

REFERENCES

1. Otchet № 15.70042.171 o zamerakh ostatochnykh tolshchin korpusnykh konstruktсий, DOK-01, RS803699. Nakhodka: Prmorskoye otdeleniye Rossiyskogo morskogo registra sudokhodstva, 2015.
2. Kulesh, V. A., S. V. Kalenchuk, O. E. Surov, A. I. Mamontov, A. V. Zhitnikov, and A. V. Podgornov. "Ekspertiza prochnosti plavuchego doka PD-83M." *Vologdinskiye chteniya* 71 (2008): 139–146.
3. Raschet nabora korpusa po Pravilam RS. Dok №4 (pr. 985) RS854775. 985-101-KDV.001. Vladivostok: OOO «Konsultant DV», 2013.
4. Raschet normativov dopuskayemykh iznosov. Dok №4 (pr. 985) RS854775. 985-101-KDV.002. Vladivostok: OOO «Konsultant DV», 2013.
5. Raschetnoye obosnovaniye dopuskayemykh ostatochnykh razmerov svyazey korpusa plavuchego doka «Dok-01» s uchetoм ogranicheniy. № 15-03n/D01. Soglasovano Glavnym upravleniyem RMRS. Vladivostok: OOO «Nauchno-tehnicheskaya ekspertiza i konsalting», 2015.
6. Pravila klassifikatsii i postroyki morskikh sudov v 3-h tomah. T. 1. SPb.: Rossiyskiy morskoy registr sudokhodstva, 2015.
7. Instruksii po opredeleniyu tekhnicheskogo sostoyaniya i remontu korpusov stalnykh plavuchikh dokov, ND № 2-139902-018: sbornik normativno-metodicheskikh materialov. Kn.13, RMRS. SPb., 2004.
8. Kultsep, A. V., V. A. Manukhin, and A. I. Frumen. *Avtomatizirovannyye sistemy raschetov prochnosti, ustoychivosti i kolebaniy v SMK*. SPb.: Izd. tsentr SPbGMTU, 2000.
9. Le Minh Thu, V. N. Tryaskin, and V. N. Lubenko. "Problem definition of hull structures design of a floating dock under the requirements to the general strength." *Vestnik of Astrakhan State Technical University. Series: Marine Engineering and Technologies* 1 (2012): 18–24.
10. Rukovodstvo po tekhnicheskomu nablyudeniyu za sudami v ekspluatatsii. SPb.: Rossiyskiy morskoy registr sudokhodstva, 2013.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Кулеш Виктор Анатольевич —
доктор технических наук, профессор
Дальневосточный Федеральный Университет
Vkulesh@mail.ru
Немкин Дмитрий Викторович — аспирант
Научный руководитель:
Антоненко Сергей Владимирович —
доктор технических наук, профессор
Дальневосточный Федеральный Университет
Fefu-pg.nemkin@yandex.ru

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Kulesh Viktor Anatolyevich —
Dr. of Technical Sciences, professor.
Far Eastern Federal University
Vkulesh@mail.ru
Nemkin Dmitry Viktorovich — postgraduate.
Supervisor:
Antonenko Sergey Vladimirovich —
Dr. of Technical Sciences, professor
Far Eastern Federal University
Fefu-pg.nemkin@yandex.ru

Статья поступила в редакцию 24 апреля 2016 г.

УДК 681.322

В. Д. Чертовской

О ПЕРСПЕКТИВНЫХ МЕТОДАХ ПЛАНИРОВАНИЯ ВЫПУСКА ПРОДУКЦИИ ПРИ ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИИ

Показана необходимость формирования описания процесса планирования производства при импортозамещении. Для него характерно изменение состава структурных элементов и структурных связей системы планирования. Рассмотрено математическое представление модели функционирования производства, охватывающего бизнес-процесс «Производство», с помощью однородного метода, который базируется на задаче линейного программирования и разностных уравнениях. Метод предложен автором для описания

процессов планирования и управления трехуровневой системой только для случая изменения структурных связей и обобщен на случай импортозамещения. Предложено математическое описание, которое служит основой для компьютерного моделирования, анализа и оптимизации процессов управления в системе при импортозамещении. Показано, что метод может быть использован для процедуры согласования через целевые функции экономических интересов структурных элементов. Отмечено, что метод может быть применен для исследования динамических и экономических свойств процесса управления производством.

