

В. В. Титов^{1,2}, Д. А. Безмельницын³

¹ Новосибирский государственный университет
ул. Пирогова, 2, Новосибирск, 630090, Россия

² Институт экономики и организации промышленного производства СО РАН
пр. Акад. Лаврентьева, 17, Новосибирск, 630090, Россия

³ Научно-производственное объединение «ЭЛСИБ» ОАО
ул. Сибиряков-Гвардейцев, 56, Новосибирск, 630088, Россия

titov@ieie.nsc.ru, gd@elsib.ru

ИНТЕГРАЦИЯ СТРАТЕГИЧЕСКОГО ПЛАНИРОВАНИЯ И ОПЕРАЦИОННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ НА ПРЕДПРИЯТИИ НА ОСНОВЕ ОПТИМИЗАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Согласование стратегических и тактических планов деятельности промышленных предприятий с их операционными стратегиями существенно повышает эффективность производства. Представлен методологический подход к согласованию стратегического и оперативного управления для серийного производства сложных изделий с длительным технологическим циклом на основе совмещения задач оптимизации объемно-календарного, оперативно-календарного и сетевого планирования.

Обычно для планирования подобных производств используется сетевое планирование. Однако нахождение критического пути не решает проблему. Когда же в сетевом планировании ставятся ограничения по ресурсам, возникает задача, для которой до сих пор нет эффективного алгоритма ее решения. Поэтому предложено такую задачу решать с помощью модели, объединяющей сетевое и оперативно-календарное планирование. При этом приближенно решена и проблема учета длительности работ (операций) не в целых единицах времени, а в фактических значениях. Представлена оригинальная модель формирования планов производства сложной продукции с длительным технологическим процессом с учетом согласования выпуска готовой продукции и календарными планами производства деталей, узлов изделий.

Ключевые слова: оперативное управление производством, стратегическое управление, оптимизация, сетевое планирование, календарное планирование, согласование.

Эффективность работы промышленного предприятия во многом зависит от используемой на заводе системы оперативного управления производством (ОУП) [1–7]. Нарушение ритмичности производства, особенно в машиностроении, приводит к значительным потерям. Система ОУП нацелена на обязательное соблюдение сроков и объемов поставок продукции потребителям при минимальном уровне незавершенного производства и затрат, а также на координацию хода производства по участкам и цехам предприятия.

В статье представлен методологический подход построения системы ОУП для предприятий электротехнической промышленности, работающих на фактический спрос. Электрические машины большой мощности слишком дороги, а длительность производственного цикла (ДПЦ) велика, чтобы начать их производство без заключения договоров, учитывая прогнозный спрос. Именно для таких условий производства представлен подход создания эффектив-

ной системы стратегического и тактического управления, совмещенного с оперативным управлением производства.

При производстве сложных машин часто применяется сетевое планирование, которое позволяет представить временной график технологического процесса, продолжительность выполнения работ, уровень загрузки оборудования и трудовых ресурсов, определить потребность в материальных ресурсах к началу выполнения тех или иных работ. Такой комплекс ОУП успешно используется на НПО «ЭЛСИБ» ОАО в Новосибирске [8].

При увеличении объемов производства и продаж продукции, выпуске нескольких видов электрических машин разного назначения сетевые графики технологических процессов накладываются друг на друга. Это приводит в отдельные периоды времени к перегрузке мощностей и трудовых ресурсов. Некоторые работы, состоящие из одной или нескольких операций, внутри сетевых графиков приходится сдвигать, что является трудной задачей (устранение наложения операций на одном рабочем месте чревато возникновением подобных же накладок на другом) планирования, для решения которой пока нет эффективного алгоритма. Сетевое планирование при ограниченных ресурсах становится сложнейшей задачей календарного, математического программирования.

Приближенное решение указанной проблемы по согласованию во времени загрузки оборудования, использования трудовых и материальных ресурсов при планировании производства продукции представлено в работах [1; 3; 4]. Авторы предложили осуществлять оптимизационное планирование производства на основе агрегированных технологий. При таком подходе затраты производственных ресурсов на единицу продукции задаются во времени, т. е. по некоторым дискретным периодам, в сумме определяющих производственный цикл. Такой вектор затрат – агрегированную технологию – можно построить для производства каждой единицы продукции (каждого заказа) на основании сетевого графика. Интенсивность использования мощностей и трудовых ресурсов для обработки изделия на группе оборудования задается с учетом ДПП на основе такой агрегированной технологии.

