

СТАН ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ СУЧАСНОЇ ЗЕМЛЕРОБСЬКОЇ МЕХАНІКИ

UDK 631.001.2

STATIC OPTIMIZATION MODEL OF PARALLEL COMPLEX SYSTEM OF MACHINERY OF PLANTING

Valeriy D. Voytyuk,

Ivan L. Rogovskii

National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine

Mamuka Benashvili, Agricultural University of Georgia

Optimization methods of parallel complexes occupy a significant place in the complex of quantitative methods for optimization of parameters of objects of standardization. Examples are parallel complex parallel manufacturing lines, parallel connected elements, schemes, etc. Parallel the complex production machinery of plant is a set of several products of partial interchangeability.

Optimal parallel set of products should be chosen, taking into account future changes in the conditions of production and operation of the products. Thus, the standardization arise because dynamic optimization models, not static. Using these dynamic models to address issues related to optimal points of production statement on manufacture, changes of modifications or withdrawal of production and operation, etc. These issues should be resolved simultaneously with the selection of the optimal parameters of the products. Static optimization models appear as a result of simplifying the original dynamic model. Static models are used to obtain approximate results. They are used because they are easier to obtain this necessary and easier to build computational procedure. However, this complicated interpretation of the concepts representing the basis of the model, as these concepts can be interpreted differently depending on the way information of the original dynamic optimization model to static. Moreover, for the application of statistical models is necessary to build complex, adapted to the specific conditions of the procedures for determining the source data.

Keywords: method, optimization, parameter, object, standardization, system of machines, planting.

Formulation of problem. Optimization methods of parallel complexes occupy a significant place in the complex of quantitative methods for optimization of parameters of objects of standardization. Examples are parallel complex parallel manufacturing lines, parallel connected elements, schemes, etc. Parallel set of products is a set of several products of partial interchangeability. In other words, it is sometimes possible instead of the i -th product to get around the j -th species, but it may change the magnitude of the effects and costs.

Analysis of recent research results. If the effects and costs associated with i -th element of the complex differ from the effects and costs associated with j -th element of the complex only in magnitude, but not the item in the vectors of effects and costs, no zero component), we have the case of parametric next [1]. Thus, the parallel set of homogeneous products is close to the parametric [2]. Elements of parametric range can be distinguished by the value of one (main) parameter, for example, motors of the same type vary in power or in the case of multidimensional parametric number may vary according to the value of the set of parameters [3].

Optimal parallel set of products should be chosen, taking into account future changes in the conditions of production and use (operation) of the products [4]. Thus, in standardization there is a dynamic optimization model instead of a static [5]. Using these dynamic models to address issues related to optimal points of production statement on manufacture, changes of modifications or withdrawal

of production and operation, etc [6]. These issues should be resolved simultaneously with the choice of optimum parameters of products [7]. Static optimization models appear as a result of simplifying the original dynamic model [8]. Static models are used to obtain approximate results. They primenyaya because they find it easier to obtain this necessary and easier to build computational procedure [9]. However, this complicated interpretation of the concepts representing the basis of the model, as these concepts can be interpreted differently depending on the way information of the original dynamic model to a static optimization [10]. Moreover, for the application of statistical models is necessary to build complex, adapted to the specific conditions of the procedures for determining the source data [11].

Purpose of researches is to formulate an analytical approach to static models of parallel optimization of complex systems of machinery crop production.

Results of researches. Here sequential complexity of the simplest model of optimization of the parametric series introduces the main subject of interpretation in the application of the model concepts. The result is a model that generalizes the model.

The product is defined by a set of characteristics. In this set, of course, are the optimizable parameters. Parallel set consists of a finite set of elements u_i , $i = 1, \dots, n$, and uniquely determined by them:

$$W = (u_1, \dots, u_n).$$

With the help of the optimization is to determine the number of types of products and their optimal parameters, i.e. n and u_i , $i = 1, \dots, n$. To optimize parallel set, it is necessary to form the objective function and constraints. The objective function is constructed as a function of effects n costs incurred for the selected complex.

