

СИСТЕМНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

УДК 621.002.621.787.4.855

З.А. Нифтиева

ОБ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПОВЕРХНОСТНОГО ПЛАСТИЧЕСКОГО ДЕФОРМИРОВАНИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ СТАЛЕЙ

Для повышения несущей способности деталей машин и конструкций и снижения их металлоемкости широко применяются методы поверхностного пластического деформирования (ППД), позволяющие регулировать свойства поверхностного слоя.

Особенно методы ППД эффективны в тех случаях, когда определяющим несущую способность деталей в процессе эксплуатации является качество поверхностного слоя.

Основными методами финишной обработки деталей ППД являются обкатывание шаром, обкатывание роликом и алмазное выглаживание. Упрочнение и чистота поверхности детали при обкатывании и выглаживании зависят от параметров процесса. Правильно выбранные режимы обеспечивают высокие механические и эксплуатационные свойства и, наоборот неудачный выбор даже одного из параметров, например давления, может вызвать частичное разрушение поверхности и понизить долговечность детали.

Проведенными в нашей республике и за рубежом исследованиями [1-12] показана возможность заметного повышения обкатыванием и алмазным выглаживанием работоспособности деталей, изготовленных из различных марок сталей.

В процессе обкатывания и алмазного выглаживания происходит трансформация микронеровностей: образуются микронеровности с большими радиусами закругления и меньшим углом профиля; их высота снижается в несколько раз, достигая минимального значения. Снижение микронеровностей и изменение их формы значительно увеличивают относительную опорную длину профиля, являющаяся одним из критериев шероховатости поверхности и характеризующаяся контактную жесткость и контактную выносливость. Установлено [13], что шероховатость стальных деталей автомобиля после алмазного выглаживания уменьшается в 4-8 раз. В

результате внедрения алмазного выглаживания на Ижевском машиностроительном заводе достигнуто уменьшение шероховатости деталей мотоцикла в 4 раза [14]. По данным [15-16] шероховатость поверхности двух групп образцов после выглаживания достигла 0,11 и 0,20 мкм при исходной шероховатости соответственно 0,65 и 0,90 мкм.

Остаточные напряжения, образующиеся в поверхностном слое после ППД, оказывают определяющее влияние на их несущую способность.

ППД, в частности, алмазное выглаживание является эффективным средством повышения усталостной прочности, контактной выносливости и коррозионно-усталостной прочности деталей машин.

Проведенный литературный анализ показывает, что алмазное выглаживание и обкатывание шаром перед другими видами ППД имеют некоторые преимущества. Операции просты, не трудоемки, и не требуют специального оборудования, осуществляются, в основном, на обычных универсальных станках. Технологические затраты на операции обкатывания и выглаживания невелики. Это связано с тем, что для их выполнения не требуется дорогостоящего оборудования. На более точном оборудовании можно выглаживать и обкатывать поверхность с большей скоростью и, следовательно, с более высокой производительностью. Поверхность, обработанная выглаживанием, свободно от абразива. Операцию выглаживания часто можно совмещать с предыдущей операцией. В отличие от других видов ППД, например, обкатки шариками и роликами, при выглаживании усилие в несколько раз меньше благодаря малой величине радиуса выглаживающего инструмента и колеблется в пределах от 50 до 300 Н. При этом поверхность контакта инструмента с деталью оказывается незначительной. Это обуславливает создание высоких давлений, необходимых для пластической деформации при небольших нормальных силах.

Таким образом, в результате анализа установлено, что весьма эффективными и перспективными способами повышения усталостной прочности, контактной выносливости, коррозионной стойкости и износостойкости деталей из различных сталей и сплавов являются обкатывание шаром и алмазное выглаживание. Степень изменения

эксплуатационных свойств деталей, обработанных указанными способами, колеблется в довольно широком интервале и во многом зависит от материала, исходного состояния поверхностных слоев, свойств, состава и структуры обрабатываемой детали. Поэтому в каждом конкретном случае для разработки оптимальной технологии деталей ППД необходимо провести сравнительные экспериментальные исследования с целью выбора рационального способа упрочнения.

С целью определения рационального способа поверхностного пластического деформирования были проведены исследования по влиянию обкатывания шаров и алмазного выглаживания на поверхностную твердость. Первая партия образцов из сталей ВСтЗсп, 10Г2С1, 15ХГ2СМФР и 12ГН2МФАЮ после нормализации и улучшения обкатывались шаром диаметром 5мм при скорости обработки 56 м/мин. за один рабочих ход. Вторая партия образцов из этих же сталей выглаживались алмазным наконечником радиусом сферической части $R_{сф}=2\text{мм}$, при $v=56\text{ м/мм}$ за один проход.

Результаты и проведенных экспериментов по влиянию силы обкатывания и выглаживания на твердость поверхности образцов из исследуемых сталей показаны на рис.1.

Как видно, с увеличением силы обкатывания и алмазного выглаживания твердость всех сталей непрерывно повышается. Повышения поверхностной твердости происходит до определенного значения силы, дальнейшее возрастание усилия вызывает некоторое снижение твердости образцов.

При алмазном выглаживании максимальное повышение твердости выше и достигается он при значительно меньших нормальных силах, нежели при обкатывании. При алмазном выглаживании образцов из сталей ВСтЗсп и 10Г2С1 максимальное повышение твердости (420HV) получено при силе 150-160Н, в то время как при обкатывании повышение твердости составило только 350HV и было достигнуто при силе 600Н (см. рис.1).

Аналогичная зависимость обнаружена и для сталей 15ХГ2СМФР и 12ГН2МФАЮ, но для этих сталей максимальная твердость получена при более высоком значении силы. В результате обкатывания шаром твердость стали 15ХГ2СМФР повышается на 950 HV, а стали 12ГН2МФАЮ на 1050HV, тогда как твердость этих

сталей после алмазного выглаживания повышается на 1350HV. Следует отметить, что для получения указанных твердостей необходимо применять силы при обкатывании 800Н, а при выглаживании всего 190-210Н.

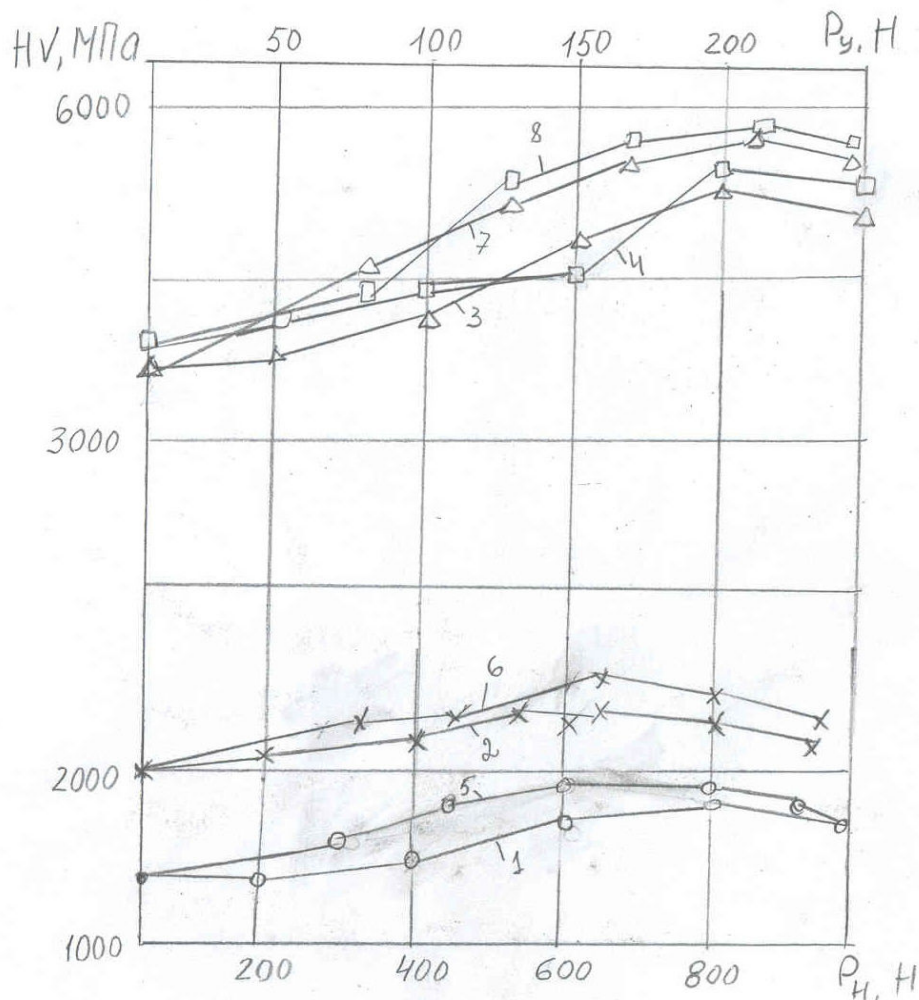


Рисунок 1 - Зависимость поверхностной твердости от нормальной силы: 1-4 обкатывание шаром, 5-8 алмазное выглаживание

Как было указано, вторым основным фактором влияющим на результаты поверхностного упрочнения пластическим деформированием является подача. Влияние подачи на поверхностную твердость при обкатывании шаром и алмазном выглаживании показано на рис.2. Наибольшее упрочнение поверхностного слоя из всех исследованных сталей наблюдается в интервале подач 0,06-0,14 мм/об (при обкатывании) и 0,03-0,09мм/об (при выглаживании).

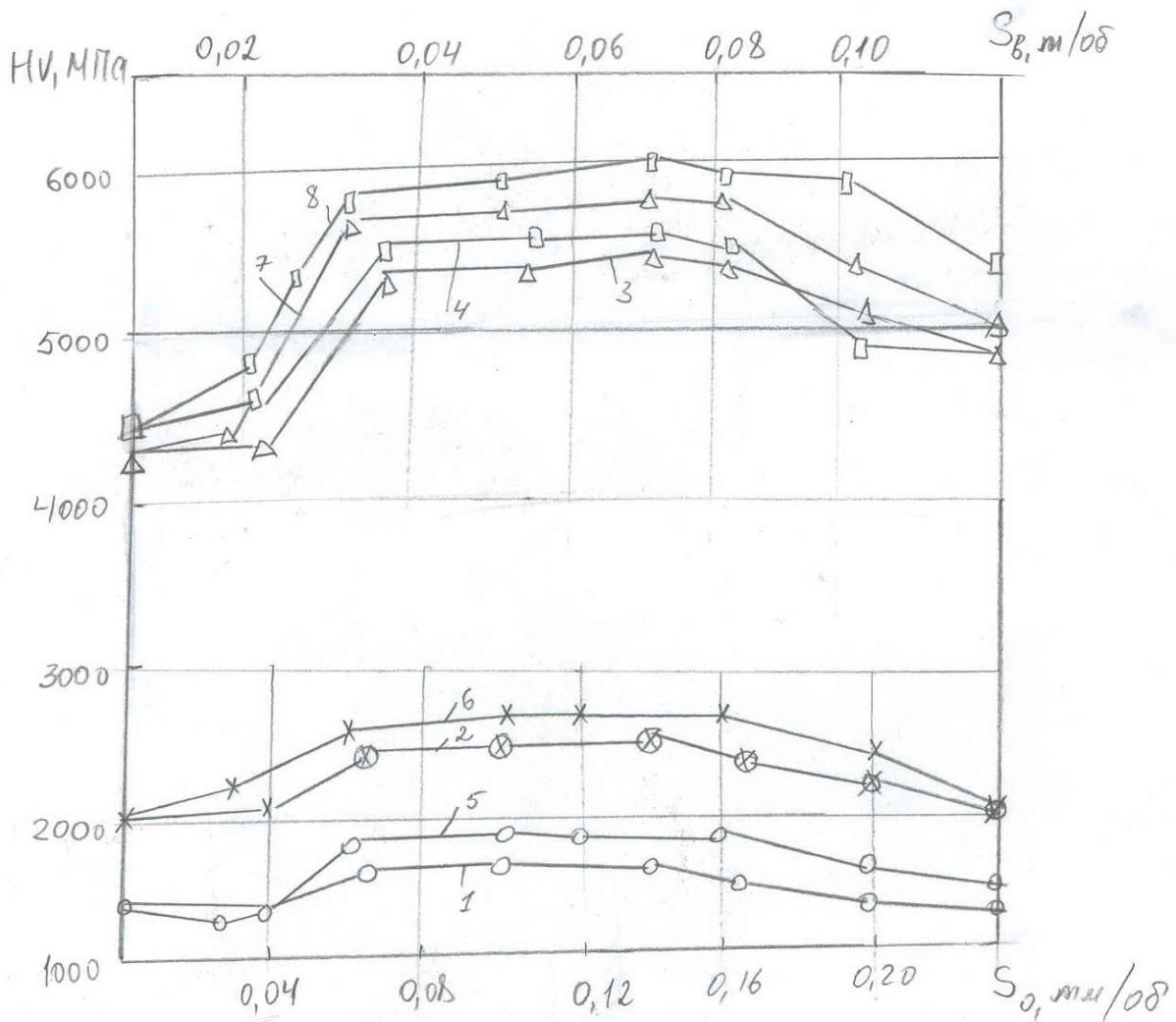


Рисунок 2 - Зависимость поверхностной твердости от подачи: 1-4 обкатывание шаром; 5-8 алмазное выглаживания; 1,5 ВСтЗсп; 2,6- 10Г2С1; 3,7- 15ХГ2СМФР; 4,8-12ГН2МФАЮ

Проведенные экспериментальные исследования показывают, что поверхностная твердость выглаженных образцов для всех исследованных сталей в среднем на 30% выше, чем обкатанных и достигается она при значительно меньших силах

Кроме того, алмазное выглаживание не требует дорогостоящего оборудования, инструмент обладает большой стойкостью.

Таким образом в результате экспериментальных исследований доказано, что наиболее эффективным и простым технологическим процессом, обеспечивающим повышением качества строительных сталей является алмазное выглаживание.

Для большинства конструкций долговечность определяется сопротивлением материала усталостным разрушением (циклической долговечностью).

По результатам испытаний на усталость были построены кривые усталости образцов из исследуемых сталей (рис.3 и 4).

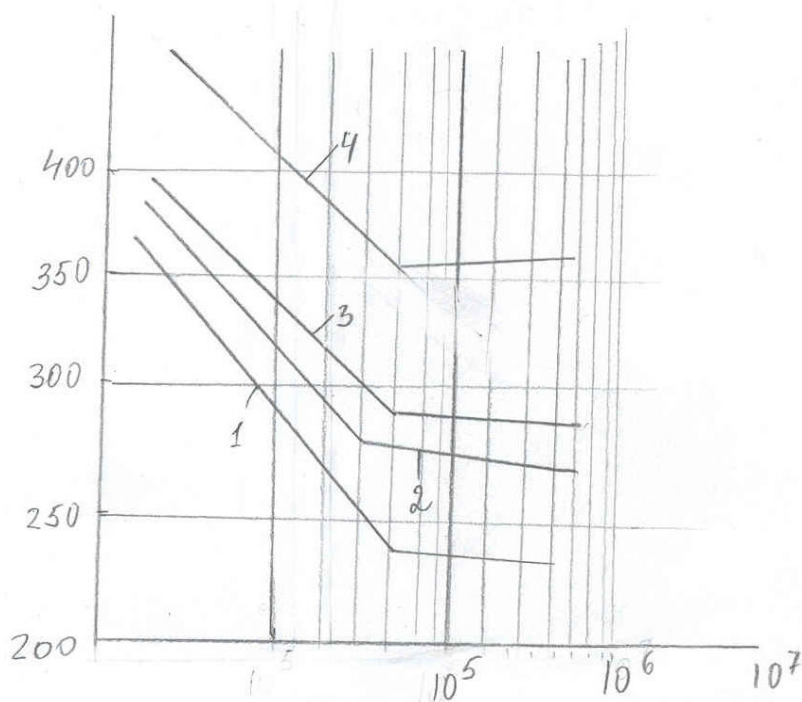


Рисунок 3. Зависимость предела выносливости образцов из сталей ВСтЗсп (1,3) и 10Г2С1; (2,4) от циклов нагружений: 1,2- шлифованные образцы; подачи: 3,4- выглаживанные образцы

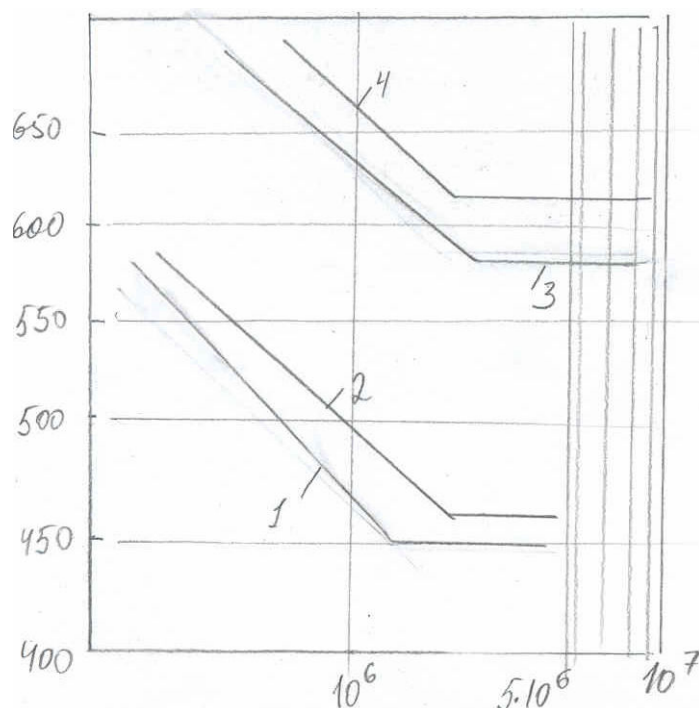


Рисунок 4 - Зависимость предела выносливости образцов из сталей 15ХГ2СМФР (1,3) и 12ГН2МФАЮ; (2,4) от циклов нагружения: 1,2- шлифованные образцы; подачи: 3,4- выглаживанные образцы

Испытания не упрочненных и упрочненных алмазным выглаживанием образцов из сталей ВСтЗсп и 10Г2С1, показывает высокую эффективность алмазного выглаживания. Если предел выносливости не упрочненных (шлифованных) образцов из сталей ВСтЗсп составлял 245 МПа, то после алмазного выглаживания он увеличился до 314 МПа, а предел выносливости стали 10Г2С1 с 300 МПа увеличился до 370 МПа.

Аналогичные результаты были получены для образцов из сталей 15ХГ2СМФР и 12ГН2МФАЮ. Для этих сталей повышение предела выносливости после алмазного выглаживания составляло 140-150 МПа.

Проведенные экспериментальные исследования показали, что в результате алмазного выглаживания усталостная прочность всех исследованных строительных сталей повышается на 22-33%.

ЛИТЕРАТУРА

1. Т.И.Асланов Повышение работоспособности приводных роликовых цепей буровых установок за счет алмазного выглаживания валиков. Автореф.канд.диссерт., Москва, 1982.
2. В.В. Дубенко. Обработка деталей алмазным выглаживанием. "Машиностроение", 1974, №4.
3. E.H. Hull Diamond burnishing. "Machinery" (N.Y.), v.68, 1962. N5.
4. В.К.Яценко, Е.Я.Кореневский, Л.И.Иващенко Упрочняющая обработка деталей машин алмазным выглаживанием. "Технология и организация производства". Научно-производственный сборник, 1975, №1.
5. А.С.Чабан, Л.Ю.Пружанский, Л.А.Хворостухин Экспериментальное определение истирающей способности поверхностей, обработанных алмазным выглаживанием. "Машиноведение", 1974, №1.
6. Le brunissage au diamante ameliorate les surfaces. "Outils-Outillages", 1969, N430-431.
7. Л.А.Хворостухин, А.И.Паисов, В.Н.Бибаев, Т.М.Трофимова. Алмазное выглаживание деталей из стали Х18Н9Т. "Вестник машиностроения", 1971, №6.
8. Л.А.Хворостухин, А.И.Паисов, В.Н.Бибаев К вопросу об упрочнении при алмазном выглаживании. Известия ВУЗов "Машиностроение", 1970, №11.
9. В.К.Яценко, Г.З. Зайцев и др. Влияние алмазного выглаживания на выносливость при повышенных температурах стали 40ХН2МА. "МИТОМ", 1974, №12.
10. R. Keessen Garru An in-denth look at roller burnishing. "Cutt. Tool Eng"., 27, 1975, N5-6.

11. Л.А.Хворостухин, В.Н.Машков, Н.Н.Ильин, А.Ф.Волков. Выглаживание как метод повышения долговечности деталей машин. В сб. "Технологическое обеспечение точности и надежности детали машин и приборов", М., 1970, №2.
12. Harasumowier Yan. A srersramanyag hatasa a megmunkalt felulat ardessegere aluminium-atvotrefek uregelesekor. "Gepgyartastechnologia", 13 N1, 1973.
13. А.А.Металин, А.А.Ильященко, Влияние направления выглаживания и раскатывания на шероховатость и износостойкость обработанных поверхностей. "Вестник машиностроения", 1975, №3.
14. П.В.Черников, Л.П. Соловов. Алмазное выглаживание автомобильных деталей "Автомобильная промышленность", 1967, №6.
15. В.В.Юшков, В.М.Торбило. Алмазное выглаживание. "Машиностроение", 1970, №6.
16. Л.А.Хворостухин, А.Ф.Волков, В.Н.Бибаев, Т.М.Трофимова. Алмазное выглаживание нержавеющей сталей. "Известия ВУЗов "Машиностроение", 1967, №11.
17. В.К. Яценко, Е.Я.Кореневский, Д.М. Петергея. Влияние алмазного выглаживания на свойства стали 1Х12Н2ВМФ. "МИТОМ", 1974, №12.

Получено 15.04.2006 г.

ОДИН ИЗ ПОДХОДОВ К РЕШЕНИЮ ЗАДАЧ МНОГОСЛОЙНОГО ПАКЕТА ПЛАСТИН

Введение

В классической теории рассматриваются слоистые пластины и оболочки относительно характера деформирования которых, вводятся гипотезы [1,2]. В предлагаемой работе многослойная пластина рассматривается как пакет пластин. Для каждого слоя используются уточненные уравнения теории пластин, приспособленные к решению контактных задач [3] со специальными коэффициентами [4], дающими возможность получить распределение взаимодействия между слоями достаточно близкое к действительному при любой нагрузке на лицевой поверхности пакета.

Постановка задачи

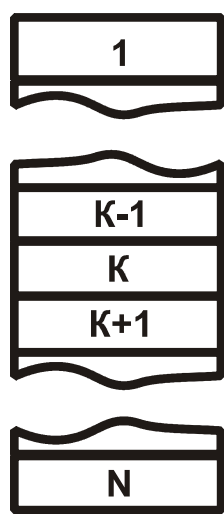


Рисунок 1

Рассмотрим отдельно в качестве объекта деформирования пакет N одинаковых в плане пластин, соединенных между собой либо жестко (сцепленный пакет при цилиндрическом изгибе, осесимметричном изгибе, антиплоской деформации, кручении), либо только по нормали к поверхности (односторонний цилиндрический или осесимметричный изгиб). Будем вести счет пластин сверху вниз (рис.1).

Краевые условия на лицевых поверхностях для пакета в целом заданы в виде:

$$\Gamma^{(-)} \cdot \begin{Bmatrix} U_1^{(-)} \\ q_1^{(-)} \end{Bmatrix} = Q^{(-)}; \quad \Gamma^{(+)} \cdot \begin{Bmatrix} U_N^{(+)} \\ q_N^{(+)} \end{Bmatrix} = Q^{(+)}, \quad (1)$$

где

$U_1^{(-)}$ - матрица перемещений на верхней лицевой поверхности пакета;

$U_N^{(+1)}$ - матрица перемещений на нижней лицевой поверхности пакета;

$q_1^{(-1)}$ - матрица нагрузок или контактных взаимодействий на верхней лицевой поверхности пакета;

$q_N^{(+1)}$ - матрица нагрузок или контактных взаимодействий на верхней лицевой поверхности пакета;

$\Gamma^{(-1)}$ - прямоугольная матрица, определяемая видом краевых условий верхней лицевой поверхности пакета;

$\Gamma^{(+1)}$ - прямоугольная матрица, определяемая видом краевых условий нижней лицевой поверхности пакета;

$Q^{(-1)}$ - матрица заданных перемещений или нагрузок на верхней лицевой поверхности пакета;

$Q^{(+1)}$ - матрица заданных перемещений или нагрузок на нижней лицевой поверхности пакета;

Краевые условия на торцах пластины должны быть заданы для каждой пластины в отдельности и могут быть представлены в форме

$$\Gamma_{\kappa,(j)} \cdot Z_{\kappa}^{(j)} = O_{\kappa}^{(j)}. \quad (2)$$

Здесь

$\kappa = 1, 2, \dots, N$ - номер пластины

$j = -1$ - левый торец пластины при цилиндрическом изгибе и антиплоской деформации или внутренний торец – при осесимметричном изгибе или кручении;

$j = +1$ - правый торец пластины при цилиндрическом изгибе и антиплоской деформации или внешний торец – при осесимметричном изгибе или кручении;

$\Gamma_{\kappa,(j)}$ - матрица, определяемая видом торцевых краевых условий;

$Z_{\kappa}^{(j)}$ - матрица значений переменных состояния или их комбинаций, выходящих на торцы пластины, определяемых из краевых условий;

$O_{\kappa}^{(j)}$ - заданные переменные состояния или их комбинации на торцах пластины.

Задача состоит в определении контактных взаимодействий между пластинами и между пакетом в целом и другими телами. согласно условиям (1). Используя дискретную постановку задачи, ее можно

свести к краевой задаче для пакета в целом как одной пластины. Это достигается путем исключения внутренних контактных взаимодействий между пластинами с помощью рекуррентных соотношений, устанавливаемых на основании условия сопряжения пластин в пакет.

Алгоритм решения задачи

Рассмотрим κ -ю, $(\kappa+1)$ -ю, $(\kappa-1)$ -ю пластины (рис.2). и введем обозначения

$$U_{\kappa}^{(+1)} = U_{\kappa}; \quad q_{\kappa}^{(+1)} = q_{\kappa}; \quad \kappa = 1, 2, \dots, N. \quad (3)$$

Тогда в силу условий сопряжения

$$U_{\kappa}^{(-1)} = U_{\kappa-1}^{(+1)}; \quad q_{\kappa}^{(-1)} = -q_{\kappa-1}^{(+1)} \quad (4)$$

имеем

$$U_{\kappa}^{(-1)} = U_{\kappa-1}; \quad q_{\kappa}^{(-1)} = -q_{\kappa-1}; \quad \kappa = 2, 3, \dots, N. \quad (5)$$

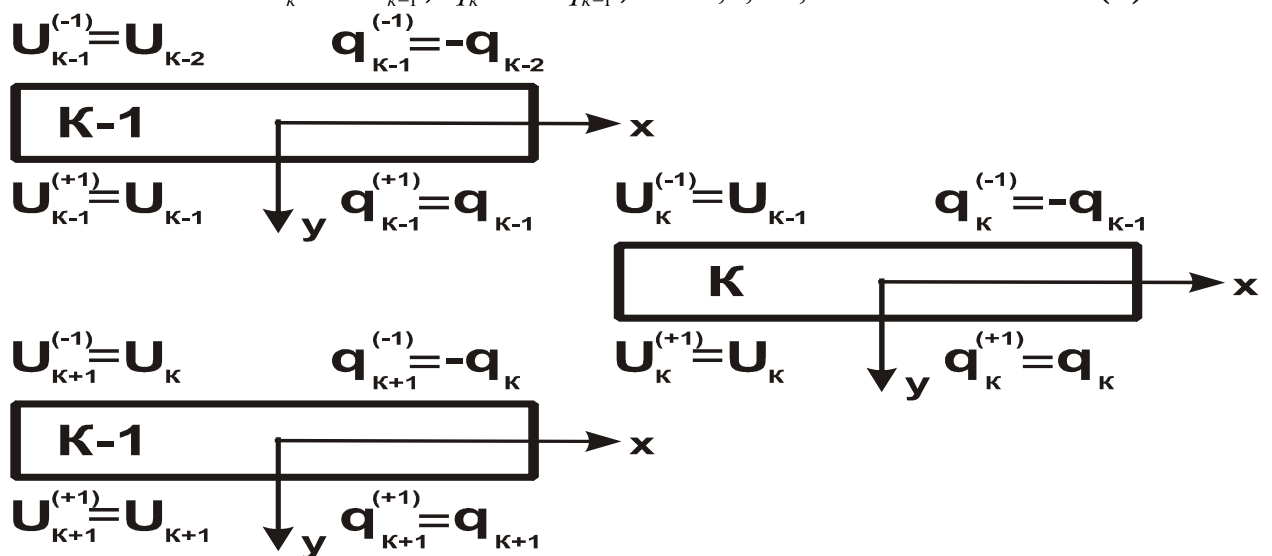


Рисунок 2

В этом случае, в интегральной постановке одномерных контактных задач, приведенных для цилиндрического изгиба, осесимметричного изгиба, кручения и антиплоской деформации в работах [5–8], контактные соотношения для двух соседних пластин κ -ой и $(\kappa+1)$ -ой на их общей границе приобретают вид:

- на нижней границе κ -ой пластины

$$-K_{\kappa}^{(+1,-1)} q_{\kappa-1} + K_{\kappa}^{(+1,+1)} q_{\kappa} + I_{\kappa}^{(+1)} \cdot Z_{\kappa}(x_0) = U_{\kappa}^{(+1)} = U_{\kappa}; \quad \kappa = 1, 2, \dots, N-1; \quad (6)$$

- на верхней границе $\kappa+1$ -ой пластины

$$-K_{\kappa+1}^{(-1,-1)} q_{\kappa} + K_{\kappa+1}^{(-1,+1)} q_{\kappa+1} + I_{\kappa+1}^{(-1)} \cdot Z_{\kappa+1}(x_0) = U_{\kappa+1}^{(-1)} = U_{\kappa}; \quad \kappa = 1, 2, \dots, N. \quad (7)$$

Здесь

$K_{\kappa}^{(j,i)} q_{\kappa}$ ($i=1;-1$) - интегральное выражение, содержащее под интегралом матрицу Коши системы уточненных уравнений пластин для контактных задач [4] в произведении с матрицей коэффициентов этих уравнений и самого контактного взаимодействия;

$I_{\kappa}^{(j)}$ - матрица функций, входящих в произведение с матрицей значений переменных состояния на торце $Z_{\kappa}(x_0)$.

Исключая из соотношений (6), (7) перемещения U_{κ} , приходим к следующей зависимости между контактными взаимодействиями

$$K_{\kappa+1}^{(-1,+1)} q_{\kappa+1} + I_{\kappa+1}^{(-1)} \cdot Z_{\kappa+1}(x_0) = -K_{\kappa}^{(+1,-1)} q_{\kappa-1} + (K_{\kappa}^{(+1,+1)} + K_{\kappa+1}^{(-1,-1)}) q_{\kappa} + I_{\kappa}^{(+1)} \cdot Z_{\kappa}(x_0); \kappa=1,2,\dots,N-1. \quad (8)$$

Подставляя выражения переменных состояния $Z_{\kappa}(x)$, полученные путем интегрирования системы уравнений пластины в краевые условия (2), получаем еще две зависимости между контактными взаимодействиями вида

$$\Gamma_{\kappa+1,(-1)} \cdot \left(-R_{\kappa+1}^{(-1)}(x^{(-1)}, s) q_{\kappa} + R_{\kappa+1}^{(+1)}(x^{(-1)}, s) q_{\kappa+1} + \Omega_{\kappa+1}(x^{(-1)}, x_0) \cdot Z_{\kappa+1}(x_0) \right) = O_{\kappa+1}^{(-1)}, \quad (9)$$

$$\Gamma_{\kappa+1,(-1)} \cdot \left(-R_{\kappa+1}^{(-1)}(x^{(+1)}, s) q_{\kappa} + R_{\kappa+1}^{(+1)}(x^{(+1)}, s) q_{\kappa+1} + \Omega_{\kappa+1}(x^{(+1)}, x_0) \cdot Z_{\kappa+1}(x_0) \right) = O_{\kappa+1}^{(+1)}, \quad (10)$$

где

$\Omega_{\kappa}(x, x_0)$ - матрица Коши системы уравнений κ -ой пластины;

$R_{\kappa}^{(i)} q_{\kappa}$ ($i=1;-1$) - некоторое интегральное выражение, содержащее под интегралом матрицу Коши в произведении с матрицей коэффициентов

Добавляя к соотношениям (8) – (10) тождество $q_{\kappa} = q_{\kappa}$ перепишем эти выражения в матричном виде, в результате чего получаем рекуррентное соотношение

$$\begin{bmatrix} E & 0 \\ 0 & M_{\kappa+1} \end{bmatrix} \cdot t_{\kappa+1} = \begin{bmatrix} 0 & E \\ N_{\kappa} & N_{\kappa+1}^{\kappa} \end{bmatrix} \cdot t_{\kappa} + O_{\kappa+1}; \kappa=1,2,\dots,N-1, \quad (11)$$

где

$$t_{\kappa} = \begin{bmatrix} q_{\kappa-1} \\ q_{\kappa} \\ Z_{\kappa}(x_0) \end{bmatrix}; O_{\kappa+1} = \begin{bmatrix} 0 \\ O_{\kappa+1}^{(+1)} \\ O_{\kappa+1}^{(-1)} \end{bmatrix}; N_{\kappa} = \begin{bmatrix} -K_{\kappa}^{(+1,-1)} \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix}; N_{\kappa+1}^{\kappa} = \begin{bmatrix} K_{\kappa}^{(+1,+1)} + K_{\kappa+1}^{(-1,-1)} & I_{\kappa}^{(+1)} \\ \Gamma_{\kappa+1,(-1)} \cdot R_{\kappa+1}^{(-1)}(x^{(+1)}, s) & 0 \\ \Gamma_{\kappa+1,(-1)} \cdot R_{\kappa+1}^{(-1)}(x^{(-1)}, s) & 0 \end{bmatrix};$$

$$M_{\kappa+1} = \begin{bmatrix} K_{\kappa+1}^{(-1,+1)} & I_{\kappa+1}^{(-1)} \\ \Gamma_{\kappa+1,(-1)} \cdot R_{\kappa+1}^{(+1)}(x^{(+1)}, s) & \Gamma_{\kappa+1,(-1)} \cdot \Omega_{\kappa+1}(x^{(+1)}, x_0) \\ \Gamma_{\kappa+1,(-1)} \cdot R_{\kappa+1}^{(+1)}(x^{(-1)}, s) & \Gamma_{\kappa+1,(-1)} \cdot \Omega_{\kappa+1}(x^{(-1)}, x_0) \end{bmatrix}; \quad (12)$$

E - единичная матрица, размерность которой зависит от характера деформирования пакета: при цилиндрическом и осесимметричном изгибе это матрица второго порядка, при антиплоской деформации и кручении – скаляр.

Компоненты введенных матриц – столбцов $t_k = t_k(x)$ представляют собой контактные взаимодействия q_{k-1} , q_k , приложенные к k -ой пластине и начальные значения ее переменных состояния $Z_k(x_0)$. Эти величины полностью определяют деформированное состояние данной пластины

$$Z_k(x) = \left\| -R_k^{(-1)} \quad R_k^{(+1)} \quad \Omega_k(x, x_0) \right\| \cdot t_k, \quad (13)$$

$$U_k^{(-1)}(x) = \left\| -K_k^{(-1,-1)} \quad K_k^{(-1,+1)} \quad I_k^{(-1)}(x, x_0) \right\| \cdot t_k, \quad (14)$$

$$U_k^{(+1)}(x) = \left\| -K_k^{(+1,-1)} \quad K_k^{(+1,+1)} \quad I_k^{(+1)}(x, x_0) \right\| \cdot t_k. \quad (15)$$

Поэтому, будем называть матрицу t_k матрицей основных неизвестных k -ой пластины. Построенные соотношения (11) связывают основные неизвестные t_{k+1} и t_k соседних пластин и представляют собой интегро – дифференциальные зависимости. Эти соотношения допускают разрешение относительно основных неизвестных t_{k+1} . Однако, в общем случае выполнить это в замкнутом виде затруднительно. Поэтому заменим эти уравнения дискретным аналогом (производные – конечными разностями, интегралы – конечными суммами). При этом, компоненты матриц – столбцов t_k будут представлять собой значения этих величин на множестве дискретных точек, определяемых выбором интерполяционных и квадратурных формул, а элементы матриц, а элементы матриц M_{k+1} , N_k , N_{k+1}^k - коэффициенты указанных формул.

Разрешая теперь соотношения (11) относительно t_{k+1} приходим к следующим рекуррентным соотношениям

$$t_{k+1} = L_{k+1}^k \cdot t_k + \left\| \begin{array}{c} 0 \\ M_{k+1}^{-1} \cdot O_{k+1} \end{array} \right\|, \quad k = 1, 2, \dots, N-1, \quad (16)$$

где

$$L_{k+1}^k = \left\| \begin{array}{cc} 0 & \left\| 1 \quad 0 \right\| \\ M_{k+1}^{-1} \cdot N_k & M_{k+1}^{-1} \cdot N_{k+1}^k \end{array} \right\|. \quad (17)$$

Применяя последовательно полученное соотношение приходим к выражению основных неизвестных κ -ой пластины через основные неизвестные первой пластины

$$t_{\kappa} = L_{\kappa}^1 \cdot t_1 + \sum_{m=0}^{\kappa-2} L_{\kappa-m}^{\kappa-m} \cdot \left\| \begin{array}{ccc} 0 \\ M_{\kappa-m}^{-1} \cdot O_{\kappa-m} \end{array} \right\|, \quad \kappa = 1, 2, \dots, N. \quad (18)$$

Подставляя в краевые условия на лицевых поверхностях пакета (1), выражения перемещений (14), (15) с учетом формул (18) получим

$$\Gamma_1^{(-1)} \cdot \left\| \begin{array}{ccc} -K_1^{(-1,-1)} & K_1^{(-1,+1)} & I_1^{(-1)} \\ -1 & 0 & 0 \end{array} \right\| \cdot t_1 = Q_1^{(-1)}; \quad (19)$$

$$\Gamma_N^{(+1)} \cdot \left\| \begin{array}{ccc} -K_N^{(+1,-1)} & K_N^{(+1,+1)} & I_N^{(+1)} \\ -1 & 0 & 0 \end{array} \right\| \cdot L_N^1 \cdot t_1 = Q_N^{(+1)} -$$

$$\Gamma_N^{(+1)} \cdot \left\| \begin{array}{ccc} -K_N^{(+1,-1)} & K_N^{(+1,+1)} & I_N^{(+1)} \\ 0 & 1 & 0 \end{array} \right\| \cdot \left(\sum_{m=0}^{N-2} L_N^{N-m} \cdot \left\| \begin{array}{c} 0 \\ M_{N-m}^{-1} \cdot O_{N-m} \end{array} \right\| \right). \quad (20)$$

Для замыкания системы уравнений (19), (20) осталось добавить уравнения, соответствующие условию (2) для первой пластины. Подставим в условия (2), полагая $\kappa=1$, выражение переменных состояния согласно формуле (13). В результате получим

$$\Gamma_{1,(+1)} \cdot \left\| \begin{array}{ccc} -R_1^{(-1)}(x^{(+1)}, s); & R_1^{(+1)}(x^{(+1)}, s); & \Omega_1(x^{(+1)}, x_0) \end{array} \right\| \cdot t_1 = O_1^{(+1)}; \quad (21)$$

$$\Gamma_{1,(-1)} \cdot \left\| \begin{array}{ccc} -R_1^{(-1)}(x^{(-1)}, s); & R_1^{(+1)}(x^{(-1)}, s); & \Omega_1(x^{(-1)}, x_0) \end{array} \right\| \cdot t_1 = O_1^{(-1)}. \quad (22)$$

Соотношения (19) – (22) образуют систему уравнений относительно основных неизвестных первой пластины

$$\left\| \begin{array}{l} \Gamma_1^{(-1)} \cdot \left\| \begin{array}{ccc} -K_1^{(-1,-1)} & K_1^{(-1,+1)} & I_1^{(-1)} \\ -1 & 0 & 0 \end{array} \right\| \\ \Gamma_N^{(+1)} \cdot \left\| \begin{array}{ccc} -K_N^{(+1,-1)} & K_N^{(+1,+1)} & I_N^{(+1)} \\ 0 & 1 & 0 \end{array} \right\| \cdot L_N^1 \\ \Gamma_{1,(+1)} \cdot \left\| \begin{array}{ccc} -R_1^{(-1)}(x^{(+1)}, s) & R_1^{(+1)}(x^{(+1)}, s) & \Omega_1(x^{(+1)}, x_0) \\ -R_1^{(-1)}(x^{(-1)}, s) & R_1^{(+1)}(x^{(-1)}, s) & \Omega_1(x^{(-1)}, x_0) \end{array} \right\| \end{array} \right\| \cdot t_1 =$$

$$\left\| \begin{array}{l} Q_1^{(-1)} \\ Q_N^{(+1)} - \Gamma_N^{(+1)} \cdot \left\| \begin{array}{ccc} -K_N^{(+1,-1)} & K_N^{(+1,+1)} & I_N^{(+1)} \\ 0 & 1 & 0 \end{array} \right\| \cdot \left(\sum_{m=0}^{N-2} L_N^{N-m} \cdot \left\| \begin{array}{c} 0 \\ M_{N-m}^{-1} \cdot O_{N-m} \end{array} \right\| \right) \\ O_1^{(+1)} \\ O_1^{(-1)} \end{array} \right\|. \quad (23)$$

Обращая эту систему, находим t_1 , а затем по формуле (16) определяются основные неизвестные для остальных пластин пакета.

Следует отметить, что размерность матрицы системы (23) зависит от количества точек, на которые разбита область изменения контактных взаимодействий.

Иллюстрация на примере антиплоской деформации

В качестве примера рассмотрим сдвиг двухслойного пакета пластин со свободными торцами равномерно – распределенной нагрузкой q , приложенной $2d$ (рис.3).

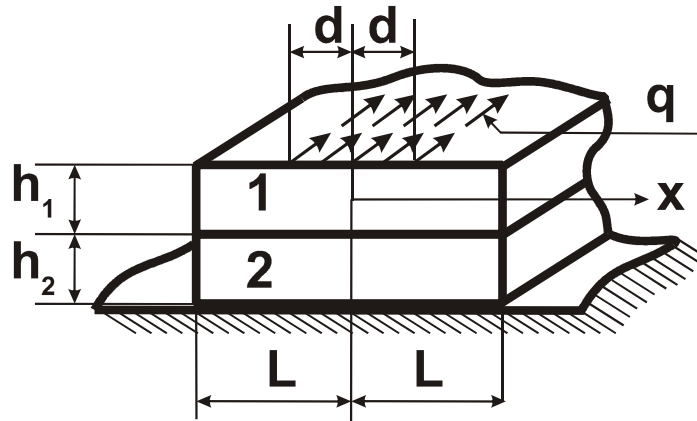


Рисунок 3

Пакет лежит на жестком основании. В этом случае имеем следующие исходные данные.

В условиях (1) на лицевых поверхностях:

$\Gamma_1^{(-)} = \|0 \ 1\|$; $\Gamma_2^{(+)} = \|1 \ 0\|$; $U_1^{(-)} = u_1^{(-)}$ - касательные перемещения точек верхней лицевой поверхности пакета; $U_2^{(+)} = u_2^{(+)}$ - касательные перемещения точек нижней лицевой поверхности пакета; $Q_1^{(-)} = q \cdot H(d - x)$; $Q_2^{(+)} = 0$; $H(x)$ - функция Хевисайда.

И условиях (2) на торцах:

$\Gamma_{1,(-)} = \Gamma_{1,(+)} = \Gamma_{2,(-)} = \Gamma_{2,(+)} = \begin{Bmatrix} 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{Bmatrix}$; $O_1^{(-)} = O_1^{(+)} = O_2^{(-)} = O_2^{(+)} = \begin{Bmatrix} 0 \\ 0 \end{Bmatrix}$;
 $Z_\kappa = \|V_\kappa \ \gamma_\kappa \ T_\kappa \ M_\kappa\|$; V_κ, γ_κ - обобщенные перемещения; T_κ, M_κ - касательные усилия и крутящие моменты.

Матрица Коши Ω_κ системы уравнений антиплоской деформации пластины имеет вид

$$\Omega_\kappa = \begin{Bmatrix} 1 & 0 & \frac{x}{G_\kappa h_\kappa} & 0 \\ 0 & ch\left(\frac{\omega x}{h_\kappa}\right) & 0 & \frac{\omega b}{G_\kappa h_\kappa^2} sh\left(\frac{\omega x}{h_\kappa}\right) \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & \frac{G_\kappa}{\omega b} h_\kappa^2 sh\left(\frac{x}{h_\kappa}\right) & 0 & ch\left(\frac{\omega x}{h_\kappa}\right) \end{Bmatrix}; \quad \omega = \sqrt{\frac{a}{b}};$$

$a = 14,1$; $b = 1,4$ - коэффициенты уточненной теории пластин [4], соответствующие разрывной нагрузке на лицевых поверхностях пластины.

Система соотношений (23) - интегральные уравнения Вольтера второго рода и интегральные уравнения Фредгольма первого рода относительно неизвестных контактных взаимодействий и неизвестных значений переменных состояния на торцах пластин. Решение этой системы проводилось методом механических квадратур. Было принято $L = 5h_1$; $d = 2h_1$; $h_1 = h_2$; $G_1 = G_2$. Графики распределения относительных контактных взаимодействий между первой и второй пластинами $\frac{q_1}{q}$ и между второй пластиной и второй опорой $\frac{q_2}{q}$ приведены на рисунках 4 и 5 соответственно.

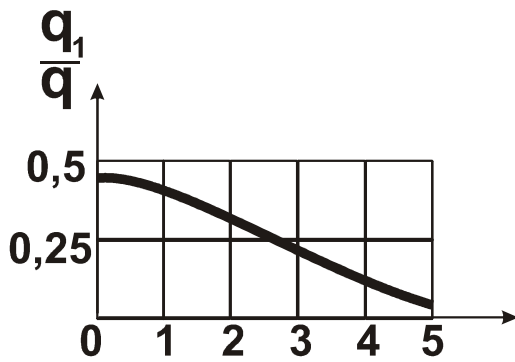


Рисунок 4

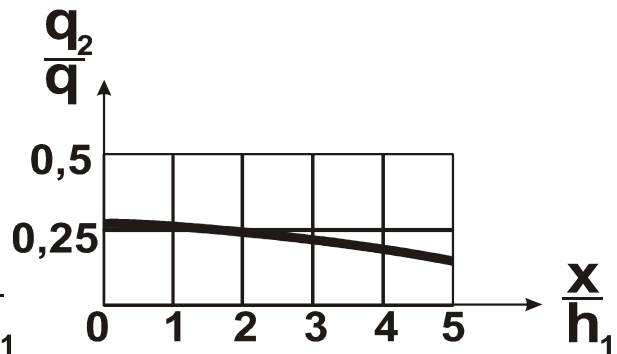


Рисунок 5

Вывод

Иллюстрация на примере антиплоской деформации показывает, что такой подход дает возможность даже при разрывной нагрузке на лицевой поверхности пакета, получить между пластинами, а также между пакетом и основанием распределение контактного взаимодействия достаточно гладкое, близкое к реальности. Предлагаемый подход позволяет решать контактные задачи для многослойного пакета пластин, работающие также в условиях цилиндрического изгиба, осесимметричного изгиба, кручения.

ЛИТЕРАТУРА

1. Контактные задачи для слоистых элементов конструкций и тел с покрытиями / Пелех Б.Л., Максимук А.В., Коровайчук И.М. – Киев: наук. Думка, 1988.

2. Амбарцумян С.А. Теория анизотропных пластин: Прочность, устойчивость и колебания. – 2-е изд., перераб. И доп. – М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. Лит., 1987. – 360 с.
3. Григолюк Э.И., Толкачев В.М. Контактные задачи теории пластин и оболочек. М.:Машиностроение, 1980.
4. Наумова И.Ю. Построение уравнений обобщенной теории пластин, применяемых в контактных задачах. Днепропетровск, 1990. 82с. Деп. В УкрНИИНТИ 07.03.90, №05-Ук90.
5. Наумова И.Ю. Системный подход к решению одномерных контактных задач пластин // Системні технології. Регіональний міжвузівський збірник наукових праць. – Випуск 1(24). – Дніпропетровськ. 2003. – С. 115-127.
6. Наумов Ю.А., Наумова И.Ю. К определению контактного взаимодействия пластин по лицевым поверхностям при их относительном скручивании // Вопросы прочности и пластичности. Сборник научных трудов. Дніпропетровськ. 1996. – С. 83-92.
7. Наумова И.Ю. К решению контактных задач цилиндрического изгиба пластин // Проблеми обчислювальної механіки і міцності конструкцій. Том 5. Дніпропетровськ. 1999. С. 139-150.
8. Колесник И.А., Наумова И.Ю. К решению контактных задач антиплоской деформации пластин // Математические методы и компьютерное моделирование в исследовании и проектировании механических систем. Сборник научных трудов. Киев. 1995.- С. 45-51.

Получено 29.06.2006 г.

УДК 519.876

И.В. Новицкий, Ю.А. Балаш

ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ЗАГРУЗКИ ДРОБИЛЬНО- ПЕРЕГРУЗОЧНОГО КОМПЛЕКСА

Введение. Актуальность задачи

Непременным условием прогресса открытых горных работ является применение высокопроизводительных средств карьерного транспорта и резкое повышение уровня организации его работы. Использование циклично–поточной технологии на карьерах является очень эффективным, однако вследствие высокой стоимости автотранспортных средств его простои, как и простои выемочно–погрузочной техники, конвейерного транспорта, должны быть минимальными.