Однако подобный подход создает жесткие условия для реализации технологического процесса, что сужает область допустимых решений. Поэтому предлагается воспользоваться сетевым планированием, но с учетом возможности сдвигать время выполнения отдельных операций и в целом работ относительно друг друга, выделяя «узкие места» производства, как это принято делать при оперативно-календарном планировании [3; 4; 8]. В таком случае для любой операции, представленной в сетевом графике производства детали или узла, длительность обработки остается прежней, но при этом выделяется ведущая операция, которая выполняется на лимитирующей производство группе оборудования (рабочем месте). Фиксируется также продолжительность обработки детали или узла до и после ведущей операции. Выделение только ведущих операций резко снижает размерность решаемой задачи, и это дает возможность планировать равномерную загрузку лимитирующих групп оборудования и рабочих.

Методически этот процесс можно представить таким образом. Пусть за определенный плановый период необходимо выпустить несколько изделий. Для каждого изделия построен сетевой график выполнения работ (комплекса операций). В вершинах сетевого графика часть одних работ завершается, а других – начинается. Наиболее раннее начало работ – в первой вершине, завершение наиболее поздних работ – в последней. Продолжительность каждой работы задана и условно принимается за расстояние от одной вершины до другой. Эти параметры определяют длительность обработки по работам технологического процесса с учетом пролеживания между отдельными процессами, транспортировки, технологических и страховых опережений до выполнения ведущей операции и после нее – до завершения работы, продолжительность ведущей операции на соответствующей группе оборудования.

С целочисленной переменной, принимающей значения 0 или 1, связано начало работы с определенного момента времени. Для каждого вида работ в исходной информации задается некоторое дискретное множество вариантов ее выполнения. При этом каждая работа должна быть выполнена только в одном варианте. Фиксируются ограничения на использование возможностей производства для всех видов работ и изделий во времени; на последовательность работ: выход из любой вершины работы может начаться только после того, как выполнены все работы, входящие в данную вершину. Для каждого изделия задан предельный срок его

выпуска. Тогда критерий оптимизации – минимум незавершенного производства при выполнении стратегических планов продаж продукции.

Для стратегического управления на базе указанной системы ОУП для заданного периода времени определяется возможный объем выпуска продукции с учетом спроса на продукцию и внедрения различных нововведений (ввод мощностей, новых технологий и др.). Критерий оптимизации может быть более общим: за планируемый период максимизируется чистая прибыль, чистый дисконтированный доход, определяющий прирост стоимости компании на рынке и др. При этом продажи продукции могут быть запланированы только в том случае, если система ОУП «обеспечила» выход готовой продукции.

Таким образом, наш методологический подход к решению указанной проблемы состоит в том, чтобы одновременно решать задачи стратегического и оперативного управления деятельностью предприятия. Ядром такой системы управления становится модель оперативного управления производством. Поэтому на её постановке мы остановимся более подробно.

Система ОУП ориентируется на фактический спрос. Так работают предприятия тяжелого машиностроения. Электрические машины большой мощности хотя и выпускаются единицами, но их изготовление повторяется, как только появляется новый заказ, что позволяет говорить о серийном производстве.

При планировании для каждой партии деталей, изготавливаемых в каком-либо цехе (участке) относительно следующего (согласно технологическим переходам) цеха (участка), устанавливается опережение по запуску и выпуску.

Планово-учетной единицей является комплект одноименных деталей. Эта система наиболее широко распространена в производстве. Подходит она и для рассматриваемого нами производства. Выпуск готовой продукции реально осуществляется не партиями, а поштучно. Поэтому для каждого заказа можно построить план выпуска деталей и узлов для сборки готового изделия с учетом опережений.

Система ОУП, основанная на планировании по опережениям, является наиболее простой. Ее принцип использован во всех существующих разработках. Однако задача построения эффективной системы ОУП заключается в преодолении внутренних проблем такой системы.

В электротехнической промышленности, как отмечалось, при производстве сложных машин часто применяется сетевое планирование [8]. Фактически это тот же временной график производства изделия, который применяется и в системах ERP (enterprise resource planning) [9], но менее детализированный.