In particular, accounted for total costs product development costs for the readjustment of the production costs PA production, costs, and effects – meet the needs in production, perform certain types of work, improving certain technical characteristics, etc.

Effects and costs arising from the use of products, it is possible to determine, knowing the conditions of its use and purpose, as well as the volume of products used.

Specific condition of use of the product and its intended use conform to the required parameters of products x , i.e., the parameters that are optimal for the consumer, are not taken into account when certain types of effects and costs, particularly production costs.

These are the required parameters of the products, in some cases, accurately determine the magnitude of the effects and costs arising from the use of products in the conditions in the appointment, the relevant x .

In the simplest optimization model of the parallel complexes specified volumes of production in the conditions of the relevant required parameters of products $x: \varphi(x)$. The function $\varphi(x)$ is called the demand function. When different formulations of the problem it is interpreted differently, it could be average or total production volumes for a certain period, extreme volumes, etc. to define it, often it is necessary to apply appropriate methods. The assumption that demand is fully met, means that with the possibility of replacement of products with required parameters to x one of the types of products will be achieved specified volume of demand $\varphi(x)$.

Let us dwell on the case of one-parametric number $u_i \in [a, b]$. Suppose that instead of products with parameter $x \in [a, b]$ can be used only products with the next highest parameter u_i :

$$u_{i-1} < x \leq u_i, u_1 < u_2 < \dots < u_n.$$

For example, if for the carriage of containers necessary cars of a certain capacity x and operating costs grow with increasing load, it is natural that there will be used cars capacity u_i , $u_{i-1} < x \leq u_i$.

If such a change use the same quantities of products, it is possible to determine the total volumes of products with parameter u_i :

$$V^{(i)} = \int_{u_{i-1}}^{u_i} \varphi(x) dx, u_0 = a.$$

The total volume of products $V^{(i)}$, $i = 1, \dots, n$ it is necessary to know to estimate production costs for a given parametric range. Note that the interpretation of $V^{(i)}$ (average, total, maximum volumes, etc.) to the interpretation of $\varphi(x)$.

If we the cost per unit of production parameter u , produced in the volume V , we denote $c(u; V)$ is the total production cost will be:

$$Z^{(n)}(W) = \sum_{i=1}^n c(u_i, V^{(i)}) \cdot V^{(i)}.$$

Consider the case when operating cost is proportional to the amount of used products. We denote the cost of operation of the unit volume production settings u used in conditions characterized by required parameters, $x - g(u, x)$. Then the total operating costs are:

$$Z^{(n)}(W) = \sum_{i=1}^n \int_{u_{i-1}}^{u_i} \varphi(x) g(u_i, x).$$

Note that the function $g(u, x)$ is interpreted according to $\varphi(x)$ as the total cost for a certain period, medium, etc.

As the target functions often take the total cost:

$$Z(W) = Z^{(z)}(W) + Z^{(n)}(W).$$

The assumption that is the product with the x option can be used only to produce the product with the next highest parameter u_i , often does not correspond to reality. To reflect a wide range of applications, introduce features of applicability of $\xi^{(i)}(x, W)$. A function of $\xi^{(i)}(x, W)$ is the proportion of the total volume of products used in the conditions corresponding to the parameter x , satisfy produce parameter $u_i \in W$. Obviously:

$$\sum_{i=1}^n \xi^{(i)}(x, W) = 1.$$

If the demand is fully met, there is the following relationship between the volumes and functions of the application:

$$V^{(i)} = \int_a^b \varphi(x) \xi^{(i)}(x, W) dx.$$

The value of the objective function in this case will depend not only on optimized neighborhood of W , but also the functions of applicability. If the functions of applicability is specified, the optimized number W . only Possible formulation of the problem, when along with the optimization of the range W can be optimized the functions of applicability.

Function of applicability reflect the distribution of products according to the conditions of its use, in particular, the distribution of output between consumers.

