

(1990): 236–239. Print. **15.** Mehta M., Reinhart T. J. and A. H. Soni "Effect of fastener hole drilling anomalies on structural integrity of PMR-15/Gr composite laminateP." *In: Proceedings of the Machining Composite Materials Symposium, ASM Materials Week* (1992): 113–126. Print. **16.** Faraz A. Biermann D. and K. Weinert "Cutting edge rounding: an innovative tool wear criterion in drilling CFRP composite laminateP." *Int. J. Mach. Tools Manuf.* No.49 (2009): 1185–1196. Print. **17.** Davim J. P., Rubio J. C. and A. M. Abrao "A novel approach based on digital image analysis to evaluate the delamination factor after drilling composite laminateP." *CompoP. Sci. Technol.* No.67 (2007): 1939–1945. Print. **18.** Rubio J. C. et al. "Effect of high speed in the drilling of the glass fibre reinforced plastic: Evaluation of the delamination factor." *International Journal of Machine Tools & Manufacture* No.48 (2008.): 715–720. Print. **19.** Davim J. P. and P. Reis "Drilling carbon fiber reinforced plastics manufactured by autoclave – experimental and statistical study." *Mater. DeP.* No.24 (2003): 315–324. Print. **20.** Tsao C. C. and H. Hocheng "Taguchi analysis of delamination associated with various drill bits in drilling of composite material." *Int. J. Mach. Tools Manuf.*No.44 (2004): 1085–1090. Print. **21.** Sardinas R. Q., Reis P. and J. P. Davim "Multi-objective optimization of cutting parameters for drilling laminate composite materials by using genetic algorithmP." *CompoP. Sci. Technol.* No.66 (2006): 3083–3088. Print. **22.** Gaitonde V. N. et al. "Analysis of parametric influence on delamination in high-speed drilling of carbon fiber reinforced plastic compositeP." *J. Mater Process Technol.* No.203 (2008): 431–438. Print. **23.** Khashaba U. A. et al. "Machinability analysis in drilling woven GFR/epoxy composites: part II – effect of drill wear." *Composites: Part A.* No.41 (2010): 1130–1137. Print. **24.** Ho-cheng H. "An analysis of drilling of composite materialP." *PhD thesis, University of California, Berkeley*, 1988. Print. **25.** Lachaud F. et al. "Drilling of composite structure." *Composite structureP.* No.52 (2001): 511–516. Print. **26.** Tsao C. C. and W. C. Chen "Prediction of the location of delamination in the drilling of composite laminateP." *Journal of Materials Processing Technology*–No.70 (1997): 185–189. Print.

Поступила (received) 20.02.2014

УДК 621.002

А. Р. РУЗМЕТОВ, ассистент НТУ «ХПИ»

МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ФУНКЦИЙ ПРИНАДЛЕЖНОСТИ В СИСТЕМЕ ПРОЕКТИРОВАНИЯ МИКРОСТРУКТУРЫ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПЕРЕХОДА

В статье представлена методика решения проблемы оптимизации затрат вспомогательного времени, связанных с машинно-ручной работой в системе многостаночного производственного комплекса полуавтоматического оборудования. Для более детального отображения особенностей проведения операции целесообразно использование микроэлементного синтеза рабочего процесса с помощью управляемых функций принадлежности. Это способствует более точному учету производственных нужд конкретной рабочей ситуации.

Ключевые слова: технологическое оснащение, технологический прием, технологический переход, техническая инструкция, фаза функциональной активизации, лингвистическая переменная.

Введение. Для решения задачи распределения времени обслуживания и обработки между рабочими местами многостаночного комплекса необходимо, как можно более точно, определить затраты времени на каждый технологический

© А.Р. Рuzметов, 2014

переход. Значительную часть рабочего времени механической операции обработки резанием (возле 40%) занимают вспомогательные операции с использованием ручной работы.

Постановка проблемы. Операционный процесс основан на изменении состояний средств технологического обеспечения: элементов оснащения, оборудования, функциональных звеньев исполнителя, и изготавливаемой детали. Для любого средства технологического обеспечения можно выделить группы состояний упорядоченные на основе отношения «функциональная активизация». То есть каждый элемент технологического оснащения предполагает некоторое множество возможных функций для своей реализации.

