

УДК 658.51.012

О. М. ПИГНАСТЫЙ, В. Я. ЗАРУБА, В. Д. ХОДУСОВ**МОДЕЛИРОВАНИЕ ДВИЖЕНИЯ ПРЕДМЕТА ТРУДА В ПРОСТРАНСТВЕ СОСТОЯНИЙ НА ПРИМЕРЕ ТЕХНОЛОГИИ ТОКАРНОЙ ОБРАБОТКИ**

Исследована проблема построения модели производственной системы в предельном случае, когда продолжительность производственного цикла изготовления изделий превышает интервал планирования производства изделий. Проведен обзор подходов, используемых для устранения разрыва между моментом времени получения заказа и моментом времени планирования производства изделий. Описана методика построения моделей производственных систем с непрерывным изменением состояния предметов труда, находящихся в незавершенном производстве. Рассмотрено движение предметов труда в двухмерном пространстве состояний. Для нормативного режима технологической обработки при заданных допущениях на технологический режим выполнено проектирование технологических траекторий в двухмерном пространстве состояний. При построении траектории предмета труда в пространстве состояний использован вариационный принцип. Получены уравнения Эйлера, характеризующие движение предмета труда в пространстве состояний, определен их физический смысл. Получено решение системы уравнений, определяющее состояние отдельного предмета труда в заданный момент времени. Сделаны выводы о целесообразности использования рассмотренной методики для проектирования систем управления производственными системами.

Ключевые слова: предмет труда, уравнение движения, двухкоординатное описание, уравнения Эйлера, технологический ресурс, производственный цикл.

Досліджено проблему побудови моделі виробничої системи в граничному випадку, коли тривалість виробничого циклу виготовлення виробів перевищує інтервал планування виробництва виробів. Проведено огляд підходів, що використовуються для усунення розриву між моментом часу отримання замовлення і моментом часу планування виробництва виробів. Описана методика побудови моделей виробничих систем з безперервним зміною стану предметів праці, що знаходяться в незавершеному виробництві. Розглянуто рух предметів праці в двовірному просторі станів. Для нормативного режиму технологічної обробки при заданих припущеннях на технологічний режим виконано проектування технологічних траєкторій в двовірному просторі станів. При побудові траєкторії предмета праці в просторі станів використаний варіаційний принцип. Отримано рівняння Ейлера, що характеризують рух предмета праці в просторі станів, визначено їх фізичний зміст. Отримано рішення системи рівнянь, що визначає стан окремого предмета праці в заданий момент часу. Зроблено висновки про доцільність використання розглянутої методики для проектування систем управління виробничими системами.

Ключевые слова: предмет труда, уравнение движения, двухкоординатное описание, уравнения Эйлера, технологический ресурс, производственный цикл.

The problem of constructing a model of the production system is studied in the limiting case where the duration of the production cycle of manufacturing of the product exceeds the range of the planning of production. There is an overview of the approaches used to bridge the gap between the time of receipt of the order and the time of production planning production time. Here considered the method of constructing a model of production systems with a continuous change of the status of work items. The motions of the objects of labor studied in the two-dimensional state space. In the construction of the trajectory of work object in states space able to use the variational principle. We obtained the Euler equations describing the object of labor movement in the state space. Their physical meaning is determined. Conclusions about the feasibility of using techniques considered for the design of production systems control systems.

Keywords: the subject of labor, the equation of motion, two-coordinate description of the Euler equation, technological resources, the production cycle.

Введение. При постановке задач планирования производства возникает вопрос о масштабах времени планирования [1, с.141]. Несмотря на то, что планирование производства осуществляется в дискретные моменты времени, планы фактически генерируются в непрерывном режиме в соответствии с поступившими заказами. Это приводит к разрыву планирования между моментом поступления заказа и моментом построения производственного плана. Для устранения указанного разрыва в планировании производством ряд исследователей (Schneeweiss С. (2003) [2]) предложили в модели планирования производства для обеспечения связи между непрерывно поступающими заказами и параметрами планирования производства в дискретные моменты времени в качестве уравнения состояния производственной системы использовать функцию ожидания. Для построения нестационарных функций ожидания производственной системы с поточным способом организации производства применены дискретные Fluid-модели (модели жидкости). Дискретная Fluid-модель управляемого процесса «одно изделие – один технологический ресурс» может

