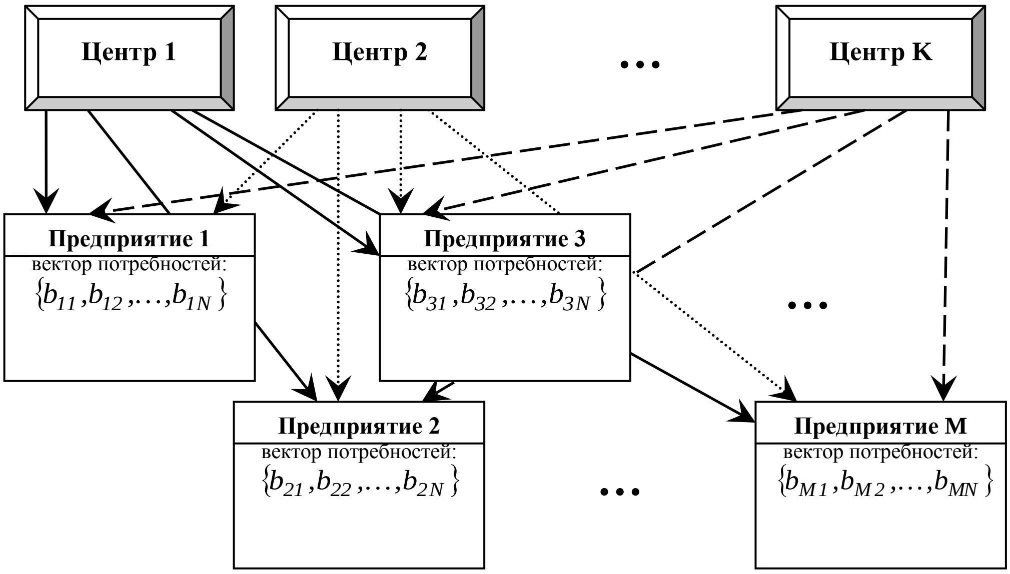

Рис. 2. Графическое представление проблемы создания центров обеспечения средствами производства и материалами

Данная модель относится к классу линейных, а, учитывая неотрицательность коэффициентов a_{ij}^{p} и c_{j}^{p}, а также условия (2) и (3), можно утверждать, что решение любой задачи, описываемой моделью (1)–(3), существует. Действительно, множество допустимых решений представляет собой выпуклый многогранник, расположенный в первом координатном угле пространства переменных задачи, и являющийся частью гиперплоскости порядка *NM(K-1)*, образованной пересечением непараллельных гиперплоскостей (2) в пространстве размерности *NMK*, из чего в свою очередь следует, что он невырожденный. А так как решение любой задачи линейного программирования находится в угловой точке многогранника решений (или в нескольких угловых точках), следовательно, для модели (1)–(3) решение всегда будет существовать.

При необходимости в модель (1)–(3) может быть добавлено требование целочисленности переменных (всех или некоторых), что должно быть обусловлено смыслом конкретной практической задачи.

Число переменных модели (1)–(3) равно KMN. Нетрудно заметить, что уже при небольших значениях величин *K, M, N* число переменных велико. Этот факт обусловливает основную сложность данной модели. Однако, учитывая современный уровень развития вычислительной техники и программного обеспечения, численная реализация модели (1)–(3) для практических задач не представляет собой неразрешимую задачу. В случае небольших размерностей (до 100 переменных) для численной реализации модели (1)–(3) возможно использование таких программных продуктов, как MS Excel и Mathcad. Если же число переменных задачи существенно выше, следует воспользоваться специальными методами.

Декомпозиция модели (1)-(3) в случае большой размерности

Ранее было отмечено, что основная сложность модели (1)–(3) связана с большим количеством переменных. Однако специфика разработанной модели такова, и это является ее несомненным достоинством, что в случае большой размерности задачи к ней может быть применен подход, основанный на принципе декомпозиции. Согласно принципу декомпозиции основная задача должна разбиваться на ряд задач меньшей размерности, на основании решения которых будет определяться решение исходной задачи.

Модель (1)–(3) допускает множество вариантов декомпозиции исходной проблемы на непересекающиеся вспомогательные задачи. Объясняется это неотрицательностью коэффициентов целевой функции и возможностью разбиения множества ограничений (2)–(3) на непересекающиеся подмножества. Покажем это.