Материалы исследований. Структурным обеспечением проведения технологических приемов является техническая инструкция, в которой связаны состояния технических систем в достижении технологически значимой цели. Значимость цели подтверждается выполнением необходимой технической функции (группы функций) одного (нескольких) элемента(-ов) оснащения в отношении задействованного(-ных) в приеме другого элемента(-ов) технологического оснащения, оборудования или детали (табл. 1).

Таблица 1 – Структурно-реляционное обеспечение технологических приемов

Технологический прием	Характеристики начального состояния	Характеристики целевого состояния	Изменяемые отношения
Установить деталь в приспособлении	Деталь в зоне установки: 1. ориентировка случайная; 2. сопряжений детали с приспособлением нет	Деталь установлена: 1. ориентирована относительно приспособления ; 2. установочные поверхности детали и приспособления сопряжены	$YR^{ito,id}$, $SM^{ito,id}$ $INC^{ito,id}$
Закрепить деталь в приспособлении	Деталь установлена в приспособлении: 1. Зажимной элемент не на поверхности зажима; 2. Зажимной элемент не передает нагрузку	Деталь зафиксирована: 1. Зажимной элемент на поверхности зажима; 2. Зажимной элемент передает достаточную нагрузку на опорные поверхности детали	$SM^{ito,id}$, $FFF^{its,id}$

Технологический прием, в общем случае, можно определить как процесс, соединяющий начальное и целевое состояния технологического комплекса на уровне использования группы функций технологического оснащения, совместная или последовательная реализация которых, обеспечивает выполнение элементов технологического перехода (отдельно: базирование, закрепление, снятие, подвод, измерение и т.д.).

Наряду с группами упорядоченных действий по функциональной активизации средств реализации технологической операции необходимо принять во внимание и мероприятия организационного характера, связанные

с восстановлением относительного порядка на рабочем месте (например, действия по возвращению инструмента в места постоянного и временного хранения). Наличие этих мероприятий продиктованы необходимым уровнем эргономической рациональности в ходе достижения оптимальных затрат энергии, времени и информационной нагрузки. Как правило, в ходе реализации вспомогательного процесса, комплексы этих действий чередуются с комплексами фаз функциональной активизации применения элементов технологического оснащения. При этом необходимо учесть, что в процессе работы места хранения вспомогательного инструмента мигрируют вслед за местами его применения.

Так, например, гаечный ключ, с соответствующей ему функцией: «Приложить момент к гайке (головке болта, винта) размером 16×18» может быть задействован в нескольких местах приспособления. В связи с чем, у него может быть как минимум 4 места хранения: постоянного – в инструментальном шкафу, промежуточного – на станине станка, или на шкафу возле места установки, оперативного – непосредственно возле места его применения (их может быть более двух). Если рабочий последовательно производит наживление - накручивание – затягивание 2-х и более гаек, то фазовый ряд выглядит примерно так:

На рис. 1 видно как сходятся процессы активизации гайки и гаечного ключа в общей для них фазе «Затянуть гайку». Также видны элементы организационного восстановления, заключающиеся в снятии и перемещении ключа в место оперативного хранения.

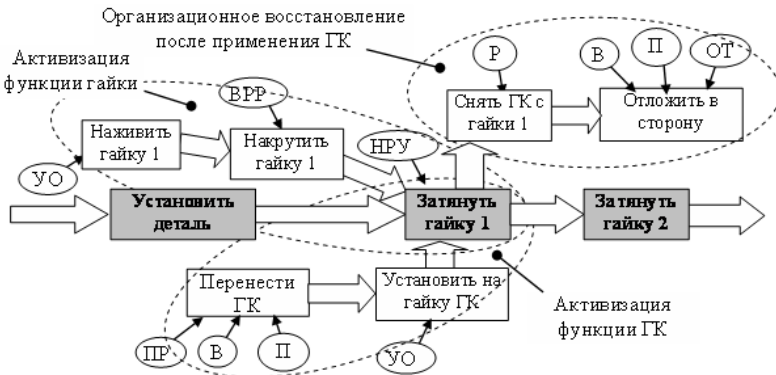


Рис.1 – Взаимодействие рядов фазовых преобразований при активизации элементов оснащения: ГК - «гаечный ключ» и «гайка»:

■ - ключевые элементы приемов: «Установить деталь», «Закрепить»; ○ - микроэлементы-действий: «В» - взять, «П» - переместить в пространстве, «УО» - установить в отверстие; «ВРР» - вращать рукой, «НРУ» - нажать рукой с усилием, «Р» - разъединить, «ОТ» - отпустить

Количественное описание отношений между объектами рабочего места дискретизировано с помощью нечетких переменных, ряды значений к которым были найдены с учетом характера изменений этих отношений и зонами работы исполнителя на рабочем месте (табл. 2). Параметры отношений имеют качественное определение в виде названия одного из значений (терма) лингвистической переменной (Lp_{i3}), где $i3 = 1..n3$, где $n3$ – множество значений лингвистических переменных, определенных на множестве действительных значений базовой переменной (b), согласно значениям степеней принадлежности к соответствующему интервалу численных значений базовой переменной ($\mu(b)_{i3}$):

$$r_{i3}^{io} = (\mu(b)_{i3}, Lp_{i3}^k), \tag{1}$$

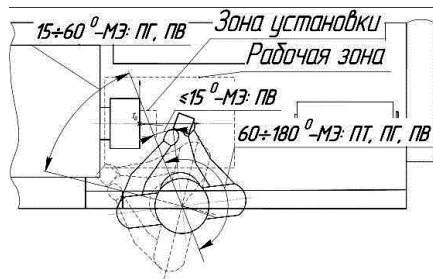


Рис. 2 – Зависимость функциональной сложности от значения параметра отношения как YR

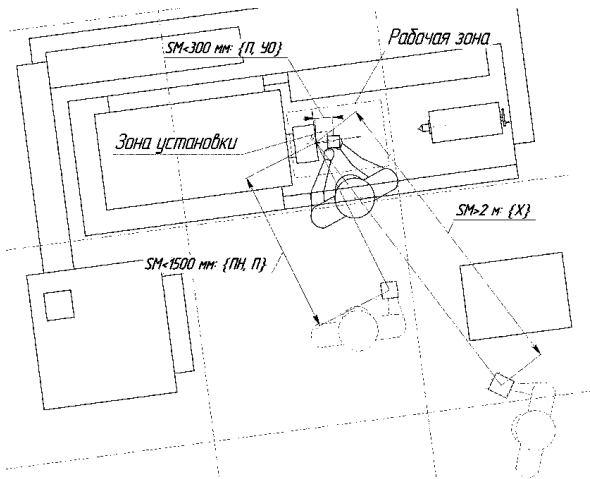


Рис. 3 – Зависимость функциональной сложности вспомогательного процесса от значения параметра отношения SM

Таблица 2 – Фрагмент таблицы соответствия значений лингвистических переменных диапазонам базовых переменных

Лингвистическая переменная	Номер лингвистической переменной			
	1	2	3	4
Ориентирование субъекта относительно оперативной зоны СОТ	Совпадение (нечеткое) $Y < 30^0$ СОТ ₁ (ПТ не обязательно)	В секторе $Y < 90^0$ СОТ ₂ (ПТ)	В секторе $Y < 180^0$ СОТ ₃ (ПН и ПТ)	В секторе $Y < 270^0$ СОТ ₄ (ПН и ПТ и ПН)
Расстояния между субъектом и объектом S^r в горизонтальной плоскости	Непосредственное в расположении: рука в S^r_1 $d < 25$ мм от объекта (ПР).	Оперативная досягаемость: рука в S^r_2 $d < 550$ мм от объекта (ПР).	Рядом: субъект в S^r_3 $d < 1,5$ м от объекта (зоны) (ПН и ПР).	Далеко: субъект в S^r_4 $d < 5$ м от объекта (зоны) (Х и ПР)
Расстояния между субъектом и объектом S^b в вертикальной плоскости	Непосредственное в расположении: рука в S^b_1 $d < 25$ мм от объекта (ПР).	Допустимая досягаемость: рука в S^b_2 $d < 550$ мм от объекта (ПР).	Максимальная досягаемость: рука в S^b_3 $d < 750$ мм от объекта (ПР).	За пределами досягаемости субъекта: в S^b_4 $d < 2$ м от объекта (зоны) (НК(НП) и ПР, с помощью подставки, лестницы.)