быть представлена в виде [1]

$$I_i = I_{i-1} + R_i - D_i = I_{i-1} + X_i - D_i, X_i = R_i \quad (1)$$

где I_i – количество готовой продукции на период планирования Δt_i , $t_i = t_1 \dots t_T$;

R_i – количество материала поступившего за Δt_i ;

D_i – спрос на продукцию за период Δt_i ,

X_i – объем производства за период Δt_i .

Балансовое соотношение (1) соответствует простейшему типу функции ожидания (время производственного цикла много меньше периода планирования). Предполагается, что поступающий материал для обработки в период Δt_i доступен для использования в конце периода. Из-за небольшой продолжительности производственного цикла T_d , $T_d \ll \Delta t_i$ материал перерабатывается за период Δt_i и незавершенным производством (WIP) [1,2] можно пренебречь. Когда T_d превышает несколько периодов планирования, количество продукции на период

планирования I_i становится зависимым от количества незавершенного производства. Объем производства X_i за период Δt_i связан с количеством материала R_{i-L} , поступившего в период Δt_{i-L} , $L=1,2,3,\dots$

$$I_i = I_{i-1} + X_i - D_i = I_{i-1} + R_{i-L} - D_i, \quad X_i = R_{i-L} \quad (2)$$

Балансовое уравнение (2) широко использовалось при планировании потребностей в материалах для промышленных MRP-систем (Vollmann T.E., 2005) [3], (Vob S., Woodruff D.L., 2003) [4]. Хотя существуют модели (Hackman S.T., Leachman R.C., 1989) [1], в которой сроки поставки технологических ресурсов равны дробному числу периодов планирования, общим, как для теории, так и для производственной практики, является предположение о том, что время поставки соответствует целому числу периодов планирования. Большинство моделей вводят ограничения вида $X_i \leq C_i$ на максимальный выпуск X_i за период планирования, где C_i - предельная мощность производства. В конце периода t_i производственная система имеет уровень незавершенного производства:

$$W_i = \sum_{n=i-L+1}^i R_n - \sum_{n=i+1}^{i+L} X_n \quad (3)$$

Материал, поступивший в период t_i , остается в системе в течение интервала времени $\Delta t_i = (t_i - t_{i-L})$. Общепринятая точка зрения на использование в дискретных Fluid-моделях MRP-систем ограничений производственных мощностей приводит к задаче линейного программирования [1]:

$$\sum_{i=1}^N (h_i \cdot I_i + \sigma_i \cdot R_i) \rightarrow \min, \quad I_i = I_{i-1} + R_{i-L} - D_i, \\ R_{i-L} \leq C_i, \quad R_i \geq 0, \quad I_i \geq 0, \quad (4)$$

где h_i - стоимость единицы незавершенного производства;

σ_i - стоимость единицы ресурса, используемых в момент времени t_i .

Норр W.J., Spearman M.L. [5] с использованием детальной DES-модели (дискретно-событийной модели) взаимодействия отдельных предметов труда с оборудованием представили в течение интервала планирования Δt_i получили зависимость производительности поточной линии от интенсивности поступления технологических ресурсов, необходимых для обработки изделий. При этом исследователями Liu J., Li C., Yang F., Wang H., Uzsoy R., Kacar N. [1] указывается на необходимость использования для решения задачи больших ресурсов машинного времени. Для глубокого детального изучения рассмотренных проблем требуются производительные процессоры. Применение моделей давало хорошее совпадение теоретических и практических данных при описании квазистационарных производственных процессов. Однако их возможность описывать нелинейные зависимости между темпом движения предметов труда по технологическому маршруту и

длительностью производственного цикла при интенсивно используемых технологических ресурсах вызывало сомнения [6]. Основная проблема при определении масштабов времени $\Delta t_i = (t_i - t_{i-L})$ заключается в том, что система планирования и управления производством при $T_d \gg \Delta t_i$ требует оценки последствия влияния своих решений на состояние параметров производственной системы. При использовании фиксированных промежутков $\Delta t = (t_i - t_{i-L})$ игнорируются эффекты, возникающие в пределах промежутка планирования. Достижение максимальной емкости накопителя межоперационных заделов в пределах промежутка планирования приводило к остановке поточной линии, что ограничивало объем производства X_i за период Δt_i .