Работа большинства систем автоматизации на карьерах Украины основана на закреплении определенного количества самосвалов за экскаватором в течение смены и на подаче машин под погрузку по команде диспетчера.

Актуальной является задача оптимизации работы карьерного транспорта с учетом разгрузки автосамосвалов в дробильно-перегрузочный комплекс, спецификой которой является дискретный характер загрузки бункера – питателя и непрерывный характер его опустошения.

Постановка задачи

Работу дробильно-перегрузочного комплекса можно представить в виде схемы, приведенной на рисунке 1.

Автосамосвалы выгружают вскрышную породу в бункер – питатель, тем самым создавая поток $Q_{вх}$. M – масса материала в бункере. Бункер – питатель имеет пределы заполняемости – M_{min} и M_{max} .

V – скорость полотна питателя, которая регулируется системой управления дробилкой, стабилизирующей ее мощность. Скорость является случайной величиной, определяемой механическими свойствами дробимого материала.

Полотно питателя перемещает материал в дробилку (поток $Q_{\text{ВЫХ}}$), а раздробленный материал на ленточном конвейере отводится за границы карьера.

На основе анализа работы дробильно - перегрузочного комплекса составлена математическая модель бункера – питателя, представленная на рисунке 2.

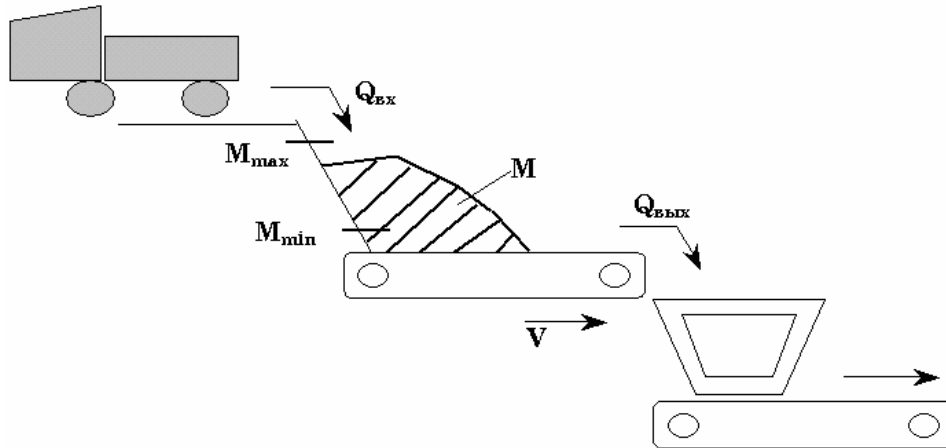


Рисунок 1 - Схематическое представление работы комплекса

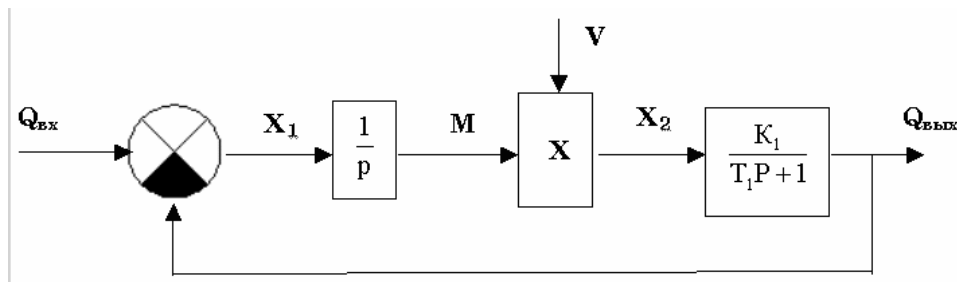


Рисунок 2 - Математическая модель бункера-питателя

Здесь M – количество материала в бункере, равное интегралу от разности входного $Q_{\text{ВХ}}$ и выходного $Q_{\text{ВЫХ}}$ потоков. Выходной поток $Q_{\text{ВЫХ}}$ в первом приближении принят равным произведению количества материала в бункере, скорости полотна питателя и коэффициента передачи бункера K_1 . Инерционные свойства данного объекта при изменении скорости V или количества материала M учтены введением аperiодического звена с постоянной времени T_1 .

Обозначим R – общее количество машин, работающих на участке карьера. Если R велико, то имеем потери от простоя самосвалов в очереди на разгрузку; если R мало, то имеем потери от «холостой» работы питателя, дробилки и отводящего конвейера.

В качестве критерия оптимизации целесообразно принять величину J , которую следует минимизировать. Она определяется по выражению:

$$J = p_1 + p_2, \quad (1)$$

где p_1 - потери от простоя самосвалов в очереди на разгрузку, грн.; p_2 - потери от «холостой» работы питателя, дробилки и отводящего конвейера, грн.

Величины p_1 и p_2 вычисляются по формулам, указанным ниже.

$$p_1 = \int_0^t k_2 \cdot r(t) dt, \quad (2)$$

где k_2 – потери в единицу времени от простоя одного самосвала в очереди, грн/с; $r(t)$ – количество машин в очереди в момент времени t , шт.

$$p_2 = \int_0^t k_3 \cdot M^*(t) dt, \quad (3)$$

где k_3 – эксплуатационные расходы в единицу времени для питателя, дробилки и отводящего конвейера, грн/с; $M^*(t)$ – функция, вычисляемая по формуле (4).

$$M^*(t) = \begin{cases} 0 & \text{при } M > M_{\min}; \\ 1 & \text{при } M < M_{\min} \end{cases} \quad (4)$$

Решение задачи

В данной постановке задачи критерий оптимизации J является функцией двух случайных величин: T – интервал времени между двумя моментами прибытия машин на разгрузку; V – скорость полотна питателя (которая в свою очередь определяется свойствами дробимого материала). Поэтому даже при заданном типовом законе распределения случайных величин T и V решение задачи традиционными аналитическими методами затруднительно. В общем случае для ее решения целесообразно применить подход, основанный на имитационном моделировании.

Укрупненная блок-схема алгоритма проведения вычислительного эксперимента представлена на рисунке 3.

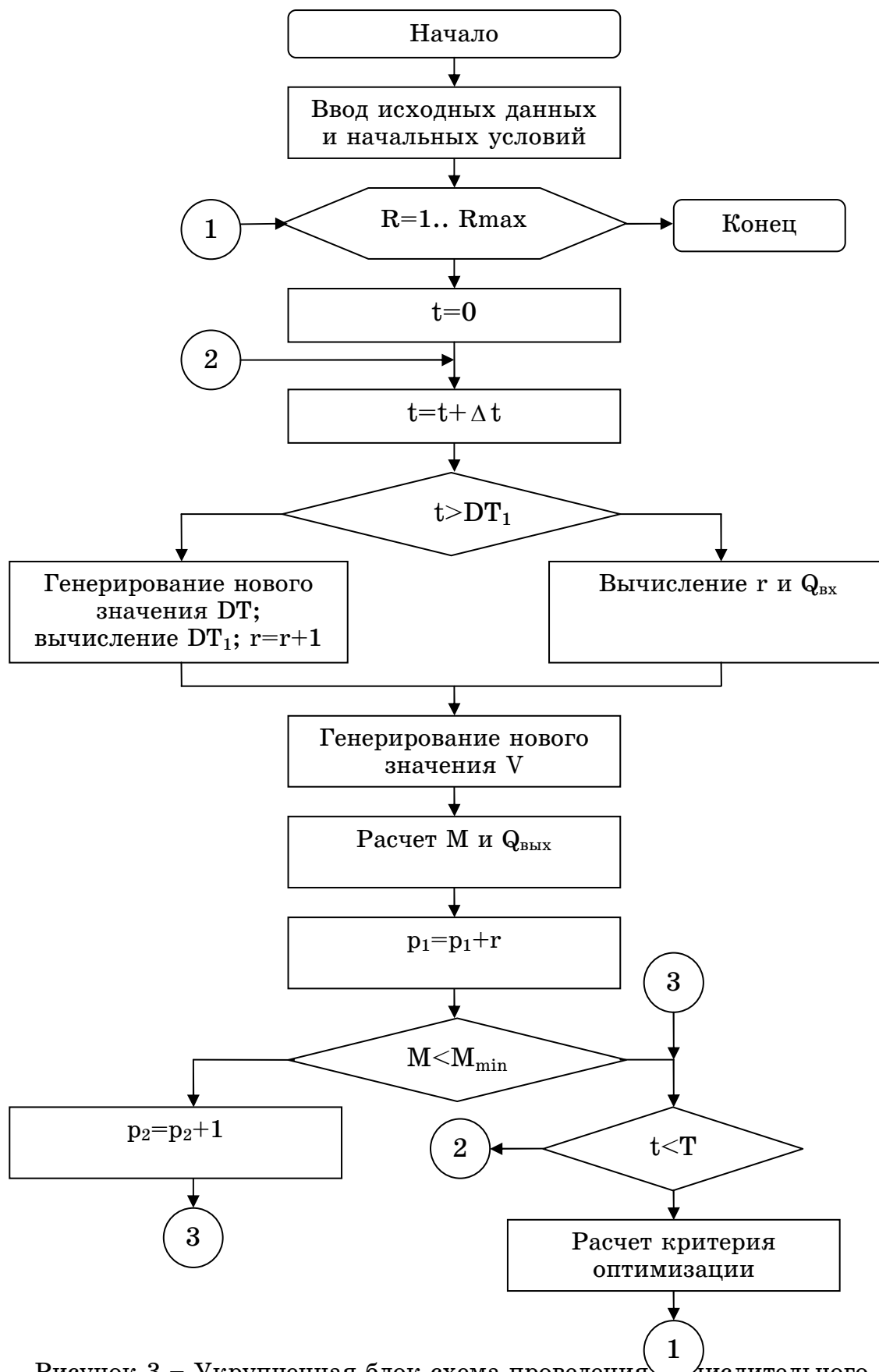


Рисунок 3 – Укрупненная блок-схема проведения численного эксперимента

На рисунке используются следующие обозначения: R – количество машин, работающих на участке; $R_{\max}$ – подвижной состав карьера; r – количество машин в очереди; t – текущий момент времени; Δt – шаг квантования; DT – интервал между машинами; DT_1 – время прихода следующей машины к комплексу; T – время моделирования; $Q_{\text{вх}}$ – поток материала в бункер; $Q_{\text{вых}}$ – выходной поток материала из бункера – питателя в дробилку; V – скорость полотна питателя; M – количество материала в бункере; $M_{\min}$ – граница опустошения бункера; p_1 – потери от простоя автосамосвалов в очереди на разгрузку; p_2 – потери от холостой работы питателя, дробилки и отводящего конвейера.

Имитационная модель работы комплекса – программный модуль, разработанный на языке VBA в соответствии с блок-схемой рисунка 3. Моделирование производится на интервале времени, достаточном для обеспечения заданной точности. Расчеты в соответствии с блок-схемой были выполнены для условий карьера ЦГОКа и дробильно-перегрузочного комплекса ДПП-2000.

На рисунке 4 приведены полученные в результате вычислительного эксперимента зависимости $p_1(R)$, $p_2(R)$ и $J(R)$, в предположении, что интервал между машинами распределен по экспоненциальному закону, а производительность дробилки – по нормальному. Зависимость $J(R)$ имеет ярко выраженный экстремум – минимум, соответствующий оптимальному количеству самосвалов $R^*=10$.

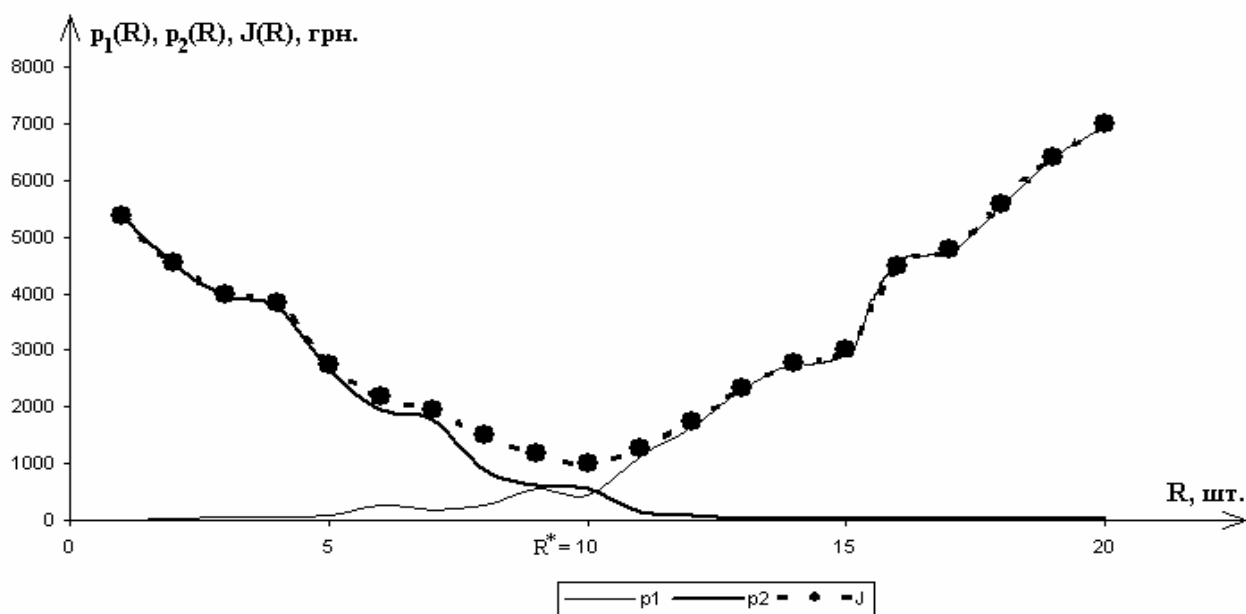


Рисунок 4 - График зависимостей $p_1(R)$, $p_2(R)$ и $J(R)$

Выводы

1. Оптимизация работы ДПК по критерию удельные эксплуатационные затраты сводится к задаче стохастического программирования. При этом параметром оптимизации является количество работающих машин на загрузке комплекса.

2. Поставленная оптимизационная задача может быть решена методом имитационного моделирования при произвольных (в том числе и заданных эмпирических) законах распределения случайных факторов: интервала между машинами и производительности дробилки.

3. Применение разработки для эксплуатационно–технических расчетов позволяет реализовать оперативное управление ДПК, сократить расходы на простой транспортного, дробильного и конвейерного оборудования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Анистратов Ю.И. Технологические процессы открытых горных работ - Москва: Недра – 1995 г.
2. Ржевский В.В. Открытые горные работы. Часть II. Технология и комплексная механизация – Москва: Недра – 1985 г.
3. Томашевський В.Н. Імітаційне моделювання систем та процесів - Київ ІСДО, ВІПОЛ – 1994 г.

Получено 14.09.2006 г.

О СУЩЕСТВОВАНИИ ПРЕДЕЛЬНОГО ЦИКЛА ПРИ НАПОРНОМ ПЕРЕМЕЩЕНИИ ЖИДКОСТЕЙ ИЛИ ГАЗОВ В ПНЕВМО ИЛИ ГИДРОСЕТИ КАК ДИНАМИЧЕСКОЙ СИСТЕМЕ

Введение. Автоколебания больших амплитуд создают различные аварийные ситуации в пневмо или гидросистемах промышленных агрегатов, а при отработке жидкостных реактивных двигателей (ЖРД) являются причиной разрушения конструкции и обусловлены явлениями или процессами, которые влияют на напор потока, его возрастание или рассеивание. В ЖРД такие колебания возбуждаются при вибрационном горении [1-2], неустойчивой работе (помпаже) [3] шнека шнеко-центробежного насоса, который работает перед срывом подачи [4].

Для теоретического описания явления помпажа [5] была использована напорная характеристика нагнетателя $H(x)$, которая в систему уравнений гидрогазодинамики была введена вместо уравнения энергии. Неустойчивая его работа [5] обусловлена наличием восходящей ветви характеристики $H(x)$. Помпаж шнека шнеко-центробежного насоса наблюдается нередко и при монотонно убывающей напорной его характеристике и обусловлен наличием восходящей ветви характеристики шнека, что экспериментально установлено при впуске воздуха в подвод магистрали [6], а при кавитационной работе, его возникновению способствуют возрастающие по характеру кавитационные разветвления $H(x, \Delta h)$ характеристики $H(x)$, которая может иметь монотонно падающий характер [3], где Δh - величина кавитационного запаса. Отметим, что природа автоколебаний, возбуждающихся перед срывом подачи лопастных насосов до опубликования работы [3] оставалась неизвестной [7].

Исследования вибрационного горения как нестационарности, имеющей теплогидродинамическую природу [8], согласно Б.В. Раушенбаху [1] прямого отношения к вибрационному горению не имеют.

В работах [9-10] дано описание явления возбуждения термоакустических автоколебаний феномена Рийке как при подводе теплоты от электроспираль, так и при ее выделении от сгорания топлива, где была введена напорная характеристика $H(x)$ как зависимость напора от расхода x из-за преобразования в него части подводимой теплоты.

Постановка задачи. Модели рассмотренных выше задач термогазодинамики сводятся к следующей динамической системе:

$$\begin{cases} \frac{dx}{dt} = \alpha(H(x) - y), \\ \frac{dy}{dt} = \beta \left(x - \xi \left(\frac{H_o - y}{H_o - Y_o} \right)^a \right), \end{cases} \quad (1)$$

где $H(x) = Y_o + \Psi(x - \xi)$, $\Psi(x) = -\gamma x(x - b_1)(x - b_2)$, $\gamma > 0$, $b_1 \cdot b_2 < 0$, $H_o, Y_o = \text{const}$, $\xi > 0$, $0 \leq a < 1$.

Вопрос о существовании в системе (1) периодического решения рассматривался во многих работах [5,9,10]. Согласно теореме Андронова существование периодического решения в (1) эквивалентно наличию у нее предельного цикла. Отметим, что из элементарного анализа лишь самого понятия асимптотической устойчивости (по Ляпунову) следует, что для автономной системы любой размерности, ее периодическое решение не может быть асимптотически устойчивым. Однако нетрудно проверить, что устойчивому предельному циклу соответствует устойчивое периодическое решение, и обратно. Следовательно, существование и характер устойчивости периодического решения системы (1), эквивалентен этому же вопросу о ее предельном цикле.

В данной работе на основании численной реализации отображения Пуанкаре рассмотрен вопрос о существовании и характере устойчивости предельного цикла для системы (1).

Анализ существования предельного цикла и его устойчивости в терминах отображения Пуанкаре. Определение отображения Пуанкаре (функция последования, монодромия, голономия) и ее связь с предельными циклами рассмотрено, например в [5]. Для системы (1) функция последования $\Phi(A)$ имеет вид (рисунок 1):

$$\forall A \quad \Phi: A \rightarrow \Phi(A) \equiv y(\tau, \xi, A),$$

где $\tau \equiv \min\{t > 0 : x(t, \xi, A) = \xi\}$; $x(t, x_o, y_o)$, $y(t, x_o, y_o)$ - решение системы (1) с начальными данными: $x_o \equiv x(0, x_o, y_o)$, $y_o \equiv y(0, x_o, y_o)$.

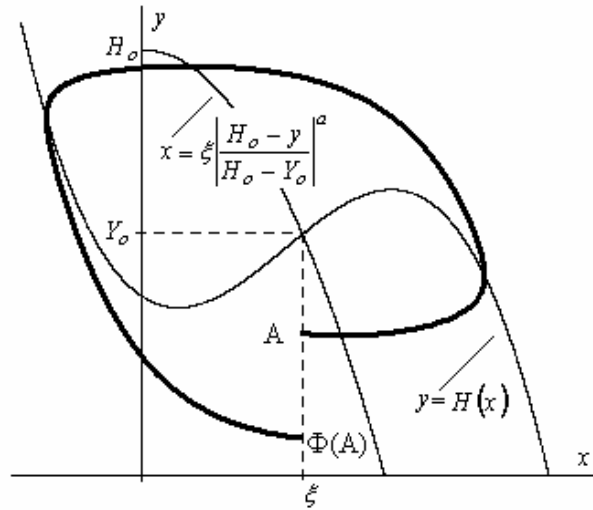


Рисунок 1 - Функция последования

ЛЕММА. Если $\tilde{A}$ простой корень уравнения $\Phi(A) = A$, то система (1) имеет единственный предельный цикл, устойчивый при $\left. \frac{d\Phi}{dA} \right|_{A=\tilde{A}} < 1$ и неустойчивый в противном случае.

Доказательство. Прежде всего, по теореме о существовании и единственности решения задачи Коши заключаем, что фазовая траектория решения системы (1) с начальным условием $x|_{t=0} = \xi$, $y|_{t=0} = \tilde{A}$ является замкнутой, а из простоты корня $\tilde{A}$, получаем, что она является предельным циклом. Далее, полагая $\delta A = A - A_o$, получим:

$$\Phi(A) - A = \Phi(A) - \Phi(A_o) + A_o - A = -\delta A(1 - \Phi'(A_o)) + O(\delta A)^2 \Rightarrow \text{при } \delta A \rightarrow 0$$

$\text{sgn}(\Phi(A) - A) = -\text{sgn}(\delta A(1 - \Phi'(A_o)))$, и, следовательно, при $1 - \Phi'(A_o) > 0$ имеем: $\text{sgn}(\Phi(A) - A) = \text{sgn}(A_o - A) \Rightarrow \Phi(A) < A$ при $A_o < A$ и $\Phi(A) > A$ при $A_o > A$, т.е. фазовые кривые как изнутри, так и снаружи приближаются к предельному циклу, т.е. цикл устойчивый. Аналогично рассматривается случай $1 - \Phi'(A_o) < 0$.

Численная реализация функции последования. Аналитическое представление для функции последования получить проблематично, т.к. при вычислении ее значений необходимо интегрировать нелинейную систему (1). Для вычисления $\Phi(A)$ применим метод

Эйлера с переменным шагом для численного интегрирования (1).

Полагая $G(x, y) = \alpha(H(x) - y)$, $F(x, y) = \beta \left(x - \xi \left(\frac{H_o - y}{H_o - Y_o} \right)^a \right)$, положим $\Phi(A) \approx y_N$,

где $N : |x_N - \xi| < E, (n = 0; N-1)$

$$y_N = A + \varepsilon \sum_{n=0}^{N-1} \frac{F(x_n, y_n)}{\sqrt{F^2(x_n, y_n) + G^2(x_n, y_n)}}, \begin{pmatrix} x_{n+1} \\ y_{n+1} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} x_n \\ y_n \end{pmatrix} + \varepsilon \begin{pmatrix} \frac{G(x_n, y_n)}{\sqrt{F^2(x_n, y_n) + G^2(x_n, y_n)}} \\ \frac{F(x_n, y_n)}{\sqrt{F^2(x_n, y_n) + G^2(x_n, y_n)}} \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} x_o \\ y_o \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \xi \\ A \end{pmatrix},$$

E, ε - малые положительные константы. Приведенный алгоритм был реализован в математической среде Mathcad. На рисунке 2 приведены Mathcad- функция для отображения Пуанкаре и диаграмма Ламерея (ее график) для системы (1).

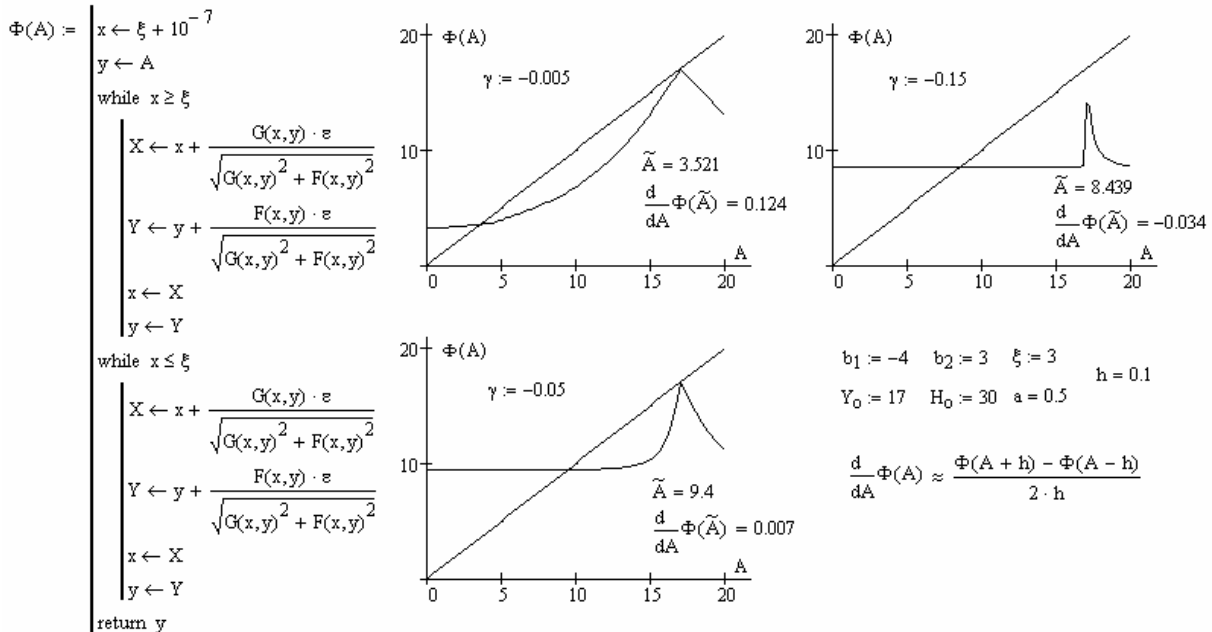


Рисунок 2 - Mathcad- функция отображения Пуанкаре и ее диаграммы Ламерея при варьировании параметра γ

Замечание. Отметим, что при приближении A к значению Y_o диаграмма Ламерея заостряется и в некоторых случаях фактически касается диагонали, так что создается видимость существования второго корня у уравнения $\Phi(A) = A$.

Выводы

В терминах отображения Пуанкаре получены необходимые и достаточные условия для установления существования и характера устойчивости предельного цикла.

В математической среде Mathcad получена численная реализация отображения Пуанкаре, которая позволила в рассматриваемой динамической системе установить существование единственного устойчивого предельного цикла.

ЛИТЕРАТУРА

1. Раушенбах Б.В. Вибрационное горение. М.: Физматгиз, 1961, 500с.
2. Натанзон М.С. Неустойчивость горения. - М.: Машиностроение, 1986.-247с.
3. Гоцуленко В.Н., Гоцуленко Н.Н. Экспериментальное исследование автоколебаний в системе, включающей лопастной насос с монотонно убывающей напорной характеристикой // Энергомашиностроение. – 1978. -№ 5. -С. 44-45.
4. Чебаевский В.Ф., Петров В.И. Кавитационные характеристики высокооборотных шнеко - центробежных насосов. - М.: Машиностроение, 1973. - 152с.
5. Казакевич В.В. Автоколебания (помпаж) в компрессорах, 2-е изд.- М.: Машиностроение, 1974. - 264с.
6. Водяницкий В.П. Возникновение автоколебаний в гидравлической системе при подаче свободного газа на вход в насос. –В кн. Кавитационные автоколебания в насосных системах. -К.: Наукова думка, 1976.-Ч.1. -С. 86-95.
7. Вильнер Я.М., Вопнярский И.П. и др. Лабораторный практикум по гидравлике и гидравлическим машинам (насосам). - Минск.: Высшая школа, 1967.-С. 169-170.
8. Зельдович Я.Б., Баренблатт Г.И., Либрович В.Б., Махвиладзе Г.М. Математическая теория горения и взрыва. М.: Наука, 1980.
9. Гоцуленко В.В. Математическое моделирование особенностей феномена Рийке // Математическое моделирование, РАН, 2004. Т.16, .-№ 9. -С. 23-28.
10. Гоцуленко В.В. Математическое моделирование снижения амплитуд колебаний вибрационного горения в крупных промышленных агрегатах // Математическое моделирование, РАН, 2005. Т.17, .-№ 11. -С. 16-24.

Получено 18.09.2006 г.

УДК 621.793

Чернета О.Г., Касьян В.С., Шурыгин Д.А.

ПРОГРЕССИВНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ РЕМОНТА КОЛЕНЧАТЫХ ВАЛОВ ДВИГАТЕЛЯ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ АВТОМОБИЛЯ

Введение. Наиболее значимыми для надежной работы двигателя внутреннего сгорания узлами являются цилиндропоршневая группа и пара коленчатый вал- вкладыш. При этом важную роль играет правильный выбор материалов сопряжения трущихся пар, поскольку допустимый износ этих деталей составляет всего десятые доли миллиметра. В последние годы в мировой практике активно развивается новый подход к их конструированию: на дешевое и массивное основание наносят износостойкие, более дорогостоящие, эффективные покрытия. Лазерная обработка автомобильных деталей имеет перспективное развитие у мировых автомобилестроительных производителей и все чаще применяется в качестве упрочняющих технологий на автозаводах СНГ и Украины.

Постановка задачи. Целью данной работы является разработка технологий лазерной обработки, упрочнения рабочих поверхностей шатунных и коренных шеек коленчатого вала двигателя внутреннего сгорания.

Износостойкость пары трения определяется не только исходным состоянием материалов пары, но и теми изменениями, которые происходят в поверхностных слоях при трении. В процессе самоорганизации материал трения претерпевает значительные структурные и химические изменения, что отражается на их механических свойствах, которые в конечном итоге и определяют уровень износостойкости пары. В результате электронно-микроскопического анализа поверхностного слоя [1] установлено, что размер ячеек в результате деформации трением уменьшился с 2...5 мкм до 50..100 нм. Насыщение поверхности кислородом происходит на глубину до 3 мкм, а деформационные процессы распространяются на глубину до 20 мкм. Такое изменение структуры существенно влияет на уровень твердости поверхностного слоя.

Результаты работы. Для исследований был избран двигатель ИЭ-412 (автомобиль «Москвич») так, как он является наиболее распространенным в странах СНГ в малом классе автомобилей. Коленчатый вал данного двигателя изготовлен из стали 45. Поверхность коренных и шатунных шеек подвергалась азотированию (цементации) с целью повышения усталостной прочности поверхностных слоев. Данная сталь по химическому составу является углеродистой; по назначению - конструкционной (цементуемой); по качеству - качественная. Ее широко применяют в промышленности в частности для изготовления валов-шестерен, коленчатых и распределительных валов, шестерен, шпинделей, цилиндров, кулачков и других нормализованных, улучшаемых и подвергаемых поверхностной термообработке деталей, от которых требуется повышенная прочность. Для изучения микроструктуры поверхностных слоев образцов, подвергнутых лазерному легированию, были изготовлены микрошлифы из секторов коренных и шатунных шеек четвертого цилиндра так, как именно эта часть коленчатого вала наиболее изнашивается при эксплуатации двигателя. На рисунке 1 приведена фотография шлифа с лазерной обработкой с увеличением 200 раз.

После проведения лазерного термоупрочнения были получены пятна диаметром 5 мм. Далее зоны термического упрочнения были вырезаны для микроструктурного анализа и распилены по диаметру пятен.

В результате проведенного микроанализа оказалось, что после лазерного упрочнения были получены гарденитные и бейнитные образования, структуры перлита, что хорошо прослеживается на снимках (рис. 1, 2). Отличительной особенностью таких покрытий является неоднородная структура. Низкая пористость поверхностного слоя предотвращает усадку покрытия при эксплуатации деталей. В покрытии формируются остаточные напряжения сжатия. Они затрудняют образование трещин, увеличивают сопротивление усталости деталей и повышают износостойкость материала, что и обеспечивает высокие триботехнические характеристики, антизадирные свойства и низкий коэффициент трения (0,02...0,03) во всем рабочем диапазоне нагрузок, что соответствует жидкостной или граничной смазке с минимальной толщиной масляной пленки [1].

Рост коэффициента трения, связанный с нарушением сплошности этой пленки между покрытием и вкладышем, происходит при 1,5-кратном превышении температуры или давления.

Замеры микротвердости проводились от поверхности вглубь заготовки. Для получения более точных данных на каждом шлифе делались замеры в каждом слое, с одинаковым интервалом, по три раза. Следовательно на каждом образце было сделано по девять замеров. Далее исходя из полученных данных рассчитывали среднее значение твердости каждого слоя. Все полученные результаты замеров сводились в таблицу 1.

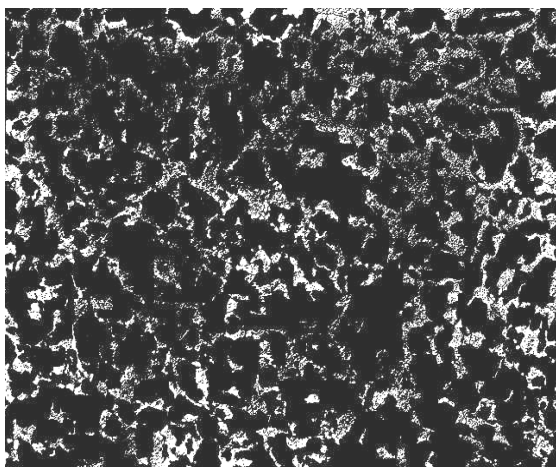


Оплавленный
слой гарденит

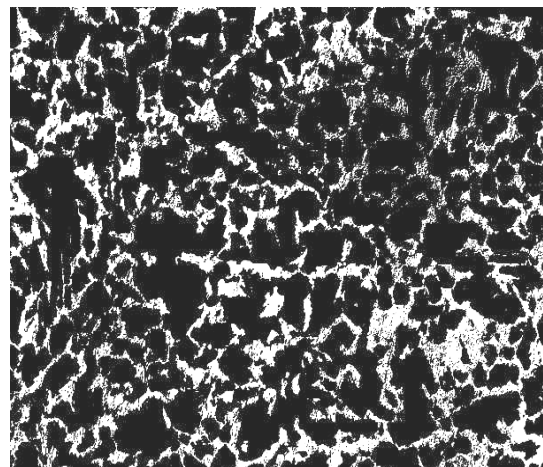
Зона под
оплавленным
слоем - бейнит

Микроструктура
основы - перлит

Рисунок 1- Микроструктура образца К1(шатунная шейка) после лазерной обработки, (Ч 200)



а



б

Рисунок 2-Микроструктура образца К4(коренная шейка) после лазерной обработки(Ч 400); а - бейнит (зона под оплавленным слоем гарденита); б – перлит (микроструктура основы)

Лазерная обработка поверхности углеродистых, низколегированных и легированных сталей приводит к повышению прочностных характеристик и твердости поверхности за счет образования структур закалочного типа.

В настоящей работе приводятся результаты исследования структуры и свойств поверхностных слоев образцов из азотированной стали, подвергнутых лазерной обработке концентрированным потоком энергии – лучом импульсного лазера. Как показали предварительные исследования, лазерная обработка приводит к образованию на рабочей поверхности образцов из стали 45 сложного микрорельефа с углублениями, впадинами и микротрещинами. Это обусловлено локальным оплавлением объема металла и его ускоренным затвердеванием.

Неожиданной, на первый взгляд, особенностью полученных данных является тот факт, что в объемах металла поверхностного слоя с последующей лазерной обработкой реализуется $\gamma > \alpha$ превращение с образованием гарденита, как одной из разновидностей мартенсита. В то же время, в прилегающих участках на поверхности и в подповерхностном слое, нагреваемых до высоких температур, фаза мартенситного типа не выявляется. Хотя в [2,3] приводятся данные о возможности формирования при лазерной обработке в поверхностном слое углеродистых, низколегированных и легированных сталей структур мартенситного типа без расплавления поверхностных объемов металла.

Фазовые и структурные превращения в этой стали при охлаждении после нагрева в γ -область однозначно описываются в справочной литературе [3] изотермическими и термокинетическими диаграммами превращения аустенита. В зависимости от скорости охлаждения аустенит в стали 45 распадается с образованием структур ферритно-перлитного или бейнитно-мартенситного типов, т.е. фаза типа Me_7C_3 в стали 45 при обычных режимах термической обработки не образуется.

Согласно полученным значениям строим графики $H_{cp}(h)$ для графического изображения изменения твердости в слоях, как в шатунных, так и коренных шейках (рис. 3.а и 3.б соответственно). Далее строим графики для изображения изменения твердости до и

после термоупрочнения, отдельно для шатунной и коренной шеек (рис. 3.а и 3.б соответственно).

Таблица 1

Координаты отпечатков алмазной призмы на поверхности образцов,
а- до и б- после термоупрочнения

Образец К1 (шатунная шейка) Нагрузка $P = 100$ г.						
Слой	1 дорожка		2 дорожка		3 дорожка	
	x_1	x_2	x_1	x_2	x_1	x_2
Поверхностный слой	400	511	398	515	338	457
Подповерхностный слой	318	448	326	458	327	452
основной материал-перлит	325	424	325	443	398	510
Образец К2 (коренная шейка) Нагрузка $P = 100$ г.						
	x_1	x_2	x_1	x_2	x_1	x_2
Поверхностный слой	335	410	338	407	334	411
Подповерхностный слой	344	405	352	404	331	404
основной материал-перлит	358	410	350	409	348	413

а

Образец К1(шатунная шейка) Нагрузка $P = 100$ г.						
Слой	1 дорожка		2 дорожка		3 дорожка	
	x_1	x_2	x_1	x_2	x_1	x_2
слой обработанный лазером - гарденит	360	398	358	408	345	395
переходной слой -бейнит	334	403	332	400	334	401
основной материал -перлит	330	400	327	400	326	405
Образец К2 (коренная шейка) Нагрузка $P = 30$ г.						
Слой	1 дорожка		2 дорожка		3 дорожка	
	x_1	x_2	x_1	x_2	x_1	x_2
слой обработанный лазером - гарденит	370	408	409	440	410	442
переходной слой - бейнит	395	450	401	448	394	452
основной материал -перлит	422	480	401	447	393	446

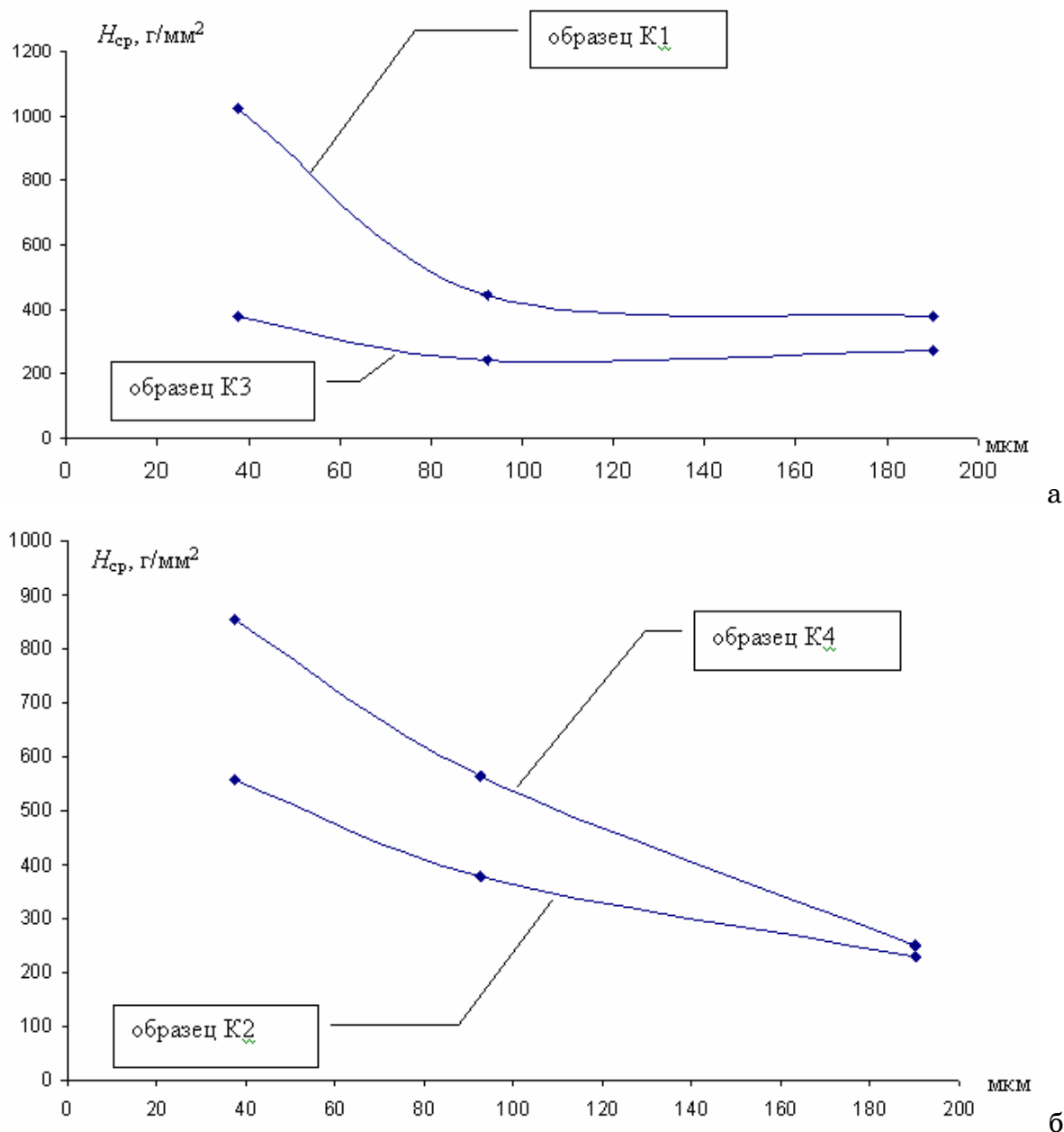


Рисунок 3 – График изменения твердости в слоях образцов а- шатунной и б-коренной шейки

Выводы. В результате проведенной исследовательской работы по изучению влияния лазерной обработки на изменение структуры и микротвердости в образцах из стали 45 были получены следующие результаты:

- разработана технология лазерного упрочнения рабочих поверхностей коренных и шатунных шеек двигателя внутреннего сгорания;
- микроструктура после лазерной обработки претерпевает изменения, где после воздействия лазера появляются новые структуры - гарденит и бейнит;

- микротвердость исследуемых образцов после обработки импульсным лазером повышается на 23 %.

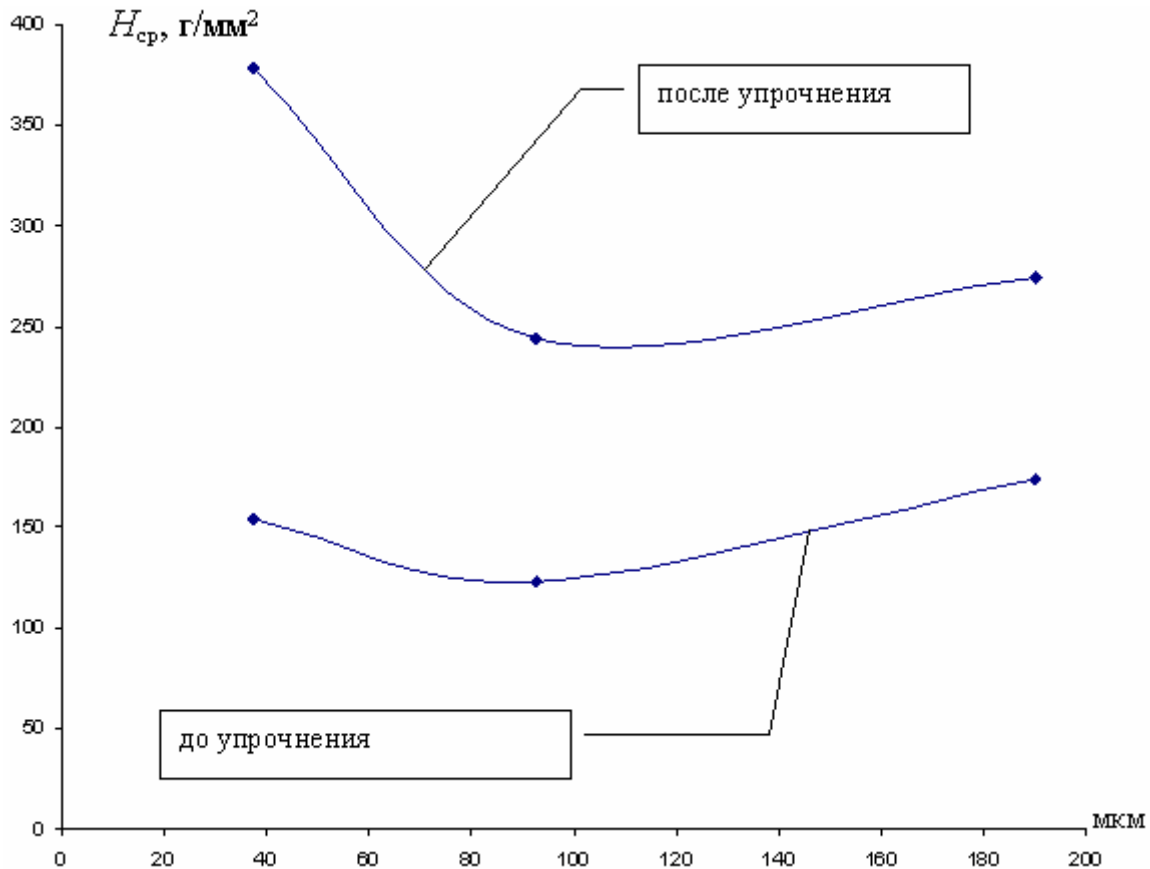


Рисунок 4 - График изменения твердости в слоях образца К1, до и после упрочнения

ЛИТЕРАТУРА

1. Петров С.В., Коржик В.Н., Горбань, Демидов В.Д., Новоселов А.В. Газотермические покрытия для упрочнения тяжело нагруженных деталей мощных дизелей.// Упрочняющие технологии и покрытия. (Научно-технический и производственный журнал) 2005 №6, С20-29.
2. Завьялов А.С., Теплухин Г.Н., Габеев К.В. Условия и механизм образования бесструктурного мартенсита (гарденита). Металловедение и термическая обработка металлов.- №10.-1979.-С.11-12.
3. Крапошин В. С. Термическая обработка стали и сплавов с применением лазерного луча и прочих прогрессивных видов нагрева. Итоги науки и техники. Металловедение и термическая обработка. - М.- Т21; 1987.-С.144.
4. Попов А.А., Попова Л.Е. Изотермические и термокинетические диаграммы распада охлажденного аустенита. Справочник термиста. - М.: МашГиз, 1961.-С.480.

Получено 26.10.2006 г.

УДК 669.013.002.5:531.3

О.А. Бейгул, С.В. Мямлин, А.Л. Лепетова

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОБСТВЕННЫХ ЧАСТОТ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПЛАТФОРМЫ НА ПНЕВМОКОЛЕСНОМ ХОДУ В ПОПЕРЕЧНОЙ ПЛОСКОСТИ

Постановка проблемы. В настоящее время прогресс металлургической промышленности тесно связан с новыми формами транспортного обслуживания. Стоит задача создания новых технологических линий с участием спецавтотранспорта, в том числе платформ на пневмоколесном ходу, которые в ряде случаев обладают неоспоримым преимуществом перед железнодорожным транспортом. К таким следует отнести автослябовозы вагонной компоновки. Они практически не имеют аналогов в практике отечественного автомобилестроения, поэтому их проектирование требует нового, нетрадиционного подхода. Для создания рациональных конструкций, удовлетворяющих требованиям надежности, долговечности и эксплуатационной пригодности, необходим ряд теоретических и экспериментальных исследований, которые бы гарантировали научнообоснованный подход при создании таких машин.

Двигательную установку у автослябовозов вагонной компоновки целесообразно размещать в пределах базы машины при помощи поддерживающей конструкции балочного или ферменного типа. В целом образуется сложная пространственная конструкция, которая совершает колебания при движении по неровностям технологических дорог. Естественным для таких систем является существование резонансных зон, где амплитуды вынужденных колебаний резко возрастают, создавая предпосылки к разрушению силовых элементов несущих систем.

Для создания конструкций, способных надежно работать на разных режимах нагружения, необходимо изучение ряда математических моделей возмущенного движения, получение собственных динамических характеристик несущих систем, обоснование таких конструктивных параметров, при которых в реальных условиях эксплуатации конструкция никогда не попадает в резонансные зоны.

Анализ исследований и публикаций. В работе [1] показано, что особое место в формировании внешних нагрузок на несущие системы занимает частотное воздействие, связанное с наличием динамических и кинематических возмущений при движении по неровностям технологических дорог. Рассмотрены колебания несущих систем платформ, определяются собственные динамические характеристики, частоты внешних возмущений. Расчетные нагрузки при этом зависят от соотношения частот и регламентируются отдельным расчетным случаем нагружения.

В работе [2] получены и решены дифференциальные уравнения возмущенного движения самоходной металлургической платформы на пневмоколесном ходу в продольной плоскости с учетом упругого подвешивания силовой установки. Из соответствующих частотных уравнений получены три собственные частоты платформы в продольной плоскости, которые влияют на формирование динамических нагрузок при движении по неровностям технологических дорог.

Работа [3] посвящена поперечным колебаниям portalной несущей системы, полученные выражения собственных круговых частот дают основание рекомендовать закрытые профили для продольных силовых элементов несущих систем порталных машин.

Нерешенная часть общей проблемы. В работе [1] не учитывается упругое подвешивание двигательной установки, работа [2] посвящена возмущенному движению технологической платформы в продольной плоскости, работа [3] посвящена изучению колебаний portalной несущей системы в поперечной плоскости. Возмущенное движение технологической платформы в поперечной плоскости предстоит исследовать.

Цель работы состоит в разработке математической модели возмущенного движения технологической платформы на пневмоколесном ходу в поперечной плоскости с учетом упругости узлов крепления двигательной установки и получении собственных динамических характеристик системы.

