

УДК 658.5

Регион: экономика и социология, 2015, № 1 (85), с. 163–176

В.В. Титов, Д.А. Безмельницын

ОПТИМИЗАЦИЯ ТАКТИЧЕСКОГО И ОПЕРАТИВНОГО ПЛАНИРОВАНИЯ ПРОИЗВОДСТВА СЛОЖНОЙ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКОЙ ПРОДУКЦИИ

В работе представлен методологический подход к одновременному решению задач стратегического, тактического и оперативного планирования производства сложной электротехнической продукции с длительным циклом технологического процесса. Новизна исследования заключается в совмещении и согласовании решения задач оптимизации объемно-календарного (стратегического, тактического), оперативно-календарного, сетевого планирования и управления. Основная трудность здесь заключается в построении модели оперативно-календарного планирования хода производства всего перечня продукции по ведущим группам оборудования на основе информации из сетевого планирования технологического процесса каждого вида продукции в отдельности. Кроме этого в рассмотренной постановке задачи представлен новый подход к учету длительности 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.

Ключевые слова: оперативное управление производством, стратегическое управление, тактическое управление, оптимизация, сетевое планирование, календарное планирование, согласование разных задач планирования и управления

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

В современных системах внутрифирменного управления все большее внимание уделяется операционным стратегиям [1, 2, 5–9]¹. Операционные стратегии обеспечивают реализацию тактического и стратегического управления на предприятиях. Поэтому и эффективность работы промышленного предприятия во многом зависит от используемой на заводе системы оперативного управления производством (ОУП). Нарушение ритмичности производства приводит к значительным потерям, особенно в машиностроении. Выбор наиболее эффективной системы должен научно обосновываться с учетом опыта существующих разработок.

Система ОУП строится относительно обязательного выполнения сроков и объемов поставок продукции потребителям в соответствии со стратегическими планами развития предприятия и производства, обеспечивая при этом минимум уровня незавершенного производства, затрат, координацию хода производства по участкам и цехам предприятия.

В настоящей статье будет показано построение 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. Именно для таких условий производства в данной работе рассмотрен подход к созданию эффективной системы стратегического и тактического управления, совмещенный с оперативным управлением производством.

При производстве сложных машин часто используется сетевое планирование, которое позволяет представить временной график производства машины, установить продолжительность выполнения работ, интенсивность использования мощностей рабочих мест и трудовых ресурсов, потребность в материальных ресурсах при начале вы-

¹ См. также: *Титов В.В.* Оптимизация принятия решений в управлении промышленной корпорацией: Вопросы методологии и моделирования. – Saarbrücken: Palmarium Academic Publishing, 2013.

полнения тех или иных работ. Такой комплекс ОУП успешно используется в ОАО НПО «ЭЛСИБ»².

Однако при увеличении объемов производства и продаж продукции, при выпуске нескольких видов электрических машин, разных по назначению и мощностям, ДПЦ, а значит, и сетевые графики накладываются друг на друга. Это приводит к перегрузке использования мощностей и трудовых ресурсов в некоторые периоды времени. Необходимо сдвигать отдельные работы в сетевых графиках, что является трудной задачей планирования (устраняется наложение работ на одном рабочем месте – возникает на другом), для решения которой нет эффективного алгоритма. Следовательно, сетевое планирование при ограничениях на ресурсы становится сложнейшей задачей математического программирования.

При оптимизационном планировании производства указанную проблему предложено решать на основе агрегированных технологий [2; 6]³. В них затраты производственных ресурсов на единицу продукции задаются во времени, т.е. по некоторым дискретным периодам, в сумме определяющим ДПЦ. Такой вектор затрат – агрегированную технологию можно построить для производства каждой единицы продукции (каждого заказа) на основании сетевого графика. Интенсивность использования мощностей, трудовых ресурсов для обработки изделия на группе оборудования задается с учетом ДПЦ на основе такой агрегированной технологии.

Однако данный подход жестко фиксирует технологический процесс, что сужает область допустимых решений. Поэтому следует воспользоваться сетевым планированием, но с учетом возможности сдвигать отдельные работы относительно друг друга, выделять узкие места производства, как это сделано в оперативно-календарном

² См.: *Безмельницын Д.А.* Организация оперативного управления серийным производством сложных изделий с длительным циклом технологического процесса // Механизмы организационно-экономического стимулирования инновационного предпринимательства / Под ред. В.В. Титова, В.Д. Марковой. – Новосибирск: Изд-во ИЭОПП СО РАН, 2010. – С. 267–275.