Решение указанных проблем требовало соединения DES-модели, описывающей движение отдельных предметов труда вдоль технологического маршрута по технологическим операциям, и Fluid-модели, описывающей агрегированное состояние потока предметов труда вдоль технологического маршрута. Важным фактором при этом оставался фактор учета неопределенности использования технологических ресурсов и ресурсов времени выполнения технологической операции, агрегированная оценка которых определялась бы нормами расхода сырья и материалов и сменной нормой для конкретной операции. Данное обстоятельство привело к необходимости построения новой теории описания производственной систем, получившей название статистической теории производственных систем (2003, Ukraine) [7] и известной за рубежом как теория PDE-моделей производственных систем (2004, USA) [8]. Отличительной особенностью предложенного подхода [7] является факт учета нескольких ресурсов при моделировании производственной системы, а также ограничения, связанные с их использованием. При этом введен аналог функции ожидания, представленный уравнением изменения состояния предмета труда в результате переноса на него ресурсов в ходе воздействия оборудования при движении по технологическому маршруту. В работе [9] представлена модель системы с применением уравнения изменения состояния предмета труда. В настоящей статье конкретизирована данная модель на примере токарной обработки.

Постановка задачи. При расчете режимов резания придерживаются следующей последовательности действий: устанавливается глубина резания t мм, подача S (мм/оборот), определяется скорость резания V (м/мин) и сила резания P (Н), по которой рассчитывается потребная мощность станка.

Глубина резания при черновой обработке назначается по возможности максимальной. Если припуск для данного вида обработки может быть снят за один проход, глубина резания определяется, как правило, максимальной величиной припуска на обработку. При чистовой обработке глубина резания назначается в зависимости от требований точности размеров и шероховатости обработанной поверхности. Глубину резания могут ограничивать: недостаточная

мощность привода станка, недостаточная жесткость и прочность системы “станок – приспособление – инструмент – деталь” (СПИД) и другие факторы. При этих условиях необходимо снимать припуск за несколько проходов. Подача S (мм/оборот) при черновой обработке выбирается максимально возможной, исходя из вышеперечисленных ограничивающих факторов. При чистовой обработке принимается во внимание требуемая степень точности и шероховатости обработанной поверхности. Будем полагать для упрощения, что глубина резания t и скорость подачи S имеют постоянные значения в ходе технологической операции (рис.1). Рекомендуемые подачи S , мм/об, при черновом и чистовом точении и обтачивании приведены в [10]. Выбранную подачу скорректируем по паспорту станка. Установив значения t и S , определим скорость резания V и силу резания P по эмпирическим формулам (5).

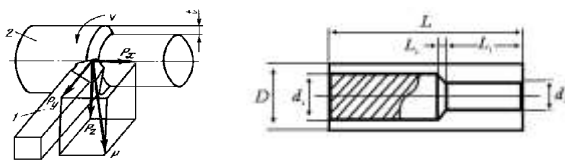


Рис. 1 –Проекция сил, действующие на резец

$$V = \frac{C_v \cdot k_v}{T^m \cdot t^x \cdot S^y}, \quad (5)$$

где C_v –коэффициент, зависящий от условий обработки (для черновой обработки $C_{v1} = 340$; чистовой– $C_{v2} = 420$);

T – стойкость резца (мин) (принимаяем $T= 30$ мин); x, y, m – показатели степени.

Для черновой обработки– $x_1 = 0,15$;

$y_1 = 0,43; m_1 = 0,2$ (при $S > 0,7$ мм/об), для чистовой– $x_2 = 0,15; y_2 = 0,2; m_2 = 0,2$ (при S до $0,3$ мм/об). K_v – поправочный коэффициент, представляющий произведение коэффициентов, каждый из которых отражает влияние определенного фактора на скорость резания. Коэффициент K_v для чернового и чистового резца равен: $K_{v1} = 0,9464, K_{v2} = 1,82$.