Изложение основного материала. На рис.1 представлена расчетная схема платформы. Обобщенные координаты: y – вертикальное перемещение центра массы платформы; θ – угол поворота рамы в поперечной вертикальной плоскости; z – поперечное

перемещение центра массы двигательной установки. Выражения кинетической и потенциальной энергий принимают следующий вид

$$T = \frac{1}{2}(m_k + m_\partial)\dot{y}^2 + \frac{1}{2}(J_{k\theta} + J_{\partial\theta})\dot{\theta}^2 + \frac{1}{2}m_k h_2^2 \dot{\theta}^2 + \frac{1}{2}m_\partial \dot{z}^2; \quad (1)$$

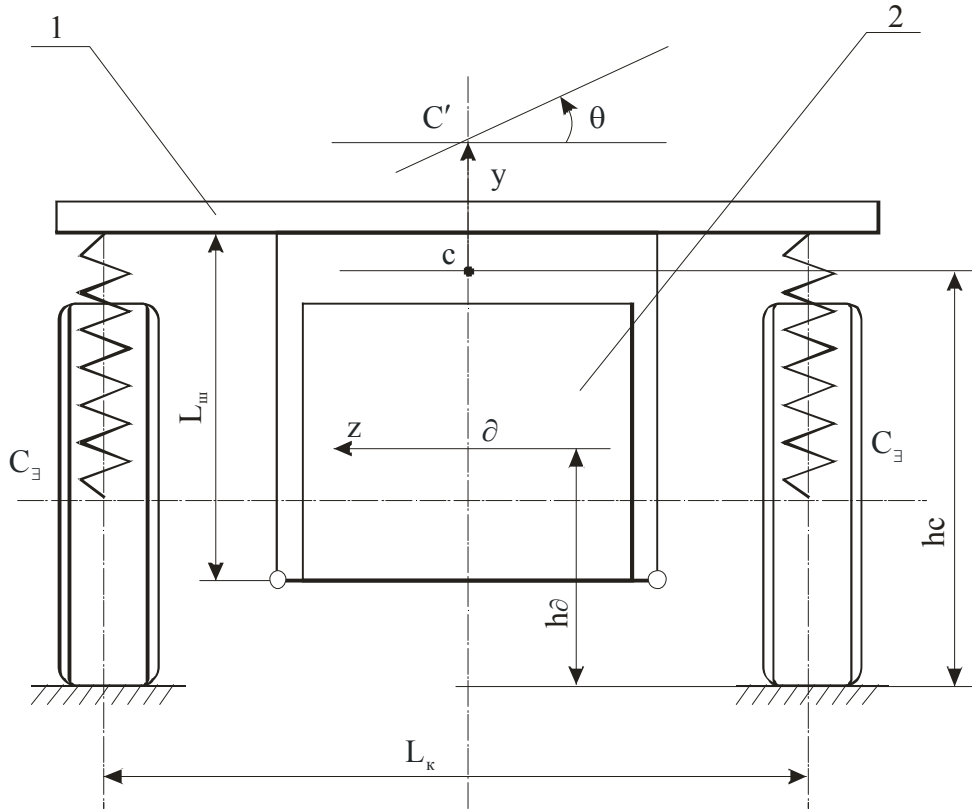


Рисунок 1 – Расчетная схема платформы 1 – платформа; 2 – двигательная установка

$$P = 2 \cdot \frac{1}{2} C_z \left(y + \frac{L_k}{2} \theta - h_1 \right)^2 + \quad (2)$$

$$+ 2 \cdot \frac{1}{2} C_z \left(y - \frac{L_k}{2} \theta - h_2 \right)^2 + \frac{1}{2} C_z (z - h_\partial \theta)^2,$$

где $J_{k\theta}$ – момент инерции платформы без двигательной установки относительно продольной оси, проходящей через соответствующий центр массы, кг·м²;

$J_{\partial\theta}$ – момент инерции двигательной установки относительно продольной оси, проходящей через центр массы установки, кг·м²;

h_1, h_2 – подъем левых и правых колесных опор на неровностях пути, м;

C_z – коэффициент поперечной жесткости узлов крепления двигательной установки, Н/м.

Подставляя выражения (1) и (2) в уравнение Лагранжа второго рода, получаем следующие дифференциальные уравнения возмущенного движения в поперечной плоскости

$$(m_k + m_\partial)\ddot{y} + 4C_\partial y = 2C_\partial(h_1 + h_2); \quad (3)$$

$$(J_{k\theta} + J_{\partial\theta} + m_k h_c^2)\ddot{\theta} + (C_\partial l_k^2 + C_z h_\partial^2)\theta - C_z h_\partial z = C_\partial l_k(h_1 - h_2); \quad (4)$$

$$m_\partial \ddot{z} + C_z z - C_z h_\partial \theta = 0. \quad (5)$$

Уравнение (3) независимо, его решение после деления на $(m_k + m_\partial)$ и введения соответствующего обозначения принимает следующий вид

$$\ddot{y} + \omega_1^2 y = \frac{2C_\partial}{m_k + m_\partial}(h_1 + h_2), \quad (6)$$

где ω_1 – собственная круговая частота вертикальных колебаний платформы, 1/с.

$$\omega_1 = \sqrt{\frac{4C_\partial}{m_k + m_\partial}}. \quad (7)$$

Принимая синусоидальный закон изменения неровностей пути, получаем решение уравнения (6)

$$y = y_0 \cos \omega_1 t + \frac{\dot{y}_0}{\omega_1} \sin \omega_1 t + \frac{h_0}{\left|1 - \frac{4\pi^2 \nu^2}{L^2 \omega_1^2}\right|} \cdot \left(\sin\left(\frac{2\pi \nu t}{L} - \psi\right) + \sin\left(\frac{2\pi(\nu t - 2L)}{L} - \psi\right) \right), \quad (8)$$

где $y_0, \dot{y}_0$ – начальные условия м, м/с;

h_0 – амплитудное значение среднестатистической неровности, м;

L – длина синусоиды аппроксимирующей неровности, м;

ψ – фазовый угол, рад.

Учитывая, что первые два слагаемых выражения (8) описывают свободные колебания, которые в реальных условиях быстро затухают, решение уравнения (6) можно записать следующим образом

$$y = \frac{h_0}{\left|1 - \frac{4\pi^2 \nu^2}{L^2 \omega_1^2}\right|} \cdot \left(\sin\left(\frac{2\pi \nu t}{L} - \psi\right) + \sin\left(\frac{2\pi(\nu t - 2L)}{L} - \psi\right) \right). \quad (9)$$

Уравнения (4) и (5) образуют систему, которая с учетом новых обозначений принимает следующий вид

$$\left. \begin{aligned} a_{1\theta}\ddot{\theta} + c_{1\theta}\dot{\theta} + c_{1z}z &= A_1 \sin \Pi\mathfrak{k} + B_1 \sin(\Pi\mathfrak{k} - \Pi\mathfrak{l}); \\ c_{2\theta}\ddot{\theta} + a_{2z}\ddot{z} + c_{2z}z &= 0. \end{aligned} \right\} \quad (10)$$

В системе (10) приняты такие обозначения:

$$\begin{aligned} a_{1\theta} &= J_{k\theta} + J_{\partial\theta} + m_k h_c^2; c_{1\theta} = C_3 l_k^2 + C_z h_\partial^2; c_{1z} = -C_z h_\partial; c_{2\theta} = -C_z h_\partial; \\ a_{2z} &= m_\partial; c_{2z} = C_z; A_1 = C_3 l_k h_0; B_1 = -C_3 l_k h_0; \end{aligned}$$

Решение системы (10) разыскиваем в виде

$$\left. \begin{aligned} \theta &= C_1 \cos \Pi\mathfrak{k} + C_2 \sin \Pi\mathfrak{k} + C_3 \cos(\Pi\mathfrak{k} - \Pi\mathfrak{l}) + C_4 (\Pi\mathfrak{k} - \Pi\mathfrak{l}); \\ z &= C_5 \cos \Pi\mathfrak{k} + C_6 \sin \Pi\mathfrak{k} + C_7 \cos(\Pi\mathfrak{k} - \Pi\mathfrak{l}) + C_8 (\Pi\mathfrak{k} - \Pi\mathfrak{l}). \end{aligned} \right\} \quad (11)$$

Подставляем выражения (11) в уравнение (10), приравниваем коэффициенты при одинаковых функциях. Получаем восемь уравнений с восемью неизвестными C_i , которые образуют четыре системы. Откуда следуют выражения

$$\left. \begin{aligned} C_1 &= C_3 = C_5 = C_7 = 0; \\ C_2 &= \frac{A_1(c_{2z} - \Pi\mathfrak{k}^2 a_{2z})}{(c_{1\theta} - \Pi\mathfrak{k}^2 a_{1\theta})(c_{2z} - \Pi\mathfrak{k}^2 a_{2z}) - c_{2\theta} c_{1z}}; \\ C_4 &= \frac{B_1(c_{2z} - \Pi\mathfrak{k}^2 a_{2z})}{(c_{1\theta} - \Pi\mathfrak{k}^2 a_{1\theta})(c_{2z} - \Pi\mathfrak{k}^2 a_{2z}) - c_{2\theta} c_{1z}}; \\ C_6 &= \frac{-A_1 c_{2\theta}}{(c_{1\theta} - \Pi\mathfrak{k}^2 a_{1\theta})(c_{2z} - \Pi\mathfrak{k}^2 a_{2z}) - c_{2\theta} c_{1z}}; \\ C_8 &= \frac{-B_1 c_{2\theta}}{(c_{1\theta} - \Pi\mathfrak{k}^2 a_{1\theta})(c_{2z} - \Pi\mathfrak{k}^2 a_{2z}) - c_{2\theta} c_{1z}}. \end{aligned} \right\} \quad (12)$$

Записываем решение системы (10), имея в виду (12),

$$\theta = C_2 \sin \Pi\mathfrak{k} + C_4 \sin(\Pi\mathfrak{k} - \Pi\mathfrak{l}); \quad (13)$$

$$z = C_6 \sin \Pi\mathfrak{k} + C_8 \sin(\Pi\mathfrak{k} - \Pi\mathfrak{l}). \quad (14)$$

Соответствующее частотное уравнение

$$\begin{aligned} [(J_{k\theta} + J_{\partial\theta} + m_k h_c^2)m_\partial](\omega^2)^2 - [(J_{k\theta} + J_{\partial\theta} + m_k h_c^2)C_z + \\ + (C_3 l_k^2 + C_z h_\partial^2)m_\partial]\omega^2 + C_z C_3 l_k^2 = 0. \end{aligned} \quad (15)$$

Или в приведенных выше обозначениях получаем

$$a_{1\theta} a_{2z} (\omega^2)^2 - (a_{1\theta} c_{2z} + c_{1\theta} a_{2z}) \omega^2 + c_{2z} (c_{1\theta} + c_{1z}) = 0. \quad (16)$$

Откуда получаем

$$\begin{aligned} \omega_{2,3} &= \left\{ [(a_{1\theta} c_{2z} + c_{1\theta} a_{2z}) \mp ((a_{1\theta} c_{2z} + c_{1\theta} a_{2z})^2 - \right. \\ &\quad \left. - 4a_{1\theta} a_{2z} c_{2z} (c_{1\theta} + c_{1z}))^{1/2}] / 2a_{1\theta} a_{2z} \right\}^{1/2}, \end{aligned} \quad (17)$$

где ω_2, ω_3 – собственные круговые частоты несущей системы, 1/с.

Выводы. Таким образом, разработанная математическая модель возмущенного движения технологической платформы на пневмоколесном ходу в поперечной плоскости позволяет получить собственные динамические характеристики системы, которые могут быть использованы при выборе жесткостных параметров элементов крепления двигательной установки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Бейгул О.А. Частотный аспект нагружения несущих систем платформ // Системні технології. Регіон. міжвуз. зб. наук. праць. – Дніпропетровськ: ДНВП “Системні технології”, 1998. – Вип. 2. – С. 99–101.
2. Бейгул О.А. Колебания несущей конструкции самоходной металлургической платформы с учетом упругости узлов крепления двигательной установки // Системні технології. Регіон. міжвуз. зб. наук. праць. – Дніпропетровськ: ДНВП “Системні технології”, 1998. – Вип. 4. – С. 3–8.
3. Шматко Д.З. Исследование поперечных колебаний несущих систем технологического порталного автомобиля // Системні технології. Регіон. міжвуз. зб. наук. праць. – Дніпропетровськ: ДНВП “Системні технології”, 2002. – Вип. 2 (19). – С. 82–86.

Получено 26.10.2006 г.

УДК 532

А.М. Павленко, О.А. Крюковская, А.В. Кошлак, В.Д. Вернигора,
Ю.А. Гасило

ОБЕЗВРЕЖИВАНИЕ ОТРАБОТАННЫХ ЭМУЛЬСИОННЫХ СРЕД В ЦЕНТРОБЕЖНЫХ АППАРАТАХ

Введение. Проблемы использования ресурсов и охраны окружающей среды требуют включения в процессы эксплуатации технологических эмульсионных сред (ЭТС), в частности смазочно-охлаждающих жидкостей (СОЖ), устройств для нейтрализации отработанных эмульсионных сред, целью которых является получение технически чистых оборотных вод, сбор масляной фазы с ее последующей утилизацией или регенерации.

Сложность обезвреживания отработанных эмульсий вызвана высокой устойчивостью их структуры. Микрогетерогенные масляные глобулы стабилизированы поверхностью эмульгатора, действие которого заключается в снижении поверхностного натяжения на границе “масло-вода” до $(0,1...0,001) \cdot 10^{-7} \frac{\text{Н}}{\text{м}}$ и создании на поверхности масляных глобул двойных электрических слоев, гелеобразных адсорбционных и сольватно-гидратных оболочек. Это препятствует сближению соседних глобул до расстояний, где наиболее интенсивно действуют Ван-дер-Ваальсовы силы. Поэтому произвольное коалесцирование масляных глобул в крупные капли невозможно. Наложение дополнительных (центробежных) сил не обеспечивает достаточную эффективность процесса разложения эмульсий, в связи с чем необходимо более существенное, воздействие на структуру СОЖ, например химическое.

Механическое деэмульгирование не дает высокую степень выделения дисперсной фазы из базовой основы эмульсии, но имеет высокую производительность и небольшие энергозатраты на реализацию процесса. Указанные преимущества делают перспективным дальнейшее развитие способов механического разделения ЭТС.

Для разрушения структуры ЭТС используют различные конструкции центрифуг (например, осадительные горизонтальные

центрифуги со шнековой выгрузкой осадка ОГШ-502К4, ОГШ-631К-2, центрифуги Alfa-Laval (США), ротор которых вращается с частотой до $n=7000\text{мин}^{-1}$, обеспечивающие снижение концентрации масла с 20% до 0,5% и полное удаление шлама. Однако для удовлетворительного отделения масла фактор разделения должен быть не менее 7260 при существующем 2000. Кроме того, центрифуги обладают малой производительностью при разделении устойчивых эмульсий. Для увеличения производительности необходимо снизить рН отработанной жидкости до 2...4, что вызывает необходимость использовать реагенты для подкисления СОЖ и значительно усложняет технологию обезвреживания отработанных водных сред. Поэтому механические способы применяются на первом этапе в технологических процессах обезвреживания отработанных СОЖ.

Интенсифицировать процесс выделения взвешенных частиц загрязнений можно дополнительным воздействием на структуру дисперсий, например, термическим.

Ранее было принято ошибочное мнение, что воздействие температуры оказывает на эмульсии лишь косвенное влияние: изменяется поверхностное натяжение, вязкость и эмульгирование происходит легче. В данном случае эффективнее осуществляется дробление вторичной фазы на капли малого диаметра, но эмульгирование реализовать при более высоких температурах сложнее, поскольку, как установлено настоящими исследованиями, изменение температуры оказывает влияние на адсорбцию эмульгатора. Поэтому эффективность эмульгирования повышается при снижении температуры (как будет показано далее). Классическим примером может служить производство маргарина и майонеза, когда готовые эмульсии охлаждают после того, как они были приготовлены при повышенной температуре.

Таким образом, дополнительное термическое воздействие на структуру эмульсии при обработке дисперсии любым способом [1] интенсифицирует процесс ее разрушения.

Цель работы. В данных исследованиях предполагалось выяснить, в какой степени это воздействие эффективно, а также провести анализ и исследовать закономерности, связывающие структуру эмульсионных сред с их устойчивостью.

Методика исследований. При центрифугировании ЭТС изменялись следующие параметры: продолжительность обработки (t); число оборотов центрифуги (n); температура ЭТС (T); использованы составы с различными концентрациями эмульгатора ($C_{\text{Э}}$), дисперсной фазы ($C_{\text{М}}$) и периодами выдержки (τ). Исследования выполнены в три этапа, в каждом из которых комбинировались перечисленные факторы. Ниже в таблицах 1-4 приведены условия экспериментов и матрицы планирования.

Таблица 1

Условия проведения экспериментов

Факторы	Код	Уровни варьирования			«звездные точки»		Интервал
		-1	0	1			
I серия опытов							
СЭ, %	X ₁	0,4	0,9	1,4	-1,547 0,13	1,547 1,67	0,5
СМ, %	X ₂	15	35	55	4	66	
Т,°С	X ₃	30	50	70	19	81	20
t, мин.	X ₄	2	4	6	0,9	7,1	2
n, об/мин.	X ₅	2000	4000	6000	900	7100	2000
II серия опытов							
СЭ, %	X ₁	0,4	0,9	1,4	0,13	1,67	0,5
СМ, %	X ₂	15	35	55	4	66	20
Т,°С	X ₃	30	50	70	19	81	20
t, мин.	X ₄	2	4	6	0,9	7,1	2
III серия опытов							
СЭ, %	X ₁	0,4	0,9	1,4	0,13	1,67	0,5
СМ, %	X ₂	15	35	55	4	66	20
Т,°С	X ₃	30	50	70	19	81	20
τ, мин	X ₄	40	100	160	15	185	60

Таблица 2

Матрица планирования I

№	Факторы				Y	№	Факторы				Y
	X_1	X_2	X_3	X_4			X_1	X_2	X_3	X_4	
1	1	1	1	1	21	14	-1	1	-1	-1	65
2	-1	1	1	1	18	15	1	-1	-1	-1	87
3	1	-1	1	1	22	16	-1	-1	-1	-1	67
4	-1	-1	1	1	17						
5	1	1	-1	1	35	17	1,414	0	0	0	21
6	-1	1	-1	1	34	18	-1,414	0	0	0	44
7	1	-1	-1	1	40	19	0	1,414	0	0	39
8	-1	-1	-1	1	34	20	0	-1,414	0	0	40
9	1	1	1	-1	62	21	0	0	1,414	0	16
10	-1	1	1	-1	68	22	0	0	-1,414	0	50
11	1	-1	1	-1	75	23	0	0	0	1,414	16
12	-1	-1	1	-1	62	24	0	0	0	-	92

										1,414	
13	1	1	-1	-1	85	25	0	0	0	0	32

Таблица 4

Матрица планирования III

№	Факторы				Y	№	Факторы				Y
	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄			X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	
1	1	1	1	1	21	14	-1	1	-1	-1	20
2	-1	1	1	1	17	15	1	-1	-1	-1	39
3	1	-1	1	1	22	16	-1	-1	-1	-1	24
4	-1	-1	1	1	17						
5	1	1	-1	1	37	17	1,414	0	0	0	21
6	-1	1	-1	1	36	18	-1,414	0	0	0	44
7	1	-1	-1	1	42	19	0	1,414	0	0	39
8	-1	-1	-1	1	35	20	0	-	0	0	39
								1,414			
9	1	1	1	-1	15	21	0	0	1,414	0	16
10	-1	1	1	-1	16	22	0	0	-	0	49
									1,414		
11	1	-1	1	-1	23	23	0	0	0	1,414	23
12	-1	-1	1	-1	16	24	0	0	0	-1,414	38
13	1	1	-1	-1	38	25	0	0	0	0	22

После обработки результатов по стандартной методике [2] получены следующие уравнения:

$$Y_I = 6267 + 2,16X_1 - 1266X_4 - 17,74X_5 - 10,57X_1^2 - 7,25X_2^2 - 10,8X_3^2 - 2,99X_4^2 + 9,55X_5^2 + 2,81X_4X_5;$$

$$Y_{II} = 3261 + 1,47X_1 - 7,5X_3 - 22,87X_4 - 4,54X_2^2 + 1,197X_4^2 - 1,625X_1X_2 - 2X_1X_3 - 2X_1X_4;$$

$$Y_{III} = 3493 + 1,17X_1 - 8,53X_3 - 2,4X_1^2 - 2,4X_3^2 + 1,197X_3^2 - 3,4X_4^2 - 1,63X_1X_3 - 1,83X_1X_4 - 1,38X_3X_4.$$

На рисунке 1 представлены поверхности указанных функций, характеризующие данные зависимости и степень влияния названных факторов. Наиболее сильное влияние оказывают частота вращения центрифуги, продолжительность обработки и рабочая температура (X_5 , X_4 и X_3).

Заключение. Как показали полученные оценки влияния факторов на значение Y, квадратичные оценки зависят не только от физических свойств ЭТС, но и от выбора ширины интервалов варьирования. Например, для показателя C_9 (X_1 в первой серии опытов) интервал варьирования достаточно широк. Учитывая параболический характер зависимости, линейное влияние C_9 положительно, а квадратическое отрицательно, т.е. графически - это часть параболы, ориентированной ветвями вниз с преобладанием участка параболы на возрастание. Полученные уравнения характеризуют процесс разрушения любой водомасляной эмульсии, поскольку отражают экспериментальные данные, представленные в данной работе и других публикациях [1,3].

Приведенные данные указывают также на то, что термическая инициация центробежного разделения ЭТС не является в этих технологиях доминирующим фактором, но существенно повышает степень выделения дисперсной фазы эмульсии. Поэтому такой подход к деэмульгированию может исключить необходимость в подкислении рабочих растворов, а это в свою очередь открывает перспективы к созданию безотходного процесса механического разделения промышленных ЭТС.

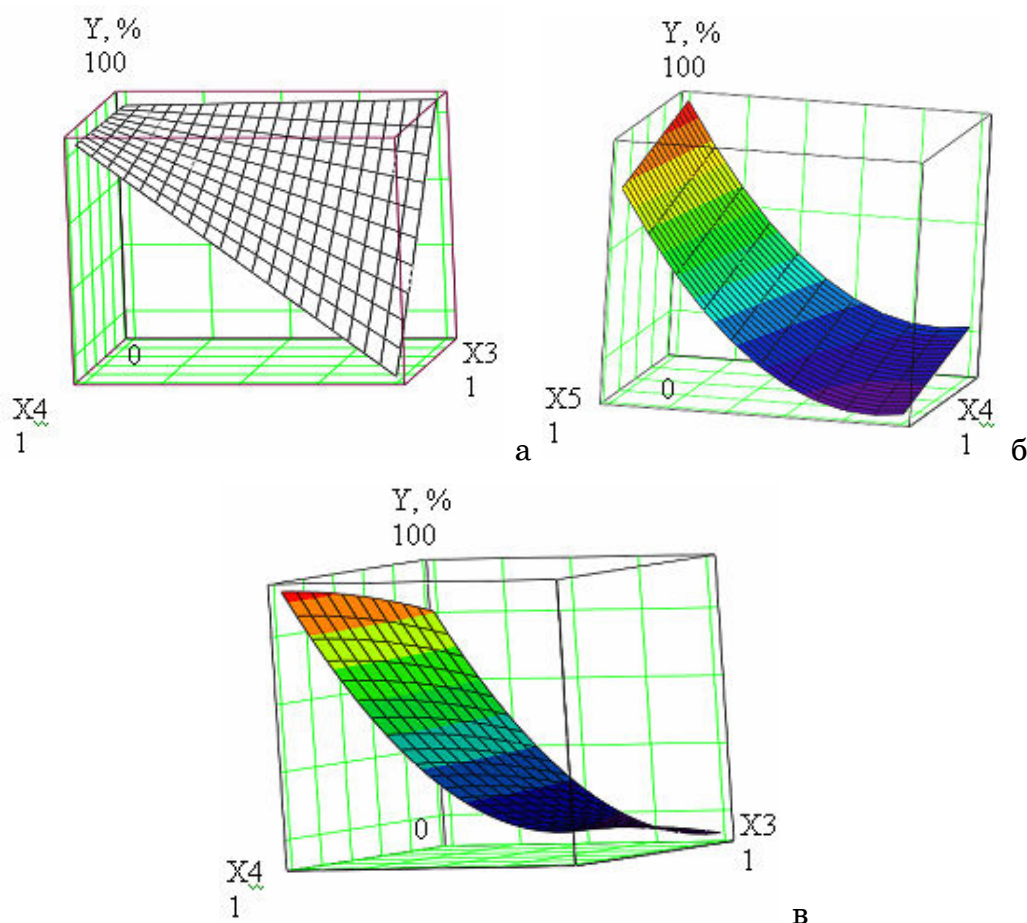


Рисунок 1- Графики зависимости степени разделения ЭТС: а - уравнение 1 при фиксированных X_1, X_2, X_3 ; б – уравнение 2 при фиксированных X_1, X_2 ; в – уравнение 3 при фиксированных X_1, X_2 (данные приведены в кодированных величинах [3])

ЛИТЕРАТУРА

1. Павленко А.М. Стійкість емульсій при технологічних впливах. Дніпропетровськ: Наука і освіта, 2001.-140 с.
2. Хартман К., Лецкий Э., Шефер В. и др. Планирование эксперимента в исследованиях технологических процессов. –М: Мир, 1977.
3. Эмульсии. Под ред. Шермана Ф. – Л.: Химия, 1972.- 448с.

Получено 15.06.2006 г.

УДК 621.436.019

О.А. Крюковская, А.М. Павленко, С.А. Юдина

РЕЗУЛЬТАТЫ ПРОМЫШЛЕННОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВОДОМАЗУТНЫХ ЭМУЛЬСИЙ

Введение. Использование водомазутных эмульсий на промышленных предприятиях представляет практический интерес, так как использование разработанных технологий гидротермического эмульгирования [1] позволяет эффективнее осуществлять сжигание топлива в топках паровых котлов. При этом перевод производства на другой вид топлива происходит без существенных конструктивных изменений основного оборудования и без каких-либо капитальных затрат.

Цель работы. Нами были проведены практические испытания устройства гидротермического эмульгирования [2] на ряде промышленных предприятий Днепропетровской области, целью которых было: 1) выявление наиболее экономичного соотношения “мазут-вода” при различных эксплуатационных диапазонах работы котлов; 2) выявление зависимости тепловых потерь и КПД котла от состава топлива; 3) определение удельного расхода топлива на производство 1 тонны пара и 1ГДж теплоты; 4) выявления зависимости процентного содержания вредных веществ в уходящих газах от вида и состава топлива. При этом одним из критериев оценки работы котельного оборудования при различных режимах и на различном топливе была экономия топлива.

Результаты исследований. В результате испытаний трех промышленных котлов на различном топливе, а именно, газе, мазуте, водомазутной эмульсии с содержанием воды ($W = 10; 20; 30; 40 \%$) было отмечено, что при неизменной мощности и производительности котлоагрегата заметно снижается расход мазута и необходимая температура подогрева мазута перед горелками, о чем можно судить из рисунка 1. Это положительно сказывается на энергопотреблении в процессе подготовки мазута к сжиганию. В частности, в летний период времени, можно практически полностью исключить из технологии подготовки мазута к топочному процессу его предварительный нагрев.

Несмотря на снижение теплоты сгорания топливной смеси, использование водомазутных эмульсий позволяет существенно снизить потери теплоты с уходящими газами и химическим недожогом топлива, что наглядно видно на графиках рисунка 2. Анализируя рисунок 3, можно сказать, что при сжигании водомазутной эмульсии существенно снижалась концентрация вредных веществ в продуктах сгорания, а это является одним из определяющих факторов масштабного промышленного использования такого топлива. Наибольший экологический эффект реализуется при уровне водной фазы до 40 %. Наибольший экономический эффект, в частности расход условного топлива на 1 МДж выработанного тепла, КПД котлоагрегата, и одновременное снижение газовых выбросов обеспечивается эмульгированием мазута с содержанием воды от 10 до 20 %, о чем можно судить из графиков на рисунке 4. Полученные результаты показаны графически на рисунках 1,2,3,4.

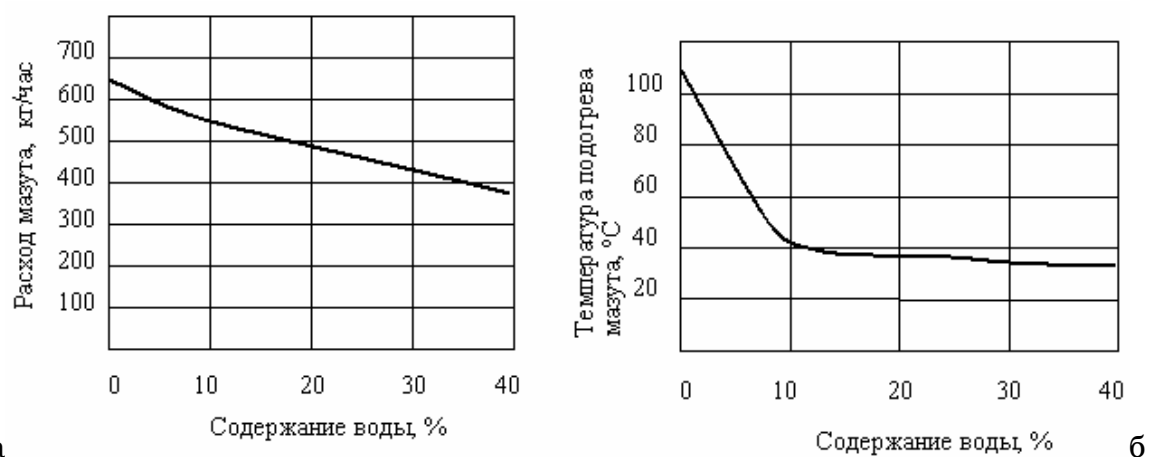


Рисунок 1 - Зависимость расхода (а) и температуры подогрева (б) мазута от содержания воды

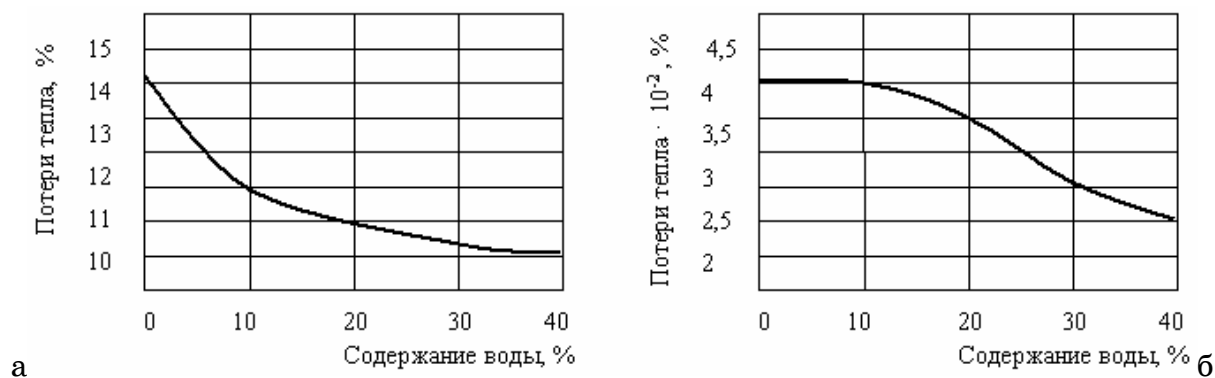


Рисунок 2 - Зависимость потерь тепла с уходящими газами (а) и химическим недожогом (б) от содержания воды в мазуте

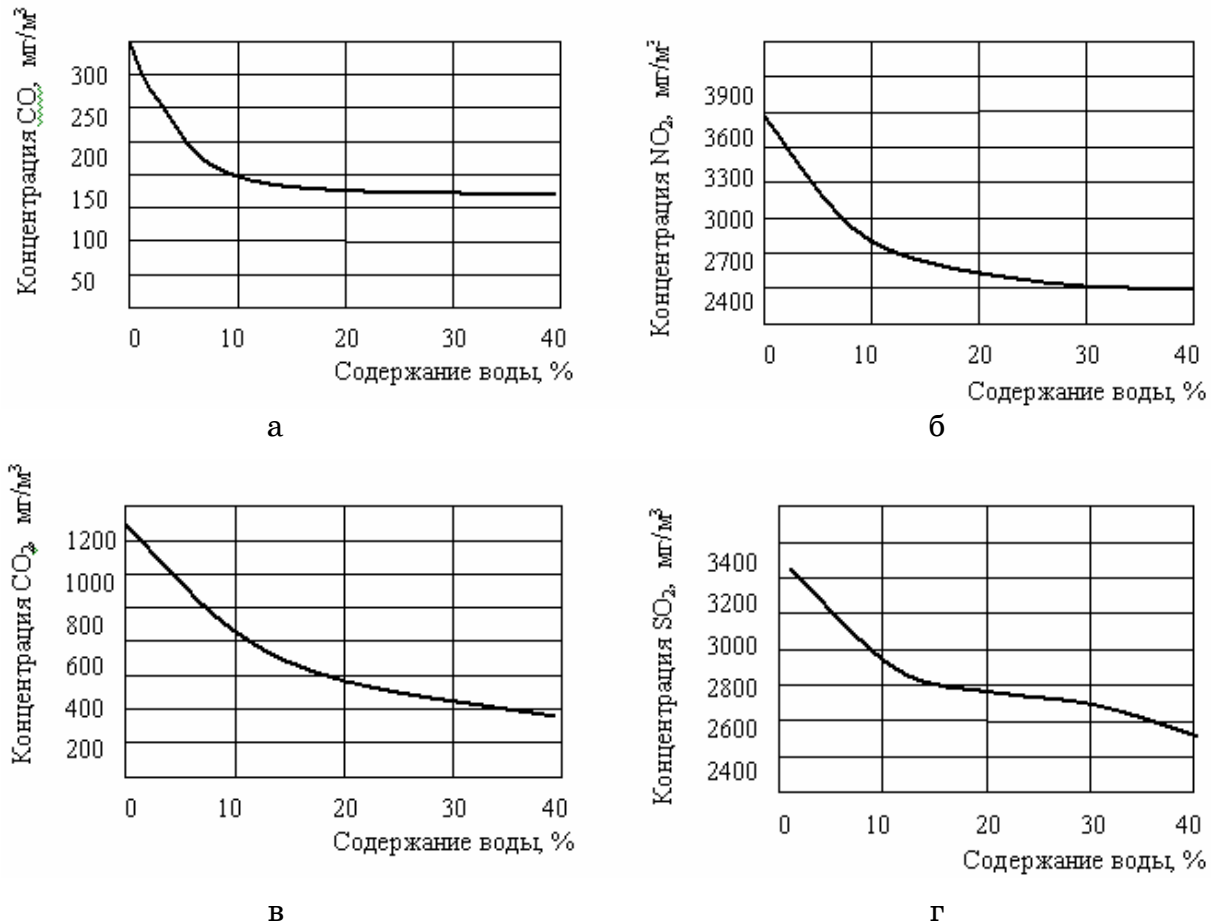


Рисунок 3 - Концентрация CO (а), NO₂ (б), CO₂ (в), SO₂ (г) в продуктах сгорания, приведенная к нормальным условиям и $\alpha=1$

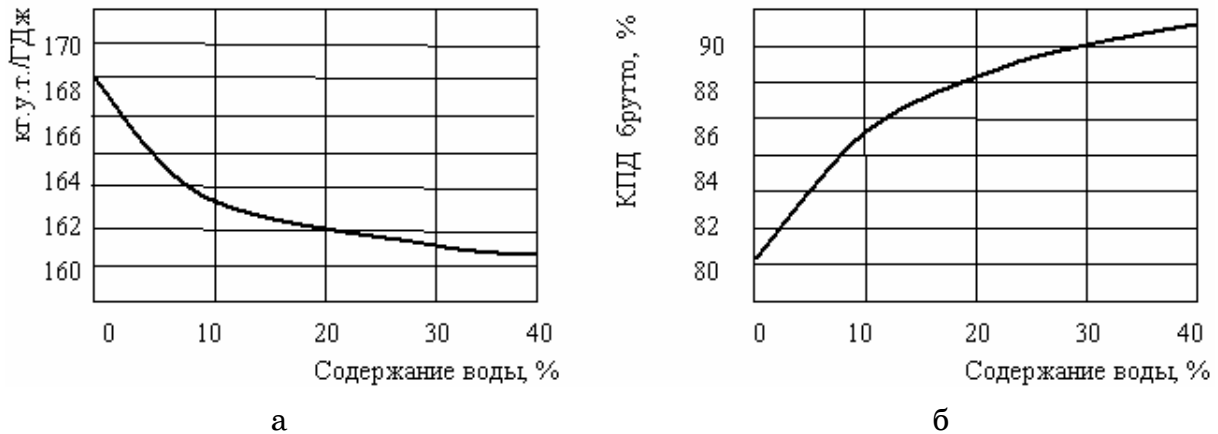


Рисунок 4 - Зависимость удельного расхода условного топлива на 1 ГДж выработанного тепла (а) и КПД брутто котельной установки (б) от содержания воды в мазутной эмульсии

Кроме того, еще одним фактором, подтверждающим перспективность использования водотопливных эмульсий, является повышение эффективности и долговечности топочного оборудования, так как при сжигании эмульсии часть капель последней долетает до поверхностей нагрева и взрывается на них, что способствует не

только предотвращению отложений, но и очистке этих поверхностей от старых сажистых образований.

Нами установлено, что наибольший экономический эффект и одновременное снижение содержания вредных веществ в газовых выбросах обеспечивается эмульгированием мазута с содержанием воды от 10 до 20 %.

ЛИТЕРАТУРА

1. Павленко А.М., Крюковська О.А. Гідротермічне емульгування. Системні технології. Регіональний міжвузівський збірник наукових праць. Випуск 3(26).- Дніпропетровськ, 2003, стр. 135 – 141.
2. Крюковська О.А. Экосовместимая технология эмульгирования. Системні технології. Регіональний міжвузівський збірник наукових праць. Випуск 1(36).- Дніпропетровськ, 2005, С. 33 – 38.

Получено 20.10.2006 г.

УДК 629.331

О.О. Плахотнік, Д.З.Шматко

УДОСКОНАЛЕННЯ УПРАВЛІНСЬКОЇ ДІЯЛЬНОСТІ ПІДПРИЄМСТВ АВТОМОБІЛЬНОГО ТРАНСПОРТУ В УМОВАХ РИНКОВИХ ПЕРЕТВОРЕНЬ

На сучасному етапі економічного розвитку характерною рисою в роботі підприємств автомобільного транспорту є нестабільність внутрішнього й зовнішнього середовища, відсутність своєчасної інформації, що дозволяють забезпечити адекватність прийнятих управлінських рішень.

Керівники різних рівнів автотранспортних підприємств повинні мати можливість у короткий термін оцінити вплив соціально-економічних показників на функціонування підприємств для нейтралізації ризиків і максимального використання наявного його технічного потенціалу.

На автотранспортних підприємствах зосереджені сотні тисяч зразків технологічного обладнання. Разом з тим ефективному його використанню не приділяється достатньої уваги. Слід також враховувати, що автотранспортні підприємства укомплектовані спеціалізованим технологічним обладнанням приблизно на 25 - 30%. Парк автомобілів зростає, потреби в сучасному обладнанні збільшуються. За цих умов важливого значення набуває розв'язання проблеми повного і правильного розподілу та використання технологічного обладнання.

В умовах ринкових перетворень необхідно проаналізувати причини низької ефективності використання технологічного обладнання на автотранспортних підприємствах.

Зниженню ефективності використання обладнання сприяє низький рівень організації ремонтно-обслуговуючого виробництва на АТП та СТО; недостатня кількість висококваліфікованого обслуговуючого персоналу, що приводить до неефективного використання стендів для перевірки технічного стану автомобілів.

Тисячі одиниць обладнання використовується спрацьованими й застарілими. В Україні понад 60 % одиниць обладнання підлягають списанню з цих причин, їх експлуатація знижує ефективність

виробництва. Процес старіння обладнання триває, а можливості оновлення незначні через обмеженість наявних ресурсів. Деякі моделі технологічного обладнання не задовольняють споживачів за ергономічними характеристиками, створюють надмірне напруження в процесі праці, підвищують утомлюваність, знижують працездатність.

Низка моделей технологічного обладнання ще значно відстає від кращих світових зразків за продуктивністю, ступенем автоматизації, безвідмовністю, довговічністю, матеріаломісткістю, площею, яку вони займають, споживаною електроенергією і технічною естетичністю. Головна причина такого стану – недостатня якість застосовуваних вихідних матеріалів і комплектуючих виробів, а також слабка виробничо-технічна база більшості заводів-виготовлювачів.

Невідповідність технологічної структури обладнання структурі і трудомісткості виробничої програми ремонтно-обслуговуючого виробництва на АТП та СТО не дає змоги рівномірно за часом завантажувати основні фонди роботами з технічного обслуговування і ремонту автомобілів.

Підвищення ефективності використання технологічного обладнання пов'язано також з оперативно-виробничим плануванням ТО і ремонту рухомого складу.

Необхідна для оперативно-виробничого планування інформація повинна бути наведена у вигляді двох характеристик вимог на технічні впливи – диспетчерської і технологічної.

Під диспетчерською характеристикою вимог розуміється сполучення робіт з плановим часом їх виконання.

Під технологічною характеристикою вимог розуміється відповідність спеціалізованим постам, ділянкам і технологічна черговість виконання окремих видів робіт, котрі вмістяться у диспетчерській характеристиці цього вимогу.

Для спрощення прийняття управлінських рішень застосовуються спеціальні класифікатори відповідності зовнішніх появлень поломок і ремонтно-регулювальних операцій, котрі містять слідуєчу інформацію:

- перелік зовнішніх проявлень поломок по агрегатам і системам автомобілів;
- ремонтно-регулювальні операції по усуненню поломок;
- шифри ремонтно-регулювальних операцій;

- нормативна працемісткість виконання ремонтно-регулювальних операцій;
- додаткова інформація про можливість діагностування даної поломки і нормативних значеннях діагностичних параметрів.

Задача оперативно-виробничого управління заключається у забезпеченні реалізації оперативно-виробничого плану і виконання максимальної кількості оперативних вимог при певних ресурсах.

Оперативно-виробниче планування базується на слідуючих принципах, котрі відтворюють особливості функціювання технічної служби АТП:

- кожний автомобіль, котрий поступає в систему обслуговування, розглядається як складна вимога в загальній черзі, так як для його виконання необхідно провести роботи на декількох різних спеціалізованих постах;
- оперативно-виробниче планування проводиться до початку зміни;
- при плануванні враховуються всі автомобілі, котрі знаходяться у системі обслуговування (на постах або в зоні очікування), а також автомобілі, котрі повинні поступати в систему в відповідності з планом поставки у ТО-2;
- автомобілі, по котрим до початку планування не закінчена інформаційна підготовка, при плануванні не враховуються і автоматично пересуваються на слідуючий період планування.

У якості критерію ефективності оперативно-виробничого планування приймається кількість автомобілів, відремонтованих за плановий період.

Задача складання оперативно-виробничого плану ремонтів, з урахуванням наведених вище положень, полягає у тому, щоб скласти такий розклад (графік черги виконання робіт) виконання вимог із прийнятих до планування на наступний період, котре забезпечить випуск із ремонту максимальної кількості автомобілів.

Все вище перераховане потребує впровадження наступних управлінських заходів:

- економічна оцінка технологічного обладнання як об'єкта управління, що вимагає управлінської діяльності щодо розробки системи показників оцінки якості й ефективності використання обладнання;

- розробка й економічне обґрунтування заходів щодо вдосконалення управлінських процесів формування, підтримки й розвитку виробничо-технічної бази АТП, що потребує дій по її реформуванню (модернізації, диверсифікації, реструктуризації, тощо);
- розробка й економічне обґрунтування заходів щодо підвищення технічного рівня технологічного обладнання, розробки інженерних управлінських рішень по вдосконаленню технологічних процесів, що забезпечують надання якісних транспортних послуг;
- системне рішення проблем управління й організації впровадження досягнень науково-технічного прогресу, управління процесом оптимального впровадження засобів механізації й автоматизації виробничих процесів, зростання економічної ефективності впровадження на 1 грн. наданих послуг;
- розробка й економічне обґрунтування заходів, спрямованих на підвищення гнучкості, мобільності технологічного обладнання;
- розробка управлінських рішень по освоєнню нової продукції;
 - розробка й економічне обґрунтування заходів щодо ефективного технологічного забезпечення виробництва.

Впровадження цих управлінських заходів дозволить: підвищити рівень прогресивності обладнання, збільшити обсяг надання транспортних послуг, скоротити тривалість технологічної підготовки виробництва на автотранспортних підприємствах.

ЛІТЕРАТУРА

1. Канарчук В.Е., Чигринец Д.А. Совершенствование структур управления авторемонтными предприятиями. – Киев: УМК, 1989 – 94 с.
2. Курников И.П. Развитие производственно-технической базы АТП – Киев: УМК, 1991 – 78 с.
3. Варфоломеев В.Н., Волошина Н.А. Реконструкция и техническое перевооружение предприятий автомобильного транспорта. – Киев: «Вища школа», 1991 – 124 с.
4. Канарчук С.Ф. та ін. Організація виробничих процесів на транспорті у ринкових умовах. – Київ: «Логос», 1996 – 347 с.

Получено 26.10.2006 г.

УДК 338.656.025

Д.З. Шматко

РОЗРАХУНОК КІЛЬКОСТІ І ПРОПУСКНОЇ ЗДАТНОСТІ НАВАНТАЖУВАЛЬНО-РОЗВАНТАЖУВАЛЬНИХ ПУНКТІВ

Відомо, що процес виробництва безпосередньо пов'язаний із створенням запасів матеріалів, напівфабрикатів і готових виробів.

Причиною створення запасів є також необхідність гарантованого безперебійного постачання споживачів, а тому запаси утворюються не тільки на складах споживачів, але й на проміжних складах постачально-збутових організацій. Утворення запасів пояснюється й дискретним характером транспортного процесу на всіх видах транспорту, в тому числі й автомобільному.

Задачі визначення раціонального розміру запасів та оптимальної партії перевезення вантажу необхідні для нормального функціонування АТП.

Збитки економіці приносять як надлишкові, так і недостатні запаси. Надлишкові запаси приводять до “омертвіння” засобів, витрачених на придбання й збереження невикористаних запасів. Окрім цього в процесі збереження якості деяких товарів погіршується й виникають втрати. Великі запаси доцільно утворювати для продуктів сезонного виробництва (наприклад, сільськогосподарська продукція) або постійного виробництва, але сезонного споживання (паливо). Недостатні запаси можуть стати причиною порушення виробничого процесу або ритмічного постачання.

Задачі управління запасами полягають у виборі обсягу і моменту замовлення на постачання, що забезпечує мінімальні сумарні затрати на збереження, штрафи і поставки.

Сукупність правил, якими керуються при прийнятті рішень називається стратегією управління запасами. Стратегія, що мінімізує сумарні затрати вважається оптимальною, визначення її є предметом теорії оптимального управління запасами.

Задачі управління запасами поділяються на статичні і динамічні. В статичних задачах утворення запасу виступає як одиничний акт, а в динамічних витрата й періодичне поповнення запасів розглядається

як процес, що розгортається в часі. Для різних умов динамічні управління запасами мають різні формування, але їх математичні моделі аналогічні.

Навантажувально-розвантажувальні пункти на території складів вантажовідправників і вантажоотримувачів повинні відповідати наступним вимогам, які забезпечують нормальну експлуатацію рухомого складу:

а) під'їзні шляхи до навантажувально-розвантажувальних пунктів і проїзди на їх території повинні мати, як правило, тверде покриття і зберігатися в справному стані; спуски і підйоми в зимовий час слід очищати від льоду і присипати піском; при пересіченні під'їзних шляхів канавами, траншеями, залізничними шляхами повинні бути зроблені настили і мости для переїздів; ширина проїздів повинна забезпечувати вільний рух і роз'їзди автомобілів всіх типів;

б) територія навантажувально-розвантажувальних пунктів і її обладнання повинні забезпечувати нормальний фронт робіт для необхідного за обсягом вантажообігу кількості автомобілів, а також швидке і зручне проведення операцій по навантаженню і розвантаженню;

в) освітленість навантажувально-розвантажувальних пунктів з настанням темноти повинна забезпечувати нормальні умови проведення робіт;

г) навантажувально-розвантажувальні пункти повинні бути обладнані пристроями і приладами, які відповідають вимогам протипожежної безпеки, охорони праці і техніки безпеки при проведенні навантажувально-розвантажувальних робіт.

Якщо зазначити вище вимоги не виконуються, то транспортна організація має право відмовитися від перевезення вантажів.

При розстановці автомобілів на навантажувально-розвантажувальних пунктах відстань між автомобілями, які стоять один за одним (в глибину), повинно бути не менше 1 м. А між автомобілями, які стоять поруч (по фронту) – не менше 1,5 м.

Рух автомобілів на навантажувально-розвантажувальних пунктах повинен бути поточним. Якщо в силу виробничих умов поточний рух організувати не можна, то подача автомобілів під навантаження і розвантаження повинна проводитися заднім ходом з таким

розрахунком, щоб виїзд автомобілю з території пункту проходив вільно, без маневрування.

Регулювання руху автомобілів на навантажувально-розвантажувальних пунктах і під'їзних шляхах до них проводиться відповідними шляховими знаками і покажчиками.

Вантажі на навантажувально-розвантажувальних пунктах повинні бути підготовлені вантажовідправниками до відправки (відібрані, затарені, упаковані. Маркіровані і піднесені до місця навантаження) до прибуття автомобілів для їх перевезення.

Пункти розвантаження також повинні бути підготовлені до прийому вантажу.