³ См. также: *Титов В.В.* Оптимизация принятия решений...

планировании [6]⁴. В таком случае по любой работе, представленной в сетевом графике производства детали, узла, сохраняется длительность обработки, но при этом выделяется ведущая операция, указывается комплекс операций, который выполняется на лимитирующей производстве группе оборудования (рабочем месте). Фиксируется также продолжительность обработки детали, узла до ведущей операции и после нее. Выделение только ведущих операций резко снижает размерность решаемой задачи, появляется возможность запланировать равномерную загрузку ведущих групп оборудования и рабочих.

Методически этот процесс можно представить так. Пусть необходимо выпустить несколько изделий за определенный плановый период времени. Для каждого изделия построен сетевой график выполнения работ. В вершинах сетевого графика часть работ завершается, а другие работы начинаются. Наиболее раннее начало работ – в первой вершине, завершение наиболее поздних работ – в последней. Продолжительность каждой работы от одной вершины к другой задана. При этом данные параметры определяют длительность обработки по операциям технологического процесса (вместе с пролеживанием, транспортировкой, технологическими и страховыми опережениями) до ведущей операции и после нее до завершения работы, продолжительность работы по ведущей операции на соответствующей группе оборудования.

С целочисленной переменной, принимающей значения 0 или 1, связано начало работы с определенного времени. Для каждой из работ в исходной информации задается некоторое дискретное множество вариантов выполнения работ. При этом каждая работа должна быть выполнена только одним из вариантов. Фиксируются ограничения по использованию возможностей производства всех работ и изготовления изделий во времени, по выполнению условий последовательности работ: из вершины работа может начаться только после того, как выполнены все работы, входящие в данную вершину. Для каждого изделия задан предельный срок его выпуска. Критерий оптимизации –

⁴ См. также: *Титов В.В.* Оптимизация принятия решений...

минимум незавершенного производства при выполнении тактических планов продаж готовой продукции.

Для тактического, стратегического, тактического управления на базе указанной системы ОУП для заданного периода времени определяется возможный объем выпуска продукции с учетом спроса на нее и с учетом реализации различных нововведений (ввод мощностей, внедрение новых технологий и т.д.), максимизируются чистая прибыль за планируемый период, чистый дисконтированный доход, определяющий прирост стоимости компании на рынке и т.д. При этом продажи продукции могут быть запланированы только в том случае, если система ОУП «обеспечила» выход готовой продукции.

Таким образом, методологический подход к решению указанной проблемы состоит в том, чтобы одновременно решать задачи стратегического, тактического и оперативного управления деятельностью предприятия. Ядром такой системы управления становится модель оперативного управления производством. Она наиболее сложна, поэтому ее постановку рассмотрим подробнее.

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

При планировании по опережениям 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 распространена в производстве наиболее широко. Подходит она и для рассматриваемого нами производства. Выпуск готовой продукции осуществляется не партиями, а поштучно. Поэтому для каждого заказа можно построить по опережениям план выпуска деталей и узлов для сборки готового изделия.

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.

Как уже отмечалось, для условий электротехнической промышленности при производстве сложных машин часто используется сетевое планирование⁵. Фактически это тот же цикловой график производства изделия, который используется в системах ERP [1], но он менее детализирован.

С учетом сложности решения задачи сетевого планирования с ограничениями на ресурсы следует воспользоваться постановкой оптимизационной задачи оперативно-календарного планирования. Такая постановка задачи ОУП существенно увеличивает возможности математического программирования в решении столь важной для практики проблемы.

Обычно решение задач сетевого планирования без ограничения на ресурсы сводится к нахождению критического пути, что не представляет труда. Однако задача становится сложной при выполнении одновременно нескольких проектов и при ограничениях на ресурсы. Решить такую задачу можно на основе имитационного моделирования, когда выполнение работ планируется от текущего момента времени к срокам выпуска готовых изделий, или с помощью оптимизационного планирования [6]⁶, используемого в календарном планировании единичного и серийного производства.

МОДЕЛЬ ОПТИМИЗАЦИИ ОПЕРАТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВОМ, СОГЛАСОВАННОГО С ТАКТИЧЕСКИМИ ПЛАНАМИ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЯ

Пусть необходимо выпустить K , $k = 1, 2, \dots, K$ изделий за определенный плановый период времени T , $t = 1, 2, \dots, T$. В этом множестве изделий есть как бы одни и те же изделия, но это разные, отличающиеся друг от друга заказы. Поэтому такие изделия нельзя объединить в одну группу. Для каждого изделия k построен сетевой график выполнения работ. Так как графики типовые, дадим их описание без

⁵ См. также: *Безмельницын Д.А.* Организация оперативного управления...