Определение нормативного режима резания.

Пусть задана заготовка, определяемая размерами $D=88$ мм, $d_2 = 76$ мм, $d_1 = 40$ мм, $L = 200$ мм, $L_1 = 100$ мм.. Разделим процесс изготовления изделия на две операции. Первая операция: осуществлении перехода $D \rightarrow d_2$, вторая – перехода $d_2 \rightarrow d_1$. Остановимся на процессе чернового точения. Глубину резания и подачу установим из справочных данных $t_1 = 2$ мм, $S_1 = 0,8$ (мм/об) [10]. Аналогично найдены данные для чистового точения. Выбранные подачи уточняем по паспортным данным станка (1К62). Корректируем подачу $S_1 = 0,78$ (мм/об). Для чистовой токарной обработки получаем $t_2 = 0,3$ мм, $S_2 = 0,11$ (мм/об). Скорость резания для черновой v_1 (м/с) и чистовой v_2 (м/с) обработки

$$v_1 = \frac{340 \cdot 0,9464}{30^{0,2} \cdot 2^{0,15} \cdot 0,78^{0,43}} = 158,3 \text{ (м/мин)}$$

$$v_2 = \frac{420 \cdot 1,82}{30^{0,2} \cdot 0,3^{0,15} \cdot 0,11^{0,2}} = 395 \text{ (м/мин)} \quad (6)$$

Мощность резания при силе резания P_z

$$N_p = \frac{P_z v_i}{1020 \cdot 60}, \quad (7)$$

Силу резания при точении

$$P_z = 10 \cdot C_p \cdot t^x \cdot S^y \cdot v_i^n \cdot K_p, \quad (8)$$

где C_p –коэффициент, учитывающий свойства обрабатываемого материала, материал режущей части и условия обработки, $C_p = 300$; K_p – поправочный коэффициент. Сила резания для черновой обработки

$$P_{z1} = 10 \cdot 300 \cdot 2^1 \cdot 0,78^{0,75} \cdot 158,3^{-0,15} \cdot 0,638 = 1493 \text{ Н}, \quad (9)$$

мощность резания (кВт)

$$N_p = \frac{1493 \cdot 158,3}{1020 \cdot 60} = 3,68 \text{ кВт} \quad (10)$$

На оборудовании (станок 16К20) с двигателем 7,5 кВт мощность на шпинделе при КПД=0,75 равна:

$$N_{ум} = 7,5 \cdot 0,75 = 5,625 \text{ (кВт)} \quad (11)$$

Так как $N_p < N_{ум} (3,68 < 5,625 \text{ кВт})$, то выбранный режим резания удовлетворяет условию по мощности на шпинделе станка.

Проектирование технологических траекторий движения предмета труда [10]. Обозначим ζ_2 (мм)- количество снятого материала по диаметру заготовки от величины D до d_2 на длине L и ζ_1 (мм)- количество снятого материала по диаметру заготовки от величины d_2 до d_1 на длине L_1 соответственно для следующих друг за другом операций. За один проход диаметр $(D - \zeta_2)$ уменьшается на величину, равную глубине резания t_1 (мм). Время, затраченное на j -й проход

$$t_{p2j} = \frac{L}{S_1} \cdot \frac{D - 2t_1 \cdot (j-1)}{2v_1} = \frac{L}{S_1} \cdot \frac{D - 2\zeta_2 j-1}{2v_1} \quad (12)$$

Полагаем, что $L \gg (l_1 + l_2)$ (рис.1). Выразим v_1 через мощность резания (7) и представим (12) в виде

$$t_{p2j} = \frac{L}{S_1} \cdot \frac{D - 2\zeta_2 j-1}{2 \frac{N_p}{P_z} 6120} = \frac{L}{S_1} \cdot \frac{D - 2\zeta_2 j-1}{8N_p} \quad (13)$$

Нормативная скорость изменения параметра [10], характеризующего количество снятого материала

