

# INFORMATION SYSTEMS ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ

УДК 681.31

В.В. Епифанов, А.Н. Афанасьев

## АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ВЫБОРА ЭФФЕКТИВНОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ В УСЛОВИЯХ СЕРИЙНОГО ПРОИЗВОДСТВА

*Епифанов Вячеслав Викторович, доктор технических наук, окончил машиностроительный факультет Ульяновского политехнического института. Профессор кафедры «Автомобили» Ульяновского государственного технического университета. Имеет монографии, статьи, изобретения в области автоматизации технологической подготовки производства. [e-mail: v.epifanov73@mail.ru].*

*Афанасьев Александр Николаевич, доктор технических наук, профессор, окончил радиотехнический факультет Ульяновского политехнического института. Первый проректор, проректор по дистанционному и дополнительному образованию УлГТУ. Имеет более 200 статей в области САПР. Область научных интересов: автоматизированные системы обучения, организация вычислительных процессов и структур ЭВМ, проектирование интеллектуальных систем, САПР, управление сложными потоками работ, диаграмматика графических языков. [e-mail: a.afanasev@ulstu.ru].*

### Аннотация

Повышение эффективности технологической подготовки производства и производственной системы в условиях многономенклатурного серийного производства может быть обеспечено за счет выбора рационального технологического оборудования. Поэтому в работе приведено теоретическое обоснование сложности деталей тел вращения, при которой экономически целесообразно применение в производстве металлорежущих станков с ручным или программным управлением.

В статье приведены алгоритм и функционально-структурная схема автоматизированной системы выбора технологического оборудования (АСТО), состоящая из четырех подсистем: кодирования деталей, обобщения характеристик деталей, выбора проектных решений, вывода технической документации.

На промышленных предприятиях АСТО позволяет существенно повысить производительность труда технологов при подготовке производства, качество принимаемых ими проектных решений и эффективность производственной системы.

Ключевые слова: станок, деталь, кодирование, классификация, автоматизация, система.

## AUTOMATED SYSTEM FOR THE SELECTION OF QUALITY PROCESS EQUIPMENT IN SERIAL PRODUCTION

*Viacheslav Viktorovich Epifanov, Doctor of Science in Engineering; graduated from the Machine-Building Faculty of Ulyanovsk Polytechnic Institute; Professor at the Department of Motorcars of Ulyanovsk State Technical University; an author of monographs, articles, inventions in the field of the automation of preproduction engineering. e-mail: v.epifanov73@mail.ru.*

**Aleksandr Nikolaevich Afanasev**, Doctor of Science in Engineering; Professor graduated from the Faculty of Radioengineering of Ulyanovsk Polytechnic Institute; First Vice Rector, Vice Rector for Remote and Additional Education of Ulyanovsk State Technical University; an author of more than 200 articles in the field of CAD. Research interests are automated training systems, organization of computing processes and structures of computers, design of intelligent systems, CAD, management of complex workflows, diagrammatica of graphic languages. e-mail: a.afanasev@ulstu.ru.

#### Abstract

The reasonable selection of process equipment can provide increasing of preproduction engineering efficiency of processes and manufacturing system in the conditions of multiproduct serial manufacturing. Therefore, the article deals with a theoretical foundation of the complexity of components as solids of revolution. It is cost-effective to use manual or computer-controlled metal-cutting machines while manufacturing.

The article provides an algorithm and a functional block diagram for the automated system for the process equipment selection (the System). It includes four subsystems: a component coding, a component characteristic correlation, a design selection, a technical documentation output.

At industrial enterprises, the System allows to improve significantly the production engineer's performance while preproduction engineering, the quality of design decisions they take, and the efficiency of the production system.

Key words: machine unit, component, coding, classification, automation, system.