⁶ См. также: *Титов В.В.* Оптимизация принятия решений...

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 $j = 1, 2, \dots, n$. 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 (вместе с пролеживанием, транспортировкой, технологическими и страховыми опережениями) 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 , $m = 1, 2, \dots, M$.

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 не может выполняться, а следовательно, необходимо построение ограничения, учитывающего подобные условия, которые приведут 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 соответствующих групп оборудования (рабочих мест). Так как эти ресурсы взаимосвязаны, ограничение по возможностям выполнения работы по ведущей операции в течение времени h_{ijm} отразим на основе следующей информации. Для осуществления ведущей операции при выполнении работы ij в каждую единицу времени необходимо наличие a_{ijm} работников (в одну смену или в две). 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 из работ в исходной информации задается некоторое дискретное множество вариантов

выполнения работ (задается время возможного начала работ). Для изделия k переменная x_{ijr} представляется как x_{kijr} . При этом работа kij должна быть выполнена только одним из вариантов:

$$x_{kijr} = 1, i = 1, 2, \dots, n; j = 1, 2, \dots, n; k = 1, 2, \dots, K.$$

Ограничение по использованию возможностей производства всех изделий K во времени может быть записано следующим образом:

$$\begin{aligned} a_{ijmkt} x_{kijr} &= A_{mt}, t = \{r, r + 1, \dots, r + t_{kij} - 1\}; \\ a_{ijmkt} &= a_{ijmk}, t = \{r + t_{kij1}, \dots, r + t_{kij1} + h_{kijm} - 1\}, \end{aligned}$$

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 последовательности работ может быть задано системой ограничений

$$\begin{aligned} (r + t_{kij} - 1)x_{kijr} &\leq T_{kj}, j = 1, 2, \dots, n; \\ rx_{kijr} &\leq T_{ki}, i = 1, 2, \dots, n; k = 1, 2, \dots, K. \end{aligned}$$

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 по заказам и резервов времени выполнения). Время превышения сроков выполнения работ H_k определяет-ся из следующего 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, т.е.

$$H_k C_k \quad \min.$$

Этому критерию соответствуют приближенно минимум незавершенного производства, 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 [3].

УТОЧНЕНИЕ МОДЕЛИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА

В рассмотренной постановке задачи предполагается, что значения h_{kijm} – целые числа, кратные выбранной единице времени. Однако на практике это не так. Кроме этого, для сокращения размерности задачи предполагается, что работа kij включает в себя целый комплекс работ, который может быть выполнен за время, выраженное долей от принятой единицы времени (включая параметры t_{kij1} и t_{kij2} или не включая их). С учетом этого планирование хода производства может быть представлено следующим образом.

Пусть за единицу времени выбран месяц, а $h_{kijm} = 1$. Тогда обозначим через $y_{kij,r}$ переменную, отражающую долю работы kij , которая будет начата и закончена в периоде r . Данная работа может быть продолжена в периоде $r + 1$, а часть (доля) времени h_{kijm} фиксируется как $y_{kij,r,r-1}$. Если $h_{kijm} = 1$, то используются три переменные и т.д. Тогда ограничение по использованию мощностей в период r можно записать так:

$$h_{kijm} (y_{kij,r} - y_{kij,r-1}) \leq A_{mr}, \quad r = 1, \dots, T-1; \quad m = 1, 2, \dots, M.$$

Обозначим через y_q целочисленную переменную, $y_q = 1, q = 1, 2, \dots$. Вводятся дополнительные ограничения: $y_{kij,r} - y_{kij,r-1} \leq y_q$.

Представление части результатов решения задачи оперативного управления производством при рассмотренном подходе к ее решению

Выполнение ограничений	Месяцы планирования				
	1	1	2	3	4
<i>Выполнение первого комплекса работ</i>					
$m = 1, 1$	0,76 $y_{1,1,1}$	0,76 $y_{2,1,1}$			
$y_1, 1 = 1$	$1 = y_{1,1,1}$				
$m = 1, 1$		0,76 $y_{2,1,1,2}$	0,76 $y_{3,1,2}$		
$y_2, 1 = 1$		$0,79 = y_{2,1,1,2}$			
$m = 1, 1$				0,76 $y_{4,1,3}$	
$y_3, 1 = 1$			0,53 = $y_{3,1,2}$	0,47 = $y_{3,1,2,3}$	
					0,84 = $y_{4,1,3}$
					И т.д.
<i>Выполнение второго комплекса работ</i>					
$m = 2, 0,24$	0,16				
$m = 2, 1$	1		0,58 $y_{1,2,1,2}$		
$y_4, 1 = 1$		0,28 = $y_{1,2,1}$			
$y_5, 1 = 1$			0,72 = $y_{1,2,1,2}$		
$m = 2, 1$	0,58				
$y_6, 1 = 1$					
			1 = $y_{2,2,2}$		
				0,58 $y_{3,2,3}$	И т.д.
					1 = $y_{3,2,3}$

