

## 1.9. МЕТОДИКА ВЫБОРОЧНОГО ОБСЛЕДОВАНИЯ В ОЦЕНКЕ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПРОМЫШЛЕННОЙ ПРОДУКЦИИ НА ЭТАПЕ ПЛАНИРОВАНИЯ И УПРАВЛЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВОМ

Лукина С.В.<sup>1</sup>, д.т.н., Овчинников С.А.<sup>2</sup>, к.т.н., Андреев В.Н.<sup>1</sup>, к.э.н., Макаров В.В.<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Московский государственный технологический университет «СТАНКИН», Москва, Россия.

<sup>2</sup>МИРЭА-Российский технологический университет, Москва, Россия.

<sup>3</sup>Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия

*В статье разработана методика выборочного обследования в оценке технико-экономических характеристик промышленной продукции. Методика позволяет производить комплексную оценку промышленной продукции на этапе планирования и управления производством. Основу методики составляет комплекс математических и статистических моделей формирования выборочной совокупности параметров промышленной продукции с учетом влияния факторов внутренней и внешней среды предприятия и управления процессом принятия решений по комплексу частных показателей десяти групп. Методика автоматизирована с использованием инструментов средств MS Excel.*

### 1. Введение

Современное состояние и перспективы развития промышленного производства характеризуются повышением требованиями к качеству выпускаемой продукции [Еленева, Андреев, Цзин Ли, 2020]. Машиностроительное производство характеризуется дискретностью и многономенклатурностью выпускаемой продукции [Кутин и др., 2019]. В условиях частой сменяемости номенклатуры актуальной является задача сокращения сроков и затрат на техническую подготовку производства, повышения качества проектных и управленческих решений [Еленева, Коротков, 2019; Капитанов, Попов, Схиртладзе, 2021; Лукина, Гирко, 2013а]. Небольшая партионность выпуска изделий предопределяет выбор целесообразных способов управления и контроля технико-экономических характеристик промышленной продукции.

Выборочная оценка качества позволяет прогнозировать свойства изделий, определяющих их годность, на основе исследования некоторой сформированной совокупности представителей. Исследование выборки позволяет сократить время и стоимость оценки качества промышленной продукции, ускорить принятие управленческих решений. Общеизвестно, что методы выборочного обследования базируются на общенаучных принципах планирования исследований, статистической методологии и компьютерных технологиях. Они создают методологические основы информационного обеспечения при решении различных задач планирования, управления и оценки качества [Макаров, Лукина, 2013].

Однако, по данным доступных литературных источников в настоящее время, несмотря на существующее развитие статистических методов, отсутствует методика, позволяющая производить комплексную оценку технико-экономических характеристик промышленной продукции на этапе планирования и управления производством. Разработка инструментария управления процессом принятия решений в области планирования производства промышленной продукции с учетом многообразия производственных факторов и критериев оценки в настоящее время является актуальной [Еленева, Коротков, 2019; Макаров, Лукина, 2013; Червяков, Александров, Бычкова, 2021].

*Целью работы* является развитие методов и инструментов процесса принятия управленческого решения по оценке технико-экономических характеристик промышленной продукции на этапе планирования и управления производством, основанной на использовании методов математического и статистического моделирования.

### 2. Основные положения методики

В работе модель процесса принятия решения в области планирования производства промышленной продукции представлена в виде взаимодействия моделей двух типов – управления процессом оценки и моделирования объекта управления.

Под объектом управления принята производственная деятельность промышленного предприятия, формируемая для реализации портфеля заказов определенной технологической сложности по выпуску промышленной продукции с заданными уровнями качества и производительности [Лукина, 2015а, 2015б]. В общем случае под промышленной продукцией понимается материализованный результат процесса трудовой деятельности, обладающий полезными свойствами и предназначенный для использования потребителями в целях удовлетворения их потребности как общественного, так и личного характера. В работе практическое приложение разработанной методики реализовано на оценке высо-

котехнологических изделий машиностроения сборных конструкций, в частности узлов и агрегатов технологических машин различного целевого назначения.

Объект управления представляет собой сложную дискретную систему, состояние которой может быть описано совокупностью некоторых аналитических и статистических выражений. Объект управления является частью или подсистемой общей технологической системы и функционально связан со всеми составляющими системы. Модель системы управления предполагает наличие и использование при принятии решений множества моделей объекта управления, рассматриваемого на трех уровнях абстрагирования: концептуальном, задаче-ориентированном и физическом.