Ключевые слова: описание, математическое, линейное программирование, однородный метод, процессы планирования и управления.

Введение

Планирование выпуска продукции при импортозамещении является актуальной задачей для таких отраслей как судостроение, судоремонт, машиностроение. Оно определяет особенности функционирования производства. В таких условиях эффективным путем повышения качества работы производства является математическое описание процессов планирования и управления производством для последующего формирования интеллектуальных систем управления. Под производством понимается совокупность подсистем технико-экономического планирования и оперативного управления основным производством при подсистемном представлении или бизнес-процесс «Производство» при процедурном представлении. При импортозамещении ощущается, прежде всего, дефицит времени и потребность в наилучшем использовании имеющихся ресурсов, что достигается путем оперативного перехода на выпуск новой продукции. Изменение цели системы управления в процессе ее функционирования компенсируется изменением структуры системы. Названная специфика определяет использование адаптивного режима с оптимальными алгоритмами планирования и управления.

В процедуре управления в системах выделяются две связанные составляющие: процесс планирования и процесс управления. В плановой экономике процесс планирования является статическим. Задачей в нем является выполнение намеченного плана с использованием управления, иногда — «любой ценой». В таких условиях было сложно вводить новые технологии и продукты в течение интервала действия принятого плана. Статичность планирования послужила одной из причин перехода к рыночной экономике, при этом предполагалось сохранение процесса планирования, ставшего более динамичным. Повышение конкурентоспособности в рыночных условиях требует постоянного введения новых технологий и выпускаемых продуктов. Рыночные отношения привели к появлению нового класса организационно-экономических систем управления — интеллектуальных систем управления (ИСУ) производством.

Компенсация изменения цели функционирования системы осуществляется изменением структуры. Под структурой понимается совокупность элементов и их связей. В ИСУ производством предполагалось изменение структурных связей, поскольку введение или исключение элементов связано со значительными затратами при реконструкции производства. Такой вид управления получил название «гибкое управление». Системный анализ и математическое описание таких систем достаточно подробно рассмотрены в работах [1] – [3], но при импортозамещении недостаточно изменения технологических связей, а требуется оперировать новыми структурными элементами. Системы управления в этом случае являются обобщением ИСУ, что позволяет перенести на системы импортозамещения некоторые результаты, полученные для ИСУ. Изложенное относится, прежде всего, к математическому описанию процессов планирования и управления.

Постановка задачи

Математическому описанию процессов планирования и управления в режиме импортозамещения и посвящена настоящая работа.

При импортозамещении выделяют два варианта: создание нового производства; модернизация имеющегося производства. Первый вариант позволяет вводить прогрессивные технологии

новых самостоятельных производств, но при проектировании требует значительных научно-инженерных затрат, в том числе — времени. Вместе с тем импортозамещение требуется провести в кратчайшие сроки, поэтому будет исследован второй вариант.

Реальное производство при импортозамещении имеет трехуровневую структуру (рис. 1), для которой характерно изменение связей элементов и добавление / удаление структурных элементов, при этом процесс планирования становится динамическим. В литературе широко описываются одноуровневые системы, например [4] – [6]. Из иерархических систем описываются преимущественно двухуровневые системы с очень высоким и малопродуктивным уровнем абстракции [7] или с учетом статики процесса [8]. Известно применение решения одноуровневой задачи оптимального планирования с использованием при декомпозиции двухуровневой структуры [9]. Универсальному описанию многоуровневых систем посвящены работы [10] – [11], отличающиеся использованием разнородных методов для разных уровней, при этом возникает серьезная проблема интеграции методов. К тому же автор [11] одним из направлений развития многоуровневых систем называет формирование однородного метода описания, используемого на всех уровнях.

Решение задачи

Распространенной структурой организационно-экономических систем является трехуровневая структура (рис. 1), в каждом структурном элементе которой выделяются связанные процессы планирования и управления. При использовании однородного метода описание процессов планирования и управления похоже, поэтому ограничимся описанием процесса планирования.

