

Проведено экспериментальное исследование энергосиловых параметров процесса вытягивания деталей с низкоуглеродных сталей на кривошипных прессах с использованием полимерных масел, которые изготовлялись на месте. Проведено исследование топографии поверхности инструментов, которые работают в разных масляных средах с использованием новых средств исследования поверхностей трения, при этом выявлены вторичные структуры, которые создаются на фрикционном контакте.

V. Kovalenko, V. Pukalov, V. Khioni

Experimental determination of energosilovikh parameters of process of drawing out of details from niz'kovuglecevikh staley with the use of polymeric butters.

Experimental research of energosilovikh parameters of process of drawing out of details is Conducted from niz'kovuglecevikh staley on crank-type presses with the use of polymeric butters, which was made in place..Provedene research of topography is surfaces of instruments, which work in different lubricating environments with the use of the newest facilities of research of surfaces of friction, at c'mu found out the second structures which are created on a friction contact.

Одержано 12.04.10

УДК 519.856

В.В. Баранов, д-р техн. наук

Центр исследований устойчивости и нелинейной динамики при институте машиноведения Российской академии наук им. А. Благонравова, г. Москва, Россия

А.П. Кравченко, д-р техн. наук, Е.А. Кравченко, асп.

Восточнoукраинский национальный университет им. В. Даля, г. Луганск, Украина

Методология решения задач повышения эффективности транспортных систем применением методов теории принятия решений

Рассматривается проблема управления эффективностью транспортных систем в эксплуатации на основе моделей и методов принятия решений.

транспортные системы, повышение эффективности, принятие решений

Введение. Транспорт как крупная и непрерывно действующая динамическая система является связующим звеном процесса расширенного воспроизводства и занимает особое место в экономическом развитии государства. Однако за весь эксплуатационный цикл затраты на производство, техническое обслуживание и ремонт превышают стоимость новой машины в несколько раз. Причиной этого являются процессы изнашивания деталей и деградации агрегатов и систем, что приводит к отказам и катастрофам, моменты которых случайны. Найти действенные рычаги повышения эффективности и безопасности работы транспортных средств является важной и актуальной задачей в экономии трудовых и материальных ресурсов [1]. Это порождает необходимость периодического выполнения специальных мероприятий в поиске совершенных систем по предотвращению отказов и катастроф. Их содержание предполагает мониторинг состояния, диагностику ситуаций работоспособности, выполнение воздействий по восстановлению работоспособности и

обеспечению безопасности, и выбору режимов использования транспортных средств [2, 3]. Отсюда возникает проблема принятия решений по выбору управляющих действий, ориентированных на предотвращение катастроф и достижение "наибольшей" эффективности системы. Процесс принятия решений - это выбор варианта решения из нескольких возможных. Он складывается из характерных этапов и носит как итеративный характер. При принятии решений используются определенные методы, которые классифицируются по нескольким признакам. В зависимости от ситуации, в которой принимаются решения, они подразделяются на стандартные и нестандартные.

Постановка задачи. Стандартные решения принимаются в часто повторяющихся производственных ситуациях. Знание и использование стандартных правил свидетельствуют о высокой квалификации инженерно-управленческого персонала. Это, во-первых, сокращает время на принятие решения, разработку и реализацию соответствующих мероприятий; во-вторых, уменьшает вероятность принятия ошибочных решений; в-третьих, у специалиста высвобождается время для принятия решений в новых или сложных производственных и рыночных ситуациях, требующих сбора информации, ее анализа, расчетов, объединяемых понятием "исследование операций". Это так называемые нестандартные решения. Такая проблема обозначается термином "превентивная безопасность" [4, 5, 6].

Особенность проблемы состоит в том, что требования безопасности не могут рассматриваться в качестве цели. Действительно, если в качестве цели рассматривать требование обеспечения безопасности, то способ достижения такой цели очевиден и состоит в отключении системы от процесса перевозок. Но при этом эффективность использования системы будет «нулевой». Отсюда следует, что проблема управления безопасностью должна рассматриваться в контексте интересов, связанных с использованием системы. С формальной стороны это требует введения класса систем, в которых мотивация поведения определяется интересами. Такие системы называются "мотивированными интересами".