может быть представлена через глубину резания за проход t_1 и время, затраченное на один проход t_{pr2j}

$$\mu_{\psi_j} = \frac{t_1}{t_{pr2j}}, \quad \mu_{\psi_2}(\zeta) = \frac{t_1}{t_{pr2}(\zeta)} \quad (14)$$

$$\mu_{\psi_2}(\zeta_2) = \mu_{\psi_2}(\zeta_2) \Big|_{\zeta=\zeta_{j-1}} + \frac{d\mu_{\psi_2}}{d\zeta_2} \Big|_{\zeta_2=\zeta_{j-1}} (\zeta_2 - \zeta_{j-1}) + 0 \left(\left(\frac{t_1}{D} \right)^3 \right) \quad (15)$$

В приближении $D \gg t_1$ объем снятого материала ΔW_j за проход в течение времени t_{pr2j} :

$$\Delta W_j = \pi(D - 2\zeta_{2j-1}) \cdot L \cdot t_1, \quad D \gg t_1 \quad (16)$$

а в любой момент времени $\sum_{k=1}^{j-1} t_{pr2k} < \tau < \sum_{k=1}^j t_{pr2k}$

$$\Delta W_j(\Delta\tau) = \pi(D - 2\zeta_{2j-1}) \cdot L \cdot t_1 \cdot \frac{\Delta\tau}{t_{pr2j}}, \quad \Delta\tau = \tau - \sum_{k=1}^{j-1} t_{pr2k} \quad (17)$$

при объеме снятого материала

$$\Delta W_j^*(\Delta\tau) = \left(\frac{\pi(D - 2\zeta_2)^2}{4} - \frac{\pi(D - 2\zeta_{2j-1})^2}{4} \right) \cdot L = \pi(D - 2\zeta_{2j-1})(\zeta_2 - \zeta_{2j-1}) \cdot L, \quad (18)$$

Потребуем, чтобы режим резания был выполнен согласно нормативным расчетным данным $t_1 = 2$ (мм), $S_1 = 0,78$ (мм/об), $P_{z1} = 1493$ (Н), $N_p = 3.68$ (кВт), которые используем для определения $\mu_{\psi_2}(\zeta_2)$ исходя из (13) и (15). При выполнении нормативных условий

$$\Delta W_j^*(\Delta\tau) \rightarrow \Delta W_j(\Delta\tau), \quad (19)$$

$$(\zeta_2 - \zeta_{2j-1}) \rightarrow t_1 \cdot \frac{\Delta\tau}{t_{pr2j}} = \mu_{\psi_2}(\zeta_2) \cdot \left(\tau - \sum_{k=1}^{j-1} t_{pr2k} \right) \quad (20)$$

$$\text{или } d\zeta_2 \rightarrow \mu_{\psi_2}(\zeta_2) \cdot d\tau \quad (21)$$

Разделим обе части (21) на $d\tau$ и введем обозначение $\frac{d\zeta_2}{d\tau} = \mu_2$ [9], окончательно запишем

$$\mu_2 \rightarrow \mu_{\psi_2}(\zeta_2) \quad (22)$$

Введем в рассмотрение функционал

$$\mathfrak{R} = \frac{1}{2} \int_0^{\tau_d} (\mu_{\psi_2}(\zeta_2) - \mu_2)^2 dt \rightarrow \min, \quad \zeta_2(0) = 0, \quad \zeta_2(\tau_d) = D - d_2$$

который требует, чтобы процесс обработки проходил с минимальными отклонениями от установленных нормативных параметров. Вариация функционала даст закон изменения параметра $\zeta_2(t)$

$$\frac{d\mu_2}{dt} = \mu_{\psi_2}(\zeta_2) \frac{\partial \mu_{\psi_2}(\zeta_2)}{\partial t}, \quad (23)$$

откуда получим траекторию $\zeta_2(t)$

$$\frac{d\mu_1}{dt} = \mu_{\psi_1}(\zeta_1) \frac{\partial \mu_{\psi_1}(\zeta_1)}{\partial t}. \quad (24)$$

Состояние параметров $\zeta_1(t)$, $\zeta_2(t)$ в момент времени t однозначно определяют состояние предмета труда, обрабатываемого в соответствие с нормативными требованиями на этапе чернового точения.