Концептуальный уровень предполагает разработку единой концептуальной модели оценки и управления, абстрагированной в виде некоторых теорий для различных решаемых задач и целей пользователя. На задаче-ориентированном уровне в рамках разработанной концептуальной модели осуществляется построение частных моделей производственной деятельности предприятия и промышленной продукции, описывающих какую-либо подсистему или некоторое множество их технико-экономических показателей, ориентированных на применение конкретных методов решения. На физическом уровне модель в области управления производственной деятельностью промышленного предприятия реализуется в виде автоматизированного алгоритма принятия решения.

Основу разработанной методики составляет теоретико-множественная модель объекта управления, представленная совокупностью множеств или подмножеств разнородных компонентов, с произвольно вводимыми элементами и отношениями:

$$Y = f(X, Q) \quad (1)$$

Здесь  $Y$  – множество критериев управления и оценки;  $X$  – множество параметров объекта управления;  $Q$  – множество искажающих и опосредующих переменных от влияния факторов внешней и внутренней среды объекта управления.

Условие (1) считается определенным, когда определены все его составляющие, а именно множества  $Y$ ,  $X$  и  $Q$ .

Рассмотрим предметное содержание множеств  $Y$ ,  $X$  и  $Q$ . При формировании моделей принято допущение, что основным результатом производственной деятельности предприятия является выпуск промышленной продукции с заданными технико-экономическими характеристиками, обуславливающими ее пригодность удовлетворять определенные потребности потребителя, отраженные в техническом задании через совокупность показателей. Уровень соответствия промышленной продукции заданным технико-экономическим характеристикам основан на сравнении значений выделенной совокупности показателей оцениваемой продукции с базовыми значениями показателей.

В общем случае технико-экономические характеристики промышленной продукции следует оценивать по совокупности десяти основных показателей: назначения, характеризующего основные свойства промышленной продукции, определяющие ее основные функции; надежности, определяющего стабильность качества промышленной продукции вследствие сохранения высоких показателей назначения в течение заданного времени; эргономичности, объединяющего физиологические, антропометрические, гигиенические и психологические показатели; эстетичности, определяющего показатели информационной выразительности, рациональности формы, целостности компоновки; технологичности, характеризующего свойства промышленной продукции, обуславливающие оптимальное распределение затрат материалов, средств, труда и времени при технологической подготовке производства, изготовлении и эксплуатации; унификации, отражающего насыщенность изделия стандартными и оригинальными составными элементами, а также уровень унификации с другими составляющими технологической системы; патентно-правового, характеризующего патентную чистоту промышленной продукции; экологичности, определяющего уровень вредного воздействия на окружающую среду; безопасности, характеризующего уровень безопасности для человека при эксплуатации промышленной продукции; экономичности, отражающего затраты на производство и эксплуатацию промышленной продукции [Лукина, Гирко, 2013b].

Совокупность критериев управления и оценки определено множеством:

$$Y = \bigcup_{j=1}^{10} \bigcup_{i=1}^I y_{ij}, \quad (2)$$

где  $y_{ij}$  – частный критерий управления и оценки,  $I$  – общее количество критериев в текущей группе.

Множество параметров объекта управления  $X$  определено объединением;

$$X = \bigcup_{p=1}^P \bigcup_{k=1}^K x_{kp}, \quad (3)$$

где  $x_{kp}$  – локальный параметр изделия;  $K$  – общее количество локальных параметров в группе;  $P$  – количество групп параметров, формирующих служебное назначение изделия.

Расчетное приращение частного показателя, обусловленное назначением изделия, должно удовлетворять условию:

$$[\delta_{y_{ij}}]_{min} \leq \sum_{p=1}^P \sum_{k=1}^K \frac{\partial y_{ij}}{\partial x_{kp}} \delta_{x_{kp}} \leq [\delta_{y_{ij}}]_{max} \quad (4)$$

Здесь  $[\delta_{y_{ij}}]_{min}, [\delta_{y_{ij}}]_{max}$  – минимальное и максимальное допустимые приращения частного показателя, обусловленные назначением изделия.