Influence of character of distribution of products between consumers on the value of the total cost until recently in the problems of optimal choice of production parameters was not analyzed. The work assumes the existence of an optimal distribution, this fact should be taken into account when using models. Sometimes the distribution of production is quite close to the optimum, this condition must be checked. Note that best meet the needs of each consumer does not always correspond to the optimum from the point of view of the total cost distribution.

It is possible to consider the two in a sense the opposite of the mechanism of distribution of products. One is a direct appointment by the consumer of a particular product. In this case, together with optimal production parameters must be deter-

mined and the optimal assignment, i.e. a function of applicability should be arguments to the target function. There are often some restrictions regarding the nature of product distribution, for example, all consumers who require a product with a parameter x supplied the same products. Such restrictions must be recorded in the statement of the problem, and restrictions on the functions of applicability.

Another mechanism of distribution of products – selling products. This mechanism is influenced by the prices of traded goods, the price change will change the distribution of products (even assuming that all manufactured products will be purchased and used). Distribution of products affects both the operational and production costs, then the same can be said about prices. The price of the product can be considered as one of the parameters, and technical parameters subject to optimization. Above, when determining the volume $V^{(i)}$, it was assumed that instead of some a given level of output with the required parameter x uses the same amount of products with parameter u_i . But it is possible that instead of the unit volume of products with the required parameter x can be used $\theta^{(i)}(x, W)$ units of production on the parameter $u_i \in W$. A function of $\theta^{(i)}(x, W)$ is a function of the substitutability and summarizes the coefficient of substitutability.

Now in case of full satisfaction of demand:

$$V^{(i)} = \int_a^b \varphi(x) \cdot \xi^{(i)}(x, W) \cdot \theta^{(i)}(x, W) dx.$$

If $g(u_i, x)$ is the operating costs arising from the operation unit of production by parameter u_i to the conditions corresponding to the desired parameter x , the total operating costs:

$$Z^{(z)}(W) = \int_a^b \varphi(x) \cdot \xi^{(i)}(x, W) \cdot \theta^{(i)}(x, W) \cdot g(u_i, x) dx.$$

The function of the applicability $\xi^{(i)}(x, W)$, a function of substitutability $\theta^{(i)}(x, W)$ and a function $\varphi(x)$, called the demand function, allow us to construct the optimization model of the parametric range of products. Function of unit costs $c(u; V)$ and $g(u_i, x)$ are used to construct the objective function in the optimization, or rather souls of determining the production and operating costs. Thus constructed the optimization model of one-dimensional parametric range needs to be extended in several directions.

First, it is necessary to optimize not only a one-dimensional parametric range, but also a parallel set of products, i.e. it is necessary to return to the interpretation of the u_i as a set of characteristics that determine the type of product, in particular, in the case of multidimensional parametric number $u_i = (u_i^{(1)}, \dots, u_i^{(m)})$, m – dimensional vector.

Second, conditions may have not only the required values of the parameters (in the case of multidimensional series $\bar{x} = (x^{(1)}, \dots, x^{(m)})$) but some other factors. For example, the effects and the costs arising from the operation of the machine, not only depend on its parameters \bar{x} , but also on the load

factor τ° , the set of factors characterizing the operating conditions, in this case, $\tau = (x, \tau^\circ)$.

The set of all possible required values of the parameters will denote by X . It can be a finite set, especially if the function $\varphi(\bar{x})$, $\bar{x} \in X$ is determined by the poll:

$$X = (\bar{x}_1, \dots, \bar{x}_m).$$

The set X may be different, for example, be determined by the restrictions:

$$a^{(j)} \leq x^{(j)} \leq b^{(j)}.$$

Function of applicability $\xi^{(i)}(\bar{x}, W)$, the substitutability $\theta^{(i)}(\bar{x}, W)$, demand $\varphi(\bar{x})$ and the value of the unit operating costs $g(u_i, \bar{x})$ and specific production costs $c(u_i; V^{(i)})$ can be defined in the same way, only $\bar{x} \in X$ is now a multidimensional quantity.