#### ВВЕДЕНИЕ

Выбор эффективного технологического оборудования в условиях мелкосерийного и серийного производств, где изготавливается широкая номенклатура деталей, представляет собой достаточно сложную задачу. Сложность задачи обоснования характеристик нового оборудования или выбора рационального оборудования для условий мелкосерийного и серийного производств обусловлена большим числом факторов, влияющих на решение указанной задачи. К таким факторам относятся многообразие схем построения технологических операций, наличие технологического оборудования с разными технологическими возможностями и системами управления, множество характеристик подлежащих обработке деталей: конструктивно-геометрическая форма, габаритные размеры, материал и метод получения заготовки, точность и шероховатость поверхностей, масса, термообработка, трудоемкость, программа выпуска и др.

Основным технологическим оборудованием на машино- и приборостроительных предприятиях являются металлорежущие станки (МС). В мелкосерийном и серийном производствах применяют универсальные МС с ручным управлением (МС с РУ) и МС с программным управлением (МС с ПУ), реже МС-автоматы. Выбору МС для определенных производственных условий должен предшествовать тщательный технико-экономический анализ. Например, обследование эффективности использования двадцати тысяч МС с ПУ в США, Англии, Франции показало, что только 40 % из них были выбраны правильно и использовались рационально [1].

Выбор оборудования на предприятиях на основе расчетов экономической эффективности осуществляется крайне редко вследствие высокой трудоемкости расчетов и возможности сравнения одновременно только

двух вариантов [2, 3]. Экономический эффект во многом зависит от сложности обрабатываемых деталей и серийности их выпуска, технологических возможностей, стоимости и коэффициента загрузки оборудования и др. Поэтому актуальной является разработка методики оперативного выбора рационального металлорежущего оборудования без выполнения трудоемких расчетов. Методика составит основу алгоритма и автоматизированной системы по выбору МС.

#### 1 ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ ВЫБОРА МС

В большинстве методик для сравнения вариантов изготовления деталей на станках с РУ или ПУ используют приведенные затраты на изготовление одной детали. Эффективным является вариант, обеспечивающий наименьшие приведенные затраты. Наиболее проработанной по оценке приведенных затрат является зависимость, предложенная в работе [1]:

$$z_{np} = \frac{\sum_1^m T_{ui} (C_{zi} / n + \beta_i)}{K (\eta_{zi} - A_i v_i T_{nzi} n_i / \Phi_{до}) \Phi_{до}}, \quad (1)$$

где  $T_{ui}$  – трудоемкость выполнения операций на станке;

$C_{zi}$  – годовая технологическая себестоимость изготовления детали по  $i$ -му технологическому варианту;

$n$  – число наименований деталей в группе;

$\beta_i$  – годовая стоимость наладки и дополнительной оснастки оборудования;

$K$  – коэффициент трудоемкости обработки (для МС с РУ  $K=1$ , для МС с ПУ  $K=2$ );

$\eta_{zi}$  – коэффициент использования МС;

$A_i$  – число запусков деталей одного наименования в течение года;

$v_i$  – число операций обработки деталей;

$T_{nzi}$  – подготовительно-заключительное время;

$\Phi_{до}$  – годовой фонд времени МС;

$m$  – число операций по  $i$ -му варианту.

Нами выдвинута идея оценки конструктивно-технологической сложности детали через наиболее значимый параметр МС с ПУ (как наиболее дорогого оборудования). Предложено формализовать сложность детали через число формообразующих координат  $\Phi_k$ , реализуемых исполнительными органами МС с ПУ для обработки различных поверхностей деталей [4]. В этом случае число формообразующих координат является параметром МС с ПУ, от которого зависят технологические возможности оборудования и другие его потребительские свойства (материало- и энергоемкость, габаритные размеры и др.), и, самое главное, стоимость станка.

Для удобства оценки трудоемкостей обработки  $T_{шпу}$  на МС с РУ и  $T_{шпу}$  на МС с ПУ введем понятие коэффициент отношения трудоемкостей  $K = T_{шпу} / T_{шпу}$ .