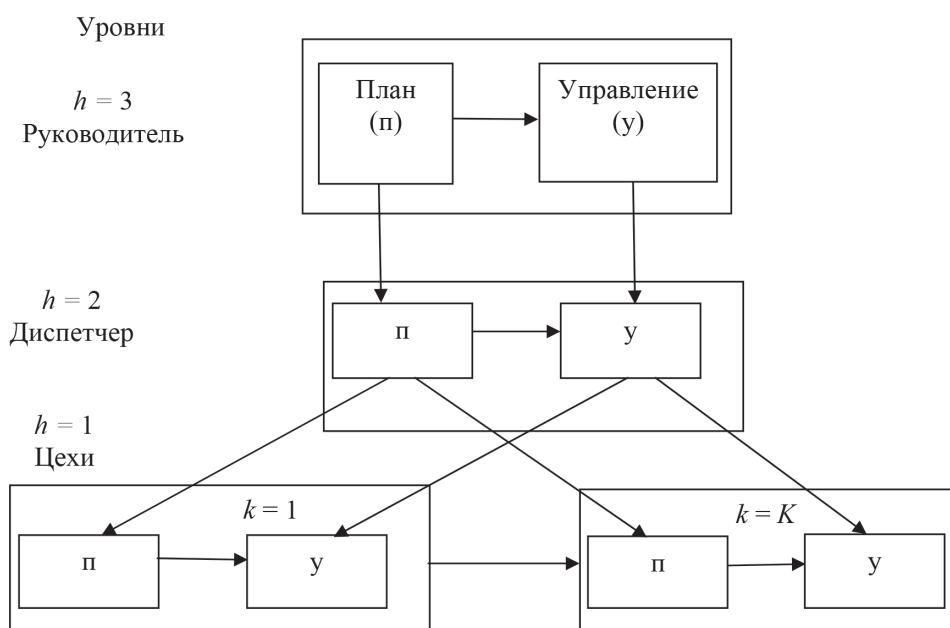


Рис. 1. Трехуровневая структура системы планирования и управления

Работы [1] – [3] посвящены менее универсальной, но в то же время широко распространенной трехуровневой структуре с однородным методом описания всех уровней. Однако в ней рассмотрены изменения только структурных связей (гибкие системы). Расширим это описание на случай появления новых структурных элементов.

Основу однородного метода описания составляет задача статического линейного программирования (СЛП), которая в самом общем случае имеет вид:

$$\begin{aligned} DP &\leq b; \\ R^- &\leq FP \leq R^+; \\ G(P) = FP &\rightarrow \max, \end{aligned} \quad (1)$$

где $\mathbf{P}$, $\mathbf{b}$, $\mathbf{R}$ — вектор-столбцы искомого плана (нижнее и верхнее значения), ресурсов, спроса; $\mathbf{D}$ — матрица норм расходов; $\mathbf{F}$ — вектор-строка прибыли за единицу готовой продукции; G — целевая функция.

Описание уровней получит следующий вид.

Уровень $h = 3$

$$\mathbf{P}(T) \geq \mathbf{R}(T), \mathbf{P}(t_i) = \mathbf{P}(t_{i-1}) + \mathbf{p}(t_i); \quad (2)$$

$$\mathbf{z}(t_i) = \mathbf{A}\mathbf{z}(t_{i-1}) + \mathbf{B}\mathbf{p}_1(t_{i-1}), \mathbf{z}(0) = \mathbf{z}_0; \quad (3)$$

$$\mathbf{p}(t_i) = \mathbf{C}\mathbf{z}(t_i); \quad (4)$$

$$\mathbf{D}\mathbf{p}_1(t_i) \leq \mathbf{b}(t_{i-1}); \quad (5)$$

$$G(\mathbf{P}) = \mathbf{F}\mathbf{P} \rightarrow \max, \quad (6)$$

где $\mathbf{z}$, $\mathbf{p}$, $\mathbf{P}$ — незавершенное производство, планы текущий и с накоплением; $\mathbf{p}_1$ — запуск комплекта материалов в производство; $\mathbf{R}$ — спрос; $\mathbf{D}$ — матрица норм расходов; $\mathbf{b}$ — наличное количество ресурсов; $\mathbf{F}$ — прибыль от выпуска единицы продукции, $\mathbf{A}$, $\mathbf{B}$, $\mathbf{C}$ — матрицы соответствующих размерностей; T , $t_i = iv$ — интервалы времени; $i = 1, N$; $T = Nv$.