Учитывая сложность решения задачи сетевого планирования с ограничениями на ресурсы, следует воспользоваться постановкой оптимизационной задачи оперативно-календарного планирования. Такое построение системы ОУП существенно расширяет возможности математического программирования для решения столь важной для практики задачи.

Обычно решение задач сетевого планирования без ограничения по ресурсам сводится к нахождению критического пути, что не представляет особого труда. Однако, как отмечалось, задача становится более сложной при выполнении одновременно нескольких проектов и с учетом ограничений на ресурсы. Решение такой задачи можно получить на основе имитационного моделирования, когда выполнение работ планируется от текущего момента времени к срокам выпуска готовых изделий или с помощью оптимизационного планирования [3; 4], применяемого при календарном планировании единичного и серийного производства.

Пусть необходимо выпустить K , $k = 1, \dots, K$, изделий за определенный плановый период времени T , $t = 1, \dots, T$. Для каждого изделия k построен сетевой график выполнения работ. Для упрощения пояснений приведем описание сетевого графика без индекса k . В сетевом графике имеется n вершин. В таких вершинах часть работ завершается, а другие работы начинаются. Продолжительность каждой работы ij , начинающейся в вершине i и заканчивающейся в вершине j , задана – t_{ij} , i и $j = 1, \dots, n$. При этом параметры t_{ij} представляются следующим образом: $t_{ij} = t_{ij1} + h_{ijm} + t_{ij2}$, где t_{ij1} – длительность обработки по операциям технологического процесса (с учетом пролёживания, транспортировки, технологических страховых опережений по времени по работе ij до ведущей операции, а t_{ij2} – после ведущей операции до завершения работы ij ; h_{ijm} – продолжительность работы по ведущей операции на группе оборудования (рабочем месте) m , $m = 1, \dots, M$.

Таким образом, параметры t_{ij1} и t_{ij2} отражают минимальное время выполнения части работы ij без использования дефицитных ресурсов. Указанные параметры учитываются только в технологическом времени обработки. Длительность h_{ijm} использования дефицитного ресурса определяет то время, в течение которого никакая другая работа выполняться не может, а следовательно, необходимо ввести ограничения, учитывающие подобные условия, которые приводят к сдвигу других работ на время h_{ijm} . Однако в группе оборудования m может планироваться и параллельное выполнение нескольких однотипных работ.

Пусть основными ресурсами, ограничивающими выполнение работ, являются мощности и рабочие на соответствующих группах оборудования (рабочих местах). Так как эти ресурсы взаимосвязаны, то ограничение возможностей выполнения работ по ведущей операции в течение времени h_{ijm} опишем на основе следующей информации. Для выполнения ведущей операции при работе ij в каждую единицу времени необходимо наличие a_{ijm} работников (в одну или в две смены). Количество оборудования на рабочем месте m позволяет одновременно работать A_m рабочим. Следовательно, именно эти два параметра определяют производственные возможности (мощность) рабочего места m .

Обозначим через x_{ijr} целочисленную переменную, принимающую значения 0 или 1. Если $x_{ijr} = 1$, то это значит, что работа ij должна начинаться в период времени r , $r = 1, 2, \dots$. Для каждой работы в исходной информации задается некоторое дискретное множество вариантов её выполнения (задается время возможного начала работы). При этом работа ij должна быть выполнена только одним из вариантов:

$$\sum_r x_{ijr} = 1, i = 1, \dots, n; j = 1, \dots, n.$$

Ограничение на использование возможностей производства всех изделий K во времени может быть записано следующим образом:

$$\sum_{i,k} a_{ijmkt} x_{kijr} \leq A_{mt}, t = \{r, r+1, \dots, r+t_{kij}-1\};$$

$$a_{ijmkt} = a_{ijmk}, t = \{r+t_{kij1}, \dots, r+t_{kij1}+h_{kijm}-1\},$$

в противном случае $a_{ijmkt} = 0$.

Таким образом, с периода r до $r+t_{kij1}-1$ значения $a_{ijmkt} = 0$, т. е. учитывается только часть длительности производства, но не затрагиваются мощности группы оборудования m . С периода $r+t_{kij1}$ до времени $r+t_{kij1}+h_{kijm}-1$ учитываются возможности группы оборудования m . Если в какой-то из периодов времени мощности уже используются, просматривается возможность выполнения работы с другого периода r .