Простій рухомого складу під навантаженням і розвантаженням в навантажувально-розвантажувальних пунктах не повинен перевищувати встановлених норм.

Пропускною здатністю навантажувального або розвантажувального пунктів називається кількість вантажу (т), яка може бути навантажена або розвантажена за одну годину роботи.

Пропускна здатність пункту залежить від кількості постів навантаження або розвантаження і часу, який необхідний для навантаження або розвантаження однієї тони вантажу, включаючи прийом і відправку, підготовку, навантаження або розвантаження і оформлення документів

За одну годину пропускна здатність одного поста (т/год)

$$W_n = \frac{1}{t_{нав}} \quad (1)$$

де $t_{нав}$ – час навантаження або розвантаження навантажувально-розвантажувальними засобами 1 т вантажу, год/т.

При наявності на пункті декількох постів n_n вираз для пропускної здатності має вигляд:

$$W_n = \frac{n_n}{t_{нав} \cdot k_{н.п.}} \quad (2)$$

де $k_{н.п.}$ – коефіцієнт нерівномірності прибуття транспортних засобів на пости навантаження або розвантаження, який враховує деяке зниження прибуття автомобілів ($k_{н.п.} = 1,1 \dots 1,3$).

Пропускна здатність пункту W_{np} характеризується також кількістю транспортних засобів, які завантажені або розвантажені на протязі години:

$$m_{np} = \frac{n_n}{Q_n \alpha_{\epsilon}^{cm} t_{нав} k_{н.н}} = \frac{n_n}{t_{н.р} \cdot k_{н.н}}, \quad (3)$$

де Q_n – номінальна вантажопід’ємність транспортних засобів, т;

α_{ϵ}^{cm} – коефіцієнт використання вантажопід’ємності;

$t_{н.р}$ – час простою транспортних засобів під навантаженням або розвантаженням, год.

Число постів навантаження або розвантаження повинно відповідати заданій пропускній здатності навантажувального або розвантажувального пункту, яка визначається заданим вантажообігом або числом транспортних засобів, які підлягають завантаженню на протязі однієї години (зміни).

Якщо необхідно на протязі T годин навантажити або розвантажити W_n тон вантажу, то необхідна для цього кількість постів:

$$n_n = \frac{W_n t_{нав} k_{н.н}}{T}. \quad (4)$$

Якщо замість вантажу в тонах задано число транспортних засобів m_{np} , яке необхідно завантажити або розвантажити за цей же час, то число постів:

$$n_n = \frac{m_{np} Q_n \alpha_{\epsilon}^{cm} k_{н.н}}{T}. \quad (5)$$

необхідна кількість постів навантаження або розвантаження може бути визначена із умов рівноваги ритму роботи пункту R_{np} і інтервалу руху транспортних засобів I_a

$$R_{np} = I_a \quad (6)$$

Під ритмом роботи пункту розуміють період часу між відправленням готових до руху (завантажених або розвантажених) транспортних засобів з пункту.

Якщо на пункті є один пост навантаження або розвантаження, то ритм роботи пункту дорівнює часу простою автомобіля під навантаженням або розвантаженням, год

$$R_{np} = t_{np} k_{н.н} = Q_n \alpha_{\epsilon}^{cm} t_{нав} k_{н.н}. \quad (7)$$

Якщо ж кількість постів дорівнює n_n , то ритм роботи пункту буде дорівнювати часу простою, поділеному на кількість постів

$$R_{np} = \frac{t_{np} k_{н.н}}{n_n} = \frac{Q_n \alpha_{\epsilon}^{cm} t_{нав} k_{н.н}}{n_n}. \quad (8)$$

Інтервал руху транспортних засобів дорівнює частці від ділення часу обороту t_o на кількість транспортних засобів, які працюють на маршруті

$$I_a = \frac{t_o}{m_m} \quad (9)$$

Підставивши (3.8) і (3.9) у рівняння (3.6) маємо:

$$\frac{Q_n \alpha_{\epsilon}^{cm} t_{наб} k_{н.н}}{n_n} = \frac{t_o}{m_m} \quad (10)$$

звідки необхідну кількість транспортних засобів для безперебійної роботи можна розрахувати за виразом

$$m_m = \frac{n_n t_o}{Q_n \alpha_{\epsilon}^{cm} t_{наб} k_{н.н}}. \quad (11)$$

Висновки. Наведена методика дозволяє визначити необхідну кількість постів навантаження розвантаження а також необхідну кількість транспортних засобів для безперебійної роботи навантажувально-розвантажувальних пунктів; дослідити залежність ритму роботи АТП від кількості постів навантаження або розвантаження.

ЛІТЕРАТУРА

1. Грузовые автомобильные перевозки /Воркут А.И. – 2-е изд., перераб. и доп. – К.: Вища школа, 1986. – 446 с.
2. Говоруценко Н.Л. Основы теории эксплуатации автомобилей. – К.: Вища школа, 1971 – 256 с.
3. Русев Г.В. Организация автомобильных перевозок. – К.: Вища школа, 1971 – 256 с.
4. Галушко В.Г. Вероятностно-статические методы на автотранспорте. – К.: Вища школа, 1976. – 232 с.
5. Организация и планирование грузовых автомобильных перевозок /Под. ред. Л.А.Александрова. – М.: Высш. шк., 1977. – 335 с.
6. Панов С.А. и др. Управление грузовыми автомобильными перевозками: (основы анализа). – М.: Транспорт, 1979. – 269 с.
7. Галушко В.Г. Вероятностно-статистические методы на автотранспорте. – К.: Вища школа, 1976. – 232 с.
8. Дюк В. Обработка данных на ПК в примерах. – СПб.: Питер, 1997 – 240с.

Получено 20.10.2006 г.

УДК 338.656.025

Д.З.Шматко, О.В.Кочнева

КОМПЛЕКСНЕ РІШЕННЯ ЗАДАЧІ ВИБОРУ РУХОМОГО СКЛАДУ ТА УПРАВЛІННЯ ЗАПАСАМИ

Залежності собівартості перевезень від вантажопід'ємності рухомого складу і розміру партій вантажів, що завозяться дозволяє уточнити й комплексно проаналізувати моделі управління запасами і вибору транспортних засобів.

Собівартість перевезення вантажів залежить від умов її доставки. Розглянемо три випадки.

У випадку, коли розмір партії вантажу q перевищує вантажопід'ємність автомобілів ($q > q_a \cdot \gamma_{ст}$), що є в наявності, собівартість перевезень не залежить від розміру партії вантажу, тобто собівартість доставки 1 т вантажу при цьому варіанті є сталою

$$S_T^{(1)}(q) = a_1, \quad q > q_a \cdot \gamma_{ст}, \quad (1.1)$$

де $\gamma_{ст}$ – коефіцієнт статистичного використання вантажопід'ємності автомобіля.

Цей коефіцієнт дорівнює відношенню маси вантажу P_e , перевезеного за один рейс, до мінімальної вантажопід'ємності автомобіля g

$$\gamma_{ст} = \frac{P_e}{g}. \quad (1.2)$$

Якщо розмір партії вантажу, а відповідно і періодичності завезення узгоджується з вантажопід'ємністю автомобіля, що вибирається з деякого ряду ($q_p = q_a \cdot \gamma_{ст}$), собівартість доставки 1 т вантажу в залежності від вантажопід'ємності автомобіля можна визначити за формулою собівартості перевезень на маршрутах розвезення, яка приведена для випадку перевезень на маятникових маршрутах коли

$$\bar{l}_{(i-1)-i} = 0 \quad \text{і} \quad q_a \cdot \gamma_p = q_p, \quad (1.3)$$

де $\bar{l}_{(i-1)-i}$ – середня відстань пробігу автомобіля між суміжними пунктами завезення вантажу;

γ_p – коефіцієнт використання вантажопід'ємності.

Між зазначеними коефіцієнтами існує взаємозв'язок

$$\gamma_{cm} = \gamma_p (1 + k_c), \quad (1.4)$$

де k_c – коефіцієнт, що враховує обсяг супутнього збору.

У цьому випадку залежність собівартості доставки 1 т вантажу від розміру партії вантажу, що перевозиться подається функцією

$$S_T^{(2)}(q) = a_2 + \frac{b_2}{q} + c_2 q, \quad q = q_a \cdot \gamma_{cm}. \quad (1.5)$$

Собівартість доставки 1 т вантажу здійснюється на розвозочних маршрутах ($q = q_a \cdot \gamma_{cm}$) в залежності від середнього розміру партії вантажу, що розраховується за формулою

$$S_T^{(3)}(q) = a_3 + \frac{b_3}{q}, \quad q < q_a \cdot \gamma_{cm}. \quad (1.6)$$

Затрати на збереження продукції складаються: з затрат на власне збереження; втрат, що обумовлюються природним зменшенням; збитків внаслідок зниження споживацьких якостей продукції і втрат, пов'язаних із заморожуванням засобів вкладених в продукцію, що зберігається (запаси).

Затрати на 1 км пробігу, $C_{км}$, визначаються за наступними рівняннями

$$C_{км} = C_{зм} + \frac{C_{пост}}{V_T}; \quad (1.7)$$

$$C_{км} = a_{км} + b_{км} \cdot g_a \cdot \gamma_{cm}, \quad (1.8)$$

де $C_{зм}$ – зміни витрат на 1 км пробігу автомобіля, грн/км;

$C_{пост}$ – постійні втрати на 1 год роботи автомобіля, грн/год;

$$C_{пост} = a_{пост} + b_{пост} \cdot g_a \cdot \gamma_{cm}, \quad (1.9)$$

де V_T – технічна швидкість руху автомобіля, км/год.

У випадку, коли $q < q_a \cdot \gamma_p$ також додатково враховують зміну собівартості доставки в залежності від розміру партії вантажу, але для умов розвозочного маршруту.

Оскільки вибір вантажопід'ємності автомобіля для доставки вантажів на розвозочних маршрутах являє собою екстремальну задачу, а значення оптимальної вантажопід'ємності автомобіля залежить від середнього розміру партії вантажу, являє інтерес сумісний розв'язок задач вибору розміру партії вантажів і вантажопід'ємності автомобіля

$$\left. \begin{aligned} \frac{\partial S(q_p, q_a \gamma_p)}{\partial q_p} &= 0 \\ \frac{\partial S(q_r, q_a \gamma_p)}{\partial (q_a \gamma_p)} &= 0 \end{aligned} \right\} q_r = q. \quad (1.10)$$

Залежність загальних затрат, що приходяться на 1 т перевезеного вантажу, від середнього розміру партії q подається рівнянням

$$S(q) = a + \frac{b}{q} = cq. \quad (1.11)$$

Диференціюючи рівняння (1.10) залежності витрат на 1 т вантажу, що перевозиться, відповідно за $q_{p \text{ опт}}$ і $q_a \gamma_{p \text{ опт}}$, і прирівнюючи до нуля, приходимо до виразів

$$q_{p \text{ опт}} = (1 + k_T) \sqrt{\frac{\left[a_{\text{в.з}}(1 + k_c) + \frac{C_{\text{км}}}{\delta} \left(\bar{l}_{(i-1)-i} + \frac{l_H}{T_H} t_3 \right) + C_{\text{нос}} t_3 \right] r}{[0,5C_{\text{зб}} + C_{\text{мар}} k_T k_{\text{нс}}(1 + k_c)]}}, \quad (1.12)$$

$$q_a \gamma_{p \text{ опт}} = \sqrt{\frac{q_p (r \bar{l}_i - \bar{l}(i-1) - i) a_{\text{км}}}{b_{\text{км}} \bar{l}_{(i-1)-1} + \left(\frac{l_H}{T_H} b_{\text{км}} + \delta b_{\text{нос}} \right) [t_T(1 + k_c) q_p + t_3]}}. \quad (1.13)$$

Величини $C_{\text{км}}$ та $C_{\text{нос}}$ в рівнянні (1.12) залежать від вантажепід'ємності автомобіля.

Вираз (1.9) визначає оптимальну вантажепід'ємність автомобіля на розвозочних маршрутах.

Найбільш просто ця система (1.12 – 1.13) розв'язується ітераційним методом.

Задаючи повну вантажепід'ємність автомобіля за формулою (1.12) знаходять відповідний їй оптимальний розмір середньої партії вантажу, а потім за формулою (1.13) – відповідну оптимальну вантажепід'ємність. Обчислення повторюють до тих пір, поки два послідовних розрахунки не приводять до вибору однієї і тієї вантажопід'ємності: ця вантажопід'ємність і відповідний їй середній розмір партії вантажу є оптимальними.

При доставці вантажів в оборотній тарі (контейнерах) окрім зазначеного, враховуються також витрати, пов'язані зі зняттям тари з обороту.

Вартість збереження запасу x протягом одиниці часу:

$$S_{зб}(x) = x \cdot C_{зб} + C_{тар} \cdot q_T \cdot k_{н.в}, \quad (1.14)$$

де $C_{зб}$, $C_{тар}$ – затрати на збереження 1 т продукції і тари в одиницю часу;

q_T – маса тари в одній партії заводу, т;

$k_{н.в} = t_{в.м} / t_q$ – коефіцієнт, що враховує періодичність вивезення тари;

$t_{в.м}$, t_g – інтервали часу відповідно між черговими вивезеннями тари й черговими доставками продукції.

Оскільки

$$q = q_T + q_n = \left(1 + \frac{1}{k_T}\right) \cdot q_T, \quad (1.15)$$

де q_n – маса продукції в одній партії завезення, т;

$k_T = \frac{q_T}{q_n}$ – коефіцієнт тари, то

$$S_{зб}(x) = x \cdot C_{зб} + \frac{C_{тар} \cdot k_{н.в} \cdot k_T}{1 + k_T} \cdot q. \quad (1.16)$$

Найпростішою моделлю управління запасами є модель, в якій затрати на виконання замовлення не залежать від розміру партії вантажу.

Але більш поширеним випадком є випадок, коли вартість виконання замовлення партії вантажу розміром q :

$$S_{зам}(q) = a_{в...з} + b_{в...з} \cdot q, \quad (1.17)$$

де $a_{в...з}$ та $b_{в...з}$ – сталі величини.

Використовуючи отримані залежності, модель затрат можна подати таким чином: вартість організації замовлення партії вантажу

$$S_{зам}(q) = \begin{cases} a_{в.з} + b_{в.з} \cdot q, & q > 0; \\ 0, & q = 0. \end{cases} \quad (1.18)$$

Отже, вартість доставки 1 т вантажу при його завезенні споживачу визначається виразом

$$S_m(q) = \begin{cases} a_1, & q > q_a \gamma_{cm}; \\ a_2 + \frac{b_2}{q} + c_2 q, & q = q_a \gamma_{cm}; \\ a_3 + \frac{b_3}{q}, & q < q_a \gamma_{cm}. \end{cases} \quad (1.19)$$

а вартість збереження запасу X протягом одиниці часу

$$S_{36}(x) = \begin{cases} C_{36}x + pq, & x \geq 0; \\ pq, & x < 0. \end{cases} \quad (1.20)$$

Розглянемо найпростішу модель управління запасами однорідної продукції при відомому постійному попиті з інтенсивністю r . Невідомою величиною у цьому випадку є розмір поставки q пов'язаний з розміром партії продукції, що завозиться

$$q_n = q(1 + kr). \quad (1.21)$$

При детермінованих попиті і поставці не виникає необхідність у страхуванні запасу – замовлення повторюється після зменшення запасу.

Поточне значення запасу в момент часу t характеризує функція

$$x(t) = q_n - rt. \quad (1.22)$$

З умови $x(t_0) = 0$ визначають інтервал доставки

$$t_0 = \frac{q_n}{r}. \quad (1.23)$$

Для кожного інтервалу доставки динамічну задачу розв'язують незалежно, тобто, розглядають послідовність незалежних статичних задач (моделей).

В першій моделі мають значення тільки затрати виконання замовлення і вартість збереження. Часті замовлення дрібними партіями збільшують затрати організації замовлення, а рідкі, що здійснюються великими партіями – затрати збереження.

Висновок. Виходячи з конкретних умов, можна встановити взаємозв'язок між відстанню перевезення вантажу, розміром його денного споживання, вартістю вантажу та оптимальною вантажопід'ємністю рухомого складу, при якій сумарні затрати, що складаються з затрат на перевезення вантажу, вартості матеріальних засобів в обігу та капіталовкладень в рухомий склад й складське господарство, досягають мінімуму.

ЛІТЕРАТУРА

1. Грузовые автомобильные перевозки /Воркут А.И. – 2е изд., перераб. и доп. – К.: Вища школа, 1986. – 447 с.
2. Говорущенко Н.Л. Основы теории эксплуатации автомобилей. – К.: Вища школа, 1971. 231 с.
3. Русев Г.В. Организация автомобильных перевозок. – К.: Вища школа, 1971. – 256 с.

Получено 24.11.2006 г.

УДК 629.11.012.552.6.001.4

Э.С. Скорняков, Э.Н. Кваша, М.П. Бурхович

НОВАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ КРУПНОГАБАРИТНЫХ ШИН

1. Введение

Обоснованный выбор целевых функций позволяет управлять процессом создания движителя транспортного средства для специфических условий его эксплуатации [1]. Так, ограничения, вводимые по наибольшей температуре, развивающейся в шине в районе подканавочного слоя, наиболее характерны для движителей автомобильного транспорта, работающего в горнодобывающих отраслях промышленности (горнообогатительные комбинаты, угольные разрезы, шахты с открытым способом добычи руды и других полезных ископаемых).

Для движителей, используемых на транспортных средствах сельскохозяйственного назначения (комбайны, тракторы, разбрасыватели удобрений и т.д.), основным ограничением применения может быть удельное давление на грунт.

Наиболее важным качеством для движителей, применяемых в строительно-дорожной технике, является повышенная износостойкость покровных резин протектора.

Общим критерием всех движителей может служить топливная экономичность транспортного средства.

Изложенные выше предпосылки позволили сформулировать технические требования к технологическим процессам, обеспечивающим реализацию рассчитываемых конструкций.

Создание шин для техники, применяемой в агрокомплексе, отличается некоторыми особенностями.

В последние годы всеми научными центрами Украины и России проводились систематические работы по созданию комплексных методов оптимального проектирования перспективных шин, обеспечивающих снижение давления на почву в 1,5...2,0 раза. Суть их заключается в том, что для заданных агротехнических требований разрабатывается оптимальная конструкция и соответствующая принципиально новая технология изготовления.

Известно, что для пневматической шины первостепенное значение имеют углы наклона нитей корда [2], которые определяют конфигурацию шины, и число слоев. При традиционной шинной технологии углы наклона и усилия в нитях корда от действия внутреннего давления меняются по меридиональному сечению, уменьшаясь от короны к борту. Формирование этих углов наклона и соответствующих им усилий в нитях корда происходит на стадии сборки покрышки на сборочном барабане и заканчивается при формировании покрышки перед её вулканизацией. Точных расчетных методов оценки заданных конструктивно усилий и углов наклона нити корда в готовой покрышке до сих пор не существует. В результате каркас покрышки не является равнопрочным. Этого удастся избежать, применяя новые технологические приемы сборки автопокрышек одиночной нитью. При изготовлении шины намоткой натянутых нитей на оправку по геодезическим линиям усилия в нитях корда постоянные, т.е. конструкция получается равнопрочной по меридиональному сечению. Регулируя усилия натяга нитей корда, можно оптимизировать напряженно-деформированное состояние при воздействии эксплуатационных нагрузок.

Наиболее полно эти требования реализуются сборочными комплексами, оборудованными программным управлением, исключающим физическое участие работника в процессе.

2. Заготовительно-сборочный комплекс для изготовления шин на станках с числовым программным управлением

Впервые в 60-х годах был предложен способ механизированной навивки каркаса пневматических шин одиночной прорезиненной нитью корда на тороидаальный дорн. Полученные в 1963-1967 гг. на Ярославском шинном заводе шины (методом ручной навивки) успешно прошли сравнительные испытания. В связи с отсутствием соответствующих механизмов для осуществления автоматизированной навивки каркасов, метод в то время не получил распространения.

Дальнейшее развитие этот метод получил в Украине на производственной базе Южного машиностроительного завода (ЮМЗ). Было принято решение исследовать возможность изготовления покрышки (бескамерной шины) методом навивки (рисунок 1) на станке с ЧПУ. Для опробования метода выбрана шина 13,0/75-16

мод. КЯФ-43, конструкция которой в настоящее время разработана для традиционного метода сборки.

Шина 13,0/75-16 относится к ряду широкопрофильных шин диагональной конструкции, имеет аналоги за рубежом и является наиболее типичным представителем создаваемых в настоящее время шин.

Постановка задачи моделирования кордовой оболочки заключается в определении величины направления действия сил на образующие оболочку нити корда (рисунок 1).

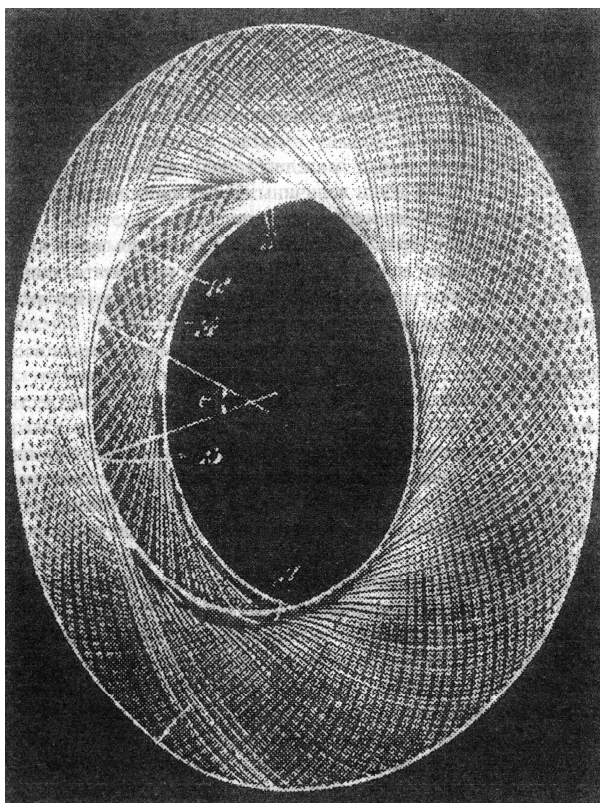


Рисунок 1 – Схема укладки армирующих нитей каркаса автопокрышек

Задана поверхность оболочки, образованная вращением кривой общего вида вокруг оси. Необходимо рассчитать линию укладки, по которой должна лечь укатываемая лента. При этом должны выполняться следующие условия:

1. Лента должна занимать устойчивое положение на всей своей траектории с заданным коэффициентом трения.
2. В процессе намотки исключаются зазоры и нахлесты отдельных лент друг с другом.
3. Движения дополнительных органов намоточного станка должны строго соответствовать рассчитанному рисунку намотки.

4. Управляющая системой станка программа должна соответствовать динамическим характеристикам приводов исполнительных органов.

Траектории укладки нитей на контуре могут быть как пространственными, так и плоскостными геометрическими линиями с наблюдением вышеперечисленных ограничений.

Траектория движения исполнительных органов станка являются плоскостными, выбор геометрии траектории производится из условий формообразования и ограничений, накладываемых технологическим оборудованием.

Большое внимание при создании системы было уделено дальнейшей разработке методов укладки витка на различных геометрических элементах. Система оснащена блоками машинного диагностирования ошибок.

Система ориентирована на обслуживание распространенных в промышленности намоточных станков токарного типа с горизонтальным расположением оправки. Станки имеют пять управляемых координат, укладка армирующего материала (наматываемой ленты) на оправку производится вращением последней с одновременным перемещением раскладчика возвратно-поступательно по определенной траектории.

Для того, чтобы армирующая лента укладывалась на оправку однородной (без изменения своих геометрических параметров) по всей длине витка вне зависимости от линии укладки и геометрии оправки, раскладчик разворачивается в горизонтальной и вертикальной плоскостях.

Управляющая программа представляет собой один циклический виток, где начало первого кадра совмещено с концом последнего. Циклический виток, повторенный необходимое количество раз, покрывает армирующим материалом всю поверхность оболочки.

3. Изготовление макетов и образцов шины 13,0/75-16

Целью изготовления макета каркаса шины на основе корда 23 КНТС и связующего ЭДТ-10 являлось:

- опробование технологии изготовления каркаса;
- опробование и отработка программ намотки;
- определение соответствия габаритных размеров полученного каркаса требованиям КД;

- опробование оснастки и проверка конструкторских и технологических решений.

Изготовление каркаса шины на основе корда 23 КНТС и связующего ЭДТ-10 подтвердило возможность изготовления каркаса шины на станке с ЧПУ КУ-421 с применением обрезиненного корда (рисунок 2).

Целью изготовления полномасштабного резинокордного каркаса шины являлось:

- -опробование технологии его изготовления;
- -определение соответствия габаритных размеров полученного каркаса требованиям КД;
- -определение физико-механических и статических характеристик при стендовых испытаниях.

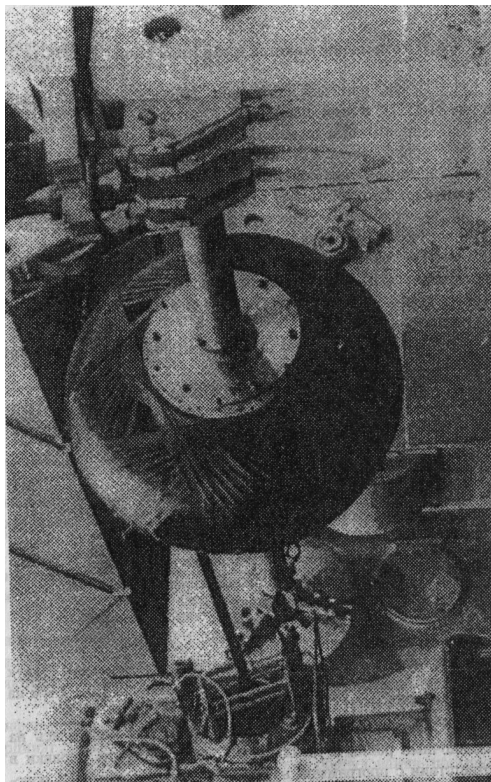


Рисунок 2 – Изготовление автопокрышек методом непрерывной навивки нити на агрегатах ЧПУКУ-421 с программным управлением

Технологический процесс изготовления каркаса шины на основе обрезиненного корда состоял из следующих основных этапов:

- подготовка поверхности оправки к намотке;
- установка на оправку технологической оснастки;
- намотка каркаса на станке с ЧПУ;
- подготовка к вулканизации;

- вулканизация каркаса.

Для намотки каркаса применялась обрезаемая с двух сторон ленточка корда шириной 15 мм и толщиной 1,0...1,2 мм на основе корда 23 КНТС и каркасной резины.

Обрезаемая ленточка через нитетракт подавалась на раскладочный ролик и укладывалась на поверхность оправки в соответствии с программой намотки. Натяжение ленточки обрезаемого корда находилось в пределах 100...150 Н.

Соединение обрезаемой ленточки при намотке проводилось путем соединения её концов внахлест, с предварительным обезжириванием мест нахлеста нефрасом.

В процессе изготовления каркаса шины на оправку намотано три спиральных слоя обрезаемого корда.

По окончании процесса намотки каркаса шины на всю его поверхность уложена фторопластовая пленка с целью предохранения от слипания его с опрессовочной диафрагмой в процессе вулканизации.

4. Выводы

1. Сформулированы технические требования к технологическим процессам, обеспечивающим реализацию рассчитываемых конструкций крупногабаритных шин.

2. Разработан способ изготовления покрышки методом непрерывной навивки обрезаемого корда на станке с ЧПУ.

3. Разработана система автоматизированной подготовки управляющих программ для намоточного станка с ЧПУ.

4. Методом непрерывной навивки изготовлен опытный образец автопокрышки.

ЛИТЕРАТУРА

1. Скорняков Э.С. Крупногабаритные шины автомобилей и тракторов: Монография. – Днепропетровск: Пороги, 2000. – 263 с.
2. Эксплуатация и ремонт крупногабаритных шин / Э.С.Скорняков, Э.Н.Кваша и др. – М.: Химия, 1991. 128 с.

Получено 26.10.2006 г.

УДК 628.511.122

А.А. Толоч, А.Н.Коробочка

ОЦЕНКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ОЧИСТКИ ВОЗДУШНОЙ СРЕДЫ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКИХ ПРЕДПРИЯТИЙ

Введение. Достижение длительного срока службы технологического оборудования всей комплексной системы защиты воздушной среды от вредных выбросов металлургических предприятий, поддержание его эффективности может быть обеспечено только при комплексном подходе на всех этапах эксплуатации. Наиболее совершенными являются автоматизированные системы, работающие по малоотходной или безотходной технологии. Создание таких систем сдерживается из-за отсутствия высокоэффективного непрерывно действующего оборудования для очистки выбросов вредных веществ в окружающую среду [1].

Системы могут включать оборудование, которое потребует размещение большого числа очистных установок и других видов как основного, так и вспомогательного оборудования, что увеличит удельную площадь занимаемую им. Кроме того, принципы создания очистного оборудования различны, отсутствует общая научная концепция в его разработке, что и создает трудности в технологической взаимной увязке при компоновке комплексных очистных систем.

Цель работы. В связи с тем, что каждая технологическая операция, связанная с очисткой воздушной среды, отличается по сути физических и химических процессов, происходящих в оборудовании, то создать устройства с одинаковой производительностью при требуемой низкой металлоемкости и удельной занимаемой площади затруднительно. Поэтому была поставлена задача – отыскание единого методологического подхода к созданию непрерывно действующего оборудования для эффективной малоотходной или безотходной технологии очистки воздушной среды от выбросов металлургических предприятий.

Результаты исследований. Системы защиты воздушной среды от загрязнения выбросами металлургических предприятий должны представлять собой комплекс технологических участков,

включающих локализацию пыли в источнике ее образования, улавливание пыли, очистку выбросов пыли в воздушную среду, контроль уровня выбросов на соответствие требованиям предельно допустимых концентраций [2].

В систему эксплуатации исходные материалы, которые являются источниками пыли, поступают из литосферы как природные ископаемые (руды). При этом они проходят стадию подготовки. В процессе обслуживания производственных процессов происходят безвозвратные потери пыли вследствие недостаточной герметичности пылелокализирующего оборудования, низкой эффективности пылеулавливающего оборудования, естественного пылеуноса и др. Кроме того, часть пыли уносится на поверхностях твердых частиц материала в процессах загрузки, перегрузки, транспортировки, обогащения и т.д. [3].

Все эти потери пыли, происходящие в процессе переработки материалов, являются эксплуатационными сторонами.

В результате проведения процессов пылеулавливания и пылеочистки возникают отходы пыли, которые необходимо утилизировать. Утилизация должна быть направлена на подготовку материала, пригодного для повторного использования в производственных процессах. Однако в процессе подготовки материала возможно образование утилизационных выбросов, которые подают в окружающую среду и загрязняют ее. Поэтому необходимо создание экономически чистых малоотходных или безотходных технологий, связанных с эксплуатацией оборудования для защиты воздушной среды от вредных выбросов пыли.

Для создания эффективных технологий, связанных с эксплуатацией оборудования для защиты воздушной среды, требуются капитальные вложения:

$$k_B = G_T \cdot Y \quad (1)$$

где: G_T – производительность системы эксплуатации, $\text{м}^3/\text{ч}$;

Y – удельные капитальные затраты.

Годовая стоимость исходного материала без применения системы очистки и его переработки равна:

$$\Theta = \frac{V_0 \cdot F_D \cdot C_T}{T_H}, \quad (2)$$

где: V_0 – объем однократной загрузки материала в систему эксплуатации, м^3 ;

F_D – годовой фонд времени, час;

C_T – стоимость материала, грн;

T_H – нормативный период использования материала, час.

Годовая стоимость материала с применением системы очистки и переработки составит:

$$\mathcal{E}_P = \frac{V_0 \cdot F_D \cdot C_T}{T_C}, \quad (3)$$

где: T_C – период использования материала с применением системы очистки и переработки.

Экономический эффект за счет сокращения годового объема использования материала будет равен:

$$\mathcal{E}_C = \frac{V_0 \cdot F_D \cdot C_T}{T_H} - \frac{V_0 \cdot F_D \cdot C_T}{T_C} \quad (4)$$

Экономический эффект от применения малоотходной или безотходной технологии составит:

$$\mathcal{E}_{\Phi T} = \mathcal{E}_C - \mathcal{E}_{\mathcal{E}T}, \text{ грн} \quad (5)$$

Годовые затраты, связанные с эксплуатацией малоотходной и безотходной технологии:

$$\mathcal{E}_{\mathcal{E}T} = \mathcal{E}_{\mathcal{E}} \cdot G_T \cdot F_D, \text{ грн} \quad (6)$$

Производительность системы эксплуатации материала должна обеспечивать технологические потребности и определяется следующим образом:

$$G = G_{\Pi P} + G_{TC}, \quad (7)$$

где: $G_{\Pi P}$ – удельная потребность в материале для данного производственного

процесса (транспортирования, обогащения, переработки), м³/ч;

G_{TC} – производительность эксплуатационных выбросов пыли, м³/ч.

Следовательно:

$$\mathcal{E}_{\Phi T} = \frac{V_0 \cdot F_D \cdot C_T}{T_H} - \frac{V_0 \cdot F_D \cdot C_T}{T_C} - \mathcal{E}_{\mathcal{E}} \cdot G_T \cdot F_D \quad (8)$$

Разделив правую часть полученного выражения на F_D , получим удельный эффект:

$$\mathcal{E}_{\Phi} = V_0 \cdot C_T \cdot \left(\frac{1}{T_H} - \frac{1}{T_C} \right) - \mathcal{E}_{\mathcal{E}} \cdot G_T \quad (9)$$

Необходимый объем (количество) однократной загрузки выразим через удельное количество материала G_{Π} и нормативный период использования материала T_H :

$$V_0 = G_{II} \cdot T_H, \text{ м}^3 \quad (10)$$

Тогда:

$$\mathcal{E}_\Phi = G_{II} \cdot T_H \cdot C_T \cdot \left(\frac{1}{T_M} - \frac{1}{T_C} \right) - \mathcal{E}_\mathcal{E} \cdot G_T. \quad (11)$$

При этом:

$$G_{II} = G_T + G_{CC}, \quad (12)$$

где: G_{CC} – производительность выбросов пыли в окружающую среду, равная:

$$G_{CC} = G_\mathcal{E} + G_Y, \text{ м}^3/\text{ч}, \quad (13)$$

где: $G_\mathcal{E}$ – эксплуатационные выбросы пыли, $\text{м}^3/\text{ч}$;

G_Y – утилизационные выбросы пыли, $\text{м}^3/\text{ч}$.

Экономическая эффективность малоотходной или безотходной системы эксплуатации технологического оборудования для защиты воздушной среды:

$$\mathcal{E} = \frac{\mathcal{E}_\Phi}{K_B}, \text{ грн/ч}, \quad (14)$$

что должно превышать нормативное значение $\mathcal{E}_H$.

Следовательно:

$$\frac{G_H \cdot T_H \cdot C_T \cdot \left(\frac{1}{T_H} - \frac{1}{T_C} \right) - \mathcal{E}_\mathcal{E} \cdot (G_T + G_{CC})}{G_{II} \cdot Y} > \mathcal{E}_H. \quad (15)$$

$$\frac{C_T}{Y} \left(1 - \frac{T_H}{T_C} \right) - \frac{\mathcal{E}_\mathcal{E}}{Y} \left(1 + \frac{G_{CC}}{G_{II}} \right) > \mathcal{E}_H. \quad (16)$$

Введем безразличные критерии:

Критерий экономичности материала:

$$K_M = \frac{C_T}{Y}$$

Критерий экономичности системы эксплуатации материала:

$$K_\mathcal{E} = \frac{\mathcal{E}_\mathcal{E}}{Y}$$

3) Критерий технологичности системы эксплуатации материала:

$$K_T = \frac{T_H}{T_C}$$

Критерий экологичности системы эксплуатации материала:

$$K_{\mathcal{E}K} = \frac{G_{CC}}{G_{II}}$$

Выводы. С помощью полученной зависимости можно оценить эффективность существующих и вновь создаваемых малоотходных и

безотходных технологий эксплуатации оборудования с помощью экономических, технологических и экологических критериев.

Эффективность создаваемых технологических процессов очистки воздушной среды будет тем выше, чем будут меньше удельные капитальные затраты, меньше производительность выбросов пыли в окружающую среду, больше период использования исходного материала в процессе эксплуатации.

Проведение такого анализа позволяет оценить не только уровень развития оборудования всей комплексной системы эксплуатации, но и уровень развития оборудования каждого технологического процесса очистки воздушной среды.

Проведенный анализ позволил установить, что для эффективной эксплуатации необходимо создание непрерывно действующего оборудования с минимальной занимаемой площадью, низкими эксплуатационными затратами, работающему по единому производственному принципу.

ЛИТЕРАТУРА

1. Белов С.В., Бринза В.Н., Векшин Б.С. и др. Безопасность производственных процессов. – М: Машиностроение, 1985. – 448 с.
2. Чабанова О.В., Лащук Т.Н., Быстрова Л.Е. и др. Текущий санитарный надзор в промышленности и сельском хозяйстве. – К.: Здоровья, 1988. – 240 с.
3. Калмыков А.В., Журбинский Л.Ф. Борьба с пылью и шумом на обогатительных фабриках. – М.: Недра, 1984, - 222 с.
4. Погосян Г.Р., Жуков Л.Н. Экономика труда. – М.: Экономика, 1991. – 304 с.

Получено 26.10.2006 г.

СИСТЕМНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ОБРАБОТКИ ИНФОРМАЦИИ

УДК 621.9.06

В.Н. Шкиль, А.Н. Коробочка, В.В. Дорофеев

**ГРАФИЧЕСКИЙ МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОГРЕШНОСТИ
ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ ГОЛОВКИ КАСАНИЯ**

Введение. Многие графические изображения зависимостей предполагают наличие функций, у которых малому изменению одной переменной соответствует малое изменение другой. Графический метод изображения функциональной зависимости между двумя и более переменными по сравнению с аналитическим или табличным методом является наиболее простым и наглядным. Наглядность графического изображения можно характеризовать примером выбора оптимального решения конструктивных задач как в машиностроении так и в приборостроении. Графическим методам отдают предпочтение, когда необходимо определить малые перемещение базовых деталей контрольно-измерительных устройств.

Современные графические редакторы, которые применяются в вычислительной технике, позволяют выполнять графические построения с высокой точностью. Так, например, с помощью системы AutoCAD можно выполнять графические построения с точностью до 10^{-8} м, что достаточно для графического определения малых перемещений.

Постановка задачи исследований. Целью данной работы является определение с помощью графического редактора AutoCAD погрешности измерительной головки касания, зависящей от отклонений геометрической формы и расположения базовых деталей измерительного устройства.

Результаты исследований. Величина погрешности измерительной головки касания [1] зависит от отклонений геометрической формы шариков 1 (рис. 1), которые расположены в соосных цилиндрических отверстиях нижнего фланца 2 и верхнего фланца 3, а также от расположения отверстий в шариках, через которые пропущены струны 4.

Для определения величины погрешности ΔS_p головки касания от установки в исходное положение измерительного наконечника 5,

рассмотрим контур поперечного сечения шарика плоскостью, проходящей через ось симметрии шарика. Применив полярную систему координат и рассматривая отклонение текущего радиуса-вектора как функцию полярного угла φ , можно представить функцию отклонения геометрической формы шарика в поперечном сечении в виде ряда Фурье с конечным числом членов $K=n$ [2].

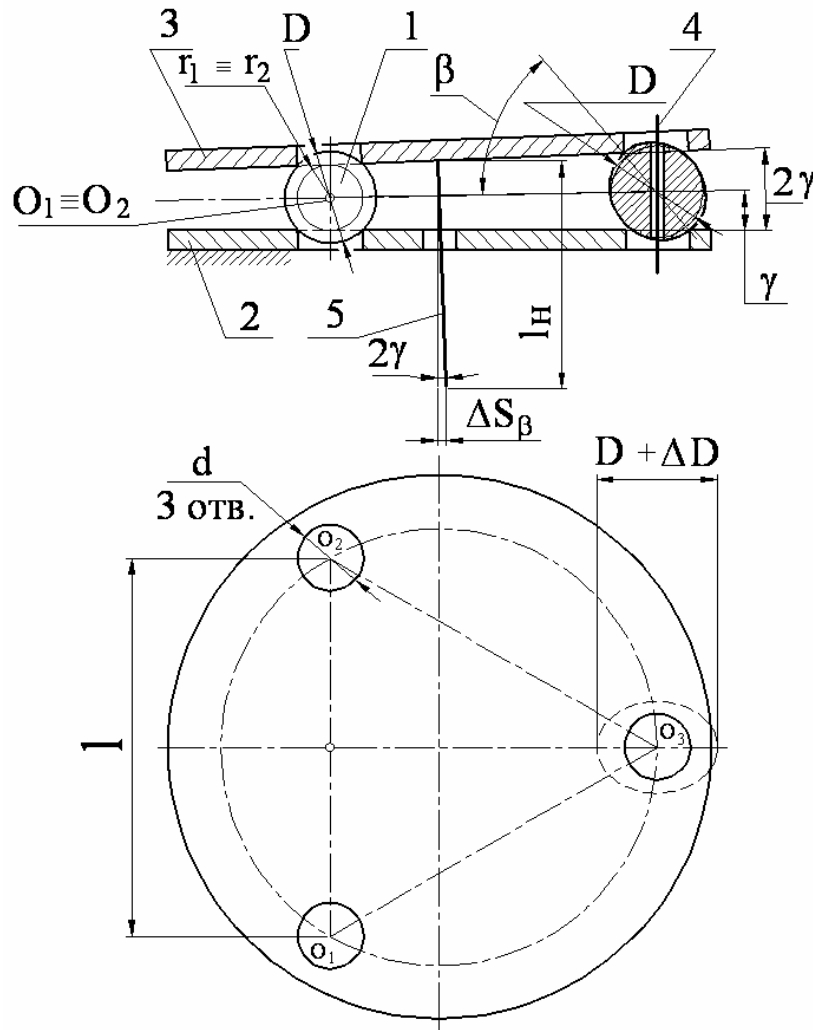


Рисунок 1 - Расчетная схема для определения величины погрешности ΔS_β измерительной головки касания

$$f(\varphi) = \frac{C_0}{2} + \sum_{k=1}^{k=n} C_k \cos(k\varphi + \varphi_k),$$

где $\frac{C_0}{2}$ - среднее значение функции за период 2π ;

C_k - амплитуда k -й гармоники ,

φ_k - начальная фаза.

Первый член ряда является эксцентриситетом, второй член ряда выражает овальность поверхности, третий член – огранку поверхности с трех вершинным профилем и так далее.

Для определение величины погрешности ограничимся второй гармоникой ряда Фурье. В данном случае поперечное сечение шарика будет представлять собой эллипс.

Для определения максимальной величины погрешности $\Delta S_{\beta \max}$ измерительной головки предположим, что отклонения геометрической формы двух шариков равны нулю. Если величины диаметров шариков и диаметров соосных с ними цилиндрических отверстий соответственно равны $D_1 = D_2 = D_3 = D$ и $d_1 = d_2 = d_3 = d$, то величина погрешности будет зависеть только от отклонения геометрической формы третьего шарика [3].

На рис. 2 представлена расчетная схема для графического определения погрешности ΔS_{β} , зависящая от отклонений геометрической формы третьего шарика и расположения отверстия в шарике.

Последовательность графического определения величины погрешности ΔS_{β} измерительной головки касания.

1. Исходя из условия, что для определения максимальной величины погрешности [3] необходимым условием является равенство диаметров двух шариков и двух соосных с ними цилиндрических отверстий и равенство нулю их отклонений геометрической формы, примем за ось вращения опорной плоскости фланца 3 (см. рис. 1) отрезок O_1O_2 , проходящий через центры двух сфер.
2. Используя объектную привязку “Intersection” командой “Circle” из точки $O_1 \equiv O_2$ как из центра вращения опорной плоскости фланца 3, проводим окружности радиусами R_1 и R_2 , которые являются очерковыми образующими торической поверхности, образованной вращением окружности диаметром d вокруг оси O_1O_2 .

При отклонении геометрической формы третьего шарика опорная плоскость фланца и измерительный наконечник 5 (см. рис. 1) повернется на угол 2γ .

3. Командой “Line”, применяя объектные привязки “Intersection” и “Tangent”, проводим две прямые через точки

- пересечения окружностей радиусами R_1 и R_2 с эллипсом и касательные к окружности r_1 и r_2 .
4. Опцией “3Point” последовательно переносим в плоскости чертежа начало системы координат в точки пересечения прямых с окружностью радиуса R_3 . Из точек пересечения как из начала системы координат в отрицательном направлении оси y строим отрезки равные длине измерительного наконечника головки касания.
 5. Командой “Linear Dimension” указываем на чертеже размеры отклонения измерительного наконечника от исходного положения при вращении опорной плоскости фланца и касания опорной плоскости слева и справа относительно отверстия в шарике.

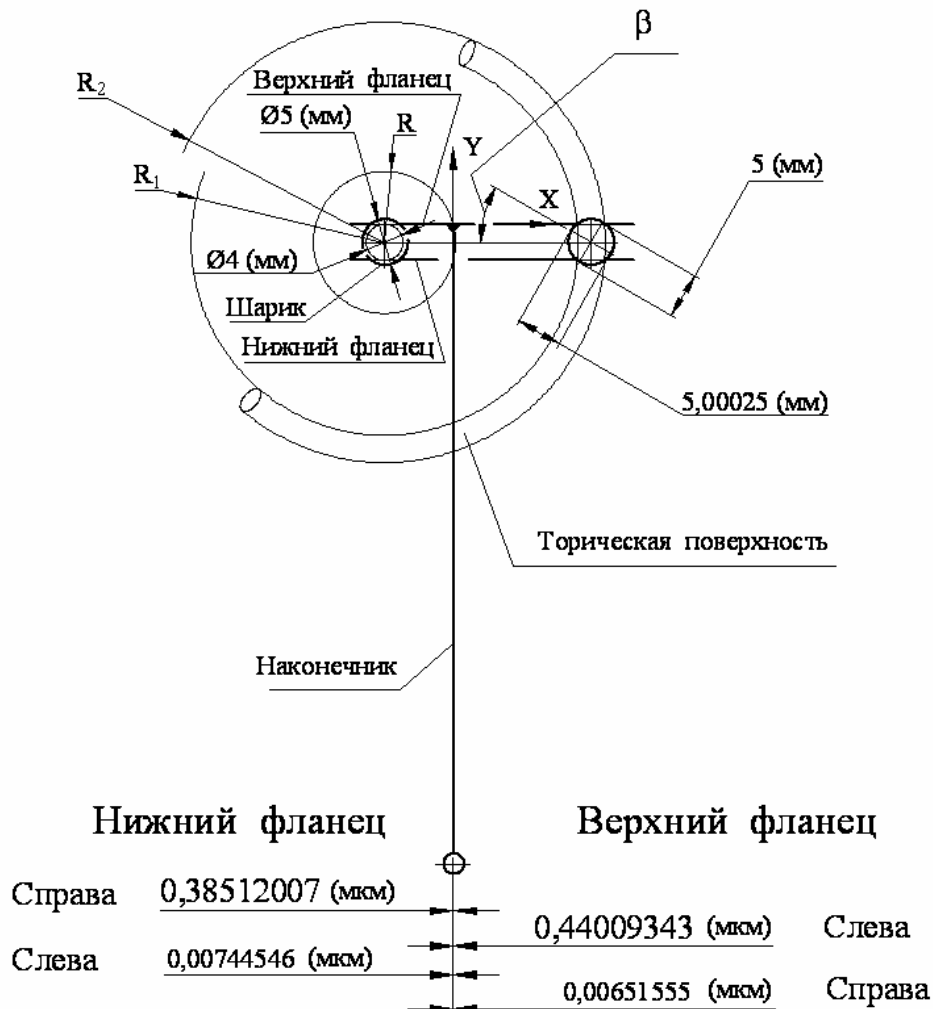


Рисунок 2 - Схема графического определения величины погрешности ΔS_β измерительной головки касания

6. Проводим так же построения и измерения для нижнего фланца.

7. Поворачивая по часовой стрелке эллипс, последовательно повторяем все построения и измерения через 15° .

В таблице приведены величины погрешности измерительной головки касания, зависящей от отклонений геометрической формы шарика 10-й степени точности, рассчитанной графическим методом в пакете AutoCAD.

На рис. 3. представлены графики зависимости величины погрешности головки касания ΔS_β .

Таблица

Величина погрешности ΔS_β головки касания при отклонении геометрической формы шарика 10-й степени точности, 10^{-6} м
($d=3 \cdot 10^{-3}$ м, $D=5 \cdot 10^{-3}$ м, $l_n=70 \cdot 10^{-3}$ м, $l=26 \cdot 10^{-3}$ м)

Угол, град.	Верхний фланец		Нижний фланец		Величина суммарной погрешности
	Справа	Слева	Справа	Слева	
0	0,1873	0,1873	0,1873	0,1873	0,374
15	0,0632	0,3219	0,2817	0,072	0,604
30	0,0065	0,4401	0,3851	0,0074	0,825
45	0,0091	0,510	0,4463	0,0104	0,956
53	0,0351	0,5204	0,4554	0,0402	0,976
60	0,0703	0,5129	0,4489	0,0401	0,962
75	0,1736	0,4482	0,3922	0,0803	0,840
90	0,3331	0,3331	0,3331	0,3331	0,666

Анализ результатов расчетов показывает, что максимальная величина погрешности головки касания возникает при касании слева от оси отверстия в шарике для верхнего фланца и справа для нижнего фланца, а их суммарная максимальная величина погрешности при угле $\beta=53^\circ$ равна $0,976 \cdot 10^{-6}$ м. При этом постоянная составляющая величины погрешности равна $0,374 \cdot 10^{-6}$ м, а суммарная максимальная величина погрешности измерительной головки касания равна $0,601 \cdot 10^{-6}$ м.