В результате расчетов  $T_{шпу}$  и  $T_{шпу}$  по нормативам времени [5] для деталей тел вращения всех уровней сложности (от  $\Phi_k = 1$  до  $\Phi_k = 6$ ) установили, что с увеличением сложности деталей трудоемкость обработки на МС с РУ растет значительно интенсивнее, чем при обработке на МС с ПУ. При этом для простой детали ( $\Phi_k = 1$ ) коэффициент  $K = 1,1$ , для деталей средней сложности  $K = (1,6-2,3)$ , а максимальное значение  $K = 2,98$  соответствует наиболее сложной детали ( $\Phi_k = 6$ ). Это объясняется тем, что при обработке на станках с РУ группы заготовок сложных деталей увеличивается основное время и еще значительно вспомогательное время, вследствие большого количества переналадок, настроек, смены инструмента, контроля, в то время как на МС с ПУ обработка таких заготовок может быть выполнена за одну или две установки.

Выполнив статистическую обработку данных, получим регрессионную зависимость  $K_s = f(\Phi_k)$  линейного типа:

$$K = q_0 + q_1 \cdot \Phi_k \quad (2)$$

где  $q_0$  и  $q_1$  – коэффициенты регрессии. Характер зависимости (2) подтвержден коэффициентом корреляции и критерием Фишера.

После определения значения коэффициента  $K$  выполнен расчет приведенных затрат  $Z_{пр}$ . Установлено, что при обработке заготовок групп простых деталей сложностью  $\Phi_k$  от 1 до 3 выгоднее использовать МС с РУ, а для сложных деталей ( $\Phi_k = 4-6$ ) – МС с ПУ. При этом, если затраты на обработку группы деталей средней сложности  $\Phi_k = 4$  на МС с ПУ снизились незначительно (2–5) %, чем при обработке на МС с РУ, то с увеличением сложности деталей до  $\Phi_k = (5-6)$  отмечено более значимое снижение трудоемкости (на 20 и 50 % соответственно). Таким образом, выявлены экономи-

чески целесообразные для обработки на станках с ПУ группы деталей (сложностью  $\Phi_k = 4$  и выше) и число деталей в группе  $n$ .

Вместе с тем, несмотря на определенный уровень обобщения данных при анализе затрат, выполненные исследования являются частным случаем. Поэтому необходимо разработать аналитическую зависимость для расчета уровня сложности детали, при котором эффективно использовать оборудование с ПУ.

Представим исходные зависимости для расчета приведенных затрат для двух вариантов обработки заготовок деталей – на МС с ПУ и РУ соответственно:

$$Z_{нру} = \frac{\sum_1^m T_{шпу} (C_{шпу} / n)}{\Phi_{до} \eta_{шпу} - A_{шпу} v_{шпу} T_{нзшпу} n},$$

$$Z_{нпу} = \frac{\sum_1^m T_{шпу} (C_{шпу} / n)}{\Phi_{до} \eta_{шпу} - A_{шпу} v_{шпу} T_{нзшпу} n},$$

где  $C_{шпу}$  и  $C_{шпу}$  – годовая технологическая себестоимость изготовления детали на МС с РУ и МС с ПУ соответственно;

$\eta_{шпу}$  и  $\eta_{шпу}$  – коэффициент использования МС с РУ и МС с ПУ соответственно;

$A_{шпу}$  и  $A_{шпу}$  – число запусков деталей одного наименования в течение года на МС с РУ и МС с ПУ соответственно;

$v_{шпу}$  и  $v_{шпу}$  – число операций обработки деталей на МС с РУ и МС с ПУ соответственно;

$T_{нзру}$  и  $T_{нзпу}$  – подготовительно-заключительное время для МС с РУ и МС с ПУ соответственно.