Выполнение условий последовательного производства работ может быть задано следующей системой ограничений:

$$(r+t_{kij}-1) x_{kijr} \leq T_{kj}, j = 1, \dots, n;$$

$$r x_{kijr} \geq T_{ki}, i = 1, \dots, n; k = 1, \dots, K.$$

Здесь T_{kj} – срок завершения всех работ, которые проходят через узел j , в вершине j работа ji может начаться не раньше срока T_{ki} .

Для изделия k параметр T_{kn} определяет время завершения всех работ. С этим временем увязываются сроки продаж продукции, определяются объемы продаж во времени, другие технико-экономические и финансовые показатели. Задано и время желательного выпуска D_{kn} изделия k (на основе договоров и резервов времени выполнения). Время превышения сроков выполнения работ H_k определяется из соотношения $T_{kn} - D_{kn} - H_k + H^k = 0$. Тогда один из критериев оптимизации можно записать так: минимизируется сумма отклонений H_k с учетом себестоимости C_k готовых изделий $\sum_k H_k C_k \rightarrow \min$. Такому критерию соответствует при-

ближенно минимум незавершенного производства и минимум времени выполнения всех работ. Могут быть использованы любые другие целевые установки.

Таким образом, задача сетевого планирования с ограничениями на ресурсы сведена к задаче линейного целочисленного программирования, решение которой вполне осуществимо, например, с помощью программного обеспечения [10].

В рассмотренной постановке задачи предполагается, что значения h_{kijm} – целые числа, кратные выбранной единице времени. Однако на практике это не так. Кроме этого, для со-

Представление части решения задачи оперативного управления производством

Выполнение ограничений	Месяц планирования					
	1	1	2	2	3	3
Выполнение первых работ изделий на первой группе оборудования по месяцам						
Уровень загрузки оборудования – 0,92	0,76 $y_{1,1,1}$	0,76 $y_{2,1,1}$				
$y_1 = 1$ – степень выполнения первой работы	$1 = y_{1,1,1}$					
Уровень загрузки оборудования – 1			0,76 $y_{2,1,1,2}$	0,76 $y_{3,1,2}$		
$y_2 = 1$ – степень выполнения первой работы второго изделия		0,21 = $y_{2,1,1}$	0,79 = $y_{2,1,1,2}$			
Уровень загрузки оборудования – 1					0,76 $y_{3,1,2,3}$	0,76 $y_{4,1,3}$
$y_3 = 1$ – степень выполнения первой работы третьего изделия				0,53 = $y_{3,1,2}$	0,47 = $y_{3,1,2,3}$	
Степень выполнения первой работы четвертого изделия в третьем месяце – 0,84						0,84 = $y_{4,1,3}$
Выполнение вторых работ изделий на второй группе оборудования по месяцам						
Уровень загрузки оборудования – $0,16 \leq 0,24$ – допустимый уровень	0,58 $y_{1,2,1}$					
Уровень загрузки оборудования – 1			0,58 $y_{1,2,1,2}$	0,58 $y_{2,2,2}$		
$y_4 = 1$ – степень выполнения второй работы первого изделия	0,28 = $y_{1,2,1}$		0,72 = $y_{1,2,1,2}$			
$y_5 = 1$ – степень выполнения второй работы второго изделия				1 = $y_{2,2,2}$		
Уровень загрузки оборудования – 0,58					0,58 $y_{3,2,3}$	
$y_6 = 1$ – степень выполнения второй работы третьего изделия					1 = $y_{3,2,3}$	

крашения размерности задачи предполагается, что работа kij включает комплекс операций, который может быть выполнен за время, выраженное долей от принятой единицы времени (включая параметры t_{kij1} и t_{kij2} или без них). Исходя из этого планирование хода производства может быть представлено следующим образом.