In the case of a full satisfaction survey total volumes:

$$V^{(i)} = \int_x \varphi(\bar{x}) \cdot \xi^{(i)}(\bar{x}, W) \cdot \theta^{(i)}(\bar{x}, W) d\bar{x}.$$

production costs:

$$Z^{(n)}(W) = \sum_{i=1}^n c(u_i; V^{(i)}) \cdot V^{(i)}.$$

and operating costs:

$$Z^{(z)}(W) = \int_x \varphi(\bar{x}) \cdot \xi^{(i)}(\bar{x}, W) \cdot \theta^{(i)}(\bar{x}, W) \cdot g(u_i, \bar{x}) d\bar{x}.$$

Note that if X is a finite set, then $\int_x \dots d\bar{x}$ becomes $\sum_{\bar{x}_z \in X}$.

Thus, the transition from the models of one-dimensional parametric optimization of a number of parallel optimization model of the complex. But there was not yet taken into account the fact that the terms of use of the product can definitely not be characterized by the required parameters, \bar{x} . In principle, to characterize these terms of use, you can consider a number of factors $\tau \in T$. For example, the conditions characterized by the kind of work you want to perform, and the demand function $\varphi(\tau)$ is the volume of work of the kind τ .

The function $\varphi(\tau)$, $\tau \in T$ can be interpreted differently depending on the view factor τ . In particular, if the environment of the considered factors are the required values of parameters $\tau = (\bar{x}, \tau^\circ)$, $\varphi(\tau)$ is the volume of production parameter x in conditions characterized by factors $\tau = (\bar{x}, \tau^\circ)$. In the other case, $\varphi(\tau)$ is the value of a certain effect in conditions characterized by factors τ .

If the function $\varphi(\tau)$ interpreted one way or another, it is possible to define functions applicability $\xi^{(i)}(\tau, W)$, function of substitutability $\theta^{(i)}(\tau, W)$ and the value of specific operating costs $g(u_i, \tau)$ analogously as it was done above. In this extended model, if you set function $\varphi(\tau)$, production volumes and production and maintenance costs are determined the same way as was done above:

$$V^{(i)} = \int_T \varphi(\tau) \cdot \xi^{(i)}(\tau, W) \cdot \theta^{(i)}(\tau, W) d\tau;$$

$$Z^{(n)}(W) = \sum_{i=1}^n c(u_i; V^{(i)}) \cdot V^{(i)};$$

$$Z^{(z)}(W) = \int_T \varphi(\tau) \cdot \xi^{(i)}(\tau, W) \cdot \theta^{(i)}(\tau, W) \cdot g(u_i, \tau) d\tau.$$

Conclusion. If $\varphi(\tau)$ is not set, i.e. is subject to optimization, then turn to the General scheme of optimization of parameters of objects of standardization, namely to determine the effects and the costs incurred. from the use of products in conditions characterized by factors τ , form the objective func-

tion and constraints and solve the corresponding formal mathematical optimization problem. The objective function in this approach, there may be some technical specifications that reflect the operation of parallel complex W as restrictions there may be restrictions on the total cost.

References:

1. <https://www.mathworks.com/moler/exm/book.pdf>.
2. <http://www.unchainedgeometry.com/jbloom/pdf/homog-coords.pdf>.
3. <http://www2.stat.duke.edu/~michael/book.pdf>.
4. http://www.who.int/medicines/areas/quality_safety/quality_assurance/SupplementaryGMPHeatingVentilationAirconditioningSystemsNonSterilePharmaceuticalDosageFormsTRS961Annex5.pdf.
5. <https://www.books.google.com.ua/books?isbn=0195349946>.
6. <https://www.highered.mheducation.com/sites/dl/free/.../samplech01.pdf>.
7. <https://www.home.ubalt.edu/ntsbarsh/opre640a/partviii.htm>.
8. <https://www.web.mit.edu/paltsev/www/docs/move04.html>.
9. Voytyuk V. D. Orhanizatsiyno-ekonomichnyy mekhanizm innovatsiynoho rozvytku tekhnichnoho potentsialu aharnoho vyrobnytstva: finansovyy aspekt / V. D. Voytyuk, A. V. Voytyuk // Naukovyy visnyk Natsional'noho universytetu bioresursiv i pryrodokorystuvannya Ukrayiny. Seriya: tekhnika ta enerhetyka APK. – K., 2016. – Vyp. 241. – S. 203–211.
10. <https://www.arxiv.org/pdf/1604.04890>.
11. Rogovskii I. L. Model of parametric synthesis rehabilitation agricultural machines / I. L. Rogovskii, V. I. Melnyk // Naukovyy visnyk Natsional'noho universytetu bioresursiv i pryrodokorystuvannya Ukrayiny. Seriya: tekhnika ta enerhetyka APK. – K., 2016. – Vyp. 241. – S. 387–395.