Интервалы значений отношений заданы в виде выпуклых нормальных нечетких множеств с кусочно-непрерывной функцией принадлежности, заданных на положительном подмножестве действительных чисел. Обобщенная формула расчета функций принадлежности:

$$\mu_{i3}^{io}(b_{i3}) = \left[1 + \left(\frac{b_{i3} - (xint_{i3}^{io} + \Delta int_{i3}^{io})}{Lint_{i3}^{io} - (-1)^{jint} \cdot \Delta int_{i3}^{io}} \right)^{(zP_{i3}^{io})_{jint}} \cdot e^{(z\mu_{i3}^{io})_{jint}} \right]^{-1}, \quad (2)$$

где b_{i3} - значение параметра базовой переменной;

$xint_{i3}^{io}$ - расположение ядра $i3$ -го подинтервала ($i3 = \overline{1, n3}$) рассматриваемого io -го отношения, совпадающее с его областью целевого значения изменяемого параметра: для микроэлементов ориентирования:

$$xint_{i3}^{io} = \frac{(b_{i3}^k + b_{i3}^0)}{2}; \quad (3)$$

$Lint_{i3}^{io}$ - длина подинтервала рассматриваемого io -го отношения:

$$Lint_{i3}^{io} = \frac{|b_{i3}^k - b_{i3}^0|}{2}, \quad (4)$$

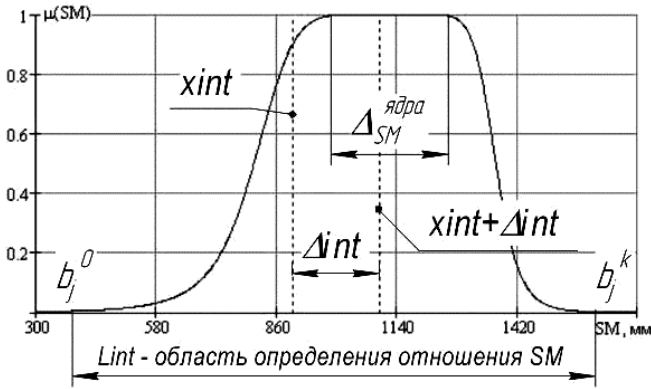


Рис. 4 – Сечение функции принадлежности, соответствующее терму Lp_2^{SM} лингвистического значения переменной SM ; b_{i3}^k , b_{i3}^0 – начальная и конечная границы $i3$ -го подинтервала изменений параметра отношения соответственно; Δint_{i3}^{io} – смещение расположения ядра io -го отношения на $i3$ -ем интервале;

$\left(zp_{i3}^{io}\right)_{jint}$ – элемент матрицы, характеризующей толерантность $i3$ -го подинтервала относительно определенных на нем микроэлементов вспомогательного процесса, пропорционален величине Δkl_{i3}^{io}

$\left(2 \leq \left(zp_{i3}^{io}\right)_{jint} \leq 30\right)$; $\left(zu_{i3}^{io}\right)_{jint}$ – характеристика четкости границ степени принадлежности $\left(1 \leq \left(zu_{i3}^{io}\right)_{jint} \leq 12\right)$.

Спецификой микроэлементов технологической операции, реализуемой исполнителем является обеспечение механических преобразований, для которых важен непосредственный контакт между функциональными элементами и объектами воздействия. Поэтому ось симметрии функции принадлежности должна быть смещена в сторону минимума диапазона базовой переменной для пространственных отношений ("SM", "YR").

$$\Delta int_{i3}^{io} = -\frac{Lint_1^{io}}{2(b_{i3}^k - b_{i3}^0)} \cdot Lint_{i3}^{io}. \quad (5)$$

Для изменения параметров отношений силового поля ("FF") важна определенность в выборе свойств оснащения, которые связаны с средствами реализации микроэлементов технологической операции. При реализации микроэлементов ("Ī Ī È", "Ī Ī Ī ") важна более точная дифференциация в середине диапазона: $6 \leq b^{FF}, \hat{e}\hat{c}\hat{n} \leq 12$, а при реализации микроэлементов ("Ī Ī Ī", "ĀĀĪ ") - в области максимума интервала базовой переменной: $12 \leq b^{FF}, \hat{e}\hat{c}\hat{n}$.

$$\Delta int_{i3}^{io} = \begin{cases} \frac{Lint_3^{io}}{2(b_{i3}^k - b_3^0)} \cdot Lint_{i3}^{io}, & \text{if } i3 \leq 4 \\ \frac{Lint_6^{io}}{2(b_{i3}^k - b_6^0)} \cdot Lint_{i3}^{io}, & \text{if } 4 < i3 \end{cases} \quad (6)$$