Пусть за единицу времени выбран месяц, а $h_{kijm} < 1$. Тогда обозначим через $y_{kij,r} \leq 1$ переменную, означающую долю работы kij , которая будет начата и закончена в периоде r . Данная работа может быть продолжена в периоде $r + 1$, а оставшаяся часть работы описывается как $y_{kij,r,r+1}$. Если $2 > h_{kijm} > 1$, то используются три переменных и т. д. Тогда ограничение на использование мощностей в период r можно записать так:

$$\sum_k h_{kijm} y_{kij,r} \leq A_{mr}, r = 1, \dots, T-1; m = 1, \dots, M;$$

$$\sum_k h_{kijm} y_{kij,r,r+1} \leq A_{m,r+1}, r = 1, \dots, T-1; m = 1, \dots, M.$$

Обозначим через y_q целочисленную переменную, $y_q \leq 1$, $q = 1, \dots$. Вводятся дополнительные ограничения: $y_{kij,r} + y_{kij,r,r+1} = y_q$. Это позволяет сохранить работу kij как единое целое, выполняемую в одном или в двух (или более) смежных месяцах. С переменными $y_{kij,r}$, $y_{kij,r,r+1}$ согласуется последовательность выполнения работ и другие ограничения. Практические расчеты показали обоснованность такого подхода.

Покажем фрагмент решения такой задачи на небольшом примере, отражающем выполнение двух комплексов операций ($i = 1, 2$) для одинаковых изделий ($k = 1, 2, \dots$), но разных заказов. Первый комплекс работ – заготовительные работы и механическая обработка деталей корпуса изделия бригадой рабочих в одну смену. Продолжительность работ – 0,76 месяца. Второй комплекс работ – сборка корпуса изделия продолжительностью 0,58 месяца, которую выполняет другая бригада на другом рабочем месте. Интенсивность выполнения первого комплекса работ для первого (второго, третьего и т. д.) изделия в соответствующем месяце обозначена в таблице переменными $y_{k,i,r}$, $y_{k,i,r,r+1}$.

Как показано в таблице, выполнение комплексов работ не разрывается во времени в двух смежных периодах, что очень важно для практики планирования производства.

Таким образом, в статье представлен новый методологический подход к согласованию моделей стратегического и оперативного управления для условий серийного производства сложных изделий с длительным технологическим циклом на основе совмещения задач оптимизации объемно-календарного, оперативно-календарного и сетевого планирования. Основная трудность заключается в построении модели оперативно-календарного планирования хода производства по ведущим группам оборудования для всего перечня продукции на основе информации, доступной для сетевого планирования технологического процесса производства каждого вида продукции в отдельности. Кроме этого, в рассмотренной постановке задачи представлен новый подход к учету любой продолжительности работ (операций), не кратной выбранной единице времени. В итоге объединенная задача планирования производства с ограничениями на ресурсы сведена к задаче линейного целочисленного программирования, решение которой вполне осуществимо с помощью имеющегося программного обеспечения.

Список литературы

1. Данилин В. И. Операционное и финансовое планирование в корпорации (методы и модели). М.: Наука, 2006. 334 с.
2. Мауэргауз Ю. Е. «Продвинутое» планирование и расписания (AP&S) в производстве и цепочках поставок. М.: Экономика, 2012. 574 с.
3. Плецинский А. С. Оптимизация межфирменных взаимодействий и внутрифирменных управленческих решений. М.: Наука, 2004. 254 с.
4. Титов В. В. Оптимизация принятия решений в управлении промышленной корпорацией. Вопросы методологии и моделирования. Saarbrücken: Palmarium Academic Publishing, 2013. 337 с.
5. Panwalkar S. S., Iskander W. Survey of Scheduling Rules // Operational Research. 1977. Vol. 25, № 1. P. 45–71.

6. Parveen S., Ullah H. Review on Job-shop and Flow-shop Scheduling Using Multicriteria Decision Making // Journal of Mechanical Engineering. 2010. Vol. 41, № 2. P. 130–146.
7. Allahverdi A., Ng C. T., Cheng T. C., Kovalyov M. Y. A Survey of Scheduling Problems with Setup Time or Costs // European Journal of Operational Research. 2008. Vol. 187. P. 985–1032.
8. Безмельницын Д. А. Организация оперативного управления серийным производством сложных изделий с длительным циклом технологического процесса // Механизмы организационно-экономического стимулирования инновационного предпринимательства: Сб. науч. тр. / Под ред. В. В. Титова, В. Д. Марковой. Новосибирск: ИЭОПП СО РАН, 2010. С. 267–275.
9. Гаврилов Д. А. Управление производством на базе стандарта MRP II. СПб.: Питер, 2003. 340 с.
10. Забияко Г. И. Пакет программ целочисленного программирования // Дискретный анализ и исследование операций. Серия 2. 1999. Т. 6, № 2. С. 32–41.