Войтюк В. Д., Роговський І. Л., Мамука Бенашвілі СТАТИЧНІ МОДЕЛІ ОПТИМІЗАЦІЇ ПАРАЛЕЛЬНИХ КОМПЛЕКСІВ СИСТЕМИ МАШИН РОСЛИННИЦТВА

Методи оптимізації паралельних комплексів займають значне місце в комплексі як кількісні методи оптимізації параметрів об'єктів стандартизації. Прикладами паралельного комплексу є паралельні технологічні лінії, паралельно з'єднані елементи, схеми і т.д. Паралельний комплекс продукції системи машин рослинництва це набір кількох видів продукції, що володіє частковою взаємозамінністю.

Оптимальний паралельний комплекс продукції слід вибирати з урахуванням майбутнього зміни умов виробництва і використання (експлуатації) продукції. Таким чином, у стандартизації виникають саме динамічні моделі оптимізації, а не статичні. З допомогою таких динамічних моделей повинні вирішуватися питання, пов'язані з оптимальними моментами постановки продукції на виробництво, зміни модифікацій, зняття з виробництва та експлуатації і т.д. Ці питання мають вирішуватися одночасно з вибором оптимальних параметрів продукції. Статичні моделі оптимізації з'являються як результат спрощення вихідної динамічної моделі. Статичні моделі використовуються для отримання наближених результатів. Вони застосовуються тому, що для них простіше отримувати необхідні дані й простіше будувати обчислювальні процедури. Проте при цьому ускладнюється інтерпретація понять, що складають основу моделі, так як ці поняття можуть бути інтерпретовані по-різному в залежності від способу зведення вихідної динамічної моделі оптимізації до статичної. Більш того, для застосування готових статистичних моделей необхідно будувати досить складні, пристосовані до конкретних умов процедури визначення вихідних даних.

Ключові слова: метод, оптимізація, параметр, об'єкт, стандартизація, система машин, рослинництво.

Войтюк В. Д., Роговский И. Л., Мамука Бенашвили СТАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ОПТИМИЗАЦИИ ПАРАЛЛЕЛЬНЫХ КОМПЛЕКСОВ СИСТЕМЫ МАШИН РАСТЕНИЕВОДСТВА

Методы оптимизации параллельных комплексов занимают значительное место в комплексе как количественные методы оптимизации параметров объектов стандартизации. Примерами параллельного комплекса являются параллельные технологические линии, параллельно соединенные элементы, схемы и т.д. Параллельный комплекс продукции системы машин растениеводства это набор нескольких видов продукции, обладающей частичной взаимозаменяемостью.

Оптимальный параллельный комплекс продукции следует выбирать с учетом будущего изменения условий производства и использования (эксплуатации) продукции. Таким образом, в стандартизации возникают именно динамические модели оптимизации, а не статические. С помощью

таких динамічних моделей повинні вирішуватися питання, пов'язані з оптимальними моментами постановки продукції на виробництво, зміни модифікацій, зняття з виробництва і експлуатації і т.д. Ці питання повинні вирішуватися одночасно з вибором оптимальних параметрів продукції. Статичні моделі оптимізації виникають як результат спрощення вихідної динамічної моделі. Статичні моделі використовуються для отримання наближених результатів. Вони застосовуються тому, що для них простіше отримувати необхідні дані і простіше скласти обчислювальні процедури. Однак при цьому ускладнюється інтерпретація понять, що становлять основу моделі, так як ці поняття можуть бути інтерпретовані по-різному в залежності від способу введення вихідної динамічної моделі оптимізації в статичну. Більше того, для застосування готових статистичних моделей необхідно будувати достатньо складні, пристосовані до конкретних умов процедури визначення вихідних даних.