При этом векторы $\mathbf{R} = (\mathbf{R}^{(s)T}, \mathbf{R}^{(n)T})^T$; $\mathbf{P} = (\mathbf{P}^{(s)T}, \mathbf{P}^{(n)T})^T$; $\mathbf{p} = (\mathbf{p}^{(s)T}, \mathbf{p}^{(n)T})^T$; $\mathbf{p}_1 = (\mathbf{p}_1^{(s)T}, \mathbf{p}_1^{(n)T})^T$; $\mathbf{z} = (\mathbf{z}^{(s)T}, \mathbf{z}^{(n)T})^T$; $\mathbf{b} = (\mathbf{b}^{(s)T}, \mathbf{b}^{(n)T})^T$; $\mathbf{F} = (\mathbf{F}^{(s)}, \mathbf{F}^{(n)})$; (s) , (n) — символы выпускаемой ранее и новой продукции; T — символ транспонирования. Матрицы $\mathbf{D}$, $\mathbf{A}$, $\mathbf{B}$, $\mathbf{C}$ имеют структуру вида

$$\mathbf{D} = \begin{pmatrix} \mathbf{D}^{(s)} & \mathbf{D}^{(sn)} \\ \mathbf{D}^{(ns)} & \mathbf{D}^{(n)} \end{pmatrix}, \quad (7)$$

где (sn) , (ns) — символы связей видов продукции.

Уровень $h = 1$

$$\mathbf{z}_k(t_i) = \mathbf{A}_k\mathbf{z}_k(t_{i-1}) + \mathbf{B}_k\mathbf{p}_{1k}(t_{i-1}), \mathbf{z}_k(0) = \mathbf{z}_{k0}; \quad (8)$$

$$\mathbf{p}_k(t_i) = \mathbf{C}_k\mathbf{p}_k(t_i); \quad (9)$$

$$\sum_{i=0}^{N-1} \mathbf{D}_1^m \mathbf{p}_1(t_i) \leq \mathbf{b}^m(0); \quad (10)$$

$$\sum_{i=0}^{N-1} \mathbf{p}_K(t_i) < \mathbf{P}(T); \quad (11)$$

$$\mathbf{D}_k^\Psi \mathbf{p}_k(t_i) \leq \mathbf{b}_k^\Psi(t_{i-1}); \quad (12)$$

$$\mathbf{D}_k^m \mathbf{p}_k(t_i) \leq \mathbf{b}_k^m(t_{i-1}); \quad (13)$$

$$\mathbf{b}_k^\Psi(t_i) = \mathbf{b}_k^\Psi(t_{i-1}) + \Delta \mathbf{b}_k^\Psi(t_{i-1}); \quad (14)$$

$$G_k = \mathbf{F}_k \mathbf{P}_k(T) \rightarrow \max; \quad (15)$$

$$i = 0, N1, t_i = iv, t_0 = 0, T = Nv,$$

где $\mathbf{z}$, $\mathbf{p}$ — вектор-столбцы (планового) незавершенного производства и ежедневного плана; $\mathbf{p}_1$ — вектор-столбец запуска комплектов ресурсов в производство; $\mathbf{R}$ — вектор-столбец спроса; $\mathbf{D}$ — матрица норм расходов ресурсов; $\mathbf{b}$ — вектор-столбец наличного количества ресурсов; $\mathbf{b}^m(0)$ — вектор количества материальных ресурсов, которыми располагает уровень $h = 3$; $\Delta \mathbf{b}$ — поступление ресурсов; $\mathbf{P}$ — вектор-столбец плана уровня $h = 3$; $\mathbf{F}$ — вектор-строка прибыли от