Анализ результатов расчетов, выполненных при использовании математической зависимости [4].

$$\Delta S_{\beta \max} = \frac{2\ell_n \sqrt{4R_u - d_0}}{R_u(\sqrt{3}\ell - d_0)}, \Delta R, \quad (2)$$

показывает, что при отклонении геометрической формы шарика 10-й степени точности максимальная величина погрешности равна $0,666 \cdot 10^{-6}$ м.

Таким образом, анализ результатов расчетов, выполненных на основании математической зависимости (2) и графического метода с помощью пакета AutoCAD показывает, что погрешность вычислений отличается на величину $0,065 \cdot 10^{-6} \text{ м}$.

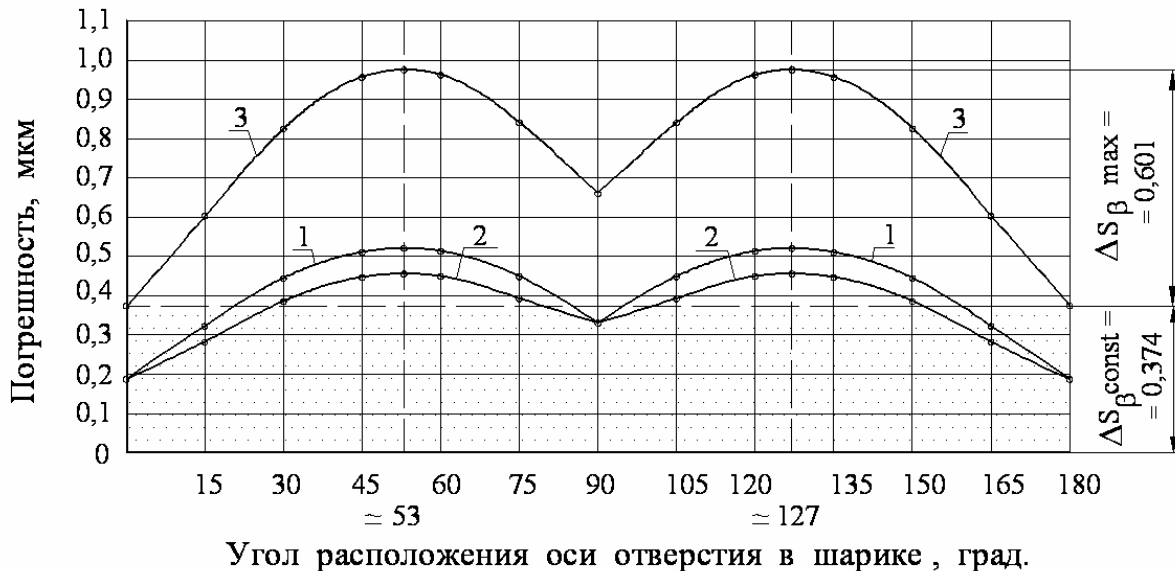


Рисунок 3 - Зависимость погрешности ΔS_{β} измерительной головки касания

Выводы. Графический метод определения погрешности измерительной головки касания, показал что максимальная величина погрешности возникает при касании опорной плоскости верхнего фланца слева от отверстия в шарике и справа для нижнего фланца. При этом величина погрешности вычислений равна $0,065 \cdot 10^{-6} \text{ м}$.

ЛИТЕРАТУРА

1. Шкиль В.Н. Измерительная головка касания // Придніпровський науковий вісник: Машинобудування та технічні науки. – 1997. – №44(55). – с. 25-27.
2. Пискунов М.С. Дифференциальное и интегральное исчисление. В 2-х т. Т.2.-М.: Наука, 1972.-576с.
3. Шкиль В.Н., Коробочка А.Н., Дорофеев В.В. Использование пакета AutoCAD при определении погрешностей измерительных головок касания на металлорежущих станках с ЧПУ // Системні технології. Випуск 4(55).- Дніпропетровськ, 2006. -с. 50-56.
4. Шкиль В.Н. Влияние расположения отверстия в шариках на величину погрешности головки касания // Придніпровський науковий вісник: Машинобудування та технічні науки. Дніпропетровськ: Наука і освіта. – 1998. -№24(91).-с. 12-14.

Получено 26.10.2006 г.

УДК 517.977

В.О. Яценко, П. О. Хандріга

**АЛГЕБРАЇЧНІ ТА ОПТИМІЗАЦІЙНІ МЕТОДИ ЗНАХОДЖЕННЯ
ПСЕВДООБЕРНЕНИХ МАТРИЦЬ ТА ЇХ ВИКОРИСТАННЯ ДЛЯ
ОЦІНЮВАННЯ ВМІСТУ ХЛОРОФІЛУ В РОСЛИННОСТІ****Вступ**

Проблеми ризику екологічної обстановки, що з часом ускладнюється, є однією з основних у програмі забезпечення безпеки існування людського суспільства [1,2,3]. У її розв’язанні значну роль грають системи моніторингу різних хімічних та біологічних компонентів навколишнього середовища з метою спостереження еволюції деградаційних процесів у природі, а також виявлення ексцесів у зв’язку з аварійними ситуаціями техногенного походження або природних аномалій. До числа завдань моніторингу можна віднести наступні: а) виявлення і прогнозування еволюції стану різних ділянок суходолу; б) раннє виявлення екологічних стресів; в) контроль стану техногенних об’єктів підвищеної небезпеки; г) контроль господарських соціально важливих об’єктів, такими як, наприклад, сільськогосподарські угіддя і ліси. Для розв’язання таких завдань найбільш прийнятні дистанційні спостереження, які вимагають розробки нових методів для отримання необхідної інформації. Для цього потрібно знайти зручні для дистанційних вимірів параметри об’єктів та способи тематичного дешифрування результатів вимірів.

Застосування інформаційно-статистичного підходу [4] та псевдообернення [5,6,7,8] дозволило розробити новий метод та побудувати рівняння множинної регресії для концентрації хлорофілу. Псевдообернення матриці - це операція, яка необхідна в багатьох розділах сучасної обчислювальної математики [9]. У випадку, коли необхідно обернути матрицю із потрібною похибкою, може виявитися, що точні методи вимагають завеликих витрат машинного часу. Нами розглядалися наступні методи: а) метод Бен-Ізраеля, який використовує сингулярне розкладання; б) метод визначення псевдооберненої матриці за допомогою граничного переходу. Цікавим та важливим з практичної точки зору є використання теорії

збурень псевдообернених матриць [8]. Для уточнення моделі множинної регресії на основі нових спектральних кривих необхідно виконати лише корегування вектора параметрів використовуючи формули Гревіля [6,8], а не обчислювати спочатку псевдообернену матрицю. Всі ці методи були реалізовані у вигляді комп'ютерно-алгебраїчних процедур у пакеті Matlab. Тестові обчислення проводилися з матрицею третього рангу, яка містила 1000 рядків і 200 стовпців. Розрахунки, результати яких представлені в таб.1, виконувалися на ЕОМ із процесором P4 1800 МГц і об'ємом оперативної пам'яті 512 МБ. У даній роботі псевдообернення використано для визначення концентрації хлорофілу з використанням спектральної кривої відбиття. Його застосування дозволило розробити новий метод та побудувати рівняння множинної регресії для оцінювання концентрації хлорофілу. В роботі також описано результати порівняльного аналізу з методом, що використовує 1-у похідну.

Експериментальні дані

У якості експериментальних даних були використані спектральні криві листків рослин і відповідні значення концентрації хлорофілу. Спектральні криві були отримані за допомогою спектрофотометра СФ-10, обладнаного інтегруючою сферою та системою реєстрації в цифровому вигляді. Концентрація хлорофілу визначалася хімічним методом Арнона [10]. Для експериментів були використані дані, які отримані групою проф. С.М. Кочубей [11-16].

Варіації вмісту хлорофілу були обумовлені розходженнями мінерального харчування і віком рослин. Система „рослинність-ґрунт”, яка була використана для з'ясування стійкості алгоритмів оцінки хлорофілу до впливу спектру відбиття від ґрунту при неповному проективному покритті, імітувалися у вигляді фізичних і графічних моделей. Перші здійснювалися шляхом покриття листками тільки певної частини поверхні вимірювальної кювети. Фоном служив чорнозем або пісок. У графічних моделях неповне проективне покриття моделювалось математичним додаванням спектральних кривих відбиття листків і фону із заданими ваговими коефіцієнтами. Для перевірки нормальності функції розподілу концентрації хлорофілу був використаний статистичний тест Колмогорова-Смирнова [17]. Значення концентрації хлорофілу

використовувалися на етапі „навчання” із застосуванням множинної регресії. Набір кривих, з якого були вилучені помилкові спостереження, налічував 23 криві.

Метод

Для оцінки вмісту хлорофілу за спектральними даними побудовано систему лінійних рівнянь, яка відповідає різній концентрації хлорофілу. Її розв’язання здійснюється на основі процедури псевдообернення. Характерною особливістю спектральної кривої є наявність двох локальних максимумів, що знаходяться в області червоного краю спектру вимірювання (680-750 нм). Довжини хвиль, що відповідають цим максимумам знаходяться в певній залежності від вмісту хлорофілу в даній рослині.

У деяких випадках локальні максимуми першої похідної можуть бути представлені неявно, тобто мати форму точок перегину. Тому для побудови вектора характеристичних ознак спектральної кривої доцільно брати по декілька характеристичних точок з області першого (696-710 нм.) та другого (716-724 нм.) локальних максимумів. На рис.1 показано графік першої похідної спектральної кривої в області „червоного краю” спектру вимірювання, з якого видно розташування першого та другого локальних максимумів.

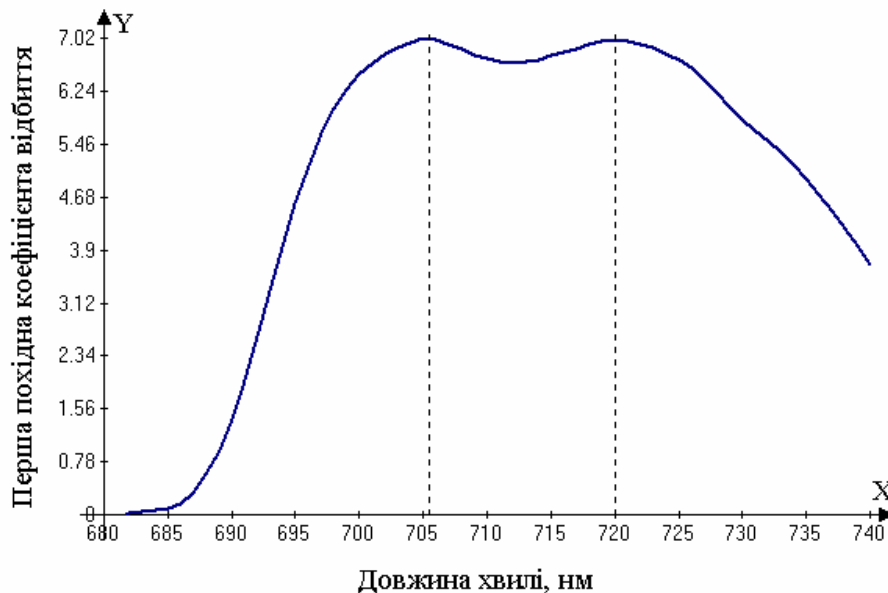


Рисунок 1 - Графік першої похідної спектральної кривої в області „червоного краю” спектру вимірювання

Припускаючи, що структура залежності значення хлорофілу від характеристикних точок першої похідної спектральної кривої є лінійною, побудуємо наступну регресійну модель:

$$z = a_1x_1 + a_2x_2 + \dots + a_nx_n + b_1y_1 + b_2y_2 + \dots + b_my_m + c, \quad (1)$$

де z - значення хлорофілу, $x_1, \dots, x_n$ - значення ординат точок з області першого локального максимуму, $y_1, \dots, y_m$ - значення ординат точок з області другого локального максимуму, $k = (a_1, \dots, a_n, b_1, \dots, b_m, c)^T$ - невідомий вектор коефіцієнтів регресійної моделі (1).

Для обчислення вмісту хлорофілу необхідно розв'язати задачу ідентифікації, тобто знайти вектор невідомих параметрів k . Візьмемо l спектральних кривих, для яких відомі відповідні значення хлорофілу, і запишемо систему лінійних алгебраїчних рівнянь відносно параметрів $a_1, \dots, a_n, b_1, \dots, b_m, c$

$$\begin{cases} z_1 = a_1x_{11} + a_2x_{12} + \dots + a_nx_{1n} + b_1y_{11} + b_2y_{12} + \dots + b_my_{1m} + c \\ z_2 = a_1x_{21} + a_2x_{22} + \dots + a_nx_{2n} + b_1y_{21} + b_2y_{22} + \dots + b_my_{2m} + c \\ \dots \\ z_l = a_1x_{l1} + a_2x_{l2} + \dots + a_nx_{ln} + b_1y_{l1} + b_2y_{l2} + \dots + b_my_{lm} + c \end{cases}, \quad (2)$$

де j -е рівняння ($j = \overline{1, l}$) рівняння відповідає j -й спектральній кривій. В матричному вигляді система (2) має наступний вигляд:

$$Ak = b, \quad (3)$$

де

$$A = \begin{pmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1n} & y_{11} & y_{12} & \dots & y_{1m} & 1 \\ x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2n} & y_{21} & y_{22} & \dots & y_{2m} & 1 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_{l1} & x_{l2} & \dots & x_{ln} & y_{l1} & y_{l2} & \dots & y_{lm} & 1 \end{pmatrix}, \quad k = \begin{pmatrix} a_1 \\ a_2 \\ \dots \\ a_n \\ b_1 \\ b_2 \\ \dots \\ b_m \\ c \end{pmatrix}, \quad b = \begin{pmatrix} z_1 \\ z_2 \\ \dots \\ z_l \end{pmatrix},$$

$$A \in R^{l \times (n+m+1)}, \quad k \in R^{n+m+1}, \quad b \in R^l.$$

В загальному випадку матриця A має прямокутну форму, тому для знаходження вектора параметрів k використаємо теорію псевдообернених матриць [6]. Це дає змогу уникнути обмежень на розмірність матриці A та отримати не точкову оцінку вектора k , а деяку множину оцінок [6,7]

$$\Omega(k) = \{k : k = A^+b + Z(A)v, \forall v \in R^{n+m+1}\}. \quad (4)$$

Кожен елемент побудованої таким чином множини $\Omega(k)$ мінімізує нев'язку рівняння (3)

$$\|Ak - b\| \rightarrow \min_k. \quad (5)$$

Якщо вектор v покласти рівним нулю, то отримаємо розв'язок з найменшою нормою.

Запропонована модель дає можливість змінювати розмірність вектора характеристичних ознак, що має вплив на точність визначення концентрації хлорофілу. Значним чином на якість ідентифікації впливає параметр моделі l . Зокрема, при більшій кількості початкових (навчаючих) кривих, розв'язок буде точнішим.

Розроблений метод було реалізовано у вигляді прикладного програмного забезпечення (ППЗ). На рис. 2 наведено вигляд графічного інтерфейсу ППЗ, яке було розроблено для двох варіантів використання. Перший, користувацький, призначений для експрес-оцінювання хлорофілу в рослинності і застосовується в польових умовах. В функції WINCHL входить: одержання спектральних даних з приладу, обчислення концентрації хлорофілу і збереження результатів у базі даних [18,19].

Розроблений варіант ППЗ простий у використанні і призначений для накопичення спектральних кривих у базі даних і одержання швидких оцінок вмісту хлорофілу в рослинності. Другий, дослідницький, призначений для тестування широкого набору інструментів для обробки спектральних кривих і дослідження їх властивостей. Бібліотека WINCHL містить також алгоритми фільтрації і згладжування, Фур'є-аналізу, диференціювання, генетичного пошуку екстремумів, обчислення головних компонент, множинної регресії та генерації шумів. ППЗ WINCHL містить візуальний конструктор алгоритмів, що дозволяє дослідникові задати послідовність обробки спектральних кривих і їхні параметри на вибір та формувати різні алгоритми оцінювання вмісту хлорофілу. Дослідницький варіант дозволяє також моделювати шум і підбирати

оптимальні параметри фільтрації. Результати оцінювання вмісту хлорофілу, а також параметри алгоритму, який застосовується для оцінювання, зберігаються у базі даних, що дозволяє накопичувати статистичні дані стосовно застосування різних алгоритмів.

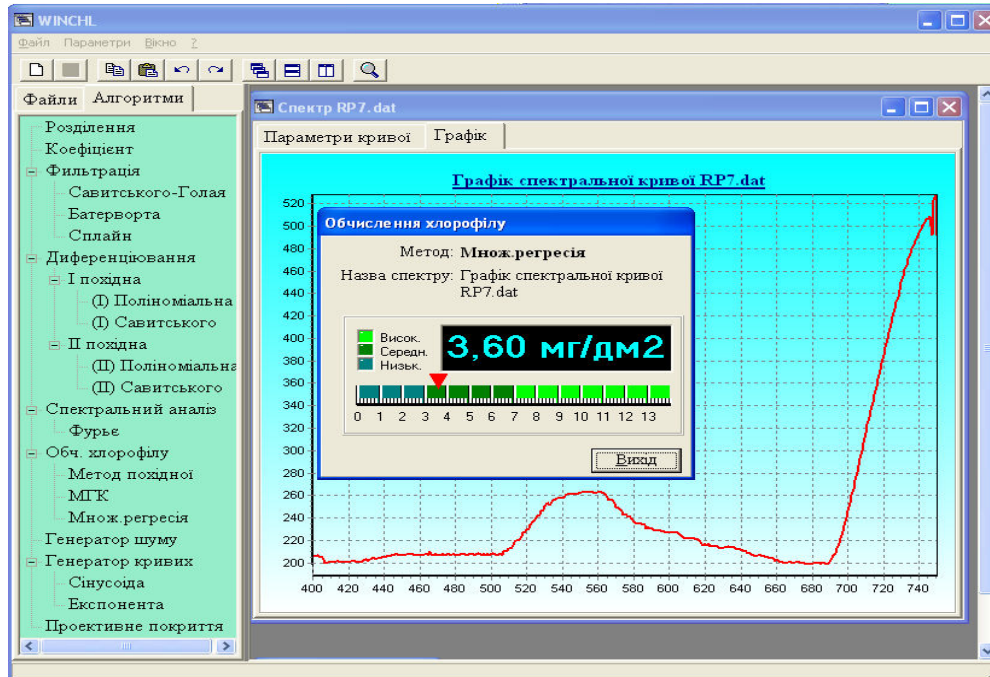


Рисунок 2 - Графічний інтерфейс програмного забезпечення для обчислення вмісту хлорофілу на основі множинної регресії

Проведене комп'ютерне моделювання для різних навчаючих наборів з 6, 9, 12 та 23 кривих. З урахуванням результату обчислення коефіцієнтів k множинної регресії для 6 кривих рівняння (1) має вигляд

$$z = 2.95x_1 - 1.73x_2 - 0.87x_3 + 1.57x_4 - 2.15x_5 + 0.81x_6 - 2.95x_7 + 1.01x_8 + 0.83y_1 - 0.20y_2 - 1.15y_3 - 0.31y_4 + 3.03y_5 + 3.26. \quad (6)$$

Порівняльний аналіз алгоритмів визначення вмісту хлорофілу

Нами проведено порівняння методу множинної регресії з оптимізаційним підходом [20]. При проведенні аналізу були використані наступні обмеження по довжині хвиль. Для першого максимуму – (696-706), для другого – (717-724). Обмеження вибиралися таким чином, щоб пошук локальних екстремумів проводився в найбільш інформативних областях спектральної кривої. Для перевірки оптимізаційного алгоритму і візуалізації результатів була створена програма, що дає можливість вводити похідні спектральних кривих з текстових файлів, відображати їх графічно і знаходити

локальні максимуми. Передбачена також можливість роздруковувати отримані результати. Для знаходження першого і другого локальних максимумів задаються обмеження на їхній пошук. Ці обмеження також можна задавати в інтерактивному режимі.

Таблиця 1

Залежність часу на обчислення псевдооберненої матриці від похибки

Метод	Похибка			
	1e-3	1e-5	1e-7	1e-9
Бен-Ізраеля	0.05.41	0.05.47	0.05.50	0.13.44
Сингулярного розкладення	1.05.53	1.05.53	1.05.53	1.05.53
Граничного переходу	0.03.42	0.03.46	0.04.15	—
скілетне розкладання	0.01.50	0.01.50	0.01.50	0.01.50

Проведені обчислювальні експерименти дозволяють зробити наступні висновки. По-перше, найбільш швидким з ітераційних методів виявляється обчислення псевдооберненої матриці за допомогою граничного переходу. Але, у той же час, метод виявляється не зовсім надійним, коли потрібна висока точність результату. По-друге, метод Бен-Ізраеля вимагає обчислення максимального власного числа матриці яка досліджується. Тому час обчислення зростає приблизно на 45 сек. Якщо максимальне власне число відомо заздалегідь, або обрана деяка його оцінка, цей метод дозволяє знайти рішення за час, який співпадає з часом обчислення при застосуванні методу граничного переходу. По третє, найбільш трудомістким, але й самим надійним з ітераційних методів виявляється метод, що застосовує сингулярне розкладання. При цьому час розрахунку зростає в 20 разів у порівнянні із методом граничного переходу. По четверте, найефективнішим з розглянутих ітераційних і точних методів, є скілетне розкладання.

Якщо вихідна матриця A погано обумовлена, операція обчислення псевдооберненої матриці може виявитися нестійкою до малих змін вхідних даних. Потрібне залучення таких методів обчислення, які дозволили б урахувати погану обумовленість і похибку вхідних даних. Для цього підходять метод регуляризації і сингулярного розкладання. Тестові обчислення показують, що метод граничного переходу є більш швидким, чим метод, що використовує сингулярне розкладання. Результати чисельних експериментів наведені в таб.2. Обчислення проводилися з матрицею, що містить 1000 рядків і 200 стовпців.

Таблица 2

Час, необхідний на обчислення пагано обумовленої матриці

Граничний перехід	Сингулярне розкладання
0.02.67	1.05.53

Порівняння методу множинної регресії та оптимізаційного підходу показало, що вони дають близькі по точності результати при обчисленні вмісту хлорофілу. Метод множинної регресії виявився більш точним при обчисленні хлорофілу для 100% проективного покриття. У випадках коли використовувалися рослини різних типів або проективне покриття було меншим 100%, оптимізаційний метод давав меншу похибку.

Висновки

1. Запропоновано новий метод оцінювання концентрації хлорофілу в рослинності, який базується на аналізі форми спектральної кривої в області червоного краю (680-750 нм). В методі використана множинна регресія та псевдообернення матриці лінійної систем. Розроблено алгоритмічне та програмне забезпечення, яке реалізоване у вигляді набору окремих модулів. Детальний аналіз їх функціонування показав, що значних обчислювальних витрат алгоритм оцінки вмісту хлорофілу не вимагає, що в перспективі дозволяє використати цей метод разом з методом головних компонент для отримання більш точної оцінки на основі використання вбудованих та мобільних обчислювальних систем.

2. Запропонований метод визначення вмісту хлорофілу в рослинності показав досить високі по точності результати. Застосування множинної регресії та оптимізаційного алгоритму псевдообернення матриці дозволило підвищити точність даного методу та забезпечити інваріантність відносно похибок вхідних даних. Можливість оперативно задавати параметри моделі забезпечує автоматизоване визначати вмісту хлорофілу в сільськогосподарській культурі з достатньою для практичних застосувань точністю, що в свою чергу покращує прогнозування врожайності.

Робота була виконана в рамках гранту УНТЦ №2614.

ЛІТЕРАТУРА

1. Davids C., Tyler A.N. Detecting contamination-induced tree stress within the Chernobyl exclusion zone // Remote Sensing of Environment. - 2003. - 85. - P. 30-38.

2. Smith K.L, Steven M.D., Coll J.J. Use of hiper-spectral derivative ratios jn the red-edge region to idetify plant stress responses to gas leaks // Remote Sensing of Environment. - 2004. - 92. P. 207-217.
3. Polischuk, V. P., T.M. Shadchina, T.I. Kompanetz, I.G. Budzanivskaya and A.A. Sozinov. Changes in reflectance spectrum characteristic of Nicotiana debneyi plant under the influence of viral infection // Archives of Phytopathology and Plant Protection. - 1997. - 31(1). - P. 115-119.
4. П.А. Хандрига, В.А. Яценко Информационно-статистический метод оценивания содержания биохимических компонентов в растительности по спектральным кривым // Системн_досл_дження та _нформац_йн_технолог_ї.- 2006. - №1. - С. 119?132
5. Икрамов Х.Д., Матин фар М. О компьютерно-алгебраических процедурах для псевдообращения матриц //ЖВМиМФ. - 2003. - Т. 43. - Вып. 2. - С. 163-168.
6. Альберт А. Регрессия, псевдоинверсия, рекуррентное оценивание. - М.: Наука. - 1977. -305 с.
7. Кириченко Н.Ф., Лепеха Н.П. Псевдообращение в задачах управления и наблюдения // Автоматика. - 1993. - №5. - С. 69-81.
8. Кириченко Н.Ф. Аналитическое представление возмущений псевдообратных матриц // Кибернетика и системный анализ. -1997. - № 2. - С. 98-107.
9. Блюмин С.Л., Сараев П.В. Псевдообращение в обучении искусственных нейронных сетей // Современные проблемы информатизации в непромышленной сфере и экономике: Труды V Международной электронной научной конференции.- Воронеж: Центрально-Черноземное книжное издательство. - 2000.- С. 112-113.
10. Arnon D.I. Copper enzymes in isolated chloroplasts. Polyphenoloxidase in Beta vulgaris // Plant Physiology. - 1949. - 24. - P.1-15
11. Кочубей С.М., Кобец Н.И., Шадчина Т.М. Спектральные свойства растений как основа методов дистанционной диагностики. - Киев: Наук. думка. - 1990. - 136 с.
12. Кочубей С.М., Кобец Н.И., Т.М.Шадчина Т.М. Количественный анализ формы спектральной кривой отражения листьев растений как способ тестирования их состояния // Физиология и биохимия культурных растений. - 1988. - 20. - С. - 535-539.
13. Кочубей С.М. Сравнение информативных возможностей многозональной съемки и спектроскопии высокой разрешающей способности при дистанционном зондировании растительного покрова // Косм_чна наука _технолог_я. - 1999. - Т.5. - №2/3. С.- 41-48.
14. Кочубей С.М. Оценка основных параметров сельскохозяйственных посевов по спектру отражения растительности в оптическом диапазоне // Косм_чна наука _технолог_я. - 2003. - Т.9. - №5/6 - С. 185-190.
15. Kochubey S.M., Bidyuk P.I. A Novel Approach to Remote Sensing of Vegetation Conference 'AeroSence. Technologies and Systems for Defence & Security', Orlando USA, 21-25 April 2003. - Vol. 5093. - P.327-329.

16. С.М.Кочубей. Аппаратура и методы дистанционного зондирования растительности в оптическом диапазоне // Космическая наука и технологии. - 2002. - Т.8. - №2/3. - С. 271-275.
17. Орлов А. И. Прикладная статистика. Учебник для вузов. - М.: Экзамен, 2006. - 672 с.
18. Yatsenko V., Kochubey S., Donets V., Kazantsev T. Hardware-software complex for chlorophyll estimation in phytocenoses under field conditions // Detectors and Associated Signal Processing II, Proc. of SPIE. - Jena (Germany). - 13-14 September, 2005.-Vol. 5964.-P.1-6. 14
19. V.A. Yatsenko, V. V. Donets, S.M. Kochubey, P. A. Khandriga, P.D.Chichik Optical spectrometer and software for remote sensing of vegetation. Proc. CAOL 2005. 2nd International Conference on Advanced Optoelectronics and Laser, Yalta, Crimea, Ukraine, September 12-17, 2005. - Vol.1. - P. 303-305
20. V.A.Yatsenko, S.M. Kochubey,. P.M.Pardalos, L.Zhan. Estimation of chlorophyll concentration in vegetation using global optimization approach. 'Technologies, Systems, and Architectures for Transnational Defence II', SPIE Conference 'AeroSense. Technologies and Systems for Defence & Security', Orlando USA, 21-25 April 2003.-V.5071.-174-182
21. V.A. Yatsenko, V. V. Donets, S.M. Kochubey, P. A. Khandriga, P.D.Chichik Optical spectrometer and software for remote sensing of vegetation. Proc. CAOL 2005. 2nd International Conference on Advanced Optoelectronics and Laser, Yalta, Crimea, Ukraine, September 12-17, 2005. - Vol.1. - P. 303-305

Получено 26.10.2006 г.

УДК 621.9.06

В.В. Дорофеев, А.Н. Коробочка, Ю.А. Коржавін

ФОРМУВАННЯ НАВИКІВ КОНСТРУЮВАННЯ ПРИ СКРІЗНІЙ КОМП'ЮТЕРНІЙ ПІДГОТОВЦІ СПЕЦІАЛІСТІВ МЕХАНІКІВ В ДДТУ

Вступ. Сучасний спеціаліст-механік має вміти конструювати вузли та механізми за допомогою найсучаснішої техніки та відповідних програм. Традиційна теоретична підготовка та навички конструювання без комп'ютерів привело до того, що виробництво втрачає багато коштів на перенавчання молодих спеціалістів та доведення їх до сучасних вимог. Щоб запобігти цьому, а також з метою підняття конкурентоздатності випускників ДДТУ, керівництвом університету було розроблено та впроваджено схему скрізної комп'ютерної підготовки випускників.

Постановка задачі досліджень. Студенти механічного профілю мають найбільший обсяг креслення та конструювання машин та механізмів. Кінцевою метою підготовки було отримання студентами сучасних методів конструювання, цифрової обробки сучасних креслень та зображень на застарілих носіях (калька тощо) за допомогою найсучасніших програм конструювання. Було вивчено ринок програмного забезпечення, після чого університет придбав продукти фірм Autodesk та Solid Works. Вивчення програми AutoCAD починається вже на першому курсі і продовжується на старших з відповідним розширенням задач та вимог. Програму Solid Works починають вивчати з другого курсу.

Розглянемо більш детально підхід до використання ком'ютерної графіки на прикладі навчання студентів із спеціальності 7.090258. Вони вивчають такі предмети з комп'ютерного напрямлення:

- Нарисна геометрія технічне та комп'ютерне креслення (перший курс);
- Основи автоматизованого проектування (другий курс);
- Автомобільні двигуни – курсове проектування (третій курс)
- Моделювання транспортних систем
- САПР ТП при ТО і ТР.

При вивченні предмету «Нарисна геометрія, технічне та комп'ютерне креслення» студенти вивчають можливості системи автоматичного проектування (САПР) AutoCAD при виконанні 2D креслень, а саме відображення фрагментів креслення із окремих примітивів, їх редагування та оформлення.

Виконання креслень таким чином вимагає від виконавця проекту мати об'ємну уяву, яка дозволить провести уявне моделювання деталі що проектується для попереднього виявлення необхідних проекцій деталі та ліній, які утворять кожну проекцію. Таку об'ємну уяву попередньо розвивають при вивченні нарисної геометрії.

Результати досліджень. Для серйозної підготовки студентів необхідно мати не тільки сучасні комп'ютери, але й викладачів, які б могли викладати такі дисципліни. Сьогодні на всіх кафедрах механічного факультету такі спеціалісти є.

В повній мірі це стосується й кафедри графіки.

На першому курсі вивчення та робота в AutoCAD здійснюється в ракурсі двовірного креслення.

Тут намітилось три рівня вивчення. Перший, розрахований на середнього студента, включає до себе типові вправи – побудова спряжень, нанесення розмірів тощо. Зразок одного із завдань наведено на рис.1

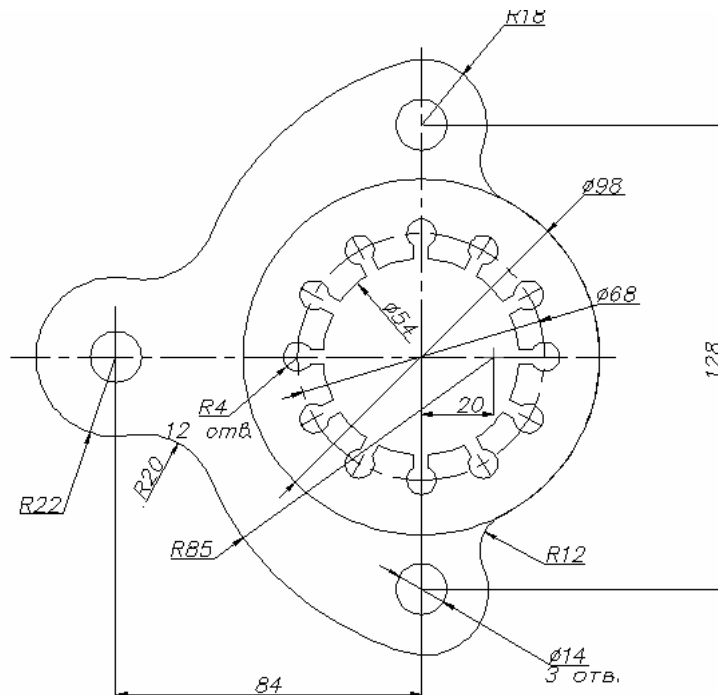


Рисунок 1

При викладанні основ 2D графіки основний акцент робиться на отримання студентами фундаментальних навиків роботи в галузі комп'ютерної графіки. По-перше- це вміння працювати з плоскими масивами (числені отвори, виступи то що. Тобто з такими конструктивним елементами, які на одному кресленні повторюються багато разів. На зразку-це 12 отворів радіуса R4.

Крім того, це вміння вірно наносити розміри (в будь-якій системі стандартів). Основний акцент робиться на систему ISO та Стандарти України.

Другий рівень вивчення комп'ютерної графіки на першому курсі передбачає поглиблену індивідуальну роботу із студентом . При цьому студентів (за бажанням) дозволяється виконувати завдання з інженерної графіки засобами AutoCAD. Решта студентів виконує ці завдання традиційними засобами .Зразок виконання такої роботи наведено на рис.2

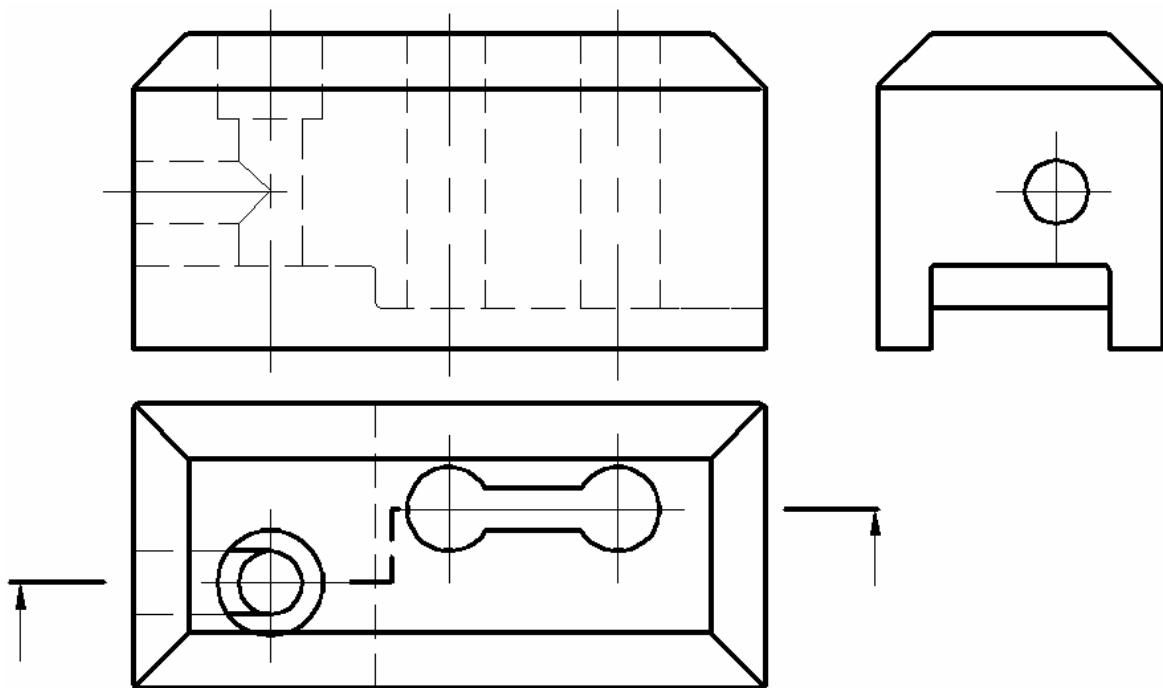


Рисунок 2

В цьому завданні студент має зробити необхідні розрізи, нанести розміри та виконати аксонометричне зображення деталі. Креслення виконується як традиційно, так і за допомогою Auto CAD.

Найбільш вагомою на першому курсі за результатами та обсягом є робота зі студентами у третьому рівні. Тут викладач працює індивідуально. Для такої роботи, як правило, притягаються студенти, які закінчили технічний ліцей, де ведеться викладання комп'ютерної

графіки, та інші бажаючі студенти. Слід визначити, що в подальшому на цих студентів звертають особливу увагу, вони приймають участь у всіляких конкурсах та олімпіадах, їм пропонується вступ до аспірантури. Зразок таких робіт наведено на рисунку 3.

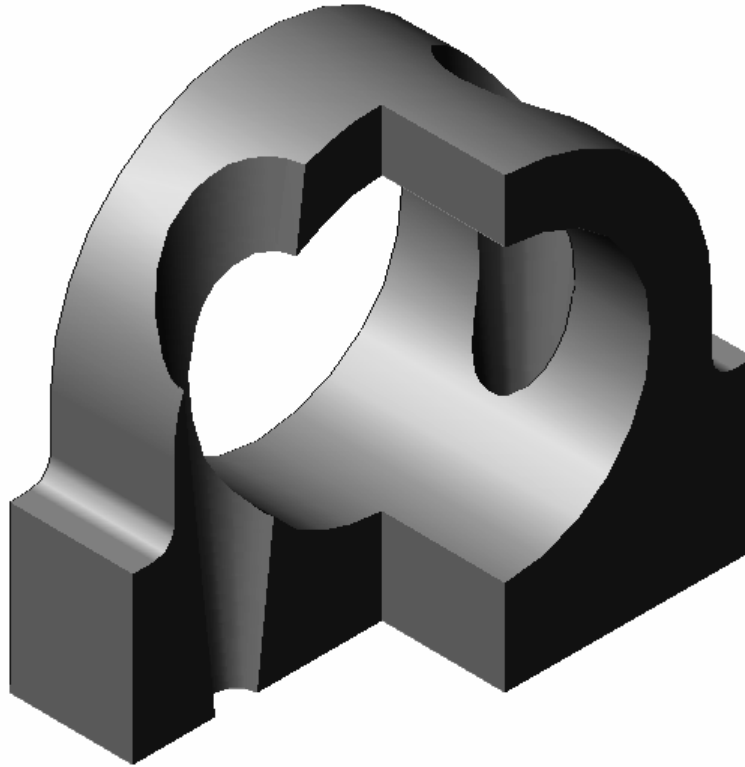


Рисунок 3

Студент робить аксонометричне зображення складної технічної деталі, використовуючі відтіннення та інші сучасні прийоми комп'ютерної графіки. При цьому студент підбирає матеріал, з якого вироблено деталь, розробляє кінцеву композицію кінцевого вигляду деталі.

Після вивчення першого блоку комп'ютерної графіки на кафедрі графіки, студент продовжує вивчати і застосовувати її на випускних кафедрах. Розглянемо концепцію використання комп'ютерної графіки кафедрою «Автомобільне господарство» ДДТУ.

Предмет «Основи автоматизованого проектування», який викладається вченими кафедри, має принципово іншу концепцію виконання проектування. В його основі покладено проектування за допомогою 3D моделювання. Тобто виконавець проекту перед виконанням креслення деталі створює її об'ємну модель. Потім по моделі є можливість виконати у автоматичному режимі креслення

обраних проекцій, або перетинів деталі. При необхідності є можливість виконати велику кількість моделей різних деталей, виконати збирання агрегату, та здійснити його роботу, за якою наглядати на моніторі комп'ютера. Зручність користування інструментами та наочність проектування значно підвищують швидкість та якість проекту.

При виконанні як двомірного креслення, так і 3D моделювання є можливість використовувати системи автоматичного проектування як КОМПАС, розробки ЗАО АСКОН Росія, так і AutoCAD, розробки Autodesk США. При виборі САПР для вивчення слід урахувувати, де будуть працювати майбутні фахівці, яким САПР віддають перевагу. Частина підприємств, в основному застарілих, віддають перевагу КОМПАСУ. Там, де підприємство орієнтується на роботу із Європейськими та Західним державами, повністю використовують AutoCAD. Оскільки серед споживачів наших випускників майже немає користувачів КОМПАСУ, для підготовки студентів-автомобілістів обрано AutoCAD.

Слід зауважити що КОМПАС має перевагу перед AutoCAD у тому, що наведені в ньому бібліотеки виконані по діючим в Україні стандартам, однак ця перевага поступово нівелюється, оскільки при розширенні міжнародних зв'язків все більше значення мають більш широкі міжнародні стандарти, по яких зроблені бібліотеки AutoCAD.

Отримані навички удосконалюються і відточуються при виконанні креслень курсових проектів.

При виконанні курсових проектів з дисципліни «Автомобілі» розвиваються навички креслення деталей і вузлів автомобілів, виконання графіків залежностей параметрів роботи двигуна, креслення деталей і збиральних креслень двигунів.

На рисунку 4 наведено зображення поршня автомобільного двигуна, а на рисунку 5 – зображення клапану. При виконанні таких розробок студент опрацьовує великий обсяг конструкторської роботи. Так, він враховує технологію отримання деталі. На кресленні добре видно ливарні нахили, обробки фасок

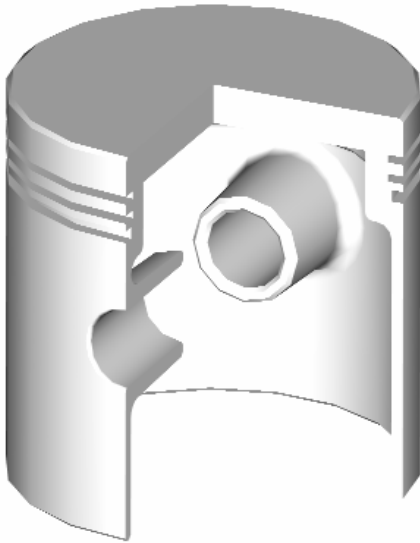


Рисунок 4

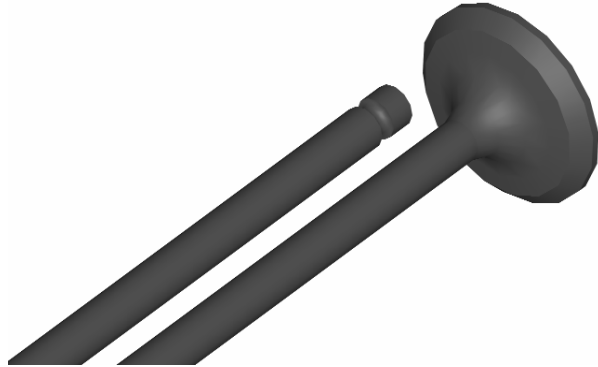


Рисунок 5

Збиральні креслення вузлів автомобілів та обладнання по їх ремонту і обслуговуванню автомобілів та деталювання виконують при виконанні курсових проектів з дисципліни «Автомобілі», «Основи розрахунку і проектуванні обладнання транспортних систем». Плани діляниць, цехів, підприємств виконують при курсовому проектуванні з дисципліни «Проектування автотранспортних підприємств».

Завершальним етапом графічної комп'ютерної підготовки є виконання графічної частини випускних кваліфікаційних робіт бакалаврів, магістрів, та дипломних проектів спеціалістів. Вони включають креслення генеральних планів автотранспортних, авторемонтних підприємств та станцій технічного обслуговування автомобілів, їх цехів та діляниць; автомобілів; їх агрегатів та вузлів; стендів для обслуговування та ремонту автомобілів та їх окремих агрегатів; пристроїв для забезпечення охорони праці, а також ілюстраційних матеріалів у вигляді таблиць та графіків.

Висновки. Робота, яка проводиться в ДДТУ в цілому, і кафедрами механічного факультету окремо, дала певні позитивні наслідки. Студенти отримали сучасний рівень знань в галузі проектування та обслуговування сучасних машин і механізмів.

Викладачі факультету постійно працюють над вдосконаленням методики викладання сучасних програм комп'ютерної графіки.

Попит на випускників університету за механічною направленістю виріс і наразі випереджає пропозицію. В регіоні

працюють сучасні підприємства, вирішальна більшість працюючих в яких яких складають випускники механічного факультету.

Успіх у вивченні комп'ютерних дисциплін підвів керівництво університету до висновку про необхідність оснащення усіх кафедр факультету сучасним залами комп'ютерної техніки.

Получено 26.10.2006 г.

УДК 681.3

Н.В. Богданова, Мухамед Ель Амин Бабицер

АНАЛИЗ ВРЕМЕННЫХ ПАРАМЕТРОВ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ СЕТЕЙ ПРИ САМОПОДОБНОМ ТРАФИКЕ

В связи с тенденциями интеграции различных телекоммуникационных приложений на основе универсальной сетевой инфраструктуры передачи данных актуальными задачами становятся разработка методов анализа и синтеза информационно-управляющих систем, построенных с использованием современных компьютерных технологий. Анализ результатов многочисленных экспериментов по исследованию сетевых процессов показывает, что переход к технологии пакетов коммутации и создание интегрированных информационных приложений сопровождается появлением сложных явлений, исследование которых может быть проведено в рамках теоретико-вероятностных подходов.

Быстрый научно-технический прогресс в области создания и внедрения информационно-управляющих систем, а также необходимость эффективной и надежной их работы стимулировал интерес к исследованиям теоретических проблем статического моделирования и управления сетевым трафиком [1].

Последние исследования различных типов сетевого трафика [2,3,4,5,6,7,8] в телекоммуникационных сетях, доказывают, что сетевой трафик является самоподобным (self-similar) или фрактальным (fractal) по своей природе, то есть в нем присутствуют так называемые вспышки или пачки (burst) пакетов, наблюдаемые в различных временных интервалах (от миллисекунд до минут или даже часов).

Математическое определение самоподобного (фрактального) стохастического процесса основано на прямом масштабировании непрерывной переменной во времени. Стохастический процесс $X(t)$, считается статистически самоподобным с параметром $H(0.5 \leq H \leq 1)$ [9] если для любого вещественного числа $a > 0$, процессы $X(t)$ и $a - HX(at)$ будут иметь идентичные распределения, то есть обладать

одинаковыми статистическими свойствами для всех положительных целых n .

Математически это можно выразить следующими условиями [10]

$$\text{среднее} \quad E[X(t)] = \frac{E[X(at)]}{a^H}$$

$$\text{дисперсия} \quad \text{Var}[X(t)] = \frac{\text{Var}[X(at)]}{a^{2H}}$$

$$\text{функция автокорреляции} \quad R(t, \tau) = \frac{R(at, a\tau)}{a^{2H}}$$

H - параметр Херста или параметр самоподобия (self similarity) указывает на степень устойчивости статистического явления или меру длительности долгосрочной зависимости стохастического процесса. Значение $H = 0.5$ указывает на отсутствие самоподобия или долгосрочной зависимости. Значения H близкие к 1 указывают на большую степень самоподобия или долгосрочную зависимость (long-range dependent, LRD) процесса. Это обозначает, что если процесс, характеризующийся долгосрочной зависимостью, имеет тенденцию к увеличению (или уменьшению) в прошлом, то с большой вероятностью он будет иметь тенденцию к увеличению (или уменьшению) в будущем.

Процессом, удовлетворяющим данному определению самоподобия, является процесс дробного броуновского движения. Процесс дробного броуновского движения $BH(t)$ с параметром Херста $H(0 < H < 1)$.

Самоподобный стохастический процесс можно определить при помощи медленно затухающего распределения или распределения с «тяжелыми хвостами». Такое распределение случайной переменной X медленно затухает, если

$$1 - F(x) = \text{Pr}[X > x] \sim \frac{1}{x^a} \quad \text{при} \quad x \rightarrow \infty, \quad 0 < a.$$

Для данного процесса наиболее подходящим распределением является распределение Парето

$$F(x) = 1 - \left(\frac{\beta}{x}\right)^\alpha$$

Также существует отношение между параметром α и параметром Херста H :

$$H = \frac{3 - \alpha}{2}$$

Самоподобный стохастический процесс можно определить при помощи таких распределений.

Одно из достоинств подхода медленно затухающих распределений заключается в том, что он позволяет получить управляемые модели.

Медленно затухающие распределения могут использоваться для представления плотности вероятностей, описывающих процессы передачи данных, такие как интервалы между поступлениями пакетов и продолжительности пакетов. Распределение случайной переменной X медленно затухает, если

$$1 - F(x) = Pr[X > x] \sim \frac{1}{x^a} \quad \text{при } x \rightarrow \infty, \quad 0 < a.$$

При медленно затухающим распределением наиболее подходящим является распределение Парето (Pareto) с параметрами k и α ($k, \alpha < 0$).

Распределение Парето можно наблюдать в широком спектре социальных и физических явлений, а также в области передачи данных в телекоммуникационных сетях.