Типичным примером подобных систем является транспортное средство, рассматриваемое в процессе эксплуатации. При этом оно обладает той дополнительной особенностью, что является сложной системой в том смысле, что состоит из набора подсистем, каждая из которых имеет свой индивидуальный ресурс работоспособности и надежности. Если каждую такую систему рассматривать изолированно с точки зрения интересов единственного субъекта, то такая подсистема является унитарной. Но в совокупности такие подсистемы объединены в единую систему, которая используется для реализации интересов для некоторого субъекта, которые являются доминирующими для подсистем. В этих условиях транспортное средство является корпоративной системой. Эти условия порождают достаточно сложную проблему динамического принятия решений, требующую адекватной методологии формализации и конструктивных методов. Требуемая методология вначале развивается для унитарных систем [7, 8, 9].

Метод решения задачи. Унитарная система рассматривается в виде целостного объекта, используемого для реализации интересов единственного субъекта. Предполагается, что динамика унитарной системы определяется эволюцией ее внутренних состояний. Методология формализации проблемы основывается на следующих предположениях и аксиомах:

– **предположение 1.** Объект является деградирующим. Динамика его состояний описывается марковским процессом с непрерывным временем и поглощающим состоянием. В момент попадания в поглощающее состояние траектории процесса обрываются. Моменты обрыва являются моментами отказа либо катастрофы системы;

– **предположение 2.** Задано множество альтернативных управляющих воздействий U , ориентированных на управление эволюцией объекта путем непосредственного изменения его состояний;

– **предположение 3.** На множестве состояний S существуют отношения эквивалентности. Однако задана лишь шкала $X = \{x_1, \dots, x_n\}$ наименований классов

эквивалентности, которая упорядочена в соответствии с направленностью эволюции состояний.

Из последнего предположения следует, что разбиение множества состояний на классы эквивалентности не задано и требует построения:

1) *определение 1.* Наименования $x \in X$ классов эквивалентности называются ситуациями;

2) *определение 2.* Указание принадлежности состояния $s \in S$ классу эквивалентности, наименование которого определяется ситуацией $x \in X$, называется диагностикой ситуации. Правило диагностики определяется гомоморфизмом $\langle S, < \rangle \rightarrow \langle X, R \rangle$, где $(<)$ – отношение порядка на S , R – отношение порядка на X ;

– **предположение 4.** Диагностика ситуаций выполняется в дискретные моменты времени с шагом времени $\Delta \in T$;

– **предположение 5.** Для каждой ситуации $x \in X$ задано множество управляющих альтернатив $Y_x \subset Y$ для применения в состояниях из соответствующего класса эквивалентности:

Аксиома 1. Управляющие альтернативы $y \in Y$ выбираются в зависимости от ситуаций $x \in X$. Применение управляющих альтернатив $y \in Y$ порождает управляемый марковский процесс дискретным временем;

– **предположение 6.** Задано множество структурных альтернатив $G = T \times \Theta$, где T – множество допустимых значений шага принятия решений и Θ множество структурных вариантов системы. Альтернативы $g \in G$ ориентированы на управление эволюцией объекта путем изменения параметров переходной функции процесса;

Предположение 7. Переходная функция управляемого процесса зависит от управляющей альтернативы $y \in Y$, как от условия, и структурной альтернативы $g \in G$, так от параметра. Она обозначается $q^g(S|S \times Y)$:

Аксиома 2. Структурные альтернативы выбираются из множества G независимо от состояний и ситуаций в качестве параметра;

Аксиома 3. Интересы субъекта многоаспектны и состоят из трех аспектов: управления, диагностики и структурного выбора. Эти аспекты определенным способом зависимы, но не противоположны;

– **предположение 8.** На множестве управляющих альтернатив Y задана априорная функция полезности $w^g(Y|S \times X)$, зависящая от ситуаций $x \in X$ и состояний $s \in S$, как от условий, и от структурных альтернатив $g \in G$, так от параметра. Она задает предпочтения на управляющих альтернативах $y \in Y$ в соответствии с условием:

$$w^g(y' | s, x) > w^g(y | s, x) \Rightarrow y' > y, \text{ где } y', y \in Y, x \in X, s \in S_x.$$