выпуска единицы продукции; $\mathbf{A} = (\mathbf{I} + \nu \mathbf{A0})$; $\mathbf{B} = \nu \mathbf{B0}$; $\mathbf{C} = \mathbf{C0}$; $\mathbf{I}$ — единичная матрица; $\mathbf{A0}$, $\mathbf{B0}$, $\mathbf{C0}$ — матрицы, отражающие динамику процесса планирования; t_p , T — минимальный интервал времени и время моделирования; $m = 1$, M — виды материальных ресурсов; $\psi = 1$, Ψ — виды прочих ресурсов; $i = 1$, N — моменты времени; $k = 1$, K — номер подразделения. Все векторы и матрицы имеют такой же внешний вид, как и в описании уровня $h = 2$.

Уровень $h = 2$

Выражения (13), (15) заменяются на выражения (16), (17):

$$\mathbf{D}_k^m \mathbf{p}_{1k}(t_i) \leq \mathbf{p}_{1,k-1}^m(t_{i-1}); \quad (16)$$

$$\sum_{k=1}^K G_k(t_i) \rightarrow \max. \quad (17)$$

Нетрудно увидеть, что процесс планирования становится динамическим как при подключении новых структурных элементов, так и при изменении вектора $\mathbf{R}(T)$. Последнее обстоятельство позволяет описать процессы при переходе на выпуск новой продукции. В результате получено универсальное описание, частный случай которого является описанием процессов в ИСУ.

Действительно, в момент времени $(t) = (\tau)$ возникает необходимость в оперативном переходе на выпуск новой продукции $\mathbf{P}_4(\tau) = \{\mathbf{P}_{4j}(\tau), j \in 1, J_4\}$. При этом старая продукция $\mathbf{P}_3(\tau)$ из $\mathbf{P}(\tau)$ снимается с производства полностью ($\mathbf{P}'_3(\tau) = 0$) или частично ($\mathbf{P}'_3(\tau) < \mathbf{P}_3(\tau)$). Тогда возможно использовать прежнее описание при заменах $(s) = 3$ и $(n) = 4$.

Для старой продукции выражение (5) получает вид

$$\mathbf{D}_3 \mathbf{p}_{13}(t_i) \leq \mathbf{b}_3(t_{i-1}). \quad (18)$$

Если при появлении новой продукции новые ресурсы не требуются, описание получает вид

$$\begin{pmatrix} \mathbf{D}_3 & \mathbf{D}_4 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \mathbf{p}_{13}(t_i) \\ \mathbf{p}_{14}(t_i) \end{pmatrix} \leq \begin{pmatrix} \mathbf{b}_3(t_{i-1}) \end{pmatrix}. \quad (19)$$

Если требуются новые виды ресурсов, выражение (19) трансформируется:

$$\begin{pmatrix} \mathbf{D}_3 & \mathbf{D}_{34} \\ \mathbf{D}_{43} & \mathbf{D}_4 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \mathbf{p}_{13}(t_i) \\ \mathbf{p}_{14}(t_i) \end{pmatrix} \leq \begin{pmatrix} \mathbf{b}_3(t_{i-1}) \\ \mathbf{b}_4(t_{i-1}) \end{pmatrix}. \quad (20)$$

Заметим, что при $\mathbf{P}_4 = 0$ получается описание традиционной системы.

Поскольку описание (2) – (17) аналогично описанию ИСУ, можно воспользоваться следующими [1] – [3] ранее полученными результатами:

- методами согласования экономических интересов отдельных структурных элементов и координации динамических свойств элементов;
- алгоритмами генерации числовых данных для оперативной отладки компьютерной модели;
- программами реализации структурных элементов и системы малой размерности с помощью пакета MatLab;
- программами реализации отдельных высокоразмерных элементов.

Возможно будет использовать находящуюся в процессе отладки программу сетевой модели ИСУ производством (рис. 2).