Пусть, L такое, что $1 \le L < N$, $L \in Z$. Тогда $\forall L$ справедливо следующее преобразование целевой функции

$$\sum_{p=1}^{K}\sum_{i=1}^{M}\sum_{j=1}^{N} a_{ij}^{p} x_{ij}^{p} + \sum_{p=1}^{K}\sum_{j=1}^{N}\left(\sum_{i=1}^{M} x_{ij}^{p}\right) c_{j}^{p} =$$

$$= \sum_{p=1}^{K}\sum_{i=1}^{M}\left(\sum_{j=1}^{L} a_{ij}^{p} x_{ij}^{p} + \sum_{j=L+1}^{N} a_{ij}^{p} x_{ij}^{p}\right) + \sum_{p=1}^{K}\left(\sum_{j=1}^{L}\left(\sum_{i=1}^{M} x_{ij}^{p}\right) c_{j}^{p} + \sum_{j=L+1}^{N}\left(\sum_{i=1}^{M} x_{ij}^{p}\right) c_{j}^{p}\right) =$$

$$= \left(\sum_{p=1}^{K}\sum_{i=1}^{M}\sum_{j=1}^{L} a_{ij}^{p} x_{ij}^{p} + \sum_{p=1}^{K}\sum_{j=1}^{L}\left(\sum_{i=1}^{M} x_{ij}^{p}\right) c_{j}^{p}\right) + \left(\sum_{p=1}^{K}\sum_{i=1}^{M}\sum_{j=L+1}^{N} a_{ij}^{p} x_{ij}^{p} + \sum_{p=1}^{K}\sum_{j=L+1}^{N}\left(\sum_{i=1}^{M} x_{ij}^{p}\right) c_{j}^{p}\right).$$

Следовательно, исходную модель можно представить как объединение двух моделей. Первая имеет вид:

$$\sum_{p=1}^{K}\sum_{i=1}^{M}\sum_{j=1}^{L} a_{ij}^{p} x_{ij}^{p} + \sum_{p=1}^{K}\sum_{j=1}^{L}\left(\sum_{i=1}^{M} x_{ij}^{p}\right) c_{j}^{p} \to \min, \qquad (5)$$

$$\sum_{p=1}^{K} x_{ij}^{p} = b_{ij}, \; i = \overline{1,M}, \; j = \overline{1,L}, \qquad (6)$$

$$x_{ij}^{p} \ge 0, \; i = \overline{1,M}, \; j = \overline{1,L}, \; p = \overline{1,K}. \qquad (7)$$

Вторая –

$$\sum_{p=1}^{K}\sum_{i=1}^{M}\sum_{j=L+1}^{N} a_{ij}^{p} x_{ij}^{p} + \sum_{p=1}^{K}\sum_{j=L+1}^{N}\left(\sum_{i=1}^{M} x_{ij}^{p}\right) c_{j}^{p} \to \min, \qquad (8)$$

$$\sum_{p=1}^{K} x_{ij}^{p} = b_{ij}, \; i = \overline{1,M}, \; j = \overline{L+1,N}, \qquad (9)$$

$$x_{ij}^{p} \ge 0, \; i = \overline{1,M}, \; j = \overline{L+1,N}, \; p = \overline{1,K}. \qquad (10)$$

Множества переменных задач (5)–(7) и (8)–(10) являются непересекающимися, поэтому решение исходной задачи будет определяться следующим образом:

- оптимальный план задачи (1)–(3) (оптимальные значения переменных) является объединением оптимальных решений каждой из задач (5)–(7) и (8)–(10);
- оптимальное значение целевой функции задачи (1)–(3) является суммой оптимальных значений целевых функций задач (5)–(7) и (8)–(10).

Последнее следует из свойств линейных функций с неотрицательными коэффициентами, определенных на множестве неотрицательных чисел.

Очевидно, что аналогичную декомпозицию можно произвести, если $1 \le L < M$. Таким образом, максимальное количество непересекающихся задач, которые можно получить из основной модели (1)–(3), прибегая к декомпозиции таким способом, равно MN. При этом размерность каждой из таких задач будет равна K.

Приведенные рассуждения доказывают, что при разумном количестве рассматриваемых к организации центров обеспечения средствами производства и материалами (до 100 единиц), численная реализация модели (1)–(3) может быть осуществлена с применением стандартных программных продуктов, таких как пакет "Поиск решения" в MS Excel, что не приведет к значительным тратам на программное обеспечение и написание программ на этапе принятия решений.

Численная реализация модели (1)–(3)

Применим модель (1)–(3) для решения задачи обоснования создания 4 предполагаемых к организации центров обеспечения средствами производства и материалами, необходимыми для работы 6 предприятий. Будем считать, что номенклатура средств производства и материалов состоит из 4 наименований. Необходимая исходная информация для численной реализации модели представлена в табл. 1–3.

Таблица 1

Стоимости покупки и доставки средств производства и материалов в предполагаемые центры (c_j^p, $j = \overline{1,4}$, $p = \overline{1,4}$), ден. ед. /ед. наименования

Центры	Наименования			
	1	2	3	4
1	2	13	1	5
2	11	2	5	8
3	4	4	2	6
4	2	5	6	2

Таблица 2

Потребности предприятий в средствах производства и материалах (b_{ij}, $i = \overline{1,6}$ $j = \overline{1,4}$), ед.