Результаты диагностики могут оказаться "выгодными" либо "не выгодными" с точки зрения реализации интересов. Но из априорных соображений оценить "выгодность" либо "невыгодность" диагностики ситуаций не представляется возможным. Тем не менее, поскольку задана функция полезности $w^g(S \times X \times Y)$, то можно ввести априорную оценку "сожалений" по поводу возможных потерь полезности при выборе ситуации $x \in X$ в заданном состоянии $s \in S$ и при заданной альтернативе $y \in Y$. Такая оценка описывается функцией вида:

$$r^g(s, x, y) = | w^g(s, x, y) - \max_{y \in Y_x} \max_{x \in X_s} w^g(s, x, y) |, (s, x, y) \in S \times X \times Y.$$

Набор перечисленных объектов образует базу информации I для принятия решений.

В соответствии с аксиомой 3 формализация проблемы требует введения трех стратегий: структурного выбора, управления ситуациями и диагностики ситуаций. Они определяются следующими конструкциями:

– *стратегия мониторинга и структурного выбора:* последовательность

$$\{g_1^n = (g_n \dots g_1), g \in G; n = 1, 2, \dots\};$$

– *решающая функция управления*: однозначное отображение π
 $X \rightarrow Y, \pi(x) \in Y_x, x \in X;$

– *стратегия управления*: последовательность

$$\{\pi_1^n = (\pi_n, \dots, \pi_1), n = 1, 2, \dots\}.$$

– *решающая функция диагностики*: гомоморфизм

$$\delta: \langle S, R \rangle \rightarrow \langle X, R \rangle;$$

– *стратегия диагностики*: последовательность

$$\{\delta_1^n = (\delta_n, \dots, \delta_1), n = 1, 2, \dots\}.$$

Тройка стратегий $\langle \{\pi_1^n\}, \{\delta_1^n\}, \{g_1^n\} \rangle$ – политика управляющих решений.

Критерии качества:

– *качество стратегии управления* π_1^n описывается средней полезностью вида:

$$\varphi_n(\pi_1^n | g_1^n, \delta_1^n)(s) = \frac{1}{n} M_s^{(g_1^n | s_1^n, \delta_1^n)} \sum_{t=0}^{n-1} W^{g_{n-t}}(s_t, \delta_{n-t}(s_t), \pi_{n-t}(\delta_{n-t}(s_t))), s \in S,$$

где $W^{g_{n-t}}$ – функция полезности, заданная в базе I , а математическое ожидание берется по вероятностной мере на траекториях;

– *качество стратегии мониторинга и структурного выбора* g_1^n описывается ожидаемой средней полезностью вида:

$$\mu_n(\pi_1^n | g_1^n, \delta_1^n) = \int_S \varphi_n(\pi_1^n | g_1^n, \delta_1^n)(s) \beta_n(ds),$$

где $\beta_n(ds)$ – вероятностная мера на множестве S в моменты $n = 1, 2$.

– *качество стратегии диагностики* δ_1^n описывается средним риском вида:

$$\psi_n(\delta_1^n | g_1^n, \pi_1^n)(s) = \frac{1}{n} M_s^{(g_1^n | s_1^n, \pi_1^n)} \sum_{t=0}^{n-1} r^{g_{n-t}}(s_t, \delta_{n-t}(s_t), \pi_{n-t}(\delta_{n-t}(s_t))), s \in S,$$

где $r^{g_{n-t}}$ – функция сожалений, заданная в базе I .

Постановка задачи:

Политика принятия решений $\langle \pi_1^n, \delta_1^n, g_1^n \rangle$ удовлетворяющая условиям:

$$\begin{cases} \varphi_n(\pi_1^n | g_1^n, \delta_1^n)(s) \geq \varphi_n(\pi_1^n | g_1^n, \delta_1^n)(s), s \in S, \forall \pi_1^n, n = 1, 2, \dots, \\ \mu_n(g_1^n | \pi_1^n, \delta_1^n) \geq \mu_n(g_1^n | \pi_1^n, \delta_1^n) \forall g_1^n, n = 1, 2, \dots, \\ \psi_n(\delta_1^n | \pi_1^n, g_1^n)(s) \leq \psi_n(\delta_1^n | \pi_1^n, g_1^n)(s), s \in S, \forall \delta_1^n, n = 1, 2, \dots, \end{cases} \quad (1)$$

называется в смысле Нэша равновесной.