В работах [11,12] приводятся результаты детальных измерений трафика в сетях Ethernet с высокой точностью измерения времени, которая составляла 20 мкс. Данные состоят из четырех множеств данных измерений Ethernet-трафика, произведенных на протяжении от 20 до 40 последовательных часов и состоящих в общей сложности из более чем 100 миллионов пакетов. Данные были собраны на различных локальных сетях Ethernet лабораторией Bellcore. Опираясь на множество статистических тестов, авторы приходят к выводу, что Ethernet-трафик является самоподобным с параметром Херста $H = 0,9$.

В распределении с высокой дисперсией диапазон временных интервалов может быть достаточно широким с большим количеством коротких всплесков, большим количеством длинных всплесков и небольшим количеством очень долгих всплесков.

В работе [13], посвященной исследованию трафика в телекоммуникационных сетях, рассмотрена проблема влияния самоподобия на производительность. Было замечено, что чем выше нагрузка на сеть, тем выше оцениваемый параметр Херста и тем выше степень самоподобия. Этот результат важен, так как вопрос

производительности приобретает значимость как раз при высокой нагрузке.

В данной статье приводятся расчеты временных параметров телекоммуникационных сетей при самоподобном трафике, а также рассматриваются зависимости среднего времени задержки в буфере от среднего коэффициента загрузки для систем обслуживания при различных параметрах Херста.

Одним из основных параметров, влияющих на время доступа, является интенсивность обращения абонентских систем к передающей среде. В рамках случайного метода доступа процесс взаимодействия абонентских систем с передающей средой может быть представлен с помощью модели одноканальной системы массового обслуживания. В данном случае число источников заявок, является конечной величиной и соответствует числу абонентских систем. Так как заявки поступают только от абонентских систем, то есть от внутренних источников. В этом случае вероятность простоя системы [14].

$$p_0 = 1 / (1 + n\rho + n(n-1)\rho^2 + \dots + n(n-1)(n-2)\dots 1\rho^n).$$

В случае столкновения пакетов, что характерно для данного метода доступа время их повторной передачи выбирается случайной величиной

$$r = n - (1 - p_0) \left(1 + 1 / (\lambda \times (m + l + \tau(1 + 2e))) \right)$$

где: l -минимальный межкадровый интервал, τ -размер окна конфликтов в единицах времени.

Данная формула получена с учетом того, что конфликт разрешается между двумя абонентскими системами, остальные системы могут обращаться к передающей среде только после разрешения конфликта и передачи данных.

В случае так называемого настойчивого алгоритма доступа к передающей среде попытка повторной передачи осуществляется случайным образом, без учета числа повторных передач. В этом случае вероятность появления конфликтных ситуаций не зависит от предыдущего состояния системы, а эффективность функционирования сети во многом зависит от интенсивности потока заявок на передачу пакетов и расстояния между абонентскими системами.

Рассмотрим влияние интенсивности столкновений на характеристики сети. Вероятность бесконфликтной передачи определяется величиной $e - \tau\lambda$, соответственно, вероятность конфликтной ситуации определяется соотношением $(1 - e - \tau\lambda)$. Среднее время передачи сообщения представляет собой сумму времени передачи сообщения и величину средней задержки при столкновении сообщений, то есть:

$$r = n - (1 - p_0) \left(1 + 1 / \left(\lambda \times (m + l + \tau + 2\tau(1 - e^{-\lambda\tau})) \right) \right).$$

Анализ полученных результатов при реальных значениях параметров позволяет сделать вывод, что при относительно низкой интенсивности обращения к передающей среде и достаточно длинных сообщениях эффективность ненастойчивого алгоритма выше по сравнению с настойчивым алгоритмом.

Максимальная задержка в сети с древовидной топологией определяется между абонентскими системами, находящимися на граничных ветвях дерева. При одинаковых параметрах узлов эта величина равна произведению задержки в одном узле на удвоенное значение числа уровней дерева. В общем случае при беспriorитетном потоке заявок значение среднего времени ожидания $E(W)$ определяется по формуле:

$$E(W) = \frac{\sum_{i=1}^M \lambda_i X_i^{(2)}}{2(1 - \sum_{i=1}^M \rho_i)},$$

где: λ_i - интенсивность i -го входного потока, M - количество входных источников, $X_i^{(2)}$ - второй начальный момент длительности обслуживания заявок i -го типа. Для экспоненциального закона обслуживания: $X_i^{(2)} = 2X_i^2 = 1/\mu_i^2$, соответственно:

$$E(W) = \frac{\sum_{i=1}^M \lambda_i X_i^2}{(1 - \sum_{i=1}^M \rho_i)}.$$

Заявки равного приоритета ставятся в одну очередь и обслуживаются в порядке кругового опроса. При этом временем опроса можно пренебречь, рассматривая поступление заявок от

различных источников как от одного источника с суммарной интенсивностью.

В случае приоритетного обслуживания время задержки передачи $E(W)_i$ заявки i -го приоритета равно:

$$E(W)_i = \frac{\sum_{i=1}^M \lambda_i X_i^{(2)}}{2 \prod_{j=1}^i (1 - \sum_{j=1}^i \rho_j)}.$$

Для экспоненциального закона обслуживания время задержки передачи равно:

$$E(W)_i = \frac{\sum_{i=1}^M \lambda_i X_i^2}{\prod_{j=1}^i (1 - \sum_{j=1}^i \rho_j)}.$$

В работе [15] представлена модель нагрузки на основе процесса дробного броуновского движения (FBM) на основании которой в работе [16] приведена зависимость необходимого размера буфера q от среднего коэффициента использования ρ :

$$q = \frac{\rho^{1/2(1-H)}}{(1-\rho)^{H/(1-H)}}.$$

При $H = 0,5$ эта формула упрощается до $q = \rho/(1-\rho)$, что представляет собой классический результат системы массового обслуживания с экспоненциальным распределением временных интервалов между поступлениями запросов и экспоненциальным распределением длительности обслуживания (M/M/1). Для системы с постоянным временем обслуживания (M/D/1) размер буфера определяется следующим образом

$$q = \frac{\rho}{1-\rho} - \frac{\rho^2}{2(1-\rho)}.$$

Рассмотрим зависимость среднего времени задержки T_r в буфере от среднего времени обслуживания T_s и среднего коэффициента использования ρ при самоподобном входном трафике.

Для системы с экспонентным временем обслуживания и самоподобным трафиком величина среднего времени задержки в буфере T_r равна:

$$T_r = T_s / (1 - \rho)^{H/(1-H)},$$

где T_s - среднее время одного обслуживания заявки в узле коммутации без учета времени ожидания, H - параметр Херста, значение которого лежит в пределах $0.5 \leq H \leq 1$ в зависимости от нагрузки в сети.

Для системы с постоянным временем обслуживания (M/D/1) зависимость среднего времени задержки в буфере T_r от среднего коэффициента использования ρ имеем:

$$T_r = \frac{\rho^{1/2(1-H)}}{2(1-\rho)^{H/(1-H)}} T_s.$$

На рисунке 1 представленная зависимость задержки $Tr_1 = T_r / T_s$ от загрузки ρ для системы обслуживания M/M/1 при разных значениях параметра Херста ($H1=0.5$, $H2=0.7$, $H3=0.9$).

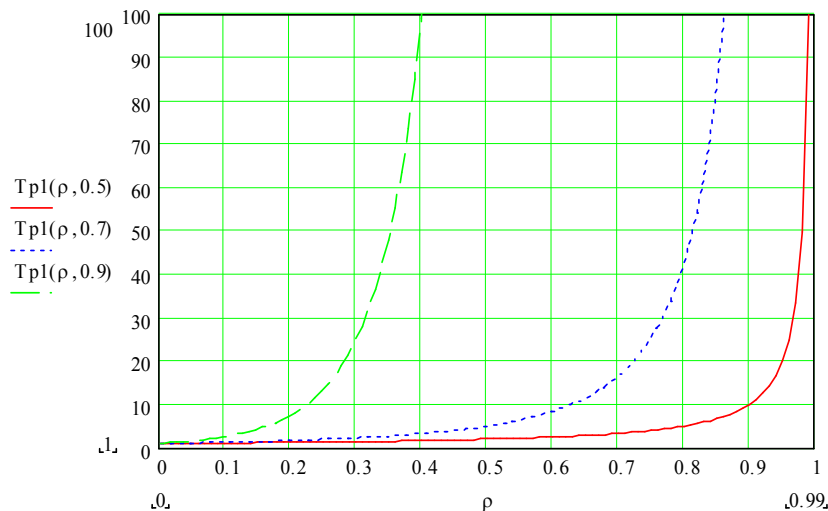


Рисунок 1 - Зависимость задержки $Tr_1 = T_r / T_s$ от загрузки ρ для системы обслуживания M/M/1

Кривая $Tr_1(\rho, 0.5)$ соответствует зависимости относительной задержки в узле от значения ρ при $H=0.5$. При данном значении параметра Херста трафик не является самоподобным.

Кривая $Tr_1(\rho, 0.7)$ соответствует зависимости относительной задержки в узле от значения ρ при $H=0.7$.

Кривая $Tr_1(\rho, 0.9)$ соответствует зависимости относительной задержки в узле от значения ρ при $H=0.9$. При данном значении параметра Херста трафик носит явно выраженный самоподобный характер.

Зависимость задержки $Tr_2 = Tr / Ts$ от загрузки ρ для системы обслуживания M/D/1 при разных значениях параметра Херста ($H1=0.5$, $H2=0.7$, $H3=0.9$) представлена на рисунке 2.

Кривая $Tr_2(\rho, 0.5)$ соответствует зависимости относительной задержки в узле от значения ρ при $H=0.5$. При данном значении параметра Херста трафик не является самоподобным. Кривая $Tr_2(\rho, 0.7)$ соответствует зависимости относительной задержки в узле от значения ρ при $H=0.7$. Кривая $Tr_2(\rho, 0.9)$ соответствует зависимости относительной задержки в узле от значения ρ при $H=0.9$. При данном значении параметра Херста трафик носит явно выраженный самоподобный характер. Сравнивая графики, приведенные на рис.1 и рис.2, можно сделать вывод, что для системы обслуживания M/D/1 характер трафика оказывает меньшее влияние на время задержки информации в узлах коммутации по сравнению с системой обслуживания M/M/1.

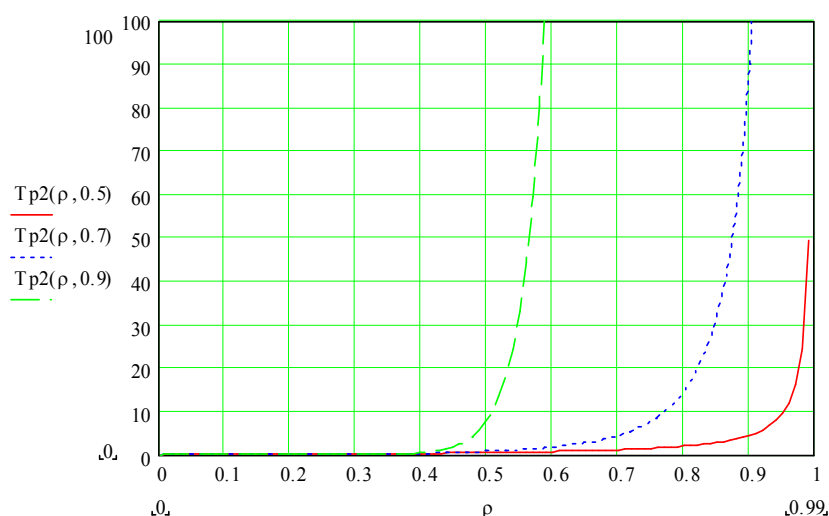


Рисунок 2 - Зависимость задержки $Tr_2 = Tr / Ts$ от загрузки ρ для системы обслуживания M/D/1 при разных значениях параметра Херста ($H1=0.5$, $H2=0.7$, $H3=0.9$)

На рисунке 3 приведены зависимости задержки $E1wh(\rho1, k, H)$ приоритетного потока и $E2wh(\rho1, k, H)$ беспriorитетного потока от загрузки $\rho1$ при разных соотношениях $k = \lambda1 / \lambda2$ интенсивности $\lambda1$ беспriorитетного потока к интенсивности $\lambda2$ приоритетного потока ($k = 0.5, 1, 2$) и значении параметра Херста $H = 0.7$.

Минимальное время задержки приоритетного потока при значениях нагрузки $\rho1$ соответствует кривой $E1wh(\rho1, k, H)$ при

$k=0.5$, то есть в случае, когда интенсивность приоритетного потока составляет 50% от интенсивности беспriorитетного потока. Максимальное время задержки соответствует беспriorитетному потоку, при значениях нагрузки ρ_1 соответствует кривой $E2wh(\rho_1, k, H)$ при $k=2$, то есть в случае, когда интенсивность приоритетного потока в два раза превышает интенсивность беспriorитетного потока.

А зависимость задержки $E1wh(\rho_1, k, H)$ беспriorитетного потока от загрузки ρ_1 при $k = 0.5, 1, 2$ и $H=0.5, 0.7, 0.9$ представлена на рисунке 4.

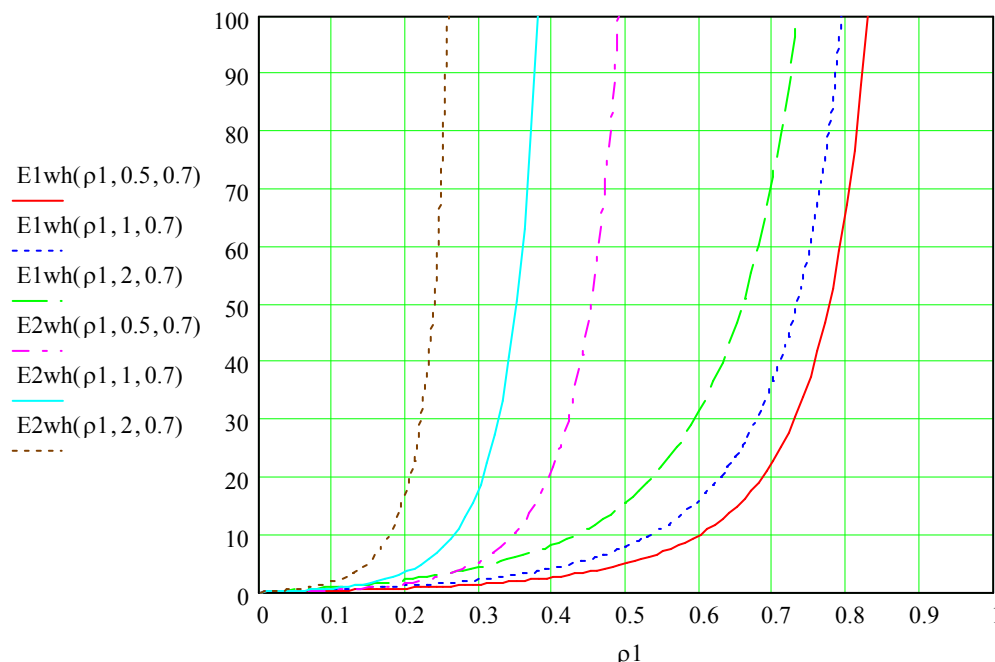


Рисунок 3 - Зависимости задержки $E1wh(\rho_1, k, H)$ приоритетного потока и $E2wh(\rho_1, k, H)$ беспriorитетного потока от загрузки ρ_1 при разных соотношениях $k = \lambda_1 / \lambda_2$ интенсивности λ_1 беспpriorитетного потока к интенсивности λ_2 приоритетного потока ($k = 0.5, 1, 2$) и значении параметра Херста $H = 0.7$

Минимальное время задержки приоритетного потока при значениях нагрузки ρ_1 соответствует кривой $E1wh(\rho_1, k, H)$ при $k=0.5$, то есть в случае, когда интенсивность приоритетного потока составляет 50% от интенсивности беспpriorитетного потока. Максимальное время задержки соответствует беспpriorитетному потоку при значениях нагрузки ρ_1 соответствует кривой $E2wh(\rho_1, k, H)$ при $k=2$, то есть в случае, когда интенсивность приоритетного потока в два раза превышает интенсивность беспpriorитетного потока.

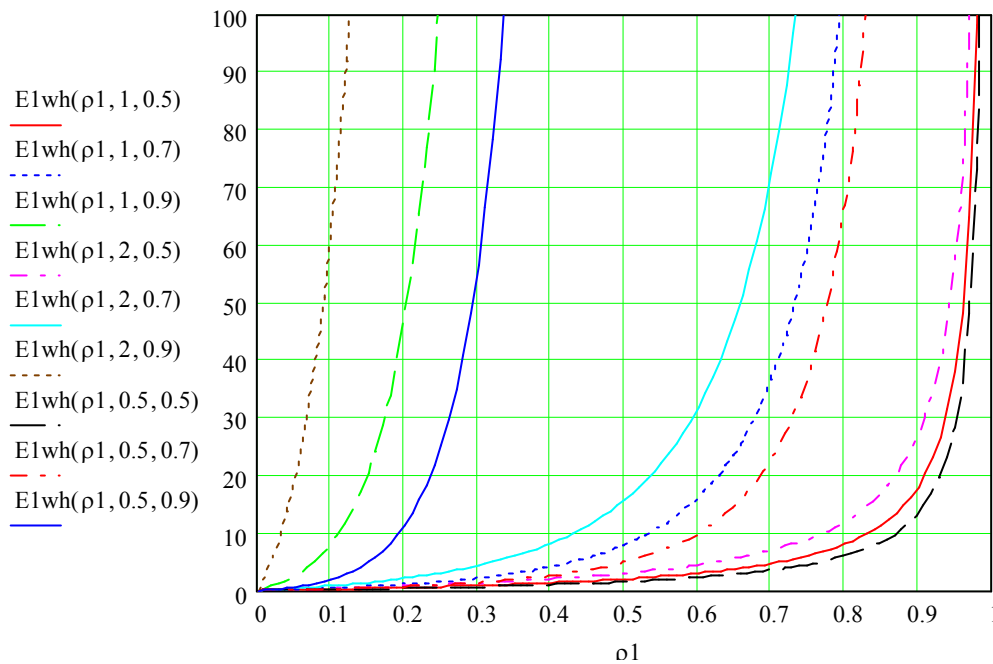


Рисунок 4 - Зависимость задержки $Elwh(\rho_1, k, H)$ беспriorитетного потока от загрузки ρ_1 при $k = 0.5, 1.2$ и $H = 0.5, 0.7, 0.9$

Из полученных графиков видно, что на время задержки передачи по приоритетному каналу оказывает влияние значение интенсивности беспriorитетного потока. Это объясняется тем, что при используемой в данном случае системе с относительным приоритетом обслуживание более приоритетной заявки начинается только после завершения обслуживания текущей заявки независимо от ее приоритета. При этом следует отметить, что время ожидания $E(W)1$ при большем значении интенсивности $\lambda 1$ растет быстрее по сравнению с меньшим начальным значением интенсивности. Это объясняется тем, что в данном случае общая нагрузка так же больше.

При определенных значениях интенсивностей поток менее приоритетных заявок характеризуется меньшим значением, чем в беспriorитетной системе, а с увеличением нагрузки - наоборот.

Отсюда следует, что, меняя уровень приоритета в определенных пределах в зависимости от нагрузки сети и значения параметра Херста, можно оптимизировать распределение потоков и повысить качество обслуживания в компьютерной сети.

ЛИТЕРАТУРА

1. Городецкий А.Я., Заборовский В.С. Информатика. Фактальные процессы в компьютерных сетях.: Учебное пособие./СПб.: Изд-во СПбГТУ, 2000. 102 с.

2. Addie R., Zukerman M., Neame T., Fractal Traffic: Measurements, Modeling and Performance Evaluation, Proceeding of IEEE INFOCOM'95, 1995.
3. Beran J., Sherman R., Taqqu M.S., Willinger W., Long-Range Dependence in Variable-Bit Rate Video Traffic, IEEE Transactions on Communications, Vol.43, No.2/3/4, February/March/April 1995.
4. Crovella M.E., Bestavros A., Self-Similarity in World Wide Web Traffic: Evidence and Possible Causes, Proceeding of ACM SIGMETRICS'96, 1996.
5. Duffi D.E., McIntosh A.A., Rosenstein M., Willinger W., Statistical Analysis of CCSN/SS7 Traffic Data from Working Subnetworks, IEEE Journal on Selected Areas in Communications, Vol. 12, No. 3, 1994.
6. Leland W., Taqqu M., Willinger W., Wilson D., On the Self-Similar Nature of Ethernet Traffic (Extended Version), IEEE/ACM Transactions on Networking, Vol. 2, No. 1, February 1994.
7. Paxson V., Floyd S., Wide Area Traffic: The Failure of Poisson Modeling, IEEE/ACM Transactions on Networking, Vol. 3, No. 3, June 1995.
8. Willinger W., Taqqu M.S., Erramilli A., A Bibliographical Guide to Self-Similar Traffic and Performance Modeling for Modern High-Speed Networks, Stochastic Networks: Theory and Applications, Oxford University Press, 1996.
9. Willinger W., Taqqu M.S., Erramilli A., A Bibliographical Guide to Self-Similar Traffic and Performance Modeling for Modern High-Speed Networks, Stochastic Networks: Theory and Applications, Oxford University Press, 1996.
10. Stalling W., High-Speed Networks TCP/IP and ATM Design Principles, Prentice-Hall Inc., 1998.
11. Кульгин М. Технологии корпоративных сетей. Энциклопедия – СПб: Питер, 2000. – 704с.: ил.
12. Falconer K. Fractal Geometry: Mathematical Foundations and Applications. New York; Wiley, 1990.
13. S. Chen, K. Nahrstedt, Distributed Quality-of-Service Routing in Ad Hoc Networks, IEEE Journal on Selected Areas in Communications, Vol 17, No. 8, August 1999.
14. Вентцель Е.С. Исследование операций. М., «Советское радио», 1972, 552стр.
15. Norros A Storage Model with Self-Similar Input // Queuing System, Volume 16, 1994
16. Столлинс Современные компьютерные сети. 2-е изд. СПб.: Питер. 2003. -783с.

Получено 26.10.2006 г.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ РАСПОЗНАВАНИЯ УДАЛЕННЫХ СЕТЕВЫХ АТАК НА УРОВНЕ ПРИЛОЖЕНИЙ

Постановка проблемы. Объединение компьютеров в локальные и глобальные сети открывает огромные возможности для решения задач, связанных с обменом и обработкой информации. Однако, при этом возникает множество проблем, связанных обеспечением безопасности соединения, защитой сети и конкретного хоста от несанкционированного сетевого доступа. В последнее время развиваются методы построения защиты систем, основанные на категоризации новых объектов по степени их безопасности и установке некоторого низшего уровня безопасности (порога доверия), преодоление которого приводит к тому, что объект считается доверенным[1-4]. Применение такой модели представляется оправданным благодаря возможности реализации гибкой политики безопасности, т.к. порог доверия может изменяться во времени. При этом возникает потребность в разработке соответствующих правил работы системы защиты, минимизирующих количество ошибочных ситуаций (доверенный объект признается не доверенным и наоборот).

Результаты исследований. Целью исследований являлась разработка модели системы, альтернативной к антивирусам и брандмауэрам прикладного уровня, позволяющей осуществлять защиту хоста или сети от несанкционированного доступа путем отслеживания e-mail сообщений, содержащих вирусы или потенциально опасный исполняемый код.

Исходно принималось, что сообщение должно соответствовать определенной структуре и должно быть сформированным по определенным правилам. Иначе это сообщение считается подозрительным, а в случае невозможности корректного разбора – опасным. Схема обработки сообщения состоит из следующих этапов: рекурсивная декомпозиция электронного письма; анализ структуры заголовка сообщения; анализ содержимого письма с последующей его категоризацией; действия над письмом в зависимости от присвоения

категории. Приведенная схема конкретизирована в следующий общий алгоритм обработки:

1. получение сообщения;
2. разбивка сообщения на заголовок, тело и вложения;
3. выделение тел отдельных вложений;
4. декодирование файла вложения по методу его кодирования;
5. определение действительного типа вложения;
6. выделение кода из файла вложения;
7. проверка полученного кода на содержание элементов кода вируса;
8. классификация сообщения и последующие действия над ним.

При выборе параметров для анализа почтового сообщения исходили из следующих предпосылок: сообщение однозначно считается опасным при совпадении структуры кода в теле вложения с известными опасными структурами кодов но, поскольку сигнатурный метод может не выявить все существующие вирусы, требуется ввести правила для оценки корректности структуры самого сообщения. По результатам анализа типового поведения вирусов в сообщениях электронной почты были выделены основные параметры сообщения, подлежащие детальной проверке. Чтобы определить порог доверия для почтового сообщения введем некоторую шкалу, на основе которой будет определяться степень его безопасности. Для этого опишем идеальное с точки зрения безопасности почтовое сообщение и примем его за образец. Введем соответствующие обозначения и определим возможные значения выделенных ранее параметров.

Таблица 1

Параметры почтовых сообщений

Название параметра почтового сообщения	Обозначение	Идеальное значение	Возможные значения
Совпадение поля “От” и обратного адреса	Р _{адр}	Да	Да/Нет
Совпадение указанного в заголовке сообщения MIME-типа вложения и его реального типа	Р _{тип}	Да	Да/Нет
Совпадение указанной в теле сообщения контрольной суммы вложения и ее реального значения	Р _{сум}	Да	Да/Нет
Совпадение первой и второй подписей boundary, которые ограничивают вложения в теле почтового сообщения	Р _{подп}	Да	Да/Нет
Количество фрагментов данных между подписями boundary равно 1	Р _{фрагм}	Да	Да/Нет
Степень вложенности почтовых сообщений ≤ 15	Р _{влП}	Да	Да/Нет
Степень вложенности архивов во вложениях в почтовые сообщения ≤ 33	Р _{влА}	Да	Да/Нет
Отсутствие исполняемого кода в теле вложений	Р _{код}	Да	Да/Нет

Наиболее весомыми из параметров являются отсутствие исполняемого кода в теле вложений, степень вложенности архивов во вложениях в почтовые сообщения, совпадение указанного в заголовке сообщения MIME-типа вложения и его реального типа. Далее по степени опасности следуют несовпадения полей “От” и обратного адреса а также несовпадение указанной в теле сообщения контрольной суммы вложения и ее реального значения. На последнем месте, с точки зрения безопасности, находятся параметры несовпадения первой и второй подписей boundary, которые ограничивают вложения в теле сообщения, и количество фрагментов данных между этими подписями.

Более подробно остановимся на принятых значениях степеней вложенности.

$P_{влП}$ и $P_{влА}$. Среди известных вирусов, использующих вложения почтовых сообщений одно в другое, вирусом, который использует наименьшую среди других степеней вложенности, является Email-Worm.Win32.Swen и его разновидность I- Worm/Swen.A, создающие вложения, которые выглядят как вложение письма в письмо. Количество вложений колеблется от 16 до 666. Поэтому максимальное допустимое число вложений было ограничено 15. Существует также 3ARC-Worm.Win32.Gen – червь, создающий архивы, вложенные один в один, и присоединяющий их к почтовым сообщениям в качестве вложений. Количество таких вложенных архивов может быть в пределах от 34 до 134. Вложения архива в архив происходит для всех известных червю типов архивов, количество которых составляет 34. Поэтому максимальная степень вложения архивов ограничена 33.

Для оценки степени безопасности почтового сообщения использовалась интегральная оценка в виде взвешенной суммы всех параметров :

$$P_{\text{инт}} = \sum P_i V_i, \quad (1)$$

где P_i - значение i -того параметра почтового сообщения, V_i -его весовой коэффициент.

Для определения весовых коэффициентов параметров было проведено шесть серий практических экспериментов на базе разработанного проху-сервера с почтовыми сообщениями с заранее известной степенью безопасности. Учитывались всевозможные

комбинации значений выделенных параметров. Исходно принималось, что наиболее значимые параметры должны иметь весовые коэффициенты не менее чем на 75% большие, чем остальные. Результаты экспериментов приведены в таблице 2.

Таблица 2

Результаты экспериментов

№ п/п	Ртип	РвлП	РвЛА	Ркод	Радр	Ркsum	Рподп	Рфрагм	Точность классификации
1	0.15	0.15	0.15	0.15	0.12	0.12	0.08	0.08	не точная
2	0.16	0.16	0.16	0.16	0.11	0.11	0.07	0.07	не точная
3	0.17	0.17	0.17	0.17	0.10	0.10	0.06	0.06	точная
4	0.18	0.18	0.18	0.18	0.10	0.10	0.04	0.04	точная
5	0.19	0.19	0.19	0.19	0.10	0.10	0.02	0.02	точная
6	0.20	0.20	0.20	0.20	0.08	0.08	0.02	0.02	точная

Наивысшая точность при классификации принимаемых сообщений была достигнута в 6-ой серии экспериментов.

Согласно таблице 1 будем считать, что “да”=1, а “нет”=0 для возможных значений анализируемых параметров сообщения. Тогда для идеального сообщения имеем сигнатуру “11111111” при значении интегральной оценки равном 1. Введем классы почтовых сообщений и установим границы интегральной оценки степени безопасности. В качестве значений границ примем результаты из 6-ой серии экспериментов.

Таблица 3

Значения интегральных оценок для различных классов сообщений

Название класса сообщения	Интервал значения интегральной оценки степени безопасности
Инфицированное	совпадение сигнатуры кода вложения с сигнатурой опасного кода
Возможное заражение	$\geq 0,00$ и $< 0,70$
Небезопасное	$\geq 0,70$ и $< 0,92$
Безопасное	$\geq 0,92$

Выводы. Исследована возможность использования в качестве правила определения степени безопасности почтового сообщения косвенных признаков наличия вирусов и потенциально опасного кода. При анализе статистических данных, полученных в результате применения разработанной проху-серверной программы, установлены параметры почтовых сообщений, значения которых влияют на степень их безопасности, и определены степени влияния каждого из параметров на интегральную оценку. Выделены 4 класса почтовых

сообщений, для которых установлены границы значений интегральной оценки степени безопасности. Разработанная система обеспечивает точную классификацию как на тестовых наборах данных, так и в отношении вновь поступающих сообщений. При смене политики безопасности возможна адаптация системы путем смены значений весовых коэффициентов или значений границ интегральной оценки для выделенных классов безопасности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Diapankar DasGupta. Artifikal Immune Systems and Their Applikations. Springer-Verlag New York, Incorporated, 1998.
2. S. Hofmeyr, S. Forrest. Architekture for Artifikal Immune System. // Evolutionari Computation 7(1):45-68, the Massachusetts Institute of Technology, 1999.
3. Волковский О.С., Фенога Д.А. О применении иммунных систем для защиты от несанкционированного доступа по компьютерной сети// Системные технологии. Региональный межвузовский сборник научных трудов.-Выпуск 5(16), Днепропетровск, 2001.-С.127-130.
4. Волковский О.С., Комарова М.Г. Синтез адаптивных правил идентификации пакета при построении системы безопасности компьютерной сети //Системные технологии. Региональный межвузовский сборник научных трудов. - Выпуск 2(31), Днепропетровск, 2004.-С.109-114.

Получено 20.06.2006 г.

УДК 658.012

О.В. Гриша

МЕТОДИКА УПРАВЛІННЯ КРЕАТИВНИМИ ІТ ПРОЕКТАМИ З БРАХУВАННЯМ РИЗИКУ ІНВЕРСНОГО ПРОСУВАННЯ

Актуальність проблеми

Суттєва доля ІТ проектів, як доводить світова практика, належить класу креативних проектів. Під креативністю розуміється виконання проекту вперше даною командою. До класу креативних належать ІТ проекти, що розробляються для супроводження інноваційних технічних проектів (наприклад, нова транспортна система), індивідуальні проекти під конкретний організаційний об'єкт (CRM або CSM з власними нестандартними бізнес - правилами) та будь-яка «одноразова» ІТ розробка, що значно відрізняється від проектів, реалізованих раніше.

Важливою складовою ІТ-проекту є створення програмного забезпечення підтримки відповідної технології. Світовий досвід показує наявність значних ризиків в управлінні проектами, пов'язаними з програмною інженерією, що у класі креативних проектів вносять значну невизначеність у процеси планування реалізації. Дослідження по управлінню ІТ -проектами, проведене у США в національному масштабі [2] (публікується 02.2006), показало, що більшість проектів не досягає своїх цілей. Не дивлячись на те, що проекти у результаті завершуються (82% проектів), тільки третина з них (33%) реалізується вчасно і без перевищення бюджету. В дослідженні взяло участь 2000 менеджерів, які повідомили, що менше 47% проектів досягають поставленої мети.

Дослідження шляхів розвитку такого роду проектів та дій менеджера з планування робіт виявили наявність робіт, що не можуть бути оцінені з задовільною точністю, виходячи з попереднього досвіду. Просування проекту відбувається з суттєвим накопиченням прихованих помилок, які виявляються при виконанні наступних робіт, особливо при інтеграції. Це призводить до інверсного просування проекту для доопрацювання деяких взаємопов'язаних ланцюжків робіт. В результаті збільшується трудомісткість відносно визначеної при плануванні і, в наслідок

цього, збільшуються строки виконання, чи погіршується якість продукту.

Виходячи із значущості викладеної проблеми, дана робота присвячена розробці методики управління ІТ проектом з врахуванням новизни виконуваних робіт, як чинника виникнення ризику інверсного просування проекту.

Методика управління креативними ІТ проектами

Вводиться кількісний показник, що дає змогу включити ризик інверсного просування до загального аналізу вже у фазі планування робіт ІТ проекту як міру новизни (МН) виконуваних робіт. Визначимо МН як експертно встановлену вірогідність остаточного виконання роботи з першого разу. МН визначається на відрізку $[0÷1]$ і для роботи, що вже даною командою виконувалася без перероблень дорівнює 0. Для кожної роботи МН є часткою помилкових дій у повному об'ємі роботи. МН оцінюємо як вірогідність декілька разового повернення на передуючі роботи при проведенні аналізу маточікування завершення проекту до встановленого строку та очікуваного терміну закінчення робіт з вірогідністю, більшу за 0,95, враховуючи зазначений фактор.

Пропонується наступна методика управління на основі моделювання виконання креативного ІТ проекту та оптимізації використання суміші стратегій розподілу ресурсів з врахуванням визначеного фактору ризику:

1. Планування процесу виконання проекту за допомогою одного з відомих Case – засобів управління проектами, таких як MS Project чи Primavera (що дозволяють експорт даних у відомі формати). Цей граф робіт вважатимемо з базовий. У якості додаткових характеристик робіт встановлюється експертно визначена новизна виконуваних робіт.
2. Експорт даних у зовнішнє середовище (наприклад у форматі .xls) та ініціалізація імітаційної моделі.
3. Експертне визначення групи стратегій формування фронту робіт при конфліктах за ресурси.
4. Експертне визначення групи стратегій формування чрги до ресурсів сесед фронту робіт при конфліктах за ресурси.
5. Здійснення серії імітаційного моделювання виконання проекту з врахуванням реалізації ризику повернень для доопрацювань

через новизну виконуваних робіт. Серія моделювань проводить розігрування вірогідності доопрацювань в залежності від новизни робіт, та вірогідності використання певних стратегій розподілу ресурсів і формування фронтів робіт в залежності від встановленої для етапу вірогідності використання кожної з стратегій. У результаті моделювання з’являються додаткові роботи, що є суттєво вірогідними доопрацюваннями запланованих робіт. Поява цих робіт є моделлю реалізованого ризику доопрацювання для робіт з високим ступенем новизни. Місцем проявлення недоліків робіт може бути виконання будь-якої наступної та залежної від неї роботи (безпосередньо чи опосередковано).

6. Результати кожного екземпляру імітаційного моделювання зберігаються для статистичної обробки серії.
7. Статистичний обробіток серії моделювань з визначенням статистично вагомої оцінки часу виконання проекту, статистично впливового коридору критичних робіт та часу маневру для кожної роботи проекту.
8. Якщо статистичні характеристики задовольняють вимоги до проекту по строкам, виконується пункт 11.
9. Автоматична оптимізація вірогідності використання стратегій по критерію часу виконання проекту, чи експертне перевизначення вірогідностей застосування стратегій обох груп.
10. Перехід на пункт 4 для виконання наступної серії моделювань. При перебільшенні максимально встановленої кількості серій моделювань вважається, що покращити результат неможливо і треба зробити висновок про можливу невідповідність команди вимогам проекту.
11. Отримання уточненого мережевого графу виконання робіт проекту за даними моделювання. До уточненого мережевого графу увійдуть усі роботи базового графу та додаткові статистично значимі роботи-доопрацювання, отримані у результаті моделювання.
12. Завантаження уточненого мережевого графу робіт до вихідного Case – засобу для аналізу та прийняття рішень.

Чисті стратегії управління розподілом ресурсів проекту з врахуванням ризику інверсного просування

У якості чистих стратегій розподілу розглянемо дві групи експертно визначених стратегій.

Перша група – це стратегії формування пріоритетної черги робіт S^1 .

Друга група - це стратегії відбору робіт до черги претендентів на ресурси на початку кожного системного проміжку часу (фронту робіт) S^2 .

До першої групи віднесемо наступні стратегії:

1. Пріоритети встановлюються за мірою, зворотно пропорційною критичності робіт, визначеною за попереднім циклом моделювання, чи за даними Case – засобу управління проектом. Критичність робіт визначається зворотно пропорційно середньостатистичній відносній довжині часу маневру роботи. Пріоритет роботи визначається місцем у черзі за ресурсами в залежності від критичності.

$$\frac{1}{R(i)} = \frac{\overline{T_i} * \Delta_{Mi}}{\overline{T}^2}, \quad (1)$$

де Δ_{Mi} – час маневру для i -ї роботи. $\Delta_{Mi}=0$ для робіт критичного коридору.

Застосування цієї стратегії вплине на скорочення терміну виконання робіт критичного коридору за рахунок некритичних робіт.

2. Пріоритети - місця у черзі встановлюються в залежності від реалізації доопрацювань внаслідок новизни робіт. Ця стратегія відпрацьовує принцип вирішення ризиків якомога раніше, що призводить до більш стабільного просування проекту.

$$R(i) = \frac{\overline{T_i}}{T_i}. \quad (2)$$

3. Пріоритети - місця у черзі встановлюються пропорційно потужності $\|i^{>>\|}$ множини робіт, безпосередньо та опосередковано наступних за роботою $i \in I$. Ця стратегія відпрацьовує принцип розширення маневру.

$$R(i) = \frac{\|i^{>>\|}}{\|I\|}. \quad (3)$$

4. Пріоритети - місця у черзі розподіляються зворотно пропорційно залишковій тривалості (трудомісткості) робіт. Ця стратегія найбільш вживана для широкого загалу задач оптимального розподілу обмежених ресурсів.

$$\frac{1}{R(i)} = \frac{L_i^{(t)}}{\sum_{i \in I} L_i}. \quad (4)$$

До другої групи віднесемо наступні стратегії :

1. До поточного фронту розподілу відбираються тільки ті роботи, що мають усі попередні роботи виконаними.
2. До поточного фронту розподілу на t -му кроці моделювання відбираються тільки ті роботи i , що мають на цей час незавершеними лише роботи з множини $i^<$ - робіт, безпосередньо передуючих роботі $i \in I$ з відсотком до завершення не більшим за 10% початкової трудомісткості.
3. До поточного фронту розподілу на t -му кроці моделювання відбираються тільки ті роботи, що мають на цей час незавершеними лише роботи з множини $i^<$ - робіт, безпосередньо передуючих роботі $i \in I$ з верхньої частини черги попереднього модельного кроку (25%).
4. До поточного фронту розподілу відбираються тільки ті роботи, що мають незавершеними лише роботи з множини $i^<$ - робіт, безпосередньо передуючих роботі $i \in I$ з зменшенням пріоритету відповідно об'єму залишкової трудомісткості найдовшої попередньої роботи, що встановлюється понижуючим коефіцієнтом

$$k_{R(i)} = \begin{cases} \frac{\max_{i \in i^<, j \in J^{i \cdot}} (L^{(t)}_{i \cdot j \cdot})}{L^{(t)}_{ij}}, & L^{(t)}_{ij} > L^{(t)}_{i \cdot j \cdot} \\ 0, & L^{(t)}_{ij} \leq L^{(t)}_{i \cdot j \cdot}, i \in i^<, j \in J^{i \cdot} \end{cases} \quad (5)$$

Стратегіями другої групи враховується доцільність планування ресурсів роботам, що мають безпосередньо передуючі близькі до завершення. Тому, що деякі з них мають високий вплив на хід проекту і затримка з їхнім виконанням до наступного інтервалу системного часу, чи до наступного звільнення потрібних ресурсів затримає повне виконання проекту більше, ніж невеликий простій ресурсу виконання.

Стратегії обох груп визначаються з урахуванням умови

$$\sum_{s_i^1 \in S^1} p(s_i^1) = 1, \sum_{s_i^2 \in S^2} p(s_i^2) = 1. \quad (6)$$

Для реалізації методики задіяні:

Імітаційне моделювання – відтворює процес виконання проекту з вірогідними поверненнями на доопрацювання робіт за правилами розподілу ресурсів, встановленими контуром оптимізації. Моделювання використовує розігрування реалізації випадкових величин згідно їхньої вірогідності.

Статистичні обрахунки – визначення вірогідного часу закінчення проекту, коридору критичних робіт (квантіль $\alpha=0,95$) та часу маневру для робіт проекту.

Оптимізація - забезпечує зміну вірогідності застосування кожної з чистих стратегій визначення поточного фронту робіт та їх пріоритетів по критерію час виконання проекту.

Імітаційна модель виконання проекту з вірогідними доопрацюваннями ланцюжків робіт

Модель проекту побудовано у формі навантаженого графу G з направленими дугами

$$G(W, R, PW, RW), \quad (7)$$

де W – Вершини графу, що позначають роботи проекту; R – Направлені дуги графу, що позначають послідовність виконання робіт; PW – Навантаження вершин графу; RW – Навантаження дуг графу.

Навантаженням вершин графу є відношення зі схемою W

$$W(I, N, J, L, M, A), \quad (8)$$

де I – множина робіт, що підлягає виконанню; $i^>$ – множина робіт, безпосередньо наступних за роботою $i \in I$; $i^{>>}$ – множина робіт, безпосередньо та опосередковано наступних за роботою $i \in I$; $i^<$ – множина робіт, безпосередньо передуючих роботі $i \in I$; $i^{<<}$ – множина робіт, безпосередньо та опосередковано передуючих роботі $i \in I$; J – множина ролей, що виконуються персоналом проекту; $J_i \in J$ – множина ролей, що необхідна для виконання i -ої роботи; N_i – вірогідність повернення для доопрацювання, визначається новизною виконання даної роботи для критичної ланки (найнедосвідченішим працівником), тобто $N_i = \max_{j \in J, h \in H} \{N_{ijh}\}$. При кожному виконанні, чи доопрацюванні $N_i = N_i * k^n * n, i \in I$, де n – порядковий номер

виконання роботи; k^h – коефіцієнт втрати новизни при кожному виконанні роботи; k^{oh} – коефіцієнт остаточної новизни. Коли значення показника новизни зменшується до цього значення, вважається, що повернень на цю роботу більше не може бути; L_{ij} – трудомісткість виконання i -ї роботи $i \in I$ у частині j -ї ролі $j \in J$; k^o – коефіцієнт доопрацювань при кожному поверненні надає відсоток від поточного рівня трудомісткості, що вважається за трудомісткість роботи при поверненні. Після доопрацювання рівень трудомісткості знижується на значення трудомісткості доопрацювання; k^{od} – коефіцієнт остаточної трудомісткості. Коли значення остаточної трудомісткості зменшується до цього значення, вважається, що повернень на цю роботу більше не може бути. M – призначення комплекту ресурсів. $m_{ij}, m'_{ij}, m''_{ij} \in M$; m_{ij} – призначений комплект виконавців i -ї роботи $i \in I$ у частині j -ї ролі $j \in J$; m'_{ij} – оптимальний комплект виконавців i -ї роботи $i \in I$ у частині j -ї ролі $j \in J$. Оптимальний комплект виконавців може бути перебільшена, але з врахуванням фактору неможливості прискорення виконання роботи більш ніж на 25% та зниження інтенсивності виконання за рахунок збільшення витрат на комунікацію між працівниками. m''_{ij} – мінімальний комплект виконавців i -ї роботи $i \in I$ у частині j -ї ролі $j \in J$; $h \in H$ – персонал проекту. A_{hij} – інтенсивність виконання h -м суб'єктом j -ї ролі у i -ій роботі - визначає частку від повної відповідності працівника h j -й ролі у i -ій роботі. Для працівника, якого не доцільно використовувати у j -й ролі, чи у j -ій ролі i -ої роботи інтенсивність виконання - 0. Кожна роль у роботі може виконуватися одним чи кількома працівниками. В залежності від їхньої спроможності її виконувати, змінюється інтенсивність виконання роботи в цілому. Вважатимемо за інтенсивність 1 випадок, коли робота виконується повністю відповідними по даній ролі працівниками ($A_{hij}=1$); k^{ih} – коефіцієнт мінімальної сумарної інтенсивності виконання ролі; k^p – коефіцієнт пониження інтенсивності виконання певної ролі роботи при спільному виконанні n працівниками; $t \in T$ – інтервали часу виконання проекту між перерозподілами ресурсів, пов'язаними з закінченням, чи призупиненням виконання певних робіт. На множині інтервалів встановлене відношення повного порядку; T – випадкова величина -

строк закінчення проекту; T_i – повний час виконання i -ої роботи за даними екземпляру моделювання. $T_i = T_i^* + T_i^{**}$; T_i^* – час виконання

i -ої роботи з першого пред’явлення. $T_i^* = \max_{j \in J} \left\{ \frac{L_{ij} * \sum_{h \in H} A_{hij} * k^p}{\sum_{j \in J} X_{hij}} \right\}$; T_i^{**} –

час, витрачений на усі доопрацювання i -ої роботи, що залежить від новизни роботи для команди (визначається під час моделювання). X_{hijt} – булева змінна, що встановлює призначення h -го суб’єкта виконувати j -ту роль у i -ій роботі на t -й модельний крок (системний інтервал часу). $X_{hijt} \in \{0,1\}$. $\sum_{i \in I} \sum_{j \in J} X_{hijt} \leq 1, h \in H, t \in T^M$.

Навантаженням дуг графу є відношення зі схемою R

$$R(TZ, I, I^*), \quad (9)$$

де TZ – тип зв’язку, що визначає зміст і напрямок просування робіт проекту. $TZ \in I^* \times I^*$ – позначає технологічні послідовності виконання робіт проекту ($\times$ – позначення операції декартового добутку); I^* – робота, до якої встановлено зв’язок; I^{**} – робота, від якої встановлено зв’язок.

Типи зв’язків, що підтримує модель: Фініш-Старт, Старт-Старт, Фініш-Фініш, Старт-Фініш, Старт із затримкою чи із випередженням на задану константу часу, Повернення для доопрацювань. Останній тип зв’язку введено для позначення зворотного руху у виконанні проекту, пов’язаного з вірогідними накопиченнями не ідентифікованих помилок та непередбачених неузгоджень, що часто виявляються лише при виконанні інтеграційних робіт.

Розподілення ресурсів роботам встановлюється за збільшенням пріоритетів робіт. Встановлення пріоритетів робіт виконується у конфліктні моменти. Конфліктним моментом є момент вивільнення ресурсів усіх робіт, залишковий час виконання яких мінімальний, що закінчилися одночасно, і розподіл цих ресурсів для наступних робіт, що знаходяться у стані очікування ресурсів (поточний фронт робіт). Встановлення пріоритетів для кожного фронту робіт та формування фронту виконується за однією з чистих стратегій з експертно заданого переліку стратегій.

Фронтом робіт в момент часу t $i \in I^{(t)}$ називається множина робіт з $i \in I$, для яких $i \in I^{(t)} \mid (\forall i1 \in i^{<<} \& \forall i1 \in i^{+I} \ ! \ \forall i1 \in i^{<<} \& \forall i2 \in i^{+I} \ \&$

$\forall i2 \in i1^<)$ в залежності від обраної стратегії з другої групи. Визначення фронту робіт виконується шляхом вибору однієї з чистих стратегій включення робіт у чергу на отримання ресурсів.

Вхідна інформація моделювання

1. Задані у формі відповідних таблиць відношення W та R (для зв'язків усіх типів) для кожної вершини графу G ;
2. Стратегії формування пріоритетної черги робіт фронту S^1 ;
3. Стратегії відбору робіт до черги претендентів на ресурси (фронту робіт) S^2 ;
4. вектор вірогідностей застосування стратегій розподілу ресурсів та стратегій формування фронтів робіт.

Вихідна інформація моделювання

1. Вірогідний графік виконання проекту у форматі вихідного Case - засобу.
2. Час виконання з вірогідністю не меншу за 0,95 для оптимальної суміші стратегій.
3. По даним етапів визначається оптимальна суміш стратегій $\{(p(s_1^1), p(s_2^1), \dots, p(s_{||S^1||}^1)), (p(s_1^2), p(s_2^2), \dots, p(s_{||S^2||}^2))\}$, при застосуванні якої даний проект буде виконано за мінімальний час з заданою надійністю.

$$T : p(T > \bar{T}) \leq 0,95 \rightarrow \min \quad (10)$$

4. Уточнений графік виконання робіт проекту з врахуванням доопрацювань в залежності від новизни робіт для команди.
5. Критична зона робіт проекту з урахуванням повернень з вірогідністю не меншу за 0,95.
6. Розподіл станів робіт у часі виконання проекту.
7. Вартість проекту.

Алгоритм імітаційного моделювання процесу виконання проекту з врахуванням новизни робіт

Позначимо

$+I$ - множина робіт у стані «виконана», $-I$ - множина робіт у стані «нерозпочата», $\hat{I}$ - множина робіт у стані «виконується», $I(t)$ - множина робіт, що конкурують за ресурси після $t-1$ -го інтервалу модельного часу ($I(1)$ - на початку моделювання), $R(i)$ – пріоритет i -ої роботи (визначається, як місце у черзі за ресурсами на кожному кроці моделювання для поточного фронту робіт), $G(i,j,h)$ - місце

ресурсу h у черзі до ролі j у роботі i в залежності від інтенсивності виконання ним ролі j у роботі i . Серед елементів черг встановлено відношення строгого порядку.