В рамках этой структуры администратор формирует базу данных, используя сгенерированные числовые данные. Первоначально проводится планирование «с нуля». Руководитель формирует план, а на его основе диспетчер и начальники цехов строят планы соответствующих уровней иерархии. Затем задаются параметры для несогласованного плана, и клиенты проводят необходимое согласование. Далее реализуется процедура перехода на выпуск новой продукции сначала без учета динамики планирования, а потом — с учетом инерционности процесса. Рассмотренная модель служит основой для компьютерного моделирования, анализа и оптимизации процессов управления в системе.

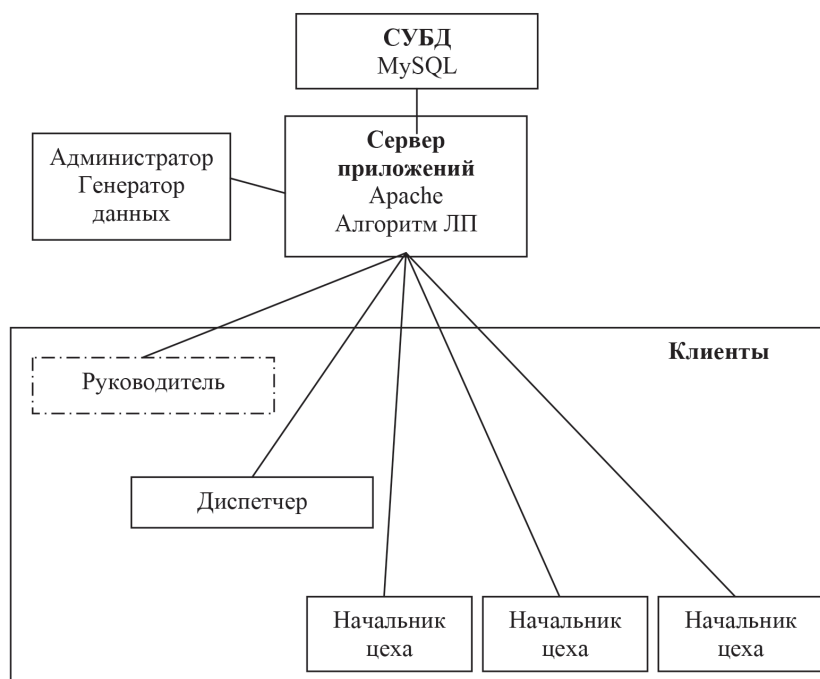


Рис. 2. Схема компьютерной реализации

Заключение

Потребность формирования математического описания процесса планирования производства при импортозамещении обусловлена необходимостью постоянного повышением конкурентоспособности продукции с помощью интеллектуализации управления.

Рассмотренное математическое представление модели функционирования производства, охватывающего бизнес-процесс «Производство», позволяет сформировать интеллектуальную систему. Для математического описания автором предложено использовать однородный метод, который базируется на задаче динамического линейного программирования и разностных уравнениях. Метод может быть использован для процедуры согласования — через целевые функции — экономических интересов структурных элементов и для исследования статических и экономических свойств процесса управления производством.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Чертовской В. Д. Интеллектуализация автоматизированного управления производством / В. Д. Чертовской. — СПб.: Изд-во СПбГУ, 2007. — 164 с.
2. Советов Б. Я. Автоматизированное адаптивное управление производством / Б. Я. Советов, В. Д. Чертовской. — СПб.: Лань, 2003. — 176 с.
3. Советов Б. Я. Адаптивные автоматизированные системы управления производством / Б. Я. Советов, В. В. Цехановский, В. Д. Чертовской. — СПб.: Изд-во СПбГЭТУ «ЛЭТИ», 2013. — 186 с.
4. Альсевич В. В. Оптимизация линейных экономических моделей. Статические задачи / В. В. Альсевич, Р. Габасов, В. С. Глушенков. — Минск: БГУ, 2000. — 210 с.
5. Чертовской В. Д. Реализация задачи динамического линейного программирования при оптимальном планировании судостроительного производства / В. Д. Чертовской // Журнал Университета водных коммуникаций. — 2011. — № 3. — С. 78а–88.
6. Чертовской В. Д. Решение задачи динамического программирования при планировании на судостроительном предприятии / В. Д. Чертовской // Журнал Университета водных коммуникаций. — 2012. — № 3. — С. 119а–124.
7. Месарович М. Теория иерархических систем: пер. с англ. / М. Месарович, Д. Мако, Я. Такахара. — М.: Мир, 1973. — 344 с.