При регламентации отношений структурного характера, таких как: степень свободы объекта ("DDF", "INC"), состояние подсистем технологического комплекса ("SSH", "CS"), важно достижение точного соответствия терму лингвистической переменной, поэтому смещения показателя Δint_{i3}^{io} от оси симметрии быть не должно - $\Delta int_{i3}^{io} = 0$

Параметр, характеризующий величину ядра функции принадлежности Δkl_{i3}^{io} , связан с величиной показателя степени $(zp_{i3}^{io})_{jint}$ и зависит от уровня микроэлементной заполненности интервала. Чем больше микроэлементов может быть задействовано в его пределах, тем меньше должен быть размер ядра функции принадлежности. То есть величина ядра влияет на уровень дифференциации выбора микроэлемента.

$$(zp_{i3}^{io})_{jint} = 2 \cdot \text{ceil} \left(\frac{N_{Me_{i3}^{io}}}{N_{Me_{i3}^{io}}^{\max}} \right), \quad (7)$$

где $N_{Me_{i3}^{io}}$ и $N_{Me_{i3}^{io}}^{\max}$ - количества микроэлементов задействованных на данном интервале заданного отношения и максимальное количество микроэлементов, задействованных на одном из интервалов базовой переменной данного отношения.

Показатель степени $(zu_{i3}^{io})_{jint}$, характеризующий четкость границ функции принадлежности, изменяется в зависимости от необходимости ужесточения дифференциации в окрестностях некоторой границы (как правило цели реализации микроэлемента). При помощи $(zu_{i3}^{io})_{jint}$ в

комбинации с $(zP_{i3}^{io})_{jint}$ можно относительно четко определять, соответствующую лингвистической переменной, некоторую достаточно малую область значений базовой переменной. Условия реализации конкретного микроэлемента, соответствующих заданному терму лингвистической переменной, определены свойствами и состоянием функциональных элементов рабочего места, регламентируемых группой термов. Поэтому показатель четкости границ степени принадлежности пропорционален совокупности термов базовых переменных группы характеристик условий реализации:

$$(zu_{i3}^{io})_{jint} = \frac{1}{n^{\bar{a}\bar{b}}} \sum_{i^{\bar{a}\bar{b}}=1}^{n^{\bar{a}\bar{b}}} \mu \left((b_{i^{\bar{a}\bar{b}}}^{io})_{i3} \right)^k \frac{(b_{i^{\bar{a}\bar{b}}}^{io})_{i3}^k}{\Delta (b_{i^{\bar{a}\bar{b}}}^{io})_{i3}}, \quad (8)$$

где $n^{\bar{a}\bar{b}}$ - количество термов свойств функциональных элементов в группе;

$\mu (b_{i^{\bar{a}\bar{b}}}^{io})$ - функция принадлежности $i^{\bar{a}\bar{b}}$ -го свойства определенному интервалу базовой переменной $b_{i^{\bar{a}\bar{b}}}^{io}$;

$(b_{i^{\bar{a}\bar{b}}}^{io})_{i3}^k$ - базовая переменная группы по io -му отношению, соответствующая концу интервала;

$\Delta (b_{i^{\bar{a}\bar{b}}}^{io})_{i3}$ - длина $i3$ -го интервала группы.

Подобная структура связи лингвистических переменных с базовыми численными значениями отношений позволяет управлять синтезом микроструктуры рабочего процесса, что способствует более точному учету производственные потребности конкретной рабочей ситуации.

Выводы. Таким образом создана кусочно-непрерывная функция принадлежности базовой переменной отношений, регламентирующих применение определенных технологических микроэлементов-действия, которая позволяет учесть обеспечение механических преобразований, состояние подсистем технологического комплекса, определенность в выборе свойств оснащения и цели реализации микроэлемента.