Для виконання моделювання на час розрахунку додаються дві фіктивні роботи i^l та i^* , такі, що $i \in I, i^l \subseteq \otimes \Rightarrow i \in I^{>}, i \in I, i^* \subseteq \otimes \Rightarrow i \in I^{<}$, де i^0 - «початок», передуює всім початковим роботам; i^* - «закінчення», їй передують всі кінцеві роботи.

Ці роботи мають нульову трудомісткість та поєднані з початковими та кінцевими роботами відповідно дугами, що встановлюють відношення типу «Фініш-Старт».

Крок 1 - З контуру оптимізації до контуру моделювання передаються вектори вірогідності використання стратегій формування фронту робіт та встановлення пріоритетів (черговості доступу до ресурсів) робіт.

$$S^1 = (p(s_1^1), p(s_2^1), \dots, p(s_i^1), \dots, p(s_n^1))$$

$$S^2 = (p(s_1^2), p(s_2^2), \dots, p(s_i^2), \dots, p(s_n^2))$$

Крок 2 - Встановлення першого модельного інтервалу часу ($t=1$).

Крок 3 - Розігрування номеру потрібної стратегії формування фронту робіт згідно S^2 .

Крок 4 - Формування фронту робіт t -го інтервалу моделювання $I^{(t)}$ за стратегією розіграною згідно вектору вірогідності, наданою з контуру оптимізації.

Крок 5 - Розігрування номеру потрібної стратегії формування черги робіт фронту робіт згідно S^1 .

Крок 6 - Формування черги для множини $I^{(t)}$ фронту робіт $R^{(t)}(i)$ за встановленими розіграною стратегією правилами та можливим зменшенням пріоритету роботи за рахунок пониження $k_{R(i)}$ при використанні стратегії 4 формування фронту робіт.

Крок 7 - Формування для кожної роботи $i \in I^{(t)}$ черги ресурсів $G^{(t)}(i, j, h)$ по кожній ролі за зменшенням інтенсивності (та індивідуальної новизни) можливого її виконання у i -ій роботі.

Крок 8 - Закріплювання ресурсів за роботами – претендентами відповідно черзі робіт $R^{(t)}(i)$ (крок.6) та ресурсів $G^{(t)}(i, j, h)$ (крок.7):

8.1. Для робіт, що становлять 10% черги з найвищим пріоритетом перевіряємо можливість виділення першій роботі з черги $R^{(t)}(i)$

ресурсів по кожній ролі $G^{(t)}(i,j,h)$, $j \in J^i$ за критерієм мінімального часу виконання ролей з залученням максимально доцільного комплексу виконавців $(m_{ij} + \Delta m_{ij})$ з врахуванням коефіцієнту пониження інтенсивності k^p ; Δm_{ij} – додаткова кількість виконавців для j – ї ролі i – ї роботи.

- 8.2. Якщо усі ресурси за вимогою пункту 8.1. є в наявності – закріплюємо їх за роботою на наступний проміжок модельного часу.
- 8.3. Якщо по деяких ролях умова 8.2 не виконується, перевіряємо можливість виділення оптимального комплексу виконавців m_{ij} і виділяємо ці ресурси у разі наявності.
- 8.4. Якщо неможливо розподілити роботі оптимальної кількості ресурсів, перевіряємо можливість виділення мінімально доцільного комплексу m_{ij} і виділяємо ці ресурси у разі наявності з врахуванням обмеження на мінімальну інтенсивність виконання.
- 8.5. Для наступних 90% робіт розподілення починаємо з спроби виділення та закріплення оптимального комплексу ресурсів (за пунктом 8.4).
- 8.6. Якщо роботі не вдалося виділити ресурси по усіх ролях у мінімальному комплекті – видаляємо роботу з черги $R^{(t)}(i)$ до наступного формування розподілу в наступному модельному інтервалі.
- 8.7. Якщо ресурси для усіх ролей закріплені для роботи – вони видаляються з черги $G^{(t)}(i,j,h)$, а робота переходить до множини робіт, що виконуються $\hat{I}$, та видаляється з черги $R^{(t)}(i)$.
- 8.8. Якщо у чергах залишилися роботи та нерозподілені ресурси, перехід на 8.1 для виділення ресурсів наступній роботі черги.
- 8.9. Якщо усі роботи черги $R^{(t)}(i)$ отримали ресурси для виконання, а черга ресурсів не вичерпана, для робіт кроку 8.5 виконується почергове долучення ресурсів для виконання з максимальною швидкістю до закінчення черги робіт чи ресурсів.

Крок 9 - Виконання робіт та припрощення системного часу

- 9.1. Визначення часу, потрібного для закінчення кожної з множини робіт, що виконуються $\hat{I}$ та обирається підмножина $\hat{minI}$ таких, залишковий час виконання яких мінімальний. Позначимо цей час - Δt .
- 9.2. Розрахунок нового значення поточного системного часу шляхом додавання Δt , визначеного у п.8.1. Вважається закінченим попередній інтервал системного часу.
- 9.3. Термін виконання усіх робіт, що входять у множину $\hat{I}$ збільшується на час Δt . Усі роботи з множини $\hat{minI}$ переводяться у множину $+I$ - робіт у стані «виконана» та отримують зменшене відповідно

коефіцієнту втрати новизни при виконанні нове значення. Лічильник виконання робіт з множини $\hat{min}I$ збільшується на 1 ($t=t+1$). Усі ресурси робіт з множини $\hat{min}I$ звільняються для можливого розподілу.

Крок 10 - Якщо $i^* \in {}^+I$ – вважаємо, що проект закінчено і фіксуємо параметри виконання для статистичного обробітку. Екземпляр моделювання закінчено. Переведення усіх робіт у множину I та повернення значень початкової новизни та трудомісткості. Якщо виконано 100 екземплярів моделювання – перехід на крок 14, інакше перехід на крок 12.

Крок 11 - Реалізація доопрацювань робіт.

11.1. Розігрування випадкової величини повернення для доопрацювань для робіт, що мають стан «виконана» (множина ${}^+I$) пропорційною поточному значенню новизни. Роботи, що мають бути доопрацьовані повертаються у множину I та отримують визначений відсоток кд своєї трудомісткості у якості трудомісткості доопрацювання.

11.2. Для кожної роботи i , що має бути доопрацьована визначається множина робіт $i1 \in i >$, $i1 \in I$. Ці роботи також мають бути доопрацьовані, повертаються у множину I та отримують визначений відсоток кд своєї трудомісткості у якості трудомісткості доопрацювання.

Крок 12 - Передача даних про екземпляр моделювання у модуль статистичного обробітку для накопичення.

Крок 13 - Перехід на крок.2.

Крок 14 - Перехід до контуру статистичного обробітку.

Висновки

Введення додаткового параметра оцінювання робіт при управлінні ІТ проектами враховує суттєву креативну складову таких проектів. Для систем, розроблення яких пов'язано з відсутністю паттернів для використання і необхідністю використовувати новітні невикористані технології і методи, введення оцінюваного фактору новизни робіт дозволив змодельовати хід виконання з урахуванням ризику повернення для доопрацювання ланцюжків взаємопов'язаних робіт. Запропонована методика дає можливість точніше визначити трудомісткість робіт, строки їх виконання та отримати більш надійні статистичні характеристики часу завершення проекту. Основними перевагами запропонованого підходу є: обґрунтованість планування та розподілу ресурсів креативних проектів; кількісна оцінка ступеню

відповідності команди вимогам проекту; реалістичний та «наглядний» прогноз розвитку проекту для замовника.

ЛІТЕРАТУРА

1. Иан Соммервил. Инженерия программного обеспечения 624 стр., с ил.; 2002; Вильямс.
2. Karen Klein, Projects@Work, 02.2006.
3. Уокер Ройс. Управление проектами по созданию программного обеспечения.- М.:Издательство «Лорри», 2002, -432с.

Получено 20.06.2006 г.

СОГЛАСОВАНИЕ ЭЛЕМЕНТОВ ПРИ РАСШИФРОВКЕ ИНТЕРФЕРОГРАММ МЕТОДОМ КОНЕЧНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Введение

Интерферограмма образуется при когерентном сложении голограмм объекта при двух его положениях в пространстве. Она представляет собой фотографию объекта, промодулированную интерференционными полосами. Освещенность точки на фотографии зависит от соотношения между фазами двух пришедших световых волн и определяется по формуле

$$I(x, y) = I_0(x, y)(1 + \cos(2\pi\varphi(x, y))),$$

где x, y – координаты точки на интерферограмме; $I(x, y)$ – результирующая освещенность; $I_0(x, y)$ – исходная освещенность точки поверхности объекта, определяющая его фотографическое изображение; $\varphi(x, y)$ – изменение фазы, вызванное перемещением точки. Целью расшифровки интерферограмм является определение изменения фазы $\varphi(x, y)$, по которому можно затем вычислить перемещения и зависящие от них величины – деформации и напряжения. Одна из трудностей создания алгоритма расшифровки связана с тем, что функция, обратная к косинусу, является многозначной [1,2].

На основе метода конечных элементов может быть построен достаточно эффективный трехэтапный алгоритм расшифровки интерферограмм. Решается задача минимизации функционала

$$J(\varphi) = \iint_{\Omega} (I(x, y) - I_0(x, y)(1 + \cos 2\pi\varphi(x, y)))^2 d\Omega, \quad (1)$$

где Ω – область интерферограммы. Интерферограмма покрывается сетью из конечных элементов. На первом этапе, называемом этапом первичного распознавания, решается задача минимизации функционала (1) на каждом элементе независимо от других. После первого этапа в узлах каждого элемента определяются значения фаз с точностью до знака и целой аддитивной добавки. На втором этапе, называемом этапом согласования, для каждого элемента вычисляются оптимальные значения знака и аддитивной

добавки. На третьем этапе полученные узловые значения фаз уточняются, причем каждый узел рассматривается в составе ансамбля элементов. В статье рассматривается второй этап алгоритма и предлагается способ решения задачи согласования.

Постановка задачи

На этапе начального распознавания фазы в элементе определяются с точностью до знака β_i и целой добавки α_i , где i – номер элемента. Задача этапа согласования – определить их. При этом фазы для всей интерферограммы могут быть также определены с точностью до знака и целой добавки. Поэтому, можно считать, что на одном из элементов знак и добавка известны и для определенности равны единице и нулю соответственно.

Если область интерферограммы покрыта сеткой из четырехугольников, то внутренние узлы сетки являются общими точками для соседних элементов. Такие узлы дают уравнения связи параметров β_i и α_i для соседних элементов. Поскольку β_i и α_i – целые числа, каждое такое уравнение может служить для одновременного определения неизвестных параметров β_i и α_i относительно известных. Поэтому, имеющегося количества уравнений более чем достаточно для определения неизвестных. Они образуют переопределенную систему в общем случае несовместных уравнений. Задача состоит в том, чтобы из всего множества уравнений взять действительно необходимые и отбросить недостоверные.

Метод решения

Для решения поставленной задачи предлагается использовать методы теории вероятности.

Предположим, имеется два элемента, которые имеют общую границу. На границе имеется конечное множество общих точек двух типов. В точках первого типа заданы величины типа фаз, которые нужно согласовывать по знаку и целой добавке. В точках второго типа заданы величины типа производных от фаз, которые нужно согласовывать только по знаку. Всего N точек первого типа и M второго. В каждой точке с номером i (i пробегает значения от 1 до N) первого типа со стороны первого элемента имеется n_i оценок $\varphi_{i,j}$ одной и той же величины, где j пробегает значения от 1 до n_i . В тех же точках со стороны второго элемента имеется k_i оценок $\psi_{i,j}$ той же

величины, где j пробегает значения от 1 до k_i . В каждой точке с номером i (i пробегает значения от 1 до M) второго типа со стороны первого элемента имеется одна оценка σ_i некоторой величины и оценка τ_i той же величины имеется со стороны второго элемента. Необходимо найти несколько наиболее надежных оценок для знака β и целой добавки α , которые следует применить к параметрам второго элемента, чтобы приблизиться к параметрам первого, и оценить их надежность.

Вначале рассмотрим самый простой вариант такой задачи. Пусть имеются всего два числа, φ_1 и φ_2 , которые являются оценками одной и той же величины со стороны элемента 1 и элемента 2 соответственно. Необходимо найти целое α и знак β такие, что

$$\Delta = |\beta\varphi_2 + \alpha - \varphi_1| \rightarrow \min. \quad (3)$$

Решением этой задачи являются следующие значения α и β , названные α_0 и β_0 :

$$\beta_0 = \begin{cases} 1, & \text{если } |\varphi_1 - \varphi_2 - \text{round}(\varphi_1 - \varphi_2)| \leq |\varphi_1 + \varphi_2 - \text{round}(\varphi_1 + \varphi_2)|; \\ -1, & \text{если } |\varphi_1 - \varphi_2 - \text{round}(\varphi_1 - \varphi_2)| > |\varphi_1 + \varphi_2 - \text{round}(\varphi_1 + \varphi_2)|; \end{cases} \quad (4)$$

$$\alpha_0 = \text{round}(\varphi_1 - \beta_0\varphi_2),$$

где $\text{round}()$ – функция округления к ближайшему целому.

Кроме α_0 и β_0 , имеет смысл рассмотреть еще несколько значений α и β :

$$\begin{aligned} \beta_1 &= -\beta_0; & \alpha_1 &= \text{round}(\varphi_1 - \beta_1\varphi_2); \\ \beta_2 &= -\beta_0; & \alpha_2 &= \text{roundb}(\varphi_1 - \beta_2\varphi_2); \\ \beta_3 &= \beta_0; & \alpha_3 &= \text{roundb}(\varphi_1 - \beta_3\varphi_2), \end{aligned} \quad (5)$$

где $\text{roundb}()$ – функция округления к целому, второму по близости.

В наиболее неблагоприятном случае, когда одно из φ_1 и φ_2 целое, а другое полуцелое, все четыре рассмотренных варианта α и β дают одно и тоже значение минимизируемой функции Δ (формула (3)), равное 0,5, поэтому они равноправны. Неблагоприятными для согласования являются также случаи, когда одно из φ_1 и φ_2 целое или полуцелое. В этом случае существует два равнозначных варианта выбора оптимальных значений для α и β . Например, если $\varphi_1 = 5,1$, а $\varphi_2 = 6,0$, то такими вариантами являются $\alpha = -1$, $\beta = 1$ и $\alpha = 11$, $\beta = -1$. Оба они дают погрешность Δ , равную 0,1. Наиболее благоприятным

случае для согласования является случай, когда оба значения φ_1 и φ_2 отличаются от целого на величину 0,25. В этом случае имеется единственное оптимальное решение, вычисляемое по формуле (4). Его погрешность Δ равна 0, причем погрешность других решений равна или превосходит 0,5.

Оценим надежность выбора конкретных значений α и β , то есть вероятность правильного решения. Если заданы конкретные значения α и β , то надежность, очевидно, тем ниже, чем больше погрешность D . Если бы α и β были выбраны правильно и значения φ_1 и φ_2 были оценены точно, то погрешность D , равнялась бы нулю. На самом деле оценка значений φ_1 и φ_2 имеет определенную погрешность. Предположим, эта погрешность имеет нормальный закон распределения, который описывается формулой

$$W(x, a, D) = \frac{1}{\sqrt{2\pi D}} \exp\left[-\frac{(x - a)^2}{2D}\right],$$

где a – математическое ожидание и D – дисперсия случайной величины x .

Тогда оценка надежности согласования при заданных значениях α и β будет пропорциональна величине

$$\rho = W(\varphi_1, a, D)W(\beta\varphi_2 + \alpha, a, D). \quad (6)$$

В формуле (6) оценку математического ожидания a следует произвести в виде

$$a = 0,5(\varphi_1 + \beta\varphi_2 + \alpha).$$

Оценивать дисперсию D необходимо по совокупности всех случайных величин φ .

Для данных φ_1 и φ_2 будем рассматривать совокупность только четырех вариантов задания α и β , описываемую формулами (4)-(5). Поскольку вероятность правильного решения для остальных вариантов достаточно мала, будем считать ее равной нулю. Тогда по формуле (6) вычислим коэффициенты пропорциональности $\rho_0, \rho_1, \rho_2, \rho_3$ для всех четырех вариантов и будем считать, что один из четырех вариантов обязательно имеет место, то есть сумма четырех вероятностей правильного решения равна единице. Поэтому, надежность каждого из вариантов можно оценить по формуле

$$p_i = \rho_i / \sum_{k=0}^3 \rho_k, \quad i = 0, 1, 2, 3.$$

Описанный подход может быть применим для решения общей задачи, поставленной вначале данного пункта. Вначале определяем возможные варианты задания параметров α и β . С этой целью для каждого значения $\varphi_{i,j}$ первого элемента и всех соответствующих ему значений $\psi_{i,k}$ второго элемента определяется множество из четырех значений параметров α и β , которые задаются формулами (4)-(5). Множество вариантов задания параметров α и β для всей системы W определяется как теоретикомножественное объединение всех таких множеств. Для каждого варианта s из Ω задания параметров α и β можно вычислить пропорциональную величину ρ_s по формуле

$$\rho_s = \prod_{i=1}^N \left(\prod_{j=1}^{n_i} W(\varphi_{i,j}, a_i, D) \prod_{j=1}^{k_i} W(\beta_s \psi_{i,j} + \alpha_s, a_i, D) \right) \prod_{i=1}^M P(\sigma_i, \tau_i), \quad (7)$$

где $P(\sigma_i, \tau_i)$ – надежность согласования величин σ_i и τ_i , в которой оценку математического ожидания a_i следует произвести по формуле

$$a_i = \frac{\sum_{j=1}^{n_i} \varphi_{i,j} + \sum_{j=1}^{k_i} (\beta_s \psi_{i,j} + \alpha_s)}{n_i + k_i}.$$

Формула для надежности каждого варианта выглядит так:

$$p_s = \frac{\rho_s}{\sum_{\Omega} \rho_s}, \quad \text{для всех } s \text{ из } \Omega.$$

Оценку дисперсии D , входящей в формулу (7), можно провести следующим образом. Рассмотрим исходное, несогласованное состояние совокупности конечных элементов. В каждом узле конечноэлементного разбиения известны до четырех оценок фаз со стороны примыкающих элементов, которые обозначим $\varphi_{i,j}$, где i – номер узла, принимающий значения от 1 до N , j – номер оценки, принимающий значения от единицы до n_i . Проведем согласование в каждом узле независимо от остальных узлов, то есть будем считать, что остальных узлов как бы не существует. Будем считать, что неизменной остается оценка $\varphi_{i,1}$, а остальные оценки изменяются по формулам $\beta_j \varphi_{i,j} + \alpha_j$ с тем, чтобы как можно ближе приблизиться к $\varphi_{i,1}$. Такой же результат можно получить, если все оценки подвергнуть преобразованию

$$\varphi_{i,j}^* = |\varphi_{i,j} - \text{round}(\varphi_{i,j})|,$$

где $\varphi_{i,j}^*$ – новое значение фазы;

$\text{round}()$ – функция округления к ближайшему целому.

Общую дисперсию D оценить по формуле

$$D = \frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N \left[\frac{\sum_{j=1}^{n_i} (\varphi_{i,j}^*)^2}{n_i} - \left(\frac{\sum_{j=1}^{n_i} \varphi_{i,j}^*}{n_i} \right)^2 \right]. \quad (8)$$

Очевидно, что оценка (8) является заниженной оценкой дисперсии. Ее необходимо увеличить в несколько раз. Коэффициент увеличения подбирается экспериментально.

Способ оценки надежности $P(\sigma_i, \tau_i)$ согласования величин σ_i и τ_i зависит от физической сущности величины, оценкой которой являются величины σ_i и τ_i . Рассмотрим в качестве такой величины производную от фазы по направлению нормали к границе элемента. Ситуация, когда производная от фазы меняет знак при переходе через границу элементов, является маловероятной и в случае возможной неоднозначности ей следует предпочесть противоположную ситуацию, когда производная не меняет знака. Такое требование усиливается при увеличении величины производной со стороны одного или другого соприкасающихся элементов. Это связано с тем, что изменение знака первой производной от фазы свидетельствует о большой величине второй производной в данном месте. Вторая производная от фазы связана с искривлением поверхности объекта в данном месте, которое требует наличия определенных нагрузок на объект.

Обозначим p_0 априорную вероятность того, что производная от фазы не меняет знак при переходе через границу элементов, p_1 – вероятность того, что производная от фазы со стороны первого элемента отрицательна, и p_2 – вероятность того, что производная от фазы со стороны второго элемента отрицательна. Величину p_0 можно для начала принять равной единице, а потом уточнить, проведя достаточное количество расшифровок. Величины p_1 и p_2 можно определить так:

$$\begin{aligned} p_1 &= F(0, \sigma_i, D); \\ p_2 &= F(0, \tau_i, D), \end{aligned}$$

где $F(x, a, D)$ – функция распределения для нормального закона для случайной величины x с математическим ожиданием a и дисперсией D .

Тогда величину $P(\sigma_i, \tau_i)$ можно вычислить по формуле

$$P(\sigma_i, \tau_i) = p_0 + p_1 + p_2 - 2(p_0 p_1 + p_0 p_2 + p_1 p_2) + 4p_0 p_1 p_2$$

Согласование путем слияния рядом стоящих областей проводится следующим образом.

Назовем областью совокупность рядом стоящих элементов. Вначале каждая область состоит из одного элемента, и множество всех областей совпадает с множеством всех элементов. Установим все границы между областями и для каждой границы по алгоритму, определим надежность согласования. Определим границу с максимальной надежностью и объединим граничащие по ней области в одну. Получим новое множество областей, в котором устанавливаем границы, определяем надежности согласования и т. д. до тех пор, пока не образуется область, включающая в себя все элементы.

Преимущество описанного алгоритма в том, что процесс перед спорным участком интерферограммы как бы «разворачивается в цепь». Удлинение границы между областями, как правило, усиливает преимущество определенного выбора параметров согласования по отношению к другим выборам.

Численные эксперименты показали достаточную надежность рассмотренного метода согласования (рис. 1).

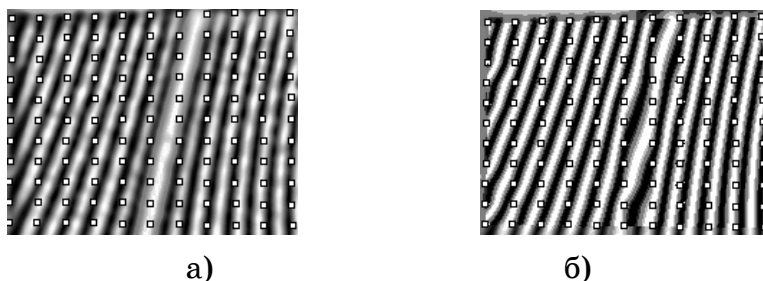


Рисунок 1 – Пример интерферограммы после согласования: а) исходная интерферограмма; б) интерферограмма после согласования

ЛИТЕРАТУРА

1. Рожковский В. Ф. Автоматизированная расшифровка голографических интерференционных портретов конструкций из композитных материалов. // Сб. Системные технологии. Автоматизация вспомогательных процессов в машиностроении – Д., 1997. Вып.1
2. О.О.Ларіонова. Голографічні технології в авіаційно-космічній техніці: Навч.посіб. / В. Ф. Рожковський, Ю. В. Сохач; під ред. В. П. Малайчука. - Д.:РВВ ДНУ, 2003. - 272 с.
3. Рожковский В. Ф., Бузская Н. А. Способы предварительного распознавания при расшифровке интерферограмм методом конечных элементов // Системные технологии. Региональный межвузовский сборник научных трудов. – Выпуск 4 (39). – Д., 2005. - С. 3-12.

Получено 01.11.2006 г.

УДК 519.47:656.222

В.В. Скалозуб, В.О. Андрющенко, О.В. Солтисюк

МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ ОПТИМАЛЬНОГО ПЛАНУВАННЯ ВАНТАЖНИХ ПЕРЕВЕЗЕНЬ ВАГОННИМИ ПАРКАМИ РІЗНИХ ФОРМ ВЛАСНОСТІ

Актуальність

Підвищення ефективності управління вантажними перевезеннями на залізницях України являє складну комплексну проблему, вирішення якої ґрунтується на багатьох чинниках – всебічному аналізі потреби і ресурсів перевезень, стану вагонних парків, довгостроковому і оперативному плануванні роботи вагонних парків різних власників, широкомасштабному застосуванні інформаційних автоматизованих систем управління вантажними перевезеннями. Окрему, значну і важливу категорію складають вагони належності країн СНД і Балтії (іновагони). Використання іновагонів пов’язане з необхідністю залучення додаткових економічних, організаційних, експлуатаційних і управлінських ресурсів. Іншу категорію складають власні вагони підприємств, операторських компаній, доля яких постійно збільшується. Особливу актуальність являє проблема оптимальної за технологічними і економічними показниками сумісної експлуатації вантажних вагонів інвентарного парку, іновагонів та вагонів операторів на полігоні залізниць України. Дослідження процесів використання іновагонів (ІВ) на полігоні УЗ, в тому числі наведені у статті, доводять, що вони являють самостійну категорію рухомого складу, яка має відмінні від інвентарного парку експлуатаційні характеристики.

Аналіз і особливості показників експлуатації вагонів інвентарного парку та іновагонів

Експлуатація вагонів іноземних власників включає фази руху і переробки на станціях і коліях підприємств. Для проведення аналізу характеристик руху і переробки іновагонів використовувалися дані моніторингу процесів експлуатації рухомого складу за січень 2005 року та серпень 2006 року по Придніпровській залізниці. На рис. 1, 3, 5 надано два ряди значень – середній час знаходження вагонів на

станції за кожний день (тонка лінія) і середній час знаходження на станції підсумком з накопиченням із початку місяця (жирна лінія). На рис. 2, 4, 6 для тих же даних надано ковзне середнє по 3-м, 5-ти і 7-ми дням, а також жирною лінією дано підсумок з накопиченням середнього з початку місяця. З графіків процесів переробки вагонів видно, що:

- час знаходження вагонів на станції не є постійною в часі величиною і може змінюватися в значних межах – в 10 і більш раз (рис. 1, 3, 5);

- час на станції і узагальнені характеристики (такі як середнє, ковзне середнє і ін.) істотно розрізняються для різного роду вагонів (рис. 1, 2, 3, 4);

- середній час на станції в загальному випадку не є стаціонарною величиною, наприклад перша і друга половина місяця для цистерн на ст. Синельникове 1 (рис. 5). При цьому різниця досягає 25 – 30 %;

- такий параметр, як ковзне середнє, сильно реагує на одиничні відхилення в вихідних даних і спотворює загальну картину (рис.2, 6).

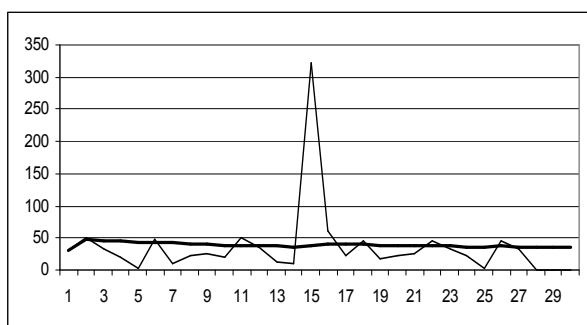


Рисунок 1 - Середній час знаходження цистерн на станції Павлоград

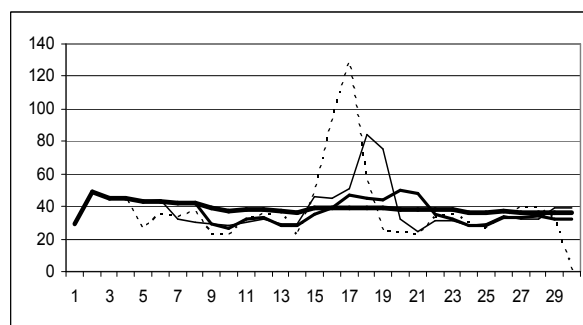


Рисунок 2 - Ковзне середнє для цистерн на станції Павлоград

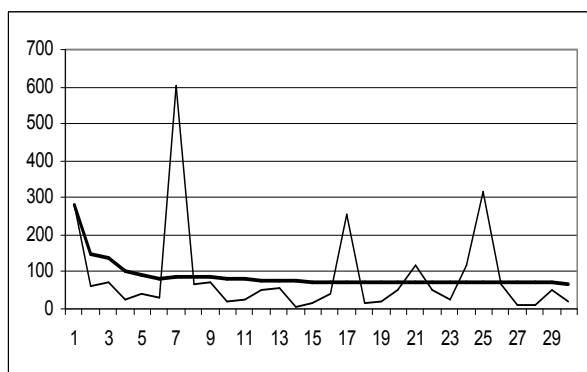


Рис. 3. Середній час знаходження піввагонів на станції Павлоград

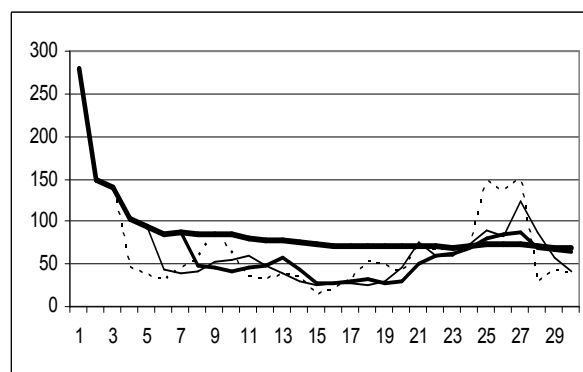


Рис. 4. Ковзне середнє для піввагонів на станції Павлоград

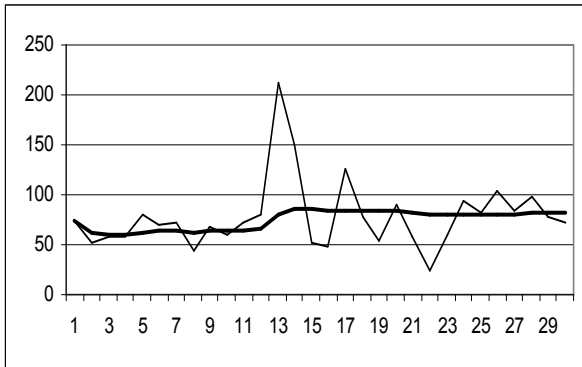


Рис. 5. Середній час знаходження цистерн на станції Синельникове 1

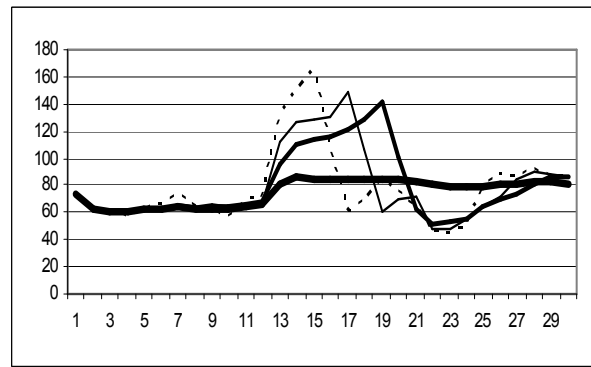


Рис. 6. Ковзне середнє для цистерн на станції Синельникове 1

В процесі проходження вагону до заданої станції (станції навантаження при подачі вагону або станції призначення вантажу) загальний час руху включає часи знаходження на декількох станціях і сумарна різниця в часі може бути ще більш істотною. Аналіз даних номерного обліку вагонів виявив наступні особливості: середні значення таких параметрів руху, як час знаходження вагону на станції і час переміщення вагону по ділянці істотно міняються як із часом, так і залежно від роду вагонів; процентний розподіл вагонопотоків за напрямками також залежить від роду вагонів і є змінної в часі величиною. ; для деяких ділянок об'єм даних спостережень недостатній для отримання статистично значущих оцінок руху окремо по кожному роду рухомого складу. Через нестаціонарний характер руху і часто недостатнього об'єму даних спостережень рекомендується використовувати методи, що враховують неповну і нечітку інформацію. Наведені приклади спостережень підтверджують, що ІВ є окремим об'єктом керування.

Постановки завдань оптимального планування перевезень вантажів вагонами інвентарного парку сумісно з іновагонами

У роботі [1] розглянута досить загальна постановка завдання щодо оптимального планування перевезень на полігоні декількох російських залізниць (РЖД), запропонована математична модель і відповідний метод розрахунку, які призначені для регулювання подачі порожніх вагонів під навантаження, коли сумісно враховується інвентарний парк вагонів, а також наявний парк порожніх вагонів іноземних власників. Слід зазначити суттєві відмінності зазначеної постановки від потреб, визначених шляхом аналізу даних моніторингу процесів перевезень на залізницях

України. Головним чином вони полягають у тому, що в [1] запропоновано прийом зведення задачі до стандартної моделі транспортної задачі за рахунок розширення множини станцій дислокації та відправлення іновагонів. При цьому кожному іновагону відповідає окрема додаткова станція, що суттєво ускладнює процедуру пошуку розв'язків. Разом з цим не всі властивості процесу перевезень, що значною мірою впливають на ефективність експлуатації вагонів, враховані в моделі.

У розвиток методики [1] у цій статті сформульовано удосконалену математичну модель завдання оптимального планування і побудовано алгоритм для його ефективного рішення.

Оптимальне завдання щодо планування розподілу порожніх вагонів інвентарного парку (ІнП) та іновагонів (ІВ) під навантаження та перевезення проводиться на заданому полігоні із встановленим переліком станцій A_i , де на момент планування знаходяться порожні вагони (інвентарний парк, іновагони), кількість яких вважається відомою; задається перелік станцій відправлення, яким потрібні вагони для перевезень - B_j . Для вантажів відомі кількість, станції відправлення B_j , призначення D_k .

Планування та організація перевезень представляють сукупність наступних зв'язаних операцій, які встановлюють для кожного вагону наступне: - визначення станції навантаження та вивантаження, - подача під навантаження, - навантаження, - перевезення до станції призначення, - вивантаження.

Крім того для іновагонів визначається стикова станція для його повернення до країни-власника у порожньому стані безпосередньо від пункту дислокації, або після перевезення вантажів у попутному напрямку. Планування перевезень у математичному сенсі зводиться до моделі транспортної задачі з особливою процедурою формування моделі та пошуку оптимального рішення. У якості критерію ефективності плану прийнято мінімум експлуатаційних витрат на перевезення вагонами інвентарного парку та іновагонами. Загальний тариф за перевезення вантажів від станції вантаження до станції вивантаження є фіксованим, не залежить від плану розподілу порожніх вагонів під навантаження, і тому не розглядається при плануванні. Режим термінового повернення визначає іновагони, за навантаження яких встановлюється значний штраф.

Математична модель задачі з оптимального планування перевезення вантажів інвентарним вагонним парком та іновагонами

На кожній станції дислокації вагонів, що підлягають розподілу, виділяються групи вагонів, що мають «близькі» властивості. Умови «близькості» властивостей розглянуті нижче. До властивостей необхідно віднести ті, які впливають на ефективність використання вагону:

- станція дислокації;
- рід рухомого складу (оскільки час обробки на станціях для вагонів різного роду відрізняється, а значить, відрізняється тривалість проходження маршруту і платня власнику іновагона; рід впливає також і на часи вантаження і вивантаження);
- стан готовності вагону.

Порожні вагони плануються для використання на маршрутах перевезення. Під маршрутом перевезення розумітимемо перевезення вантажу із станції вантаження до станції вивантаження, а для іновагона і подальшого руху в порожньому стані до міждержавного стику. На ефективність маршруту перевезення впливають наступні характеристики: станція вантаження; станція вивантаження; рід вантажу, що визначає часи вантаження і розвантаження; рід вагону; для іновагонов додатковими характеристиками є країна-власник іновагона, з якою може бути пов'язаний режим термінового повернення, а також міждержавний стик здачі з полігону УЗ, залежний від власника країни і станції вивантаження.

На ефективність рішення задачі впливають також такі характеристики: час руху від станції дислокації порожнього вагону до станції розвантаження, включаючи для іновагона також рух до міждержавного стику; фактичний час перебування на УЗ для іновагона на момент планування; час виконання митних операцій; стан заборони на рід вагонів у момент вантаження, яке визначає величину платні власнику за використання іновагона.

Позначимо групи порожніх вагонів з однаковими властивостями через A_i , станції вантаження через B_j , станції вивантаження через D_k . Для вагонів ІнП сумарні витрати на перевезення з пункту A_i з вантаженням в B_j і вивантаженням в D_k за один вагон роду r складають c_{ijk} . Ті ж витрати для іновагонів, доповнені витратами на

рух вагону до міждержавного стику і платнею за користування вагоном власнику країни, складають $\bar{c}_{ijkrt}$.

Завдання оптимального планування формулюється таким чином: треба знайти такий розподіл по маршрутах перевезення порожніх вагонів ІнП $\{x_{ijkrt}\}$ і іновагонів, при якому досягається

$$\min \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^p \sum_{k=1}^v \sum_{r=1}^R \left(c_{ijkrt} x_{ijkrt} + \sum_{t=1}^{t_{ijk}^*} \bar{c}_{ijkrt} \bar{x}_{ijkrt} \right) \quad (1)$$

за умов:

всі порожні вагони використовуються під вантаження

$$\sum_{j=1}^p \sum_{k=1}^v \left(x_{ijkrt} + \sum_{t=1}^{t_{ijk}^*} \bar{x}_{ijkrt} \right) = a_{ir} \quad i = 1, \dots, m; \quad r = 1, \dots, R; \quad (2)$$

потреба у вагонах задовольняється повністю

$$\sum_{i=1}^m \sum_{k=1}^v \left(x_{ijkrt} + \sum_{t=1}^{t_{ijk}^*} \bar{x}_{ijkrt} \right) = b_{jr} \quad j = 1, \dots, p; \quad r = 1, \dots, R; \quad (3)$$

$$\sum_{j=1}^p \sum_{r=1}^R a_{ir} = \sum_{i=1}^m \sum_{r=1}^R b_{jr} \quad (4)$$

де

x_{ijkrt} - кількість вагонів власності УЗ роду r для маршруту руху (A_i, B_j, D_k) ; a_{ir} - кількість вагонів роду r в групі A_i ; b_{jr} - потреба у вагонах роду r в групі B_j ; c_{ijkrt} - сумарні експлуатаційні витрати на один вагон власності УЗ роду r для маршруту руху (A_i, B_j, D_k) ; $\bar{x}_{ijkrt}$ - кількість іновагонів роду r для маршруту руху $(A_i, B_j, D_k, \text{стик})$ з урахуванням часу дислокації на УЗ; $\bar{c}_{ijkrt}$ - сумарні експлуатаційні витрати на одному іновагон роду r для маршруту руху $(A_i, B_j, D_k, \text{стик})$ з урахуванням часу руху на УЗ; t_{ijk}^* - кількість груп іновагонів з однаковим тарифом власнику країни для маршруту руху $(A_i, B_j, D_k, \text{стик})$.

Для зменшення розмірності завдання (1) -(4) згрупуємо вагони з однаковими характеристиками ефективності і однаковим маршрутом перевезення в навантаженому стані, тобто об'єднаємо станцію

вантаження B_j і станцію вивантаження D_k в один маршрут. Позначимо групи порожніх вагонів з однаковими властивостями через A_i , маршрути перевезення з однаковими властивостями через B_j , сумарні витрати на перевезення з пункту A_i по маршруту B_j за один вагон роду r складають c_{ijr} для вагонів ІнП і $\bar{c}_{ijrt}$ для іновагонів.

Вагони, що входять до однієї групи, мають одного і того ж власника:

$$S(v_l^i) = S_i \quad l=1, \dots, a_i \quad i=1, \dots, m. \quad (5)$$

Вагони, що входять до однієї групи, мають однаковий рід:

$$R(v_l^i) = r_i \quad i=1, \dots, m. \quad (6)$$

Вагони, що входять до однієї групи, мають загальну станцію дислокації:

$$A(v_l^i) = A_i \quad l=1, \dots, a_i \quad i=1, \dots, m \quad (7)$$

Вагони, що входять до однієї групи, мають однаковий стан готовності:

$$P(v_l^i) = p_i \quad l=1, \dots, a_i \quad i=1, \dots, m \quad (8)$$

Вагони, що входять до однієї групи, мають однаковий з точністю до доби час знаходження на УЗ (для іновагонів):

$$\text{Round}(T^{\text{fact}}(v_l^i)) = T_i^{\text{fact}} \quad l=1, \dots, a_i \quad i=1, \dots, m \quad (9)$$

Позначимо: x_{ijr} - кількість вагонів власності УЗ роду r для (A_i, B_j) ; a_{ir} - кількість вагонів роду r в групі A_i ; b_{jr} - потреба у вагонах роду r в групі B_j ; c_{ijr} - сумарні експлуатаційні витрати на один вагон власності УЗ роду r для (A_i, B_j) ; x_{ijrt} - кількість іновагонів роду r для (A_i, B_j) з урахуванням часу дислокації на УЗ; $\bar{c}_{ijrt}$ - сумарні експлуатаційні витрати на одному іновагон роду r для (A_i, B_j) з урахуванням часу дислокації на УЗ; t_{ijr}^* - кількість груп іновагонів з однаковим тарифом власнику країни для (A_i, B_j) .

Завдання оптимального планування формулюється таким чином: знайти такий розподіл порожніх вагонів ІнП $\{x_{ijr}\}$ і іновагонів $\{\bar{x}_{ijrt}\}$ по маршрутах перевезення, при якому досягається

$$\min \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \sum_{r=1}^R \left(c_{ijr} x_{ijr} + \sum_{t=1}^{t_{ijr}^*} \bar{c}_{ijrt} \bar{x}_{ijrt} \right) \quad (10)$$

за умов

$$\sum_{j=1}^n \left(x_{ijr} + \sum_{t=1}^{t_{ijr}^*} \bar{x}_{ijrt} \right) = a_{ir} \quad i = 1, \dots, m; \quad r = 1, \dots, R; \quad (11)$$

$$\sum_{i=1}^m \left(x_{ijr} + \sum_{t=1}^{t_{ijr}^*} \bar{x}_{ijrt} \right) = b_{jr} \quad j = 1, \dots, n; \quad r = 1, \dots, R; \quad (12)$$

$$\sum_{j=1}^n \sum_{r=1}^R a_{ir} = \sum_{i=1}^m \sum_{r=1}^R b_{jr}. \quad (13)$$

Розрахунок експлуатаційних витрат виконується по формулі

$$C_{ij} = e_{ij1} + e_{j2} + e_{j3} + e_{j4} + q_{ij} + h_{ij} \quad (14)$$

e_{ij1} – експлуатаційні витрати по пересуванню порожнього вагону з пункту A_i до станції вантаження маршруту B_j ; e_{j2} – експлуатаційні витрати по вантаженню вантажу у вагон для маршруту B_j ; e_{j3} – експлуатаційні витрати по пересуванню навантаженого вагону від станції вантаження до станції вивантаження по маршруту B_j ; e_{j4} – експлуатаційні витрати по вивантаженню вантажу; q_{ij} – додаткові експлуатаційні витрати для іновагонів; h_{ij} – штрафні санкції за використання іновагона забороненого роду не в попутному напрямі.

Додаткові експлуатаційні витрати для іновагонів розраховуються як

$$q_{ij} = \begin{cases} \left(\Gamma(B_j) - \Gamma(A_i) + K(T_i^{fact} + t_{ij}) \cdot e_{sc}^{un} \cdot (T_i^{fact} + t_{ij}) - \right. \\ \left. - K(T_i^{fact} + \tau_i) \cdot e_{sc}^{un} \cdot (T_i^{fact} + \tau_i) \right), & S_i \neq 22 \\ 0, & S_i = 22 (\text{інвентарний парк УЗ}) \end{cases} \quad (15)$$

де

$\Gamma(B_j)$ – експлуатаційні витрати по пересуванню порожнього вагону із станції вивантаження до відповідного міждержавного стику; $\Gamma(A_i)$ – експлуатаційні витрати по пересуванню порожнього вагону з початкової станції дислокації до відповідного міждержавного стику; $K(T_i^{fact} + t_{ij})$ – коефіцієнт збільшення платні за іновагон, залежно від часу знаходження на УЗ у разі його використання під перевезення; $K(T_i^{fact} + \tau_i)$ – коефіцієнт збільшення платні за іновагон, залежно від часу знаходження на УЗ у разі здачі іновагона на відповідний міждержавний стик в порожні; t_{ij} – час руху іновагона по маршруту (станція дислокації) -(станція вантаження) -(станція вивантаження) -

(міждержавний стик); τ_i – час руху іновагона по маршруту (станція дислокації) (міждержавний стик); $e_{bc}^{ин}$ – платня за одну вагоно-добу іновагона власнику адміністрації.

Розрахунок штрафу за використання іновагона в режимі термінового повернення виконується по формулі

$$h_{ij} = \begin{cases} (1 - \eta_{ij}) \cdot Z, & T_1^z(r_i) < T^* + t'_{ij} < T_2^z(r_i) \\ 0, & T^* + t'_{ij} < T_1^z(r_i) \\ 0, & T^* + t'_{ij} > T_2^z(r_i) \end{cases} \quad (16)$$

де

T^* – час планування; t'_{ij} – час руху вагону від станції дислокації до станції вантаження, включаючи час вантаження; $T_1^z(r_i)$ – час почала заборони; $T_2^z(r_i)$ – час закінчення заборони; η_{ij} – ознака напряму вантажу в країну-власницю вагону. $\eta_{ij}=1$, якщо напрям перевезення допустимий $\eta_{ij}=0$, якщо напрям перевезення не допустимий; Z – величина штрафу за вантаження при режимі термінового повернення вагона.

З урахуванням введених позначень математична модель оптимального планування перевезення вантажів вагонами ІнП і ІВ має вигляд (1) - (16), яка враховує: різну ефективність перевезення вагонами ІнП і іновагонів; економію експлуатаційних витрат при перевезенні іновагонами в попутному напрямі; різний нормативний і розрахунковий час операцій з вагонами різного роду; прогресивну шкалу платні країні-власнику іновагона його використання; штрафи за використання іновагона при введенні режиму термінового повернення.

Алгоритм розв’язання задачі оптимального планування перевезень

Крок 1. Завдання часових інтервалів заборони $T_1^z(r, S), T_2^z(r, S)$ на використання під вантаження іновагонів по родах і власниках.

Крок 2. Завдання станцій дислокації порожніх вагонів A_i з виділенням груп вагонів з однаковими властивостями в окремі станції.

Крок 3. Завдання маршрутів перевезення вантажів B_j з виділенням груп вагонів з однаковими властивостями в окремі маршрути.

Крок 4. Прогнозування часових характеристик руху іновагонів τ_i .

Крок 5. Розрахунок коефіцієнтів c_{ijr} і $\bar{c}_{ijr}$ для кожного з можливих маршрутів руху, формування транспортних матриць.

Крок 6. Рішення транспортної задачі планування.

В результаті рішення розширеної моделі транспортної задачі визначаються способи оптимального використання кожного із вагонів як інвентарного парку, так і іновагонів, які забезпечують мінімум експлуатаційних витрат на реалізацію завдання по перевезенню вантажів. Іновагони, що не увійшли до оптимального плану навантаження, необхідно терміново повернути країні-власнику у порожньому стані. Послідовність формування і рішення наведених завдань дозволить отримати оптимальне управління інвентарним парком та іновагонами на залізницях України.

Постановки завдань оптимального планування перевезень вагонами інвентарного парку, операторів та іновагонами

Вагони операторів залізничного транспорту, промислових підприємств та інш., складають значну кількість, частина якої має тенденцію постійного зростання. Використання цих вагонів у перевезеннях вантажів обумовлено рядом факторів, які слід урахувати у разі їх включення у загальний план. Уведення власних вагонів до плану перевезень Укрзалізниці спирається на юридичні, організаційні, матеріальні та інші домовленості, що необхідно представити у повній математичній моделі оптимального планування. Не зупиняючись на усіх факторах детально перелічимо головні відмінності моделей планування перевезень, які поряд з вагонами інвентарного парку та іновагонами оперують вагонами операторів.

По-перше, можливість залучити власні вагони до перевезень потребує додаткової угоди між Укрзалізницею та власником. Це обмежує термін застосування вагонів, потребує введення режимів управління подібних до термінового повернення для іновагонів. Вагон до встановленого періоду повинен бути повернений під перевезення власника на визначеному полігоні залізниць.

Формалізація цієї вимоги додає обмеження до моделі оптимального планування.

По-друге, матриця експлуатаційних витрат для власників вагонів відрізняється від вагонів інвентарного парку та іновагонів, що ураховується вагонною складовою витрат. У цій матриці для власних вагонів одного оператора також необхідно уводити додатковий окремий стан для кожної станції дислокації вагонів, як і для іновагонів.

По-третє, технологічний ланцюжок планування перевезень для власних вагонів відрізняється від інших категорій, і включає фази "підведення вагонів до станції навантаження", "навантаження у напрямку до *припустимої станції призначення*", "перевезення", "розвантаження", "повернення власнику на зазначений полігон".

У більш загальних моделях планування також необхідно ураховувати різні тарифи на перевезення вагонами операторів та інвентарного парку.