Предприятия	Наименования			
	1	2	3	4
1	23	27	45	22
2	14	21	39	15
3	24	46	42	14
4	7	20	39	6
5	20	17	44	15
6	12	19	31	15
Всего	100	150	240	87

Таблица 3

Стоимость доставки средств производства и материалов (a_{ij}^{p}, $i=\overline{1,6}$ $j=\overline{1,4}$, $p=\overline{1,4}$), ден. ед. / ед. наименования

Предприятия	Наименования			
	1	2	3	4
Центр 1				
1	3	5	2	1
2	2	7	3	8
3	6	1	7	3
4	1	3	7	5
5	3	6	7	2
6	2	3	4	1
Центр 2				
1	1	4	2	5
2	3	9	3	6
3	9	2	4	8
4	2	4	5	2
5	1	8	3	9
6	5	7	8	9
Центр 3				
1	1	4	2	5
2	3	9	3	6
3	6	1	9	2
4	8	2	4	8
5	2	4	5	2
6	9	8	3	9
Центр 4				
1	7	10	4	6
2	9	10	6	7
3	8	4	10	7
4	10	6	4	6
5	9	4	8	6
6	6	6	7	10

Дополнительно в модель (1)–(3) было введено ограничение на целочисленность всех переменных. Непосредственная реализация расчетов по модели производилась в MS Excel. В результате было определено количество средств производства и материалов, подлежащих доставке на предприятия из центров (96 величин) и общая величина издержек (значение целевой функции (1) (табл. 4). Помимо этого было определено количество каждого наименования номенклатуры, которое необходимо закупать и доставлять в каждый центр (табл. 5).

Данные табл. 5 являются основой для принятия управленческих решений в отношении целесообразности организации каждого центра в отдельности, а также их организационного статуса. Так, например, очевидно, что первый и третий центры должны быть более масштабными по сравнению с остальными, а целесообразность организации четвертого центра, как самостоятельного подразделения, учитывая незначительность его задействования в поставках средств производства и материалов, весьма незначительна, что, в свою очередь, обусловливает рассмотрение других возможностей обеспечения предприятий (кооперации с другими компаниями и др.).

Таблица 4

Количество поставляемых средств производства и материалов на предприятия (x_{ij}^{p}, $i=\overline{1,6}$ $j=\overline{1,4}$, $p=\overline{1,4}$), ед.

Предприятия	Наименования			
	1	2	3	4
Из центра 1				
1	17	0	45	22
2	14	0	39	0
3	24	0	42	11
4	7	0	0	0
5	20	0	0	15
6	12	0	23	15
Из центра 2				
1	0	27	0	0
2	0	21	0	0
3	0	46	0	0
4	0	10	0	0
5	0	0	0	0
6	0	19	0	0
Из центра 3				
1	6	0	0	0
2	0	0	0	0
3	0	0	0	3
4	0	10	39	0
5	0	17	44	0
6	0	0	8	0
Из центра 4				
1	0	0	0	0
2	0	0	0	15
3	0	0	0	0
4	0	0	0	6
5	0	0	0	0
6	0	0	0	0
Суммарные издержки 3482 ден. ед.				

Таблица 5

Количество средств производства и материалов, подлежащих закупке и доставке в предполагаемые центры

($\sum_{i=1}^{6} x_{ij}^{p}$, $j=\overline{1,4}$, $p=\overline{1,4}$), ед.

Центры	Наименования			
	1	2	3	4
1	94	0	149	63
2	0	123	0	0
3	6	27	91	3
4	0	0	0	21
Всего	100	150	240	87

ОБ АВТОРАХ

КАНТОР Ольга Геннадьевна, ст. науч. сотр. Дипл. матем. (МГУ, 1993). Канд. физ.-мат. наук (БГУ, 1999), доцент. Иссл. в обл. мат. моделир. соц.-экон. систем, многокритериальн. оптимизации.

ГАРИФУЛЛИН Ильдар Наибович, асп. каф. финансы, денежное обращение и экономическая безопасность. Дипл. экономист (УГНТУ, 1996).

METADATA

Title: Optimization of resource flows in the system of reliable operation of oil and gas companies.

Authors: O. G. Kantor[1], I. N. Garifullin[2]

Affiliation:

[1] Institute for Social and Economic Research, Ufa Scientific Center, Russian Academy of Sciences, Ufa, Russia.

[2] Ufa State Aviation Technical University (USATU), Russia.

Email: [1] o_kantor@mail.ru.

Langage: Russian.

Source: Vestnik UGATU (scientific journal of Ufa State Aviation Technical University), vol. 17, no. 7 (60), pp. 40-46, 2013. ISSN 2225-2789 (Online), ISSN 1992-6502 (Print).

Abstract: In this article we look upon the problems of inventory and logistics management of RF oil and gas producing companies in the current economical conditions. The model of forming the system of inventory and logistics management for vertically-integrated oil companies was proposed.

Key words: Companies of oil industry; inventory and logistics management; movement of material flows; raw materials and means of production stock; cost effectiveness; economic and mathematical modeling; optimization of resources allocation.

About authors:

KANTOR, Olga Gennadyevna, Art. research associate. Dipl. mathematician (MSU,1993). Docent of the Dept. of Finances, Currency Circulation and Economic Security (USATU). Cand. of Physical and Mathematical. Sci. (BSU, 1999), docent.

GARIFULLIN, Ildar Naibovich, Postgrad. (PhD) Student, Dept. of Finance, Monetary Circulation and Economic Security (USATU). Dipl. economist (USPTU,1996).