Это позволяет сохранить как единое целое работу kij , выполняемую в одном или двух (или более) смежных месяцах. С переменными $y_{kij,r}$, $y_{kij,r-1}$ согласуются последовательность выполнения работ и другие ограничения. Практические расчеты, представленные в таблице, показали обоснованность такого подхода.

В таблице показана часть решения задачи, отражающей выполнение двух комплексов операций ($i = 1, 2$) по изготовлению двух одинаковых изделий ($k = 1, 2$), но по разным заказам. Первый комплекс – это выполнение заготовительных работ и механической обработки деталей корпуса изделия бригадой рабочих в одну смену. Продолжительность работ – 0,76 месяца. Второй комплекс работ – сборка корпуса изделия продолжительностью 0,58 месяца, выполняемая другой бригадой на другом рабочем месте. Интенсивность выполнения первого комплекса работ для первого (второго, третьего и т.д.) изделия в соответствующем месяце обозначена в таблице переменными $y_{k,i,r}$, $y_{k,i,r-1}$.

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

ВЫВОДЫ

В статье представлен новый методологический подход к согласованию моделей стратегического, тактического и оперативного управления для условий серийного производства сложных изделий с длительным циклом технологического процесса на основе совмещения задач оптимизации объемно-календарного, оперативно-календарного и сетевого планирования. Основная трудность в решении этой проблемы заключается в построении модели оперативно-календарного планирования хода производства всего перечня продукции по ведущим группам оборудования на основе информации из сетевого планирования технологического процесса изготовления каждого вида продукции в отдельности. Кроме этого в рассмотренной постановке задачи представлен новый подход к учету длительности 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.

Представленный методологический подход является организационным нововведением, расширяющим возможности и компетенции промышленного предприятия, обеспечивающие повышение его конкурентоспособности [4].

Статья подготовлена по плану НИР ИЭОПП СО РАН в рамках приоритетного направления IX.86 (проект IX.86.1.4).

Список источников

1. Гаврилов Д.А. Управление производством на базе стандарта MRP II. – СПб.: Питер, 2003. – 340 с.
2. Данилин В.И. Операционное и финансовое планирование в корпорации (методы и модели). – М.: Наука, 2006. – 334 с.
3. Забияко Г.И. Пакет программ целочисленного программирования // Дискретный анализ и исследование операций. Сер. 2. – 1999. – Т. 6, № 2. – С. 32–41.
4. Маркова В.Д., Кузнецова С.А., Цомаева И.В. Организационные компетенции как фактор повышения конкурентоспособности предприятий // Регион: экономика и социология. – 2013. – № 2 (78). – С. 324–336.
5. Мауэргауз Ю.Е. «Продвинутое» планирование и расписания (AP&S) в производстве и цепочках поставок. – М.: Экономика, 2012. – 574 с.
6. Плещинский А.С. Оптимизация межфирменных взаимодействий и внутрифирменных управленческих решений. – М.: Наука, 2004. – 252 с.
7. Parveen, S. & H. Ullah (2010). Review on job-shop and flow-shop scheduling using multicriteria decision making. Journal of Mechanical Engineering. Vol. 41, No. 2, 130–146.
8. Silva, C. & J.M. Magalhaes (2006). Heuristic lot size scheduling on unrelated parallel machines with applications in the textile industry. Computers & Industrial Engineering, 50, 76–89.
9. Hernandez, J.E., J. Mula & F.J. Ferriols (2008). A reference model for conceptual modelling of production planning processes. Production Planning & Control. Vol. 19, No. 8, 725–734.

Информация об авторах

Титов Владислав Владимирович (Россия, Новосибирск) – доктор экономических наук, профессор, заведующий отделом. Институт экономики и организации промышленного производства СО РАН (630090, Новосибирск, пр. Акад. Лаврентьева, 17, e-mail: titov@ieie.nsc.ru).