Для удобства использования зависимостей введем ряд обозначений для постоянных параметров:

- при расчете затрат на МС с РУ:

$$C_1 = C_{шпу}; C_2 = \Phi_{до} \cdot h_{шпу}; C_3 = A_{шпу} \cdot v_{шпу} \cdot T_{нзшпу};$$

- при расчете затрат на МС с ПУ:

$$C_4 = C_{шпу}; C_5 = \Phi_{до} \cdot h_{шпу}; C_6 = A_{шпу} \cdot v_{шпу} \cdot T_{нзшпу};$$

Учитывая, вышеупомянутые преобразования границу раздела эффективного применения одного из двух вариантов технологического оборудования определим из условия равенства приведенных затрат  $Z_{нру} = Z_{нпу}$ :

$$\frac{T_{шпу}}{T_{шпу}} = \frac{C_4 \cdot (C_2 - C_3 \cdot n)}{C_1 \cdot (C_5 - C_6 \cdot n)} = K.$$

Учитывая регрессионную зависимость (2), имеем:

$$q_0 + q_1 \cdot \Phi_k = \frac{C_4 \cdot (C_2 - C_3 \cdot n)}{C_1 \cdot (C_5 - C_6 \cdot n)}.$$

Преобразуя полученное выражение, получим зависимость для расчета экономически целесообразной сложности группы деталей  $\Phi_{кр}$ , при которой вместо обработки на станках с РУ рекомендуется переходить к использованию станков с ПУ:

$$\Phi_{кр} = \frac{C_4 \cdot (C_2 - C_3 \cdot n)}{q_1 \cdot C_1 \cdot (C_5 - C_6 \cdot n)} - \frac{q_0}{q_1} \quad (3)$$

**2 РАЗРАБОТКА МАТРИЦ ОПЕРАТИВНОГО ВЫБОРА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ**

Для оперативного выбора МС из существующего типажа выполним его ранжирование по определенному экономико-технологическому параметру, который также можно было бы использовать для сравнения МС с ПУ и РУ.

Из зависимости для расчета приведенных затрат выделим составляющие, связанные с применением технологического оборудования с РУ или ПУ:

$$\Pi_9^{ру} = \frac{C_1}{C_2 - C_3 n}; \quad \Pi_9^{пу} = \frac{C_4}{C_5 - C_6 n} \quad (4)$$

Величины  $\Pi_9^{ру}$  и  $\Pi_9^{пу}$  назовем технико-экономическими показателями оборудования соответственно с РУ и ПУ.

Анализ параметров, составляющих технологическую себестоимость обработки  $C_2$  на станках с РУ ( $C_1$ ) или ПУ ( $C_4$ ), показал, что затраты на заработную плату станочников ( $H_c$  и  $H_n$ ), ремонт ( $R_m$  и  $R_s$ ), техническое обслуживание ( $H_y$ ), производственные площади ( $E_n$  и  $E_{cn}$ ) и др. для станков одного типоразмера примерно одинаковы. В то же время существенно отличаются затраты  $E_0$ , зависящие от стоимости оборудования. Тогда значения себестоимостей  $C_1$  и  $C_4$  представим следующим образом:

- для станков с РУ:

$$C_1 = E_{01} + A_1,$$

где  $E_{01}$  – затраты, учитывающие стоимость станков с РУ;

$A_1$  – постоянные затраты для МС с РУ одного типоразмера;

- для станков с ПУ:

$$C_4 = E_{04} + A_4,$$

где  $E_{04}$  – затраты, учитывающие стоимость станков с ПУ;

$A_4$  – постоянные затраты для МС с ПУ одного типоразмера.