Выводы. Один из подходов к решению проблемы моделирования производственных систем, связанной с масштабом времени планирования, является применении статистической теории производственных систем [7]. При этом устранение разрыва планирования между моментом поступления заказа и моментом построения производственного плана осуществляется за счет введения аналога функции ожидания [2]. В статье представлен современный подход, позволяющий определить состояние предмета труда в требуемый момент времени. Показано, что решение системы уравнений позволяет получить состояния предмета труда в заданный момент времени, тем самым определить состояние технологических ресурсов на момент времени получения заказа. Описание состояния предмета труда в многокоординатном пространстве состояний и определение положения предмета труда в этом пространстве в любой момент времени позволяет построить прогнозную модель обеспечения предприятия технологическими ресурсами. Детально рассмотрена и конкретизирована методика проектирования технологических траекторий на примере технологии токарной обработки предмета труда. Результаты подтверждают адекватность модели, могут быть использованы при анализе и расчете технологических маршрутов в многоресурсных, многооперационных моделях производственных систем.

Список литературы

1. Пугнастый О. М. Обзор моделей управляемых производственных процессов / О. М. Пугнастый // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Белгород: БГУ. - 2015. - № 34/1. - С. 137-152.
2. Schneeweiss C. Distributed Decision Making. / C. Schneeweiss. - Berlin: Springer-Verlag, 2003. - 508 p.
3. Vollmann T.E. Manufacturing Planning and Control for Supply Chain Management / T.E. Vollmann, L. Berry, F.R. Jacobs // New York: McGraw-Hill. - 2005. - 520 p.
4. Vob S. Introduction to Computational Optimization Models for Production Planning in a Supply Chain / S. Vob, D. L. Woodruff // Berlin: Springer - Verlag. - 2003. - 261 p.
5. Hopp W.J. Factory Physics: Foundations of Manufacturing Management / W. J. Hopp, M.L. Spearman. - Boston: Irwin. McGraw-Hill, 2001. - 698 p.
6. Liu J. Production planning for semiconductor manufacturing via simulation optimization / J. Liu, C. Li, F. Yang, R. Uzsoy, S. Jain, R. Creasey // Simulation Conference (WSC) - New York: IEEE. - 2011. - P. 256 - 322.
7. Пугнастый О. М. Статистическая теория производственных систем / О. М. Пугнастый. - Харьков: ХНУ, 2007. - 388 с.
8. Armbruster D. Kinetic and fluid model hierarchies for supply chains. / D. Armbruster, D. Marthaler, C. Ringhofer // SIAM Multiscale Model Simul. - 2004. - №1. - P. 43 - 61.
9. Заруба В.Я. Моделирование движения предмета труда по технологическому маршруту в двухкоординатном описании / В.Я. Заруба О.М. Пугнастый, В.Д. Ходусов // Вісник Національного технічного університету „Харківський політехнічний інститут”. Збірник наукових праць. Серія:

- Технічний прогрес та ефективність виробництва. – Харків: НТУ „ХПІ”. - 2015. - № 60 (1169) – С. 39-45.
10. *Анурьев В.И.* Справочник конструктора-машиностроителя. Том 1. / В.И.Анурьев –М.: Машиностроение, 1978. -728 с.
- References (transliterated)**
1. Pihnastyi O. M. Obzor modelej upravljajemyh proizvodstvennyh processov / O. M. Pihnastyi // *Nauchnye vedomosti Belgorodskogo gosudarstvennogo universiteta*. Belgorod: BGU. - 2015. - No 34/1. - P. 137-152.
 2. Schneeweiss C. *Distributed Decision Making* / C. Schneeweiss. – Berlin: Springer-Verlag, 2003. –508 p.
 3. Vollmann T.E. *Manufacturing Planning and Control for Supply Chain Management* / T.E.Vollmann, L.Berry, F.R.Jacobs // New York: McGraw-Hill.–2005. – 520 p.
 4. Vob S. *Introduction to Computational Optimization Models for Production Planning in a Supply Chain* / S. Vob, D. L. Woodruff // Berlin: Springer – Verlag. –2003. – 261p.
 5. Hopp W.J. *Factory Physics: Foundations of Manufacturing Management* / W. J. Hopp, M.L. Spearman. – Boston: Irwin. McGraw-Hill, 2001. – 698 p.
 6. Liu J. Production planning for semiconductor manufacturing via simulation optimization / J.Liu, C.Li, F.Yang, R.Uzsoy, S.Jain, R .Creasey// *Simulation Conference (WSC)* – New York: IEEE. –2011. – P. 256 – 322.
 7. Pipnastyj O.M. *Statisticheskaja teorija proizvodstvennyh sistem* / O. M Pihnastyj. – Harkiv: HNU, 2007. – 388 p.
 8. Armbruster D. Kinetic and fluid model hierarchies for supply chains. / D. Armbruster.,D. Marthaler, C. Ringhofer // *SIAM Multiscale Model Simul.*– 2004. – No 1. – P. 43 – 61.
 9. Zaruba V.Ja. Modelirovanie dvizhenija predmeta truda po tehnologicheskomu marshrutu v dvuhkoordinatnom opisani / V.Ja. Zaruba O.M.Pignastyj, V. D. Hodusov // *Visnik Nacional'nogo tehničnogo universitetu „Harkivs'kij politehničnij institut”. Zbirnik naukovih prac'. Serija: Tehničnij progres ta efektyvnist' virobnictva.* –Harkiv: NTU „HPI”. - 2015. – No 60(1169) –P.39-45.
 10. Anur'ev V.I. *Spravochnik konstruktora-mashinostroitelja*. Tom 1 / V.I.Anur'ev – Moskva: Mashinostroenie, 1978. -728 p.

Поступила (received) 13.04.2016

Бібліографічні описи / Библиографические описания / Bibliographic descriptions

Модельовання руху предмета праці в просторі станів на прикладі технології токарного оброблення / О. М. Пігнастий, В. Я. Заруба, В. Д. Ходусов // Вісник Національного технічного університету „Харківський політехнічний інститут» (економічні науки). – Х.: НТУ „ХПІ”. - 2016. - № 27(1199) - С. 33-37. Бібліогр.: 6 назв. – ISSN 2519-4461

Моделирование движения предмета труда по технологическому маршруту в двухкоординатном описании / О. М. Пигнастый, В. Я. Заруба, В. Д. Ходусов // Вестник Национального технического университета „Харьковский политехнический институт» (экономические науки). – Х.: НТУ „ХПИ”. - 2016. - № 27(1199) - С. 33-37. Библиогр.: 6 назв. – ISSN 2519-4461

Simulation of the motion the subject of labor in the state space. Example of technologies Turning. / О. М. Pihnastyi, V. J. Zaruba, V. D. Khodusov // Bulletin of National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute" (economic sciences). – Kharkiv: NTU "KhPI". - 2016. - № 27(1199) - P. 33-37. Bibliogr.: 6. – ISSN 2519-4461.

Відомості про авторів / Сведения об авторах / About the Authors

Пигнастый Олег Михайлович – доктор технических наук, профессор, Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт», профессор кафедры компьютерного мониторинга и логистики; тел.: (067) 572-50-29; e-mail: pom7@bk.ru.

Pihnastyi Oleh Michalovich – Doctor of Technical Sciences, Professor, National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute", Associate Professor at the Department of computer monitoring and logistics; tel.: (067) 572-50-29; e-mail: pom7@bk.ru

Заруба Виктор Яковлевич – доктор экономических наук, профессор, заведующий кафедрой экономической кибернетики и маркетингового менеджмента, Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт».

Zaruba Viktor Yakovlevich– Doctor of Economic Sciences, Full Professor, head of the Department of Economic Cybernetics and Marketing Management, National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute"

Ходусов Валерий Дмитриевич – доктор физико-математических наук, профессор, заведующий кафедрой высшей математики и теоретической ядерной физики ФТФ ХНУ им. В.Н.Каразина

Khodusov Valery Dmitrievich – Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Full Professor, Head of the Department of Higher Mathematics and Theoretical Nuclear Physics FTF KhNU them. V.N.Karazin