Безмельницын Дмитрий Аркадьевич (Россия, Новосибирск) – кандидат экономических наук, генеральный директор. Научно-производственное объединение ОАО «ЭЛСИБ» (630088, Новосибирск, ул. Сибиряков-Гвардейцев, 56, e-mail: gd@elsib.ru).

UDC 658.5

Region: Economics and Sociology, 2015, No. 1 (85), p. 163–176

V.V. Titov, D.A. Bezmelnitsyn

OPTIMIZATION OF TACTICAL AND OPERATIONAL PLANNING IN MANUFACTURING OF COMPLEX ELECTRICAL EQUIPMENT

The paper presents a methodological approach to the simultaneous solution of problems of the strategic, tactical and operational planning in production of complex electrical equipment with long manufacturing process. Novelty of research consists in the combination and coordination of optimization of volume calendar planning (strategic, tactical), current calendar planning (scheduling), network planning and management. The main difficulty is to build a model of production scheduling according to leading groups of equipment from the entire list of products basing on the data from the network planning process for each product separately. In addition, the formulation of the problem above presents a new approach to accounting for duration of works (operations) as not a multiple of the selected time unit. In the end, the joint problem of production scheduling with resource constraints is reduced to the problem of linear integer programming, of which the solution is feasible with the use of the existing software.

Keywords: operations management, strategic management, tactical management, optimization, network planning, scheduling, coordination of the different tasks of planning and management

The publication is prepared within the priority IX.86 (project No. IX.86.1.4) according to the research plan of the IEIE SB RAS.

References

1. *Gavrilov, D.A.* (2003). *Upravlenie proizvodstvom na baze standarta MRP II [Production management based on the MRP II Standard System]*. St. Petersburg, Piter, 340.

2. *Danilin, V.I.* (2006). *Operatsionnoe i finansovoe planirovanie v korporatsii (metody i modeli)* [Operational and financial planning in a corporation (methods and models)]. Moscow, Nauka, 334.
3. *Zabinyako, G.I.* (1999). Paket programm tselochislennogo programmirovaniya [Integer programming software package]. Diskretnyy analiz i issledovanie operatsiy [Discrete analysis and operations research], ser. 2, vol. 6, no. 2, 32–41.
4. *Markova, V.D., S.A. Kuznetsova & I.V. Tsomaeva* (2013). Organizatsionnye kompetentsii kak faktor povysheniya konkurentosposobnosti predpriyatiy [Organizational competence as a factor to improve the competitiveness of enterprises]. Region: ekonomika i sotsiologiya [Region: Economics and Sociology], 2 (78), 324–336.
5. *Mauergauz, Yu.E.* (2012). «Prodvinutoe» planirovanie i raspisaniya (AR&S) v proizvodstve i tsepochkakh postavok [Advanced planning and scheduling (AP&S) in production and supply chains]. Moscow, Ekonomika, 574.
6. *Pleshchinskiy, A.S.* (2004). Optimizatsiya mezhfirmennykh vzaimodeystviy i vnutrifirmennykh upravlencheskikh resheniy [Optimization of intercorporate relations and intracorporate management decisions]. Moscow, Nauka, 252.
7. *Parveen, S. & H. Ullah* (2010). Review on job-shop and flow-shop scheduling using multicriteria decision making. Journal of Mechanical Engineering, vol. 41, no. 2, 130–146.
8. *Silva, C. & J.M. Magalhaes* (2006). Heuristic lot size scheduling on unrelated parallel machines with applications in the textile industry. Computers & Industrial Engineering, 50, 76–89.
9. *Hernandez, J.E., J. Mula & F.J. Ferriols* (2008). A reference model for conceptual modelling of production planning processes. Production Planning & Control, vol. 19, no. 8, 725–734.

Information about the authors

Titov, Vladislav Vladimirovich (Novosibirsk, Russia) – Doctor of Sciences (Economics), Professor, Head of Department at the Institute of Economics and Industrial Engineering, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences (17, Ac. Lavrentiev av., Novosibirsk, 630090, Russia, e-mail: titov@ieie.nsc.ru).

Bezmelnitsyn, Dmitriy Arkadievich (Novosibirsk, Russia) – Candidate of Sciences (Economics), Director General of the Research and Manufacturing Association JSC ELSIB (56, Sibiryakov-Gvardeyitsev st., Novosibirsk, 630088, Russia, e-mail: gd@elsib.ru).

Рукопись статьи поступила в редколлегию 05.11.2014 г.

© Титов В.В., Безмельницын Д.А., 2015