Равновесная политика определяет "наилучшее" решение проблемы превентивной безопасности и эффективности в том смысле, что она обеспечивает достижение устойчивых динамических компромиссов по критериям стратегической полезности и стратегического риска на неограниченном горизонте использования системы.

Задача состоит в отыскании равновесной политики управляющих решений. Сформулированная задача определяет лишь общую постановку задачи. Для ее практического решения требуется задание базы принятия решений I в явном виде. Ее задание составляет второй этап решения проблемы. Он состоит в построении в явном виде переходной функции $q^g(S|S \times Y)$ и функции полезности $w^g(S \times X \times Y)$.

Модель переходной функции $q^g(S|S \times Y)$ строится в предположении, что множество состояний S является единичным отрезком $S = [0,1] \subset R^1$ и процесс деградации описывается марковским процессом с монотонными, обрывающимися траекториями. Обрыв траектории происходит в случайный момент времени и отвечает попаданию в поглощающее состояние.

В этих предположениях получена в явном виде переходная функция $q^{(\mu, \lambda)}(t, \Gamma | s), \Gamma = (a, b) \subset S$ процесса деградации, которая зависит от двух параметров: скорости износа

$\mu > 0$ и интенсивности отказов $\lambda > 0$ [10, 11].

С использованием этих параметров построена функция полезности, определяемая разностью между "доходом" от использования объекта с альтернативой использования $u \in U$, и "расходами" на применение альтернатив безопасности $v \in V$ и структурной альтернативы $\theta \in \Theta$ при условии отсутствия отказа (т.е. $s < 1$). Если же имеет место отказ (т.е. $s = 1$), то в состав расходов включается также ущерб средней величиной $\chi > 0$.

В рассматриваемых условиях построены методы вычисления равновесной политики управляющих решений в соответствии с постановкой задачи (1), которая сформулирована для унитарных систем.

Однако реальные системы являются сложными и состоят из набора подсистем, каждая из которых имеет свои индивидуальные интересы. При этом для подсистем существуют общие доминирующие интересы, объединяющие набор подсистем в целостную систему. Подобные системы называются корпоративными. В этих условиях возникает уже существенно более сложная проблема корпоративного принятия решений. Ее решение требует построения устойчивых компромиссов в каждый момент принятия решений на неограниченном горизонте времени.

Вывод. Представленный методологией учет условий принятия решений, обеспечивает богатые конструктивные возможности описания и решения практических транспортных задач.

Список литературы

1. Баранов В.В., Гогайзель А.В., Дьяченко Г.В., Кравченко А.П., Малык В.Р. Проблемы комплексного повышения ресурса и надежности автотехники на основе технологического обеспечения // Всесоюзная научно-техническая конференция «Технологическое обеспечение ресурса и надежности машин» // Тезисы докладов, г. Воронеж, 1 – 3 окт. 1980. – М.: КМС КСНТО, 1980. – С. 12 – 16.
2. Кравченко О.П., Гогайзель А.В., Малик В.Р. Методи інтенсивного забезпечення працездатності автомобільних причіпів // Навчальний посібник. – Київ: УМК МО, 1990. – 116 с.
3. Баранов В.В., Кравченко А.П., Горбунов Н.И., Кравченко Е.А. Повышение эффективности и безопасности транспортных средств применением методов принятия решений // Матер. междунар. науч.-практ. конф. «Проблемы горного дела и экологии горного производства», 6 – 7 июня 2008 г., г. Антрацит. – Донецк: Изд - во Норд-Пресс, 2008. – С. 143 – 147.
4. Баранов В.В. Процессы принятия решений, мотивированных интересами. - М.: Физматлит, 2005. – 296 с.
5. Матросов В.М., Баранов В.В. Модель и методы принятия управляющих решений в проблеме превентивной безопасности // Проблемы управления. 2006. №5. – С. 2 – 11.
6. Баранов В.В., Кравченко А.П. Модели и методы принятия решений в проблеме диагностики, эффективности и безопасности автомобильного транспорта // Вісник Східноукраїнського національного університету ім. В. Даля. Частина 2. – Луганськ: СНУ ім. В. Даля, 2008. – С. 45 - 48 с.
7. Баранов В.В., Матросов В.М. Модель динамики в задачах управления деградирующими системами // Проблемы управления. 2007. №4. – С. 2 – 7.
8. Баранов В.В., Матросов В.М. Модели полезности и риска в задачах управления деградирующими системами // Проблемы управления. 2007. №5. – С. 5 – 20.
9. Баранов В. В. О проблеме и методах корпоративного выбора. // Изв. РАН. Теория и системы управления. 2006. №2. – С. 103 – 116.
10. Кравченко А.П. Развитие теории обеспечения эксплуатационной надежности автопоездов // Вестник Красноярского государственного технического университета. Вып. 39. транспорт. – Красноярск: ИПЦ КГТУ, 2005. – С. 606 – 615.
11. Бажинов А.В., Кравченко А.П. Надежность автомобильных поездов / Монография. – Луганск: Изд – во «Ноулидж», 2009. – 412 с.