Ключові слова: метод, оптимізація, параметр, об'єкт, стандартизація, система машин, рослинництво.

Стаття надійшла в редакцію: 07.10.2016

Рецензент: д.т.н., проф. Ревенко І.І.

УДК 624.138.2.678.063

РІВНЯННЯ ШВИДКОСТІ КРИВОЛІНІЙНОГО РУХУ КОЛІСНОГО ТРАКТОРА

В. І. Мельник., д.т.н., професор ХНТУСГ ім.П.М.Василенка,

М. Я. Довжик, к.т.н., доцент,

Б. Я. Татьянченко, к.т.н., доцент,

О. О. Соларьов, асистент,

Ю. В. Сіренко, аспірант

Сумський національний аграрний університет

В статті представлено нове вирішення аналітичної задачі динамічного криволінійного руху на прикладі чотирьохколісного трактора з урахуванням всіх діючих сил.

Ключові слова: чотирьохколісний трактор, криволінійний рух, рівняння Даламбера, коефіцієнт інтенсивності.

Постановка задачі. У даній роботі пропонується метод аналітичного вирішення диференціальних рівнянь криволінійного руху тракторного агрегату і визначення основних параметрів руху з урахуванням всіх зовнішніх навантажень на агрегат, який дозволяє отримати результати з достатньою точністю. В якості вихідних даних для аналізу руху, машино-тракторного агрегату (МТА) прийняті: навантаження на кріюку, маса і момент інерції трактора, рушійні сили передніх і задніх коліс трактора, сили опору, геометричні розміри агрегату, а також коефіцієнти, зв'язані з пружними властивостями шин та закономірностями зміни під час повороту сил і кутів, які визначають траєкторію руху.

Аналіз останніх літературних даних. Динамічні задачі криволінійного руху колісних машин потребують складання диференціальних рівнянь другого порядку, які містять цілий ряд змінних величин, що мають досить складну і, як правило, невизначену залежність від багатьох факторів. В літературі є багато прикладів складання таких рівнянь, пропонуються математичні моделі, які описують динаміку повороту машин [1, 5]. В роботі [3] отримана система диференціальних рівнянь в узагальнених координатах, яка описує поздовжній рух орного агрегату. Часто використовуються наближені методи рішення. Рівняння, які описують поведінку (МТА), ураховують

динамічні співвідношення по принципу Даламбера або на базі рівнянь Лагранжа другого роду. При цьому приймаються до уваги всі сили взаємодії трактора з ґрунтом і причіпним або навісним обладнанням. У зв'язку із складністю цієї силової гри виникає необхідність у багатьох допущеннях і спрощеннях.

Як правило, вивчення криволінійного руху МТА обмежується оцінкою його стійкості і керуваності, а динамічні характеристики агрегату та їх вплив на його рух при цьому не розкриваються, хоча існують спроби рішення цієї задачі. Так, наприклад, в роботі [2] запропоновані математичні моделі руху МТА, згідно з якими агрегат розглядається як багатоланковий об'єкт, складові частини якого визначаються за допомогою силових факторів з урахуванням режимів руху цих частин і їх взаємодії між собою і з ґрунтом. При цьому використовуються лінійні співвідношення між похідними вільних параметрів і узагальненими швидкостями. Рівняння руху агрегату враховують і бокове ведення еластичних шин та інші взаємодії з опорною поверхнею, а також розміри причіпного знаряддя. Автор стверджує, що виявлені за допомогою розробленого методу закономірності дозволяють вибрати режими руху МТА, які забезпечують високу продуктивність, мінімальні енерговитрати на рух, екологічну сумісність з ґрунтом, а також виконання вимог щодо стійкості