8. Бурков В. Н. Как управлять организациями / В. Н. Бурков, Д. А. Новиков. — М.: Синтег, 2004. — 400 с.
9. Singh Y. P. New multilevel control design for large-scale systems / Y. P. Singh // International Journal of Systems Science. — 1987. — Vol. 18. — Is. 1. — Pp. 83–89. DOI:10.1080/00207728708963950.
10. Новиков Д. А. Математические модели формирования и функционирования команд / Д. А. Новиков. — М.: Физматгиз, 2008. — 248 с.
11. Новиков Д. А. Методология управления / Д. А. Новиков. — М.: Либроком, 2012. — 128 с.

ABOUT PERSPECTIVE METHODS OF PRODUCT RELEASE PLANNING AT IMPORT REPLACEMENT CONDITION

Need of submit for planning manufacturing process at import replacement procedure was showed. The character of procedure is changing composition of structure elements and structure relation. Mathematical representation of manufacturing model of business-process "Manufacturing" was considered by homogenous method. It is based on task of linear programming and difference equations. This method was suggested by author to describe planning and control processes of three levels structure only for change of structure relations and was generalized to import replacement case. Mathematical description which is basis for computer modeling, analysis and optimization of system control processes at import replacement was offered.

It was showed that method can be used for agreement procedure through goal functions of economic interests of structure elements. It was marked that method can be applied for research of dynamic and economical properties of manufacturing control process.

Keywords: description, mathematical, static linear programming, homogenous method, planning process, control process

REFERENCES

1. Chertovskoj, V. D. *Intellectualizacija avtomatizirovannogo upravlenija proizvodstvom*. SPb.: Izd-vo S.-Peterb. un-ta, 2007.
2. Sovetov, B. Ja., and V. D. Chertovskoj. *Avtomatizirovannoe adaptivnoe upravlenie proizvodstvom*. SPb.: Lan, 2003.
3. Sovetov, B. Ja., V. V. Cehanovskij, and V. D. Chertovskoj. *Adaptivnye avtomatizirovannye sistemy upravlenija proizvodstvom*. SPb.: SPbGJeTU «LJeTI», 2013.
4. Alseovich, V. V., R. Gabasov, and V. S. Glushenkov. *Optimizacija linejnyh jekonomicheskikh modelej. Staticheskie zadachi*. Mn.: BGU, 2000.
5. Chertovskoj, V. D. "Realization of dynamic linear programming task by optimal manufacturing planning." *Zhurnal Universiteta vodnyh kommunikacij* 3 (2011): 78a–88.
6. Chertovskoj, V. D. "Solving of the problem of dynamic programming when planning at the shipbuilding enterprise." *Zhurnal Universiteta vodnyh kommunikacij* 3 (2012): 119a–124.
7. Mesarovich, M., D. Mako, and Ja. Takahara. *Teorija ierarhicheskikh sistem*. M.: Mir, 1973.
8. Burkov, V. N., and D. A. Novikov. *Kak upravljat organizacijami*. M.: Sinteg, 2004.
9. Singh, Y. P. "New multilevel control design for large-scale systems." *International Journal of Systems Science* 18.1 (1987): 83–89. DOI:10.1080/00207728708963950.
10. Novikov, D. A. *Matematicheskie modeli formirovanija i funkcionirovanija komand*. M.: Fizmatgiz, 2008.
11. Novikov, D. A. *Metodologija upravlenija*. M.: Librokom, 2012.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

Чертовской Владимир Дмитриевич —
доктор технических наук, профессор.
ФГБОУ ВО «ГУМРФ имени
адмирала С. О. Макарова»
vdchertows@mail.ru, kaf_vsi@gumrf.ru

INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

Chertovskoj Vladimir Dmitrievich —
Dr. of Technical Sciences, professor.
Admiral Makarov State University
of Maritime and Inland Shipping
vdchertows@mail.ru kaf_vsi@gumrf.ru

Статья поступила в редакцию 29 марта 2016 г.