Тогда формулы (4) можно записать:

$$\Pi_9^{ру} = \frac{E_{01} + A_1}{C_2 - C_3 n}; \quad \Pi_9^{пу} = \frac{E_{04} + A_4}{C_5 - C_6 n}.$$

Кроме того, по данным [1] для разных станков с РУ или ПУ незначительно отличаются величины  $C_2$ ,  $C_3$ ,  $C_5$ ,  $C_6$ . Тогда показатели  $\Pi_9$  в основном зависят от затрат  $E_0$ , учитывающих стоимость оборудования. В свою очередь, стоимость МС с РУ и МС с ПУ имеет существенный разброс (в 2–4 раза) в зависимости от их

технологических возможностей, размеров рабочего пространства, класса точности, степени автоматизации, инструментального оснащения. Это делает достаточно трудоемкими сравнительные расчеты по выбору наиболее выгодных вариантов оборудования по существующим методикам расчетов экономической эффективности.

Поэтому с целью решения задачи оперативного выбора рационального технологического оборудования наиболее распространенные МС с РУ и ПУ ранжированы по критерию  $\Pi_9$  (табл. 1, 2).

Определив значения  $\Pi_9$  для всех вариантов оборудования, можно рассчитать экономически целесообразную (граничную) сложность детали  $\Phi_k$ , начиная

Таблица 1

Ранжирование станков токарной группы с РУ (максимальный диаметр устанавливаемой заготовки  $D = 250$  мм) в зависимости от параметра  $\Pi_9$

№ группы станков	Наименование группы станков	Цена, руб.	Среднее $\Pi_9$ для группы станков
Р-1	Токарно-винторезные нормальной точности	482 500	3,90
Р-2	Токарно-винторезные повышенной точности	600 000	4,12
Р-3	Токарно-револьверные повышенной точности	923 000	6,80

Таблица 2

Ранжирование станков токарной группы с ПУ (максимальный диаметр устанавливаемой заготовки  $D = 250$  мм) в зависимости от параметра  $\Pi_9$

№ группы станков	Наименование группы станков	Цена, руб.	Среднее $\Pi_9$ для группы станков
П-1	Односппортные	2 000 000	7,1
П-2	Односппортные с промышленным роботом	3 000 000	9,5
П-3	Многоцелевые односппортные	4 500 000	13,0
П-4	Многоцелевые односппортные с промышленным роботом	5 550 000	17,4
П-5	Многоцелевые двухшпиндельные	6 000 000	17,0

с которой нужно выбирать оборудование с ПУ по формуле (3), преобразованной с учетом (4):

$$\Phi_k = \frac{P_3^{ny}}{q_1 P_3^{py}} - \frac{q_0}{q_1} \quad (5)$$

Из таблицы 3 видно, что заготовки деталей сложностью  $\Phi_k > 3$  экономически целесообразно обрабатывать на токарных станках с ПУ первой группы по сравнению с токарно-винторезными станками нормальной точности и, наоборот, изготовление деталей сложностью  $\Phi_k < 3$  всегда выгодно вести на МС с РУ.

Экономическая эффективность применения МС с ПУ второй группы по сравнению с токарно-винторезными станками с РУ обеспечивается только при обработке заготовок сложных деталей  $\Phi_k > 5$ . Расчеты показывают, что применение станков с ПУ четвертой группы неэффективно по сравнению с универсальными станками с РУ при любой сложности обрабатываемых деталей.

Обеспечиваемое станками с ПУ четвертой группы незначительное повышение производительности обработки заготовок не в состоянии компенсировать значительно более высокую их стоимость по сравнению со станками с ПУ первой и второй групп и тем более по сравнению со станками с РУ. Пятая группа станков с ПУ будет эффективнее станков с РУ первой группы, начиная с  $\Phi_k \geq 6$ .