Список литературы: 1. Тимофеев Ю.В. Аналитический подход к оценке временных характеристик рабочего места станочника. / Тимофеев Ю.В., Шелковой А.Н., Рuzметов А.Р., Концур С.А. // Високи технології в машинобудуванні: моделювання, оптимізація, діагностика: Збірник наукових праць НТУ «ХПІ». Вип. 1(5) – Харків, 2002 р. – С. 370 – 376. 2. Рuzметов А.Р. Определение оптимально потенциальной микроструктуры технологических переходов. С. 44–49 // Вісник Національного технічного університету "Харківський політехнічний інститут". Збірник наукових праць. Тематичний випуск: Технології в машинобудуванні. – Харків: НТУ «ХПІ». – 2007. - №1. – С.140 - 144. 3. Шелковой А.Н., Приходько О.Ю., Рuzметов А.Р. Методика адаптации типового вспомогательного технологического перехода к условиям рабочей среды. // Вісник Національного технічного університету "Харківський політехнічний інститут". Збірник наукових

праць. Тематичний випуск: Технології в машинобудуванні. – Харків: НТУ «ХПІ». – 2008. - №4. – С. 156 - 160. **4. Шелковой А.Н., Приходько О.Ю., Рuzmetov A.P.** Методика адаптации типового вспомогательного технологического перехода к условиям рабочей среды. // Вісник Національного технічного університету "Харківський політехнічний інститут". Збірник наукових праць. Тематичний випуск: Технології в машинобудуванні. – Харків: НТУ «ХПІ». – 2008. - №4. – С. 156 - 160. **5. Должиков В.П.** Разработка технологических процессов механо- обработки в мелкосерийном производстве: Учебное пособие. – Томск: Изд-во ТПУ, 2003. – 324 с.

Bibliography (transliterated): **1. Timofiev Y.V., Ruzmetov AR, Kotsur SA** The analytical approach to the evaluation of the temporal characteristics of the workplace machinist. Visoki tehnologii in mashinobuduvanni: modelyuvannya, optimizatsiya, diagnostika: Zbirnik Naukova Pracuj NTU "KhPI." Vip. 1 (5) - Kharkiv, 2002 p. - P. 370 - 376. **2. Ruzmetov AR** Determination of the optimal potential of microstructure technology transition. P. 44-49 // News Natsionalno tehnichno universitetu "Harkivsky politehniczny institut." Zbirnik Naukova Pracuj. Temachnost vipusk: Tehnologii in mashinobuduvanni. - Kharkiv: NTU "KhPI" .- 2007. - No1. - P.140 - 144. **3. Silk AN, Prikhodko OY, Ruzmetov AR** Methods of adapting the model auxiliary process of transition to work environmentP. News Natsionalno tehnichno universitetu "Harkivsky politehniczny institut." Zbirnik Naukova Pracuj. Temachnost vipusk: Tehnologii in mashinobuduvanni. - Kharkiv: NTU "KhPI" .- 2008. - No4. - P. 156 - 160. **4. Silk A.N. , Prikhodko O.Y., Ruzmetov A.R.** Methods of adapting the model auxiliary process of transition to work environmentP. News Natsionalno tehnichno universitetu "Harkivsky politehniczny institut." Zbirnik Naukova Pracuj. Temachnost vipusk: Tehnologii in mashinobuduvanni. - Kharkiv: NTU "KhPI" .- 2008. - No4. - P. 156 - 160. **5. Dolzhikov VP** Development of technological processes of mechanochemical treatment in small-scale production: Textbook. - Tomsk: Izd TPU, 2003. - 324 p.

Поступила (received) 20.10.2014

УДК 621.86

О. В. ГРИГОРОВ, д-р техн. наук, проф. НТУ «ХПИ»;
О. В. СТЕПОЧКИНА, асп. НТУ «ХПИ»

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ МОСТОВОГО КРАНА С ПЕРЕКОСОМ

В статье рассматриваются особенности программы, предназначенной для исследовательских и инженерных расчетов, объектом которых является кран мостового типа, движущийся с забеганием одной из опор. Обосновывается важность учета параметров приводов механизма передвижения. Предложен подход, позволяющий задавать и контролировать основные параметры элементов привода. Особое внимание уделено обеспечению возможности быстрого перезадаания кинематической схемы в среде MS Excel.

Ключевые слова: перекося крана, краны мостового типа, механизм, математическая модель, MS Excel, кинематическая схема, структура данных.

Постановка проблемы. Движение крана сопровождается поворотами и деформациями конструкции в горизонтальной плоскости. При этом имеет место сложное взаимодействие элементов приводов и металлоконструкции. Также важны процессы, происходящие в зоне контакта колес с рельсами.

© О.В. Григоров, О.В. Степочкина