Для укрупненной оценки технико-экономических характеристик промышленной продукции достаточно рассчитать обобщенный показатель  $F$ , представляющий собой аддитивную свертку частных критериев:

$$F = \sum_{j=1}^{10} \sum_{i=1}^l y_{ij} m_{ij} \rightarrow \max, \quad (5)$$

где  $m_{ij}$  — параметр весомости  $i$ -го показателя качества  $j$ -й группы.

Множество искажающих и опосредующих переменных от влияния факторов внешней и внутренней среды объекта управления  $Q$  определено объединением:

$$Q = \sum_{c=1}^8 \sum_{n=1}^N q_{cn}, \quad (6)$$

где  $q_{cn}$  – локальная искажающая и опосредующая переменная от влияния факторов внешней и внутренней среды объекта управления,  $N$  – общее количество локальных переменных в текущей группе.

В общем случае, для оценки факторов внешней и внутренней среды предприятия было выделено восемь групп локальных переменных  $q_{cn}$  характеризующих, соответственно, технологию изготовления изделий, состав и характеристику технологического оборудования, состав и характеристику технологической оснастки, организацию производственного процесса, режим работы предприятия, кадровый состав предприятия, поставщиков материалов и комплектующих, схему финансирования производства.

Оценку множества  $Q$  следует производить с использованием закона редких событий, когда по техническим условиям в принимаемой партии продукции допускается некоторый обычно небольшой процент брака. Поэтому, когда число исследований  $g$  велико (обычно десятки, сотни, тысячи), и при этом вероятность  $h$  наступления события в каждом испытании крайне мала, так что выполняется условие  $gh < 10$ , следует использовать для нахождения вероятности того, что в  $g$  исследованиях событие наступит ровно  $d$  раз, приближенную формулу Пуассона:

$$P_i(d) = \frac{\lambda^d}{d!} e^{-\lambda}, \quad (7)$$

где  $\lambda = gh$  – среднее число появлений события.

При расчетах по (7) следует исследовать только значимые или статистически достоверные события, характеризующие совокупность влияния внутренних и внешних факторов на вероятность достижения требуемого значения  $Y$ . Тогда математическое ожидание  $Y$  равно сумме произведений всех возможных комбинаций  $X$  и  $Q$  на их вероятности  $P$ :

$$m_Y = \sum_X \sum_Q f(X, Q) P(X, Q) \quad (8)$$

Сравнение планов контроля готовой продукции следует производить методом Монте-Карло.

### 3 Реализация методики

Для изучения и практической иллюстрации эффективности разработанной методики необходимо иметь наборы конкретных экспериментальных данных, которые можно было бы рассматривать в качестве реализаций некоторой случайной величины технико-экономических характеристик с известным законом распределения. Обработывая эти данные по соответствующему статистическому алгоритму, мы получаем возможность сравнить предсказание теории и практические результаты.

Результаты моделирования планов выборочного обследования позволили провести сравнительный анализ эффективности исследуемых критериев  $Y$  при оценке технико-экономических характеристик вариантов узлов технологических машин. Согласно (2), было сформировано 60 частных критериев по десяти группам. Множество параметров, характеризующих продукцию (3), было принято равным 20-ти. Множество параметров внешней и внутренней среды предприятия (6) варьировалось в диапазоне от 25 до 52 на различных технологических операциях. Расчетное приращение частных показателей принималось равным единице.

Для достоверной оценки по приведенным показателям (1) необходимо проведение большого количества экспериментальных исследований, накопление и обработку большого количества статистического материала по каждому из проектных вариантов продукции. Моделирование процесса принятия решений с использованием условий (7) и (8) позволило сформировать репрезентативную выборку вариантов решений по каждому объекту управления. Процесс управления заключался в реализации алгоритма Монте-Карло. Окончательное решение о выборе предпочтительного варианта принималось по результатам расчета обобщенного показателя  $F$  (5).

Для автоматизации разработанной методики использовался функционал инструментальных средств MS Excel. Результаты математического и статистического моделирования показали хорошую сходимость с результатами проверочных испытаний выборочной совокупности узлов технологических машин.

### Заключение

В результате проведенных исследований сформирована методика выборочного обследования в оценке технико-экономических характеристик промышленной продукции на этапе планирования и управления производством. Методика позволяет производить комплексную оценку промышленной продукции на этапе планирования и управления производством.