Таблица 3

Матрица выбора экономически целесообразной группы технологического оборудования в зависимости от сложности обрабатываемых  $\Phi_k$  (максимальный диаметр устанавливаемых заготовок  $D = 250$  мм; число деталей в партии  $n = 50$ )

Граничное значение $\Phi_k$ перехода на станки с ПУ					
№ группы станков	П-1	П-2	П-3	П-4	П-5
Р-1	$\geq 3$	$\geq 5$	$\geq 8$	11	$\geq 6$
Р-2	$\geq 3$	$\geq 4$	$\geq 7$	9	$\geq 6$
Р-3	$\geq 2$	$\geq 2$	$\geq 4$	$\geq 6$	$\geq 3$

Несмотря на то, что пятая и четвертая группы станков с ПУ имеют примерно одинаковую стоимость, станки пятой группы – конкуренты со станками с РУ в отличие от станков четвертой группы. Это объясняется тем, что эффективность станков с ПУ пятой группы существенно выше по сравнению со станками четвертой группы вследствие реализации станками пятой группы последовательной многоместной схемы. Станки пятой группы оснащаются вторым шпинделем для совмещения вспомогательного времени с основным временем.

Границы применимости станков с ПУ несколько расширяются по сравнению с универсальными станка-

ми с РУ повышенной точности, так как стоимость последних выше по сравнению со станками с РУ нормальной точности.

Из таблицы 3 видно, что станки с ПУ всех групп конкурентоспособны по сравнению с токарно-револьверными станками с РУ, которые в 2–3 раза дороже токарно-винторезных станков с РУ. Например, по сравнению с токарно-револьверными станками с РУ выгодно применение станков с ПУ первой и второй групп даже при обработке достаточно простых деталей  $\Phi_k > (1,5-2)$ , а станков с ПУ третьей, четвертой и пятой групп – при обработке заготовок деталей средней сложности  $\Phi_k > 3$ .

### 3 ПРАКТИКА ВЫБОРА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Для проверки полученных результатов нами выполнен анализ условий эксплуатации станков с ПУ в производстве Ульяновского автомобильного завода (УАЗ) и Ульяновского механического завода (УМЗ). В производстве в основном эксплуатируются токарные станки с ПУ мод. 16К20Ф3, которые относятся к первой группе. Согласно таблице 3 данные станки обеспечивают экономическую эффективность по сравнению с универсальными станками с РУ при обработке заготовок групп деталей сложностью  $\Phi_k > 3$ .

Анализ обрабатываемых в производстве деталей показал, что около 58 % из них правильно выбраны для обработки на станках с ПУ, так как относятся к группам с  $\Phi_k > 3$  (табл. 4). Достаточно высокий процент правильно выбранных деталей для обработки на станках с ПУ объясняется имеющимся на предприятиях достаточно большим накопленным опытом эксплуатации станков с ПУ и высокой квалификацией технологов в указанных производствах. Вместе с тем обработка 42 % деталей на станках с ПУ экономически необоснованна, вследствие их простой конструктивно-геометрической формы ( $\Phi_k < 3$ ) и технологии обработки. Такие детали целесообразно изготавливать на универсальных станках с РУ.

Таблица 4

Результаты анализа сложности деталей  $\Phi_k$ , обрабатываемых на МС с ПУ на предприятиях УАЗ и УМЗ

Сложность детали, $\Phi_k$	Число деталей, %	Правильность выбора
1	6	Неправильно
2	16	
3	20	
4	22	Правильно
5	30	
6	6	
Всего	100	



#### 4 АЛГОРИТМ И ПОДСИСТЕМЫ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ВЫБОРА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ (АСТО)

Работа по выбору оборудования в АСТО начинается с анализа номенклатуры деталей путем их кодирования и классификации. В подсистеме кодирования деталей АСТО проектировщик осуществляет кодирование на основе эскиза (проекта) детали.

Кодирование деталей заключается в присвоении им обезличенного буквенно-цифрового кода и осуществляется в ходе конструкторской (или) технологической подготовки производства [6].

Для выполнения кодирования деталей конструктором или технологом нами разработана «Методика кодирования деталей» [7]. Данная методика используется при создании регионального банка данных о деталях, изготавливаемых на предприятиях Ульяновской области [8, 9]. Согласно этой методике кодирование конструкторских характеристик деталей осуществляется по Классификатору ЕСКД [10, 11], а технологические характеристики (точность, шероховатость и др.) берутся в истинных значениях с чертежа детали.