В. Баранов, А. Кравченко, Е. Кравченко

Методологія рішення задач підвищення ефективності транспортних систем застосуванням методів теорії прийняття рішення

Розглядається проблема управління ефективністю транспортних систем в експлуатації на основі моделей і методів прийняття рішень.

V. Baranov, A. Kravchenko, E. Kravchenko

Methodology of problems solution oneffectiveness increase of transport sestems using the methods of decision making theory

The paper deals with the problem of efficiency and safety of transport systems operation on the basis of models and methods of decision making.

Одержано 05.11.09

УДК.621.791.92

**І.Ф. Василенко, доц., канд. техн. наук, І.В. Шепеленко, доц., канд. техн. наук,
М.В. Красота, доц., канд. техн. наук**
Кіровоградський національний технічний університет

Проектування складу композиційного покриття в умовах абразивного зношування

В статті наведено результати теоретичних досліджень, які дають можливість вибирати склад композиційних покриттів для умов абразивного зношування.

композиційне покриття, абразивна частинка, зношування, матриця, наповнювач

Вирішальним фактором довговічності деталей сільськогосподарських машин, які в процесі експлуатації взаємодіють з абразивом, є їхня абразивна стійкість. Процес абразивного зношування може мати місце у випадку, коли напруження, створене абразивною частинкою перевищує границю міцності досліджуваної поверхні. Це відбувається тоді, коли частинка діє на робочу поверхню деталі без ковзання. При ковзанні абразивна частинка переміщуючись по поверхні здійснює сумісну дію нормальних і тангенціальних сил, що значно ускладнює умови виникнення пластичної деформації й руйнування поверхні.

Найбільш інтенсивним є зношування деталей при терті з закріпленими абразивними частинками. Процес зношування у цьому випадку супроводжується як пружними, так і пластичними деформаціями з наступним зрізанням і сколюванням мікрооб'єктів композиційного покриття (КП). Чим вище опір матеріалу на відрив або зрізування, тим більше підвищується опір абразивному руйнуванню.

Вважається [1, 2], що при абразивному зношуванні композиційних матеріалів питомі контактні навантаження сприймаються в основному частинками зміцнюючої фази, а матрична складова служить демпфіруючим матеріалом для передачі навантаження, є зв'язуючим компонентом, що забезпечує цілісність і щільність покриття, а також надійне зчеплення з основою деталі.

Оскільки композиційний матеріал не є гомогенним, то його властивості чутливі не лише до властивостей компонентів, а й до їх геометрії та співвідношень за складом.

Як показано в роботі [1] стійкість композиційного покриття в умовах абразивного зношування залежить від діаметра наповнювача, відстані між частинками та їх об'ємного вмісту.

При теоретичному обґрунтуванні працездатності КП розглянемо гетерогенний матеріал як єдине ціле, але при цьому необхідно враховувати наявність складових, що мають різну пружність, пластичність та інші фізико-механічні і теплофізичні характеристики.