Промышленная апробация методики показала ее работоспособность при решении производственных задач.

Основу методики составляет комплекс математических и статистических моделей формирования совокупности частных критериев оценки технико-экономических характеристик промышленной продукции и управления процессом принятия решений.

Дальнейшее развитие методики предполагает ее развитие в методику управления многоменклатурным производством.

### Литература

1. Еленева Ю.Я., Андреев В.Н., Цзин Ли Маркетинг 4.0 как актуальное направление современности и маркетинговые источники стоимости в будущем // Российский экономический интернет-журнал. 2020. № 2. С. 21.
2. Еленева Ю.Я., Коротков А.М. Конкурентоспособность предприятия: подходы к обеспечению, критерии, методы оценки //Маркетинг в России и за рубежом. 2019. № 6. С. 13.
3. Капитанов А.В., Попов А.П., Схиртладзе А.Г. Автоматизированные машиностроительные производства. Старый Оскол: ООО «Тонкие наукоемкие технологии», 2021.- 288 с.
4. Кутин А.А., Вороненко В.П., Седых М.И., Куцелап К.А. Оптимизация материальных потоков на механообрабатывающих участках в многоменклатурном производстве с учетом взаимозаменяемости оборудования //СТИН. 2019. № 7. С. 35–38.
5. Лукина С.В. Прогностическое моделирование проектных инновационных решений по конфигурации средств оснащения высокотехнологичных производств // Инновации. –2015. – № 8. – С. 68–71.
6. Лукина С.В. Разработка комплекса прогностических моделей формирования и выбора проектных инновационных решений в области высокотехнологичных производств //Актуальные проблемы машиностроения. – 2015. – № 2. – С. 451–456.
7. Лукина С.В., Гирко В.В. Методика автоматизированного синтеза инновационных управленческих решений //Известия МГТУ МАМИ. 2013. Т. 5. № 1 (15). С. 242–250.
8. Лукина С.В., Гирко В.В. Методика формирования и выбора управленческих решений по совокупности частных критериев оценки эффективности производственной деятельности промышленного предприятия // Современные проблемы науки и образования. – 2013. – № 3. – С. 320.
9. Лукина С.В., Макаров В.В. Применение систем поддержки принятия решений в инновационной деятельности машиностроительных предприятий // Цифровая экономика. 2022. № 2 (18). С. 15-21.
10. Лукина С.В., Макаров В.М., Овчинников С.А. Методы выборочного обследования в управлении и оценке качества промышленной продукции / Москва: МГТУ «Станкин», Янус-К, 2019. – 96 с.
11. Макаров В.М., Лукина С.В. Наукоемкий инжиниринг в задачах техперевооружения //РИТМ: Ремонт. Инновации. Технологии. Модернизация. 2013. № 8 (86). С. 16–20.
12. Червяков Л.М., Александров И.А., Бычкова Н.А. Гносеологическая сущность производственного процесса как объекта проектирования //Эргодизайн. 2021. № 3 (13). С. 177–187

### References in Cyrillics

1. Eleneva Yu.Ya., Andreev V.N., Czzin Li Marketing 4.0 kak aktual'noe napravlenie sovremenosti i marketingovy'e istochniki stoimosti v budushhem // Rossijskij e'konomicheskij inter-net-zhurnal. 2020. № 2. S. 21.
2. Eleneva Yu.Ya., Korotkov A.M. Konkurentosposobnost' predpriyatiya: podhody` k obespecheniyu, kriterii, metody` ocenki //Marketing v Rossii i za rubezhom. 2019. № 6. S. 13.
3. Kapitanov A.V., Popov A.P., Sxirtladze A.G. Avtomatizirovanny`e mashinostroitel`ny`e proizvodstva. Staryj Oskol: ООО «Tonkie naukoemkie tehnologii», 2021.- 288 s.
4. Kutin A.A., Voronenko V.P., Sedy`x M.I., Kucelap K.A. Optimizaciya material`ny`x potokov na mexanoobrabatyvayushix uchastkov v mnogonomenklaturnom proizvodstve s uchetom vzaimozamenyaemosti oborudovaniya //STIN. 2019. № 7. S. 35-38.
5. Lukina S.V. Prognosticheskoe modelirovanie proektny`x innovacionny`x reshenij po konfi-guracii sredstv osnashheniya vy`sokotexnologichny`x proizvodstv // Innovacii. –2015. – № 8. – S. 68–71.
6. Lukina S.V. Razrabotka kompleksa prognosticheskix modelej formirovaniya i vy`bora pro-ektny`x innovacionny`x reshenij v oblasti vy`sokotexnologichny`x proizvodstv //Aktual`ny`e problemy` mashinostroeniya. – 2015. – № 2. – S. 451–456.
7. Lukina S.V., Girko V.V. Metodika avtomatizirovannogo sinteza innovacionny`x upravlen-cheskix reshenij //Izvestiya MGTU MAMI. 2013. T. 5. № 1 (15). S. 242–250.