Материал поступил в редколлегию 02.02.2015

V. V. Titov^{1,2}, D. A. Bezmelnitsyn³

¹ Novosibirsk State University
2 Pirogov Str., Novosibirsk, 630090, Russian Federation

² Institute of Economics and Industrial Engineering SB RAS
17 Lavrentiev Ave, Novosibirsk, 630090, Russian Federation

³ Scientific-production Association «ELSIB» JSC
56 Siberians Guards Str., Novosibirsk, 630088, Russian Federation

titov@ieie.nsc.ru, gd@elsib.ru

INTEGRATION OF STRATEGIC PLANNING AND OPERATIONAL ACTIVITIES IN THE ENTERPRISE-BASED OPTIMIZATION MODELING

The coordination of strategic and tactical plans of industrial enterprises with their operating strategies significantly improves the production efficiency. The paper presents a methodological approach to the coordination of strategic and operational management for mass production of complex products with long production cycles based on the combination of optimization problems volume schedules, operational calendar and network planning.

Usually for planning such productions is a network planning. However, finding the critical path does not solve the problem. When in network planning are resource limitations, there is a task for which there is still no efficient algorithm for its solution. Therefore, proposed the following task to solve by using a model that combines network and efficient scheduling. While approximately solved and the problem of accounting for the duration of works (operations) is not in integer units of time, and in the actual values. In General presents an original model of development plans for the production of complex products with a long process with regard to the approval of finished products and schedules production of parts, components products.

Keywords: operations management, strategic management, optimization, network planning, scheduling, coordination.

Reference

1. Danilin V. I. *Operacionnoe i finansovoe planirovanie v korporatsiy (metody i modeli)* [Operational and financial planning Corporation (methods and models)]. Moscow, Nayka, 2006, 334 p. (in Russ.)
2. Mauergauz Yu. E. «*Prodvintoe*» *planirovanie i raspisaniya (AP&S) v proizvodstve i tsepochkah postavok* [«Advanced» planning and scheduling (AR&S) in the production and supply chains]. Moscow, Ekonomika, 2012. 574 p. (in Russ.)

3. Pleschinskiy A. C. *Optimizatsiya megfirmennyih vzaimodeistviy i vnutrifirmennyih upravlencheskih resheniy* [Optimization of inter-firm interactions and internal management decisions]. Moscow, Nayka, 2004. 254 p. (in Russ.)
4. Titov V. V. *Optimizatsiya prinyatiya resheniy v upravlenii promyshlennoiy korporatsiy. Voprosy metodologii i modelirovaniya* [Optimizing decision making in the management of the industrial Corporation. Questions of methodology and modeling]. Saarbrücken, Palmarium Academic Publishing, 2013. 337 p. (in Russ.)
5. Panwalkar S. S., Iskander W. Survey of Scheduling Rules. *Operational Research*, 1977, vol. 25, no. 1, p. 45–71.
6. Parveen S., Ullah H. Review on Job-shop and Flow-shop Scheduling Using Multicriteria Decision Making. *Journal of Mechanical Engineering*, 2010, vol. 41, no. 2, p. 130–146.
7. Allahverdi A., Ng C. T., Cheng T. C., Kovalyov M. Y. A Survey of Scheduling Problems with Setup Time or Costs. *European Journal of Operational Research*, 2008, vol. 187, p. 985–1032.
8. Bezmelnitsyn D. A. *Organizatsiya operativnogo upravleniya seriinyin proizvodstvom slognyih izdeliy s dlitelnym tsiklom tekhnologicheskogo protsessa* [Organization operational control of the serial production of complex products with long manufacturing process]. Titov V. V., Markova V. D. (eds.) *Mehanizmy organizatsionno-ekonomicheskogo stimulirovaniya innovatsionnogo predprinimatelstva: sbornik nauchnykh trudov*, Novosibirsk, 2010, p. 267–275. (in Russ.)
9. Gavrilov D. A. *Upravlenie proizvodstvom na baze standart MRP II* [Management of production on the basis of standard MRP II]. Saint-Petersburg, Piter, 2003, 340 p. (in Russ.)
10. Zabiniako G. I. Paket programm tselochislennogo programmirovaniya [The software package integer programming]. *Diskretniy analiz i issledovanie operatsiy*, seria 2, 1999, vol. 6, no. 2, p. 32–41. (in Russ.)