В подсистеме группирования деталь по коду автоматически относится к определенной классификационной группе по общности конструктивно-технологических характеристик, что в производстве позволяет увеличить партии обрабатываемых деталей и эффективно использовать МС с ПУ [12].

После завершения этапа анализа номенклатуры деталей подсистема автоматического выбора оборудования определяет группу станков с РУ (при  $\Phi_k \leq 3$ ) или с ПУ (при  $\Phi_k > 3$ ) из существующей гаммы технологического оборудования (см. табл. 3) или разрабатывается техническое задание на проектирование перспективного МС с ПУ. Далее технолог в диалоговом режиме по дополнительным критериям (размер рабочего пространства, точность, цена и др.) выбирает конкретные модели станков с РУ или ПУ.

На промышленных предприятиях АСТО позволяет существенно повысить производительность труда технологов при подготовке производства и качество принимаемых ими проектных решений.

#### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Предложено ранжировать МС по технико-экономическому параметру  $\Pi_3$ , который в основном зависит от стоимости оборудования. В соответствии с данным параметром МС с РУ ранжированы на три группы и МС с ПУ – на пять групп. Установлено, что параметр  $\Pi_3$  и стоимость станков зависят от их технологических возможностей, класса точности, размеров рабочего пространства.

Разработаны матрицы выбора экономически целесообразного технологического оборудования для обработки заготовок деталей определенной сложности  $\Phi_k$ ,

позволяющие оперативно без трудоемких расчетов выбрать наиболее эффективный МС с ПУ или РУ.

Разработан алгоритм выбора эффективного технологического оборудования для определенных производственных условий.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Экономическое обоснование области применения металлорежущих станков с программным управлением / В.Л. Кубланов, И.А. Маковецкая, А.П. Назаренко [и др.]. – М. : Машиностроение, 1987. – 152 с.
2. Дружинский И.А. Концепция конкурентоспособных станков. – Л. : Машиностроение, 1990. – 247 с.
3. Вайс С.Д., Корниенко А.А. Оценка конкурентоспособных металлорежущих станков // СТИН. – 2002. – № 1. – С. 8–12.
4. Епифанов В.В., Ефимов В.В. Технологическое обоснование выбора станков с ЧПУ // СТИН. – 2000. – № 6. – С. 36–43.
5. Епифанов В.В., Ефимов В.В. Экономическое обоснование выбора станков с ЧПУ для изготовления деталей типа тел вращения // Вестник машиностроения. – 2002. – № 7. – С. 46–51.
6. Епифанов В.В., Афанасьев А.Н. Автоматизированная система кодирования и классификации объектов производства // Автоматизация процессов управления. – 2017. – № 3 (48). – С. 49–55.
7. Методика кодирования деталей : метод. рек. – Ульяновск : УлГТУ, 1997. – 36 с.
8. Опыт создания регионального банка данных о деталях машиностроения / В.В. Епифанов, В.В. Ефимов, Р.И. Неняева, А.А. Федотов // Тез. докл. межотрасл. совещания, 27–28 сентября 1993 г. – М. : ГНИЦВОК, 1993. – С. 13–15.
9. О возможности организации межотраслевого производства на основе регионального банка данных о деталях / В.В. Епифанов, В.В. Ефимов, Р.И. Неняева, А.А. Федотов // Стандарты и качество. – 1996. – № 4. – С. 25–29.
10. Классификатор ЕСКД. Классы 71, 72, 73, 74, 75. Иллюстрированный определитель деталей. – М. : Изд-во стандартов, 1988. – 401 с.
11. Технологический классификатор деталей машиностроения и приборостроения. – М. : Изд-во стандартов, 1988. – 256 с.
12. Общероссийские классификаторы – основное средство совместимости информационных систем и ресурсов // Машиностроитель. – 2001. – № 10. – С. 34–38.