8. Lukina S.V., Girko V.V. Metodika formirovaniya i vy`bora upravlencheskix reshenij po so-vokupnosti chastny`x kriteriev ocenki e`ffektivnosti proizvodstvennoj deyatel`nosti pro-my`shlennogo predpriyatiya // *Sovremennyye problemy` nauki i obrazovaniya*. – 2013. – № 3. – S. 320.
9. Lukina S.V., Makarov V.V. Primenenie sistem podderzhki prinyatiya reshenij v innovacion-noj deyatel`nosti mashinostroitel`ny`x predpriyatij // *Cifrovaya e`konomika*. 2022. № 2 (18). S. 15-21.
10. Lukina S.V., Makarov V.M., Ovchinnikov S.A. Metody` vy`borochnogo obsledovaniya v upravle-nii i ocenke kachestva promy`shlennoj produkcii / Moskva: MG TU «Stankin», Yanus-K, 2019. – 96 s.
11. Makarov V.M., Lukina S.V. Naukoemkij inzhiniring v zadachax texperevooruzheniya //RITM: Remont. Innovacii. Teknologii. Modernizaciya. 2013. № 8 (86). S. 16–20.
12. Chervyakov L.M., Aleksandrov I.A., By`chkova N.A. Gnoseologicheskaya sushhnost` proizvodstven-nogo processa kak ob`ekta proektirovaniya //E`rgodizajn. 2021. № 3 (13). S. 177–187

#### Сведения об авторах

*Лукина Светлана Валентиновна, доктор технических наук, профессор,  
Московский государственный технологический университет «СТАНКИН», Москва,*

*Email: [lukina\\_sv@mail.ru](mailto:lukina_sv@mail.ru)*

*Овчинников Сергей Андреевич, кандидат технических наук, доцент,  
МИРЭА-Российский технологический университет, Москва, Россия.*

*Email: [s\\_ovchinnikov@list.ru](mailto:s_ovchinnikov@list.ru)*

*Андреев Владимир Николаевич, кандидат экономических наук, доцент,  
Московский государственный технологический университет «СТАНКИН», Москва, .*

*Email: [andreevv85@mail.ru](mailto:andreevv85@mail.ru)*

*Макаров Владимир Владимирович, студент,  
Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова,  
Физический факультет, Москва.*

*Email: [mmvv\\_mm@mail.ru](mailto:mmvv_mm@mail.ru)*

#### Ключевые слова:

промышленное предприятие, производственная деятельность, планирование, моделирование, выборочное обследование, технико-экономические характеристики

**Svetlana Lukina, Sergey Ovchinnikov, Vladimir Andreev, Vladimir Makarov. Sampling survey methodology in the assessment of technical and economic characteristics of industrial products at the stage of production planning and management**

#### Keywords: i

industrial enterprise, production activity, planning, modeling, sample survey, technical and economic characteristics

DOI: 10.34706/DE-2022-05-09

JEL classification C02 – Математические методы; M15 Управление информационными технологиями; M31 – Маркетинг, M37 – Реклама.

УДК 338.984:519.863

#### Abstract

The article develops a sampling survey methodology for assessing the technical and economic characteristics of industrial products. The technique allows to produce complex industrial products at the stage of planning and management of production. The basis of the methodology is a set of mathematical and statistical models for the formation of a sample set of parameters of industrial products, taking into account the influence of factors of the internal and external environment of the enterprise and the management of the decision-making process on a set of private indicators of ten groups. The methodology is automated using MS Excel tools.