#### REFERENCES

1. Kublanov V.L., Makovetskaia I.A., Nazarenko A.P. et al. *Ekonomicheskoe obosnovanie oblasti primeneniia metallorzhushchikh stankov s programmym upravleniem* [Economic Assessment for the Application Field of Computer Controlled Machines]. Moscow, Mashinostroenie Publ., 1987. 152 p.

2. Druzhinskii I.A. Kontsepsiia konkurentosposobnykh stankov [Strategy of Competitive Machines]. Leningrad, Mashinostroenie Publ., 1990. 247 p.
3. Vays S.D., Kornienko A.A. Otsenka konkurentosposobnykh metallorezhushchikh stankov [Assessment of Competitive Metal-Cutting Machines]. *STIN* [Russian Engineering Research], 2002, no. 1, pp. 8–12.
4. Epifanov V.V., Efimov V.V. Tekhnologicheskoe obosnovanie vybora stankov s ChPU [Engineering Foundation for the Selection of CNC-Machine]. *STIN* [Russian Engineering Research], 2000, no. 6, pp. 36–43.
5. Epifanov V.V., Efimov V.V. Ekonomicheskoe obosnovanie vybora stankov s ChPU dlia izgotovleniia detalei tipa tel vrashcheniia [Economic Assessment for the Selection of CNC-Machines for the Fabrication of Components as Solids of Revolution]. *Vestnik mashinostroeniia* [Russian Engineering Research], 2002, no. 7, pp. 46–51.
6. Epifanov V.V., Afanasev A.N. Avtomatizirovannaia sistema kodirovaniia i klassifikatsii obektov proizvodstva [The Automated System of Coding and Classification of Production Objects]. *Avtomatizatsiia protsessov upravleniia* [Automation of Control Processes], 2017, no. 3 (48), pp. 49–55.
7. *Metodika kodirovaniia detalei: metod. rekom.* [Part Classification Techniques: Method. Recom.]. Ulyanovsk, UISTU Publ., 1997. 36 p.
8. Epifanov V.V., Efimov V.V., Neniyaeva R.I., Fedotov A.A. Opyt sozdaniia regionalnogo banka dannykh o detaliakh mashinostroeniia. [On Experience of Regional Engineering-Component Database Creation]. *Tez. dokl. mezhotrasl. soveshchaniia, 27–28 sentiabria 1993* [Abstract of Interindustry Meeting, 27–28 Sept., 1993]. Moscow, GNITsVOK Publ., 1993, pp. 13–15.
9. Epifanov V.V., Efimov V.V., Neniyaeva R.I., Fedotov A.A. O vozmozhnosti organizatsii mezhotraslevogo proizvodstva na osnove regionalnogo banka dannykh o detaliakh [On Possibility of the Organization of Interindustry Manufacturing on the Basis of the Regional Database of Components]. *Standarty i kachestvo* [Standards and Quality], 1996, no. 4, pp. 25–29.
10. *Klassifikator ESKD. Klassy 71, 72, 73, 74, 75. Illiustrirovannyi opredelitel detalei* [Classified Index of Unified System for Design Documentation. Classes 71, 72, 73, 74, 75. Illustrated Component Identifier]. Moscow, Standards Publ., 1988. 401 p.
11. *Tekhnologicheskii klassifikator detalei mashinostroeniia i priborostroeniia* [Technology Identifier of Machine-Building and Instrument-Making Components]. Moscow, Standards Publ., 1988. 256 p.
12. Obshcherossiiskie klassifikatory – osnovnoe sredstvo sovместimosti informatsionnykh sistem i resursov [Russian Standard Classifiers – Basic Compatibility Method of Information Systems and Sources]. *Mashinostroitel* [Mechanical Engineer], 2001, no. 10, pp. 34–38.