Математична модель задачі оптимального планування перевезення вагонами інвентарного парку, операторів та іновагонами

Загальні компоненти цієї математичної моделі відповідають (10) - (16), тому наведемо лише складові, які мають суттєві відмінності. У першу чергу це стосується формуванню цільової функції і постановки завдання, які приймають наступний вигляд: знайти розподіл порожніх вагонів ІнП $\{x_{ijr}\}$, іновагонів $\{\bar{x}_{ijrt}\}$ і власних вагонів (ВВ) $\{\tilde{x}_{ijr}\}$ по маршрутах перевезення, при якому забезпечується

$$\min \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \sum_{r=1}^R \left\{ c_{ijr} x_{ijr} + \sum_{t=1}^{t_{ijr}^*} \bar{c}_{ijrt} \bar{x}_{ijrt} \right\} + \sum_{t=1}^{t_{ijr}} \tilde{c}_{ijrt} \tilde{x}_{ijrt} \}. \quad (17)$$

У критерії (17) через $\{\tilde{c}_{ijr}\}$ позначено коефіцієнти матриці витрат на перевезення, обумовлені використанням власних вагонів операторів, що уведено додатково до попереднє представлених характеристик моделей задач оптимального планування. При їх визначенні на підставі нормування технологічних операцій та за даними спостережень вважається врахованим відмінність вагонної складової витрат, наявність особливого технологічного ланцюжка, вимога перевезень не на усі станції призначення. Необхідність

повернення вагонів власнику до встановленого періоду визначається наступним обмеженням

$$\tilde{t}_{k(j)}^2 = \tilde{t}_{k(j)}^1 + \Delta \tilde{t}_{k(j)} \leq \tilde{T}_{k(j)}, \quad k \in N_{BB}(j), \quad j \in J_{BB}, \quad (18)$$

де

$\tilde{t}_{k(j)}^2$ – прогнозований термін закінчення рейсу ВВ відповідно плану, $\tilde{t}_{k(j)}^1, \Delta \tilde{t}_{k(j)}, \tilde{T}_{k(j)}$ – початок та термін перевезень, а також граничний період можливості використання вагонів власників, відповідно. Умови (18) встановлюються для кожного власного вагону $k \in N_{BB}(j)$, та кожного власника $j \in J_{BB}$.

Змінні характеристики $\tilde{t}_{k(j)}^1, \Delta \tilde{t}_{k(j)}$ додаткових умов (18) розраховуються на відповідних етапах процедури планування.

Реалізація узагальненої постановки завдання оптимального планування потребує модифікування відповідних кроків запропонованого алгоритму К1 - К6, що зводиться до визначення додаткових складових вихідної матриці, а також рішення транспортної задачі [3] більшого розміру.

Висновки

Побудована у роботі методика моделювання і оптимізації процесів вантажних перевезень дає змогу автоматизувати процеси планування перевезень вагонами різних форм власності, забезпечує потреби вантажовідправників, дозволяє збільшити доходи від перевезень вантажів. За рахунок уведення додаткових станів у матрицях витрат, а також нових відповідних обмежень, удається звести некласичні моделі, в яких представлено суттєво неоднорідні засоби перевезень, до класичних математичних моделей транспортної задачі більших розмірів. Це перетворення дозволяє застосувати відомі та ефективні методи оптимального планування [3].

ЛІТЕРАТУРА

1. Тишкин Е.М. Информационно-управляющие технологии эксплуатации вагонного парка. Труды ВНИИАС, вып. 4. – Москва: 2004. – 184 с.
2. Андрущенко В.А., Великодний В.В., Скалозуб В.В., Цейтлин С.Ю. Прогнозирование показателей движения вагонов иностранных собственников на основе нечетких моделей исходных данных // Вестник Днепропетровского национального университета

железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна. – Вып. 1, 2003, с. 84-90.

3. Бейко И.В., Бублик Б.Н., Зинько П.Н. Модели и алгоритмы решения задач оптимизации. - К. Вища школа, 1983. - 512 с.

Получено 27.10.2006 г.

УДК 621.315.5

Оксанич А.П., Батареев В.В., Шепель Л.Г.

ИССЛЕДОВАНИЕ СПЕКТРОВ ФОТОЛЮМИНИСЦЕНЦИИ И ИХ СВЯЗЬ С ПЛОТНОСТЬЮ ДИСЛОКАЦИЙ В ПЛАСТИНАХ ПИН *GaAs* С РАЗЛИЧНОЙ СТЕПЕНЬЮ СТЕХИОМЕТРИИ

1. Введение

Отклонение состава кристалла GaAs от стехиометрического оказывает большое влияние на его полупроводниковые свойства. Избыток одного из компонентов приводит к возникновению в кристалле GaAs избыточных носителей заряда, так как равенство между «анионами» и «катионами» в кристалле нарушается. В результате даже при отсутствии легирующих примесей незначительное отклонение состава GaAs от стехиометрического будет приводить к изменению типа проводимости. Одновременно отклонение от стехиометрии сопровождается нарушением структурного совершенства в слитках GaAs.

2. Постановка задачи и связь с научными направлениями

В нелегированных монокристаллах ПИН GaAs, выращенных методом Чохральского с жидкостной герметизацией (ЛЕС) обнаружен [1] неприемлемо высокий уровень ростовых дислокаций являющихся, как показано в [2], следствием возникновения термических напряжений в процессе выращивания. С целью более глубокого выявления закономерностей формирования термических напряжений в монокристаллах ПИН GaAs, выращенных ЛЕС методом в настоящей работе были исследованы факторы, обуславливающие неоднородное распределение люминесцентных и структурных свойств в пластинах ПИН GaAs.

В работах [3-4] исследования однородности люминесцентных характеристик по сечению монокристаллов GaAs показали, что профили интенсивности различных полос фотолюминесценции частично или полностью коррелируют с распределением N_d . Наблюдаемый характер макронеоднородности электрофизических и люминесцентных свойств по поперечному сечению связывается с влиянием дислокаций, являющихся эффективными стоками для

неравновесных собственных точечных дефектов (СТД). Это обстоятельство обуславливает их посткристаллизационное перераспределение. Последующее взаимодействие СТД с атомами остаточных примесей приводит к результирующему неоднородному распределению электрически активных центров и излучательных центров различной природы, коррелирующему с распределением N_{δ} .

Однако, несмотря на наличие данных, проливающих свет на причины неоднородности физических свойств, закономерности ее формирования в значительной мере остается неустановленным, так как зачастую кроме констатации факто корреляции плотности дислокации и физических свойств детально не рассматриваются природа СТД и механизмы взаимодействия СТД с дислокациями, остаточными примесями, определяющими неоднородность того или иного параметра, а также связь спектров ФЛ с отклонением состава кристалла от стехиометрии.

3. Экспериментальная часть и обсуждения

В работе измеряли распределение спектрального состава, интенсивности фотолюминисценции (ФЛ), плотности дислокаций N_{δ} по поперечному сечению монокристаллов ПИН GaAs.

Измерения производили на пластинах толщиной 2-2,5 мм, вырезанных из верхней и нижней частей слитков с $\rho \geq 10^7$ Ом · см с электронным типом проводимости диаметром 70 мм, ориентированных в направления $\langle 100 \rangle$ и $\langle 111 \rangle$.

Перед измерениями ФЛ по диаметру пластин измеряли распределение N_{δ} при 300 К методом оптической микроскопии с пространственным интервалом ~1 мм с использованием микроскопа МИМ-7. Распределение ФЛ - характеристик при 77 К измеряли вдоль той же дорожки, что и распределение N_{δ} по стандартной методике [5].

В качестве источника возбуждения использовался гелий-неоновый лазер с длиной волны 0,63 мкм и диаметром светового зонда ~200 мкм.

Предварительные измерения ФЛ по различным направлениям пластин обнаружили радиальную симметрию распределения интенсивности различных полос излучения и неизменность

спектрального состава, поэтому в некоторых случаях измерения профилей интенсивности ФЛ производили только по половине диаметра.

Спектр ФЛ всех исследованных кристаллов (рис. 1) содержал полосу краевого излучения с энергией максимума $h\nu_m \approx 1,51$ эВ, обусловленную переходами свободных и связанным на мелких донорах электронов в валентную зону, полосу с $h\nu_m \approx 1,495$ эВ, связанную с участием в излучательных переходах мелких акцепторных центров, представляющих собой вакансии мышьяка, заполненные атомами углерода C_{As} , а также полосу с $h\nu_m \approx 0,8$ эВ незначительной интенсивности.

Мы полагаем, что наличие в спектре ФЛ полосы с $h\nu_m \approx 1,495$ эВ и ее относительная интенсивность позволяют качественно судить об отклонении от стехиометрии в сторону дефицита по мышьяку. Эта возможность основана на следующем. Известно [6], что основным источником фоновых примесей углерода и кремния является наличие их в исходных компонентах – мышьяке и галлии – из-за недостаточной очистки последних. Дополнительным весьма стабильным источником неконтролируемых примесей C и Si является графитовая оснастка и кварцевый тигель соответственно.

Интенсивность полосы с $h\nu_m \approx 1,495$ эВ ($I_{1,49}$) определяется главным образом степенью нестехиометрии расплава на фронте кристаллизации, т. е. концентрацией вакансий мышьяка, а также степенью заполнения их атомами углерода.

Следует заметить, что во избежание грубых ошибок при анализе нестехиометрии, связанных с различием ρ , концентрации центров безызлучательной рекомбинации и т.п. в различных кристаллах, необходимо использовать относительную интенсивность полосы с

$h\nu_m \approx 1,495$ эВ – отношение $\frac{I_{1,49}}{I_{1,51}} = K$, где $I_{1,51}$ – интенсивность

краевой полосы ФЛ. Использование этого отношения исключает необходимость измерения спектров излучения в различных кристаллах при одном и том же уровне возбуждения Z . В значительном интервале изменения Z зависимости $I_{1,49}(Z)$ и $I_{1,51}(Z)$,

являясь сверхлинейными, имеют одинаковый наклон (рис. 1). Это значит, что изменение Z не изменяет K .

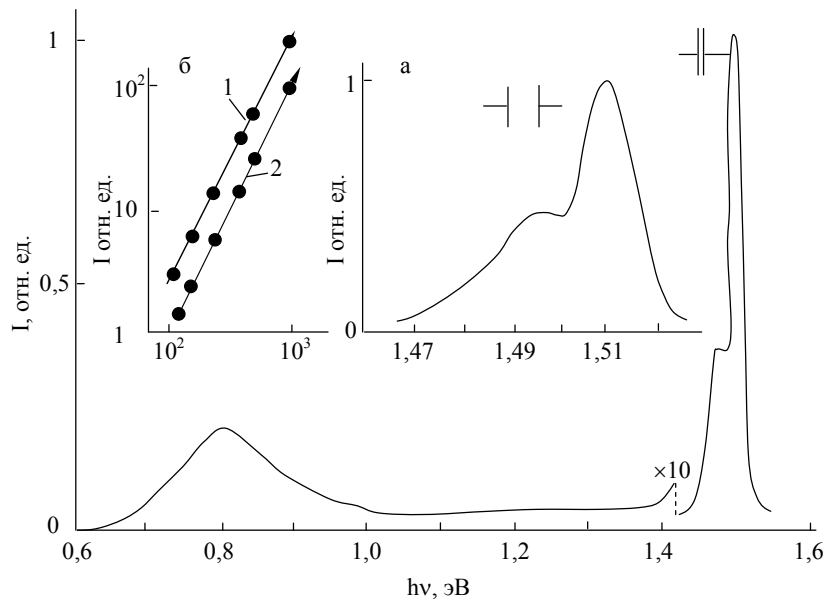


Рисунок 1 - Спектр излучения кристалла ПИН GaAs, $T=77$ К: а – структура краевого излучения; б – зависимость интенсивности полос излучения с $h\nu_m \approx 1,51$ эВ (1) и 1,495 эВ (2) от уровня возбуждения Z

Измерение ФЛ показали, что диапазоны изменения отношения K в различных кристаллах составлял $(0,283-10,5) \cdot 10^6 \text{ см}^{-3}$. По нашему мнению, такой широкий интервал изменения этого параметра обусловлен в основном изменением состава на фронте кристаллизации в пределах области гомогенности – от близкого к стехиометрическому при $K \rightarrow 0$ до существенно нестехиометричного при $K \rightarrow K_{\max}$. Значительное изменение степени нестехиометрии расплава может быть связано с особенностями процесса расплавления шихты – при температурах, меньших температуры плавления флюса, последний не покрывает герметизирующим слоем поверхности кусочного поликристаллического арсенида галлия, что, по-видимому, может приводить к различной степени испарения мышьяка из твердой фазы в различных процессах выращивания. Кроме того, во всех исследованных кристаллах параметр K возрастал вдоль оси слитка сверху вниз – значение его в нижней части было в 1,3–1,8 раз больше, чем в верхней. Наблюдаемый характер изменения K коррелирует с увеличением концентрации углерода вдоль слитка сверху вниз [7]. Мы полагаем, что увеличение K вдоль оси слитка является следствием обеднения расплава мышьяком по мере

вытягивания слитка аналогично тому, как это имеет место при выращивании легированных кристаллов GaAs [8].

Распределение интенсивности ФЛ в кристаллах с незначительной нестехиометрией

Характер распределения интенсивности ФЛ по поперечному сечению кристаллов существенно зависел от степени нестехиометрии. Для удобства изложения и интерпретации данных в настоящем разделе будут рассмотрены результаты измерений кристаллов с незначительной нестехиометрией ($K \leq 0,55$), а в следующем – кристаллов со значительной нестехиометрией ($K \geq 0,85$).

В кристаллах с незначительной нестехиометрией распределения интенсивности полос $h\nu_m \approx 1,51$ эВ и $1,495$ эВ коррелировали с распределением N_δ , однако характер этой корреляции был различным для различных кристаллов. В ряде кристаллов характер изменения $I_{1,51}$ и $I_{1,49}$ был W-образным, причем величина неоднородности интенсивности этих полос, определенная как среднеквадратичное отклонение от среднего значения $I_{1,51}$, $I_{1,49}$, составляла $\delta_{I_{1,51}} \approx \delta_{I_{1,49}} = 60 \div 95\%$ (рис. 2). В дальнейшем такие кристаллы будем относить к первой группе.

Во второй группе кристаллов наблюдалось M-образное распределение $I_{1,51}$ и $I_{1,49}$ (рис. 3).

Среднеквадратичное отклонение $I_{1,51}$, $I_{1,49}$ от среднего значения в этом случае составляло $\delta_{I_{1,51}} \approx \delta_{I_{1,49}} = 50 \div 82\%$. Важно при этом отметить, что кристаллы с W-образным профилем $I_{\text{фл}}$ характеризовались более высокими значениями отношения $K=0,29 \div 0,55$ по сравнению с кристаллами с M-образным распределением $I_{\text{фл}}$, в которых, как правило, $K=0,035 \div 0,18$. Распределение параметра K по сечению в кристаллах обеих групп было близко к равномерному – величина его неоднородности не превышала 12%.

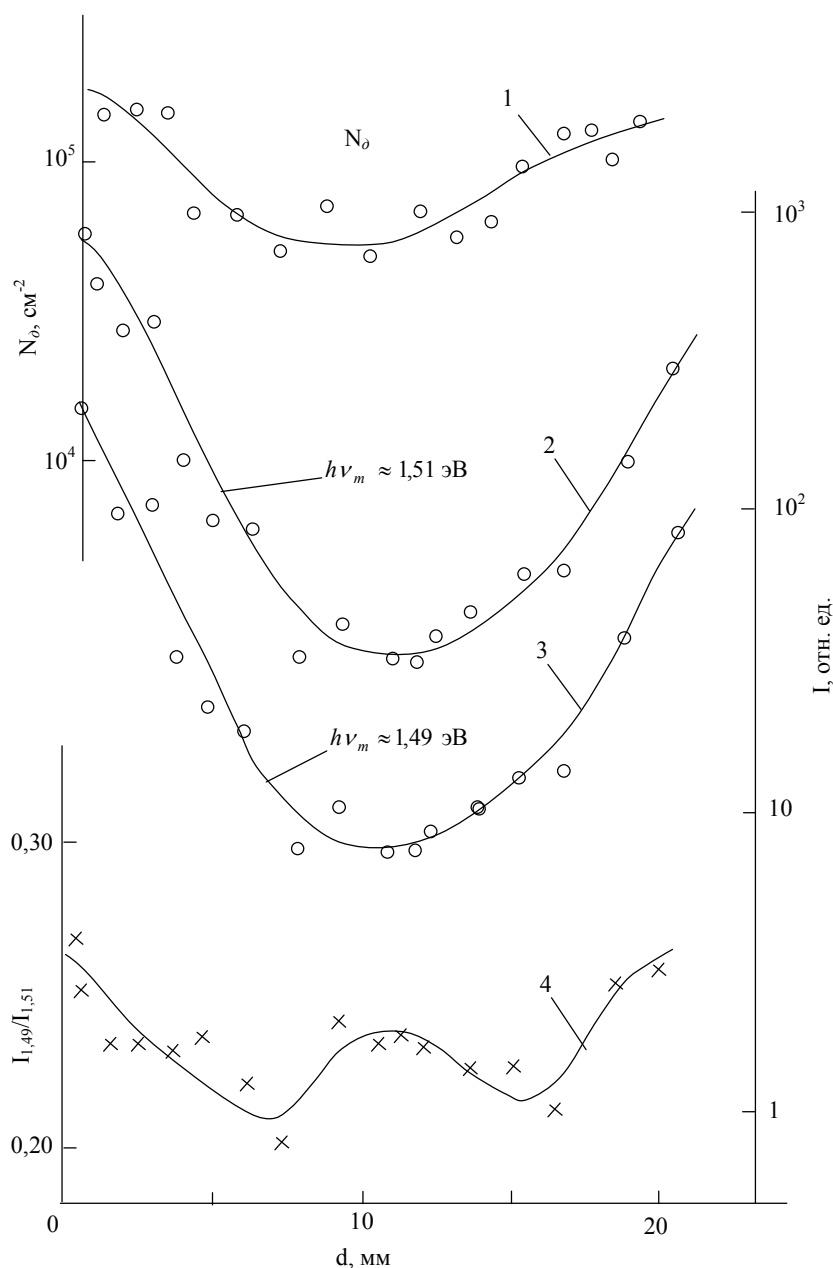


Рисунок 2 - Распределение плотности дислокаций (1), $I_{1,51}$ (2), $I_{1,49}$ (3) и отношения $\frac{I_{1,49}}{I_{1,51}}$ (4) по поперечному сечению кристалла первой группы с малой нестехиометрией

Предполагается, что основная роль в формировании неоднородности $I_{1,51}$ и $I_{1,49}$ принадлежит влиянию дислокаций, обуславливающих перераспределение при температурах, близких к температуре плавления, СТД, в частности, вакансий мышьяка и галлия. При этом для дальнейшего рассмотрения важно отметить, что вакансии галлия являются эффективными центрами безызлучательной рекомбинации. В кристаллах первой группы

вакансии мышьяка, являющиеся доминирующим типом STD, стягиваются дислокациями из кольцевой области кристалла с минимальным значением N_d в периферийный и центральный участки кристалла, где их плотность существенно выше. В этих участках, в соответствии с законом действующих масс, концентрация вакансий галлия пропорционально уменьшается, что приводит к увеличению эффективности ФЛ в них.

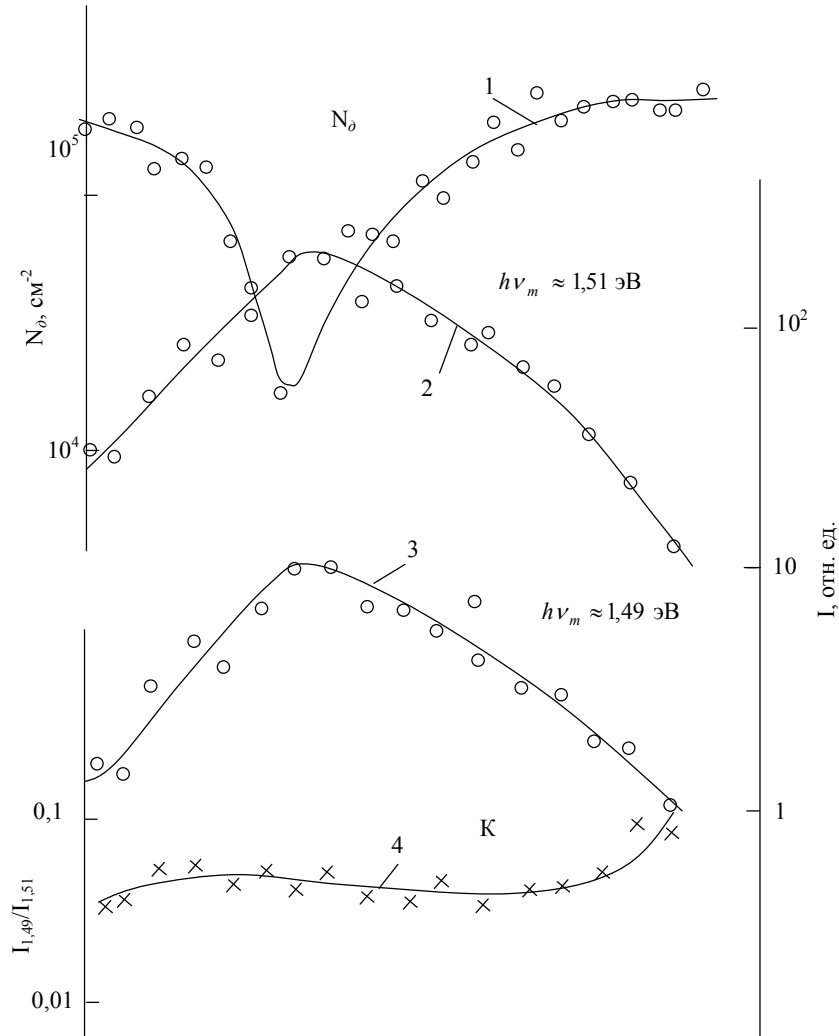


Рисунок 3 - Распределение плотности дислокаций (1), интенсивности полос излучения $h\nu_m \approx 1,51$ эВ (2) и $h\nu_m \approx 1,495$ эВ (3) и отношения $I_{1,49}/I_{1,51}$ (4) по поперечному сечению кристалла второй группы с малой нестехиометрией.

В кристаллах второй группы (более стехиометричных) концентрация вакансий Ga, в соответствии с законом действующих масс, существенно выше, чем в кристаллах первой группы. Стягиваясь дислокациями в области, где плотность их более высокая, вакансии Ga, являясь, как указывалось выше, центрами

безызлучательной рекомбинации, уменьшают интенсивность ФЛ в них.

Таким образом, предложенная модель, объясняющая характер радиальных зависимостей $I_{\text{фл}}$ от $N_{\text{д}}$ в кристаллах ПИН арсенида галлия, основывается на том, что различная степень отклонения от стехиометрии обуславливает различный характер их корреляции. Дополнительным подтверждением этого являются некоторые особенности профилей $I_{\text{фл}}$ в кристаллах первой группы, в которых в периферийной области слитков арсенида галлия создавалось отклонение от стехиометрии в сторону дефицита по мышьяку (увеличение концентрации вакансий мышьяка). На рис. 4 приведены эти особенности, заключающиеся в том, что в периферийной области пластин наблюдалось изменение (от гашения к возгоранию) характера профилей $I_{\text{фл}}$ по мере приближения к боковой поверхности. По-видимому, это связано с тем, что в этой области произошло из-за частичного разложения приповерхностной области кристалла в процессе вытягивания вместо вакансий галлия доминирующими дефектами становятся вакансии мышьяка. Уменьшение концентрации вакансий галлия с исходным значением указывает на выполнение закона действующих масс $[(V_{\text{As}})(V_{\text{Ga}})=\text{const}]$ в посткристаллизационный период.

Распределение интенсивности ФЛ в кристаллах с большой нестехиометрией

В существенно нестехиометричных кристаллах (с $K \geq 0,85$) распределение интенсивности полос ФЛ с $h\nu_{m1} \approx 1,51$ эВ и $h\nu_{m2} \approx 1,495$ эВ отличалось от приведенного для этих полос излучения в кристаллах с $K \leq 0,55$. В настоящем разделе приведены данные по распределению $I_{\text{фл}}$ двух кристаллов – одного с $K \approx 0,9$ и $\mu = 550 \text{ см}^2/\text{В} \cdot \text{с}$ и другого с $K \approx 1,3$ и $\mu = 100 \text{ см}^2/\text{В} \cdot \text{с}$, в которых наиболее отчетливо проявлены особенности ФЛ, типичные для других кристаллов с такой нестехиометрией.

Прежде всего следует отметить, что как и в кристаллах с малой нестехиометрией, отношение $I_{1,49}/I_{1,51}$ в кристаллах с большой нестехиометрией по сечению оставалось практически неизменным.

Особенности распределения $I_{1,51}$ и $I_{1,49}$ по сечению этих слитков состоят в следующем.

В кристалле с высокой подвижностью имело место уменьшение $I_{1,51}$ и $I_{1,49}$ от боковой поверхности слитка к центру сечения. При этом в кольцевой области сечения с минимальным значением N_δ градиент $I_{1,51}$, $I_{1,49}$ был минимальным (рис. 5). Из сопоставления распределений $I_{1,51}$, $I_{1,49}$ и N_δ видно, что в периферийной области шириной ~ 10 мм имеет место корреляция в распределениях $I_{\text{фл}}$ и N_δ , а в центральной области – антикорреляция (рис. 5).

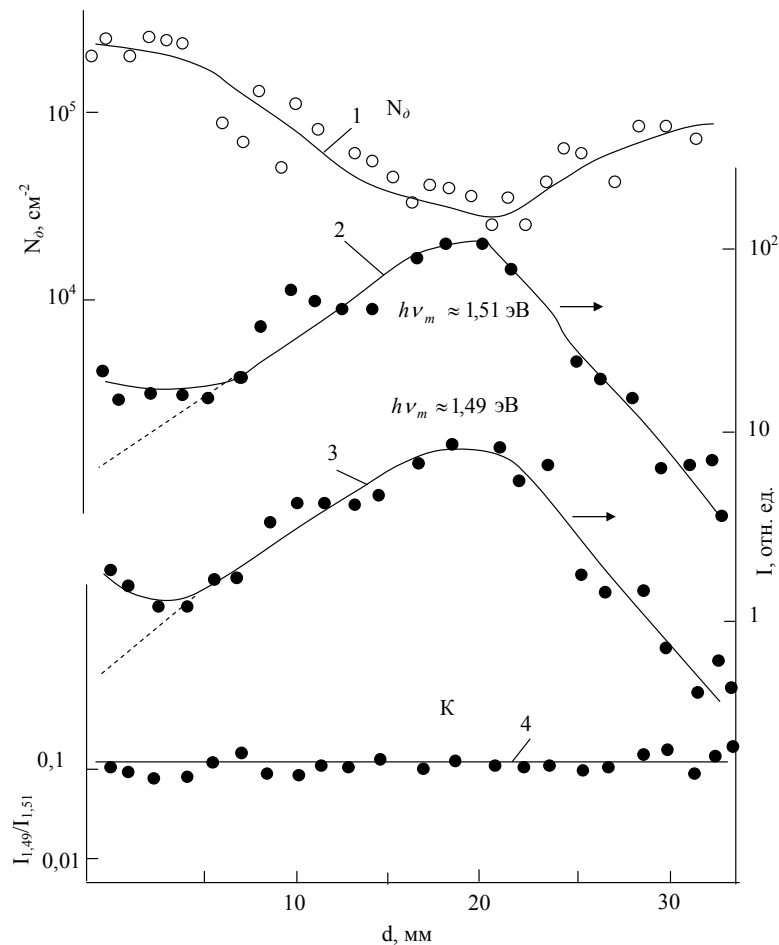


Рисунок 4 - Распределение плотности дислокаций (1), $I_{1,51}$ (2), $I_{1,49}$ (3) и отношения $I_{1,49}/I_{1,51}$ (4) по поперечному сечению кристалла первой группы с отклонением от стехиометрии из периферийной области слитка

Характер распределения интенсивности полос с $h\nu_{m1} \approx 1,51$ эВ и $h\nu_{m2} \approx 1,495$ эВ по поперечному сечению слитка с малой

подвижностью носителей заряда отличался от распределения $I_{1,51}$ и $I_{1,49}$ в кристалле с высокой подвижностью. В периферийной кольцевой области шириной ~ 15 мм наблюдалось уменьшение $I_{\text{фл}}$ по боковой поверхности кристалла к центру, однако величина этого изменения была несколько меньшей по сравнению с величиной уменьшения плотности дислокаций. В центральной области сечения интенсивность ФЛ была постоянной (рис. 6).

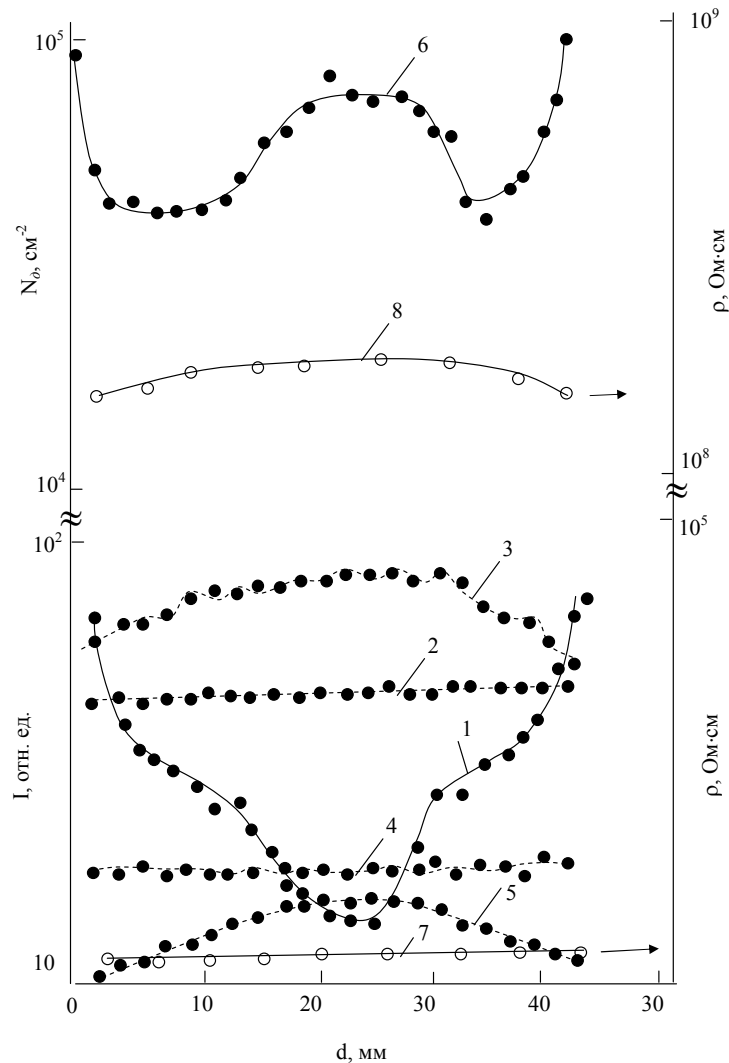


Рисунок 5 - Распределение по поперечному сечению кристалла с большой нестехиометрией ($K=0,85$) интенсивности краевой ФЛ ($I_{1,51} - I_{1,49}$) (1, 2, 4), длинноволновых полос излучения с $h\nu_m = 1,23$ эВ (3), $h\nu_m = 1,20$ эВ (5), плотности дислокаций (6), удельного сопротивления (7, 8) в исходном кристалле (1, 6, 8), после диффузии меди при $T=800^\circ\text{C}$ в течение 10 мин. (3, 4) и после термообработки в атмосфере мышьяка при 850°C в течение 2 часов (2, 5, 7)

Применяя модель, предложенную для объяснения характера радиальных зависимостей $I_{\text{фл}}$ от $N_{\text{д}}$ в кристаллах с малой нестехиометрией, для интерпретации профилей $I_{\text{фл}}$ в существенно нестехиометричных кристаллах, мы полагаем, что корреляция в распределениях $I_{\text{фл}}$ и $N_{\text{д}}$ в периферийной области кристалла с высокой подвижностью свидетельствует о том, что на этом участке вокруг дислокаций формируются области с преобладающим содержанием вакансий мышьяка, что характерно для более нестехиометричных кристаллов из предыдущей группы.

Антикорреляция в распределениях $I_{\text{фл}}$ и $N_{\text{д}}$ в центральной области сечения указывает на то, что вокруг дислокаций в этом участке кристалла формируются области с преобладающим содержанием вакансий галлия, что характерно для кристаллов, близких к стехиометричным. Формирование таких областей в кристаллах с большой нестехиометрией по мышьяку происходит, по нашему мнению, по следующим причинам. Несмотря на большую нестехиометрию, исследованные кристаллы содержали высокую концентрацию атомов углерода в узлах мышьяка, т.е. большая часть вакансий мышьяка оказывается заполненной. В результате в центральной области сечения концентрация свободных вакансий галлия превышает концентрацию свободных вакансий мышьяка, что обуславливает формирование вокруг дислокаций областей с преобладающим содержанием вакансий галлия, являющихся, как указывалось выше, центрами безызлучательной рекомбинации.

Постоянство интенсивности ФЛ в центральной области кристалла с низкой подвижностью носителей заряда связано, по нашему мнению, с примерным равенством концентраций свободных вакансий мышьяка и галлия в этой области. В рассматриваемом случае вокруг дислокаций формируются области, содержащие примерно одинаковые концентрации вакансий обоих типов. Очень важно при этом отметить, что из-за большей концентрации атомов углерода C_{As} концентрация свободных вакансий мышьяка в нем, очевидно, более низкая, чем в кристалле с высокой подвижностью электронов. Из равенства следует, что в центральной области кристалла с низкой подвижностью концентрация вакансий галлия (а следовательно и в областях вокруг дислокаций) меньшая, чем в кристалле с высокой

подвижностью. Такое утверждение становится понятным, если учесть закон действующих масс для вакансий.

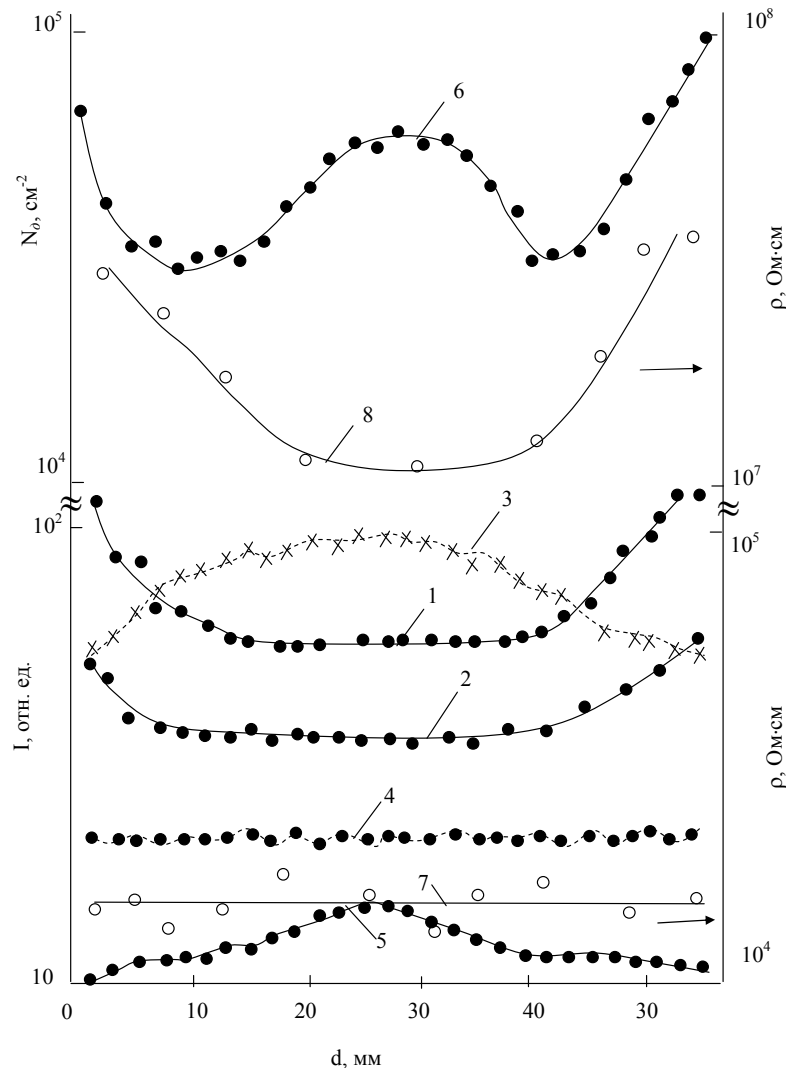


Рисунок 6 - Распределение по поперечному сечению кристалла с большой нестехиометрией ($K \approx 1,3$) интенсивности краевой ($I_{1,51} \div I_{1,49}$) ФЛ (1, 2, 3), длинноволновых полос излучения с $h\nu_m = 1,23$ эВ (4), $h\nu_m = 1,20$ эВ (5), плотности дислокаций (6), удельного сопротивления (7, 8) в исходном кристалле (1, 6, 8), после диффузии меди при $T=800^\circ\text{C}$ в течение 10 мин. (3, 4) и после термообработки в атмосфере мышьяка при 850°C в течение 2 часов (2, 5, 7)

Согласно этому закону более высокая нестехиометрия расплава по мышьяку при получении кристалла с низкой подвижностью носителей заряда обуславливает более низкую концентрацию вакансий галлия в нем, чем в более стехиометричном кристалле с высокой подвижностью. О выполнении этого закона свидетельствуют, по нашему мнению, более высокая интенсивность ФЛ в кристалле с

низкой подвижностью по сравнению с $I_{\text{фл}}$ кристалла с высокой подвижностью электронов (рис. 5 и 6).

Таким образом, из приведенных данных следует, что в отличие от кристаллов с незначительной нестехиометрией, в которых неоднородное распределение $I_{\text{фл}}$ формируется распределением плотности дислокаций $N_{\text{д}}$ и степенью нестехиометрии расплава («исходной» нестехиометрией), в существенно нестехиометричных кристаллах кроме этих факторов в формировании профиля $I_{\text{фл}}$ существенную роль играет концентрация фоновой акцепторной примеси – атомов углерода в узлах мышьяка. Другими словами, в таких кристаллах распределение $I_{\text{фл}}$ формируется распределением $N_{\text{д}}$ и «остаточной» нестехиометрией, т.е. концентрацией свободных вакансий мышьяка, оставшихся после заполнения атомами углерода вакансий мышьяка, возникающих на фронте кристаллизации.

Корреляция в распределениях $I_{\text{фл}}$ и $N_{\text{д}}$ в периферийной области исследованных кристаллов свидетельствует о том, что доминирующим типом СТД в ней являются вакансии мышьяка. Более высокую концентрацию их обуславливает, по-видимому, частичное разложение приповерхностной области кристалла в процессе вытягивания. Наиболее высокая интенсивность ФЛ в периферийной области свидетельствует о значительно меньшей концентрации вакансий галлия в ней по сравнению с центральной областью сечения. Это обстоятельство указывает на выполнение закона действующих масс для вакансий и в периферийной области. Однако, в отличие от центральной области, в которой выполнение закона действующих масс осуществляется, по-видимому, на фронте кристаллизации для «исходной» нестехиометрии, в периферийной области реализации закона действующих осуществляется в течение длительного посткристаллизационного периода, приблизительно равного длительности выращивания кристалла. Испарение атомов мышьяка из приповерхностной области приводит к постепенному увеличению концентрации вакансий мышьяка в ней. Этот процесс, по нашему мнению, должен сопровождаться постепенным уменьшением концентрации вакансий галлия в ней. В этой связи представляет интерес выяснение механизма уменьшения этих вакансий. Можно предположить, что оно происходит в результате заполнения вакансий галлия междузельными атомами галлия или атомами кремния. В

последнем случае подтверждением правильности сделанного предположения может быть наблюдаемое уменьшение удельного сопротивления в этой области кристалла с высокой подвижностью электронов по мере приближения к боковой поверхности. Для детального выяснения этого вопроса необходимы дальнейшие исследования.

Выводы

Исследованы факторы, обуславливающие неоднородное распределение люминисцентных и структурных свойств в монокристаллах ПИН GaAs, выращенных методом LEC.

Установлено, что характер корреляции в распределениях излучательных характеристик и плотности дислокаций определяется степенью нестехиометрии монокристалла в сторону дефицита мышьяка. При этом в монокристаллах, близких к стехиометричным и с незначительной нестехиометрией распределение ФЛ формируется двумя факторами – дислокациями и исходной нестехиометрией расплава.

В монокристаллах с большой нестехиометрией неоднородность ФЛ формируется распределением плотности дислокаций, степенью нестехиометрии расплава и концентрацией фоновой акцепторной примеси – углерода, заполняющего вакансии галлия.

ЛИТЕРАТУРА

1. А.П. Оксанич, В.В. Батареев. Разработка процедуры оптимизации выращивания структурно-совершенных слитков арсенида галлия. // Науковий вісник ІЕНТу „Нові технології”. – 2005. – № 1-2(7-8). – с. 27-31.
2. А.П. Оксанич, Л.Г. Шепель, В.В. Батареев. Моделирование процессов образования дислокаций под действием термических напряжений в слитках GaAs, выращиваемых из расплава методом Чохральского с жидкостной герметизацией. // Прикладная радиоэлектроника. – 2005. – Т. 4 – № 2. – с. 185-194.
3. K. Kitahara, K. Nakai, S. Shibatomi. – J. Electrochem. Soc. – 1982. – №4. – p. 880-883.
4. M. Tajima. – Japan J. Appl. Phys. – 1982. – №4. – p. 410-412.
5. Г.П. Пека, В.Ф. Коваленко, В.Н. Куценко. Люминесцентные методы контроля параметров полупроводниковых материалов и приборов. – К.: Техника, 1985. – 152 с.
6. Ю.Н. Большова, М.А. Ильин, А.В. Марков, Н.Г. Михайлова, А.М. Носовский, В.Б. Освенский. – Высокочистые вещества. – 1989. – № 4. – с. 210-213.

7. S. Kuma, J. Otoni. Defect Recognition and Image Processing in III–V Compounds. – Amsterdam: Elsevier Science Publishers, 1987. – p. 310-315
8. Н.С. Задорный, В.Ф. Коваленко, В.Д. Лисовенко, М.Г. Мильвидский, А.В. Прохорович. Кристаллография. –1991. – № 4. – с. 958-961.

Получено 19.09.2006 г.

УДК 519.25:681.3.03

А.П. Алпатов, В.И. Кузнецов, А.П. Сарычев

**СТАТИСТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТЕЙ
ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ И СТОИМОСТИ
НОСИТЕЛЕЙ ОТ ИХ ТЕХНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК**

Неотъемлемой составной частью исследований перспектив развития сложных технических систем, в частности – космических, является прикладной статистический анализ, поскольку именно его методы, результаты и выводы используются для решения таких задач, как: а) прогнозирование ожидаемых значений отдельной переменной-характеристики проектируемого объекта как функции от ряда заданных характеристик (на основе построенной регрессионной статической зависимости); б) прогнозирование или хотя бы установление тенденции изменения переменной-характеристики, представленной временным рядом (на основе построенной авторегрессионной модели); в) отнесение отдельного, например, нового объекта к тому или иному классу существующих объектов (на основе решающего правила, построенного по обучающим выборкам). Одной из задач системных исследований космической техники является прогнозирование общих тенденций и перспектив развития. Необходимость прогноза остро ощущается как на этапах проектирования, проведения испытаний и модернизации технических объектов и систем, так и при разработке космических программ [1-4].

Эти задачи актуальны в исследованиях транспортных космических систем (ТКС). Основу современных ТКС составляют ракеты-носители космических аппаратов (КА). К настоящему времени сформировался мировой рынок услуг по выведению КА и обслуживающий его мировой парк ракет-носителей (РН). Основными “потребительскими” характеристиками РН являются энергетические возможности (масса выводимого на орбиту полезного груза) и стоимость пуска. В настоящей работе исследуются статистические зависимости между указанными “потребительскими” характеристиками и основными техническими характеристиками РН мирового парка.

1 Введение

Особенностью исследований транспортных космических систем является большое число учитываемых характеристик объектов и многообразие определяющих их внешних факторов, что, безусловно, усложняет решение перечисленных статистических задач. Это проявляется в отсутствии точных априорных гипотез об исследуемых объектах, что может характеризоваться следующими видами структурной неопределенности: 1) по числу однородных групп наблюдений, объективно существующих в исходной выборке данных; 2) по количеству и составу входных переменных в регрессионных моделях зависимостей выходных переменных от входных переменных; 3) по степени статистической зависимости между аддитивными случайными составляющими в выходных переменных в системе регрессионных моделей; 4) по количеству и составу признаков в задачах статистической классификации.

Первоочередными задачами статистического анализа данных, проводимого в рамках прогнозирования тенденций и перспектив развития РКТ в условиях структурной неопределенности, являются задачи автоматической классификации (кластерного анализа). Общая постановка задачи автоматической классификации совокупности объектов состоит в требовании разбиения этой совокупности на некоторое число однородных в определённом смысле классов, причём число классов, вообще говоря, заранее неизвестно. Исходная информация о каждом объекте из классифицируемой совокупности представлена, как правило, значениями многомерного признака, а понятие однородности основано на предположении, что геометрическая близость в пространстве признаков двух объектов означает близость их "физических" состояний, их сходство.

Разработаны два метода оценивания энергетических возможностей ракет-носителей и стоимости пусков по их основным техническим характеристикам в условиях структурной неопределенности.

В первом методе результаты решения задачи кластеризации в пространстве входных переменных (технических характеристик) и результаты решения задачи кластеризации в пространстве выходных переменных использованы для прогнозирования выходных переменных. Этот метод может быть применен, например, для

получения оценок энергетических возможностей новых ракет-носителей по их заданным входным характеристикам в тех случаях, когда установление значений выходных переменных для этих новых объектов сопряжено с длительным временем или высокой стоимостью обследования, либо требует реального функционирования объекта. Другой пример применения этого метода – проверка правдоподобности заявленных энергетических возможностей и стоимости пусков новых ракет-носителей.

В основу второго метода положено построение системы регрессионных уравнений, описывающих зависимости выходных переменных объектов от множества входных переменных:

$$y(k) = f_k(X(k)) + o(k),$$

где $y(k)$ – k -я выходная переменная; $k=1,2,\dots,h$ – номер выходной переменной; h – их число; $X(k)$ – множество входных переменных для $y(k)$; $X(k)$ для разных $y(k)$ могут быть, вообще говоря, различными; $o(k)$ – аддитивные составляющие выходных переменных. Как показано в [5], факт статистической зависимости между $o(k)$ может быть использован при одновременном оценивании коэффициентов системы регрессионных моделей для выходных переменных. Учёт этой статистической зависимости позволяет точнее восстановить незашумленные ненаблюдаемые выходы объекта, т.е. позволяет улучшить качество системы регрессионных моделей.

Отыскиваемые во втором методе регрессионные зависимости для разных групп (классов, кластеров) ракет-носителей могут отличаться как по значениям коэффициентов, так и по структуре регрессионных моделей. Этот факт может быть использован для решения задачи статистической классификации (распознавания) нового объекта, т.е. для отнесения его к тому или иному известному классу [6].

2. Описание класса моделей

Задача оценивания коэффициентов в системе регрессионных моделей традиционно решается отдельно для каждой выходной переменной, и затем полученные модели лишь формально объединяются в систему. Если ошибки наблюдения выходных переменных моделируемого объекта статистически независимы, такое решение вполне оправдано. Интуитивно же ясно, что факт статистической зависимости между ошибками наблюдения выходных

переменных моделируемого объекта может быть использован для более точного восстановления незашумленных (ненаблюдаемых) значений выходов объекта. Вместе с тем эта возможность вовсе не очевидна, и, как известно (см., например [7, с. 488-491]), даже в случае шумов с произвольной (т.е., вообще говоря, недиагональной) ковариационной матрицей схема независимого оценивания коэффициентов регрессионных уравнений остаётся правильной. Но, оказывается, она правильна только при условии, что у всех выходных переменных общее множество регрессоров. Реальные объекты могут описываться системами регрессионных моделей более широкого класса, т.е. такими системами, в которых выходные переменные могут определяться, вообще говоря, разными множествами регрессоров. Оценивание коэффициентов именно для такого класса систем регрессионных моделей и рассматривается в данной работе.

Пусть модель функционирования исследуемого объекта имеет вид:

$$y(k) = \overset{\circ}{y}(k) + o(k) = \sum_{j=1}^{m(k)} \overset{\circ}{u}_j(k) \overset{\circ}{x}_j(k) + o(k), \quad k = 1, 2, \dots, h, \quad (1)$$

где k – номер выхода объекта; h – число выходов объекта; $y(k)$ и $\overset{\circ}{y}(k)$ – измеренный с ошибкой k -й выход объекта и незашумленный (ненаблюдаемый) k -й выход объекта соответственно; $o(k)$ – случайная ненаблюдаемая ошибка измерения k -го выхода объекта; $\overset{\circ}{x}_j(k)$ – j -й вход объекта из множества входов $\overset{\circ}{X}(k) \neq \emptyset$ ($\emptyset$ – пустое множество), участвующих в формировании k -го выхода объекта; $\overset{\circ}{u}(k) = (\overset{\circ}{u}_1(k), \overset{\circ}{u}_2(k), \dots, \overset{\circ}{u}_{m(k)}(k))^T$ – вектор неизвестных, не равных нулю коэффициентов; $m(k)$ – число входов, принадлежащих множеству $\overset{\circ}{X}(k)$.

Будем считать, что в результате наблюдения объекта для каждого его k -го выхода получены: 1) $\overset{\circ}{X}(k)$ – $(n \times m(k))$ -матрица n наблюдений $m(k)$ входов множества $\overset{\circ}{X}(k)$, имеющая полный ранг, равный $m(k)$; 2) $y(k)$ – $(n \times 1)$ -вектор соответствующих наблюдений

выхода $y(k)$. Тогда в соответствии с моделью (1) для вектора наблюдений $y(k)$ выполняется

$$y(k) = \overset{o}{y}(k) + o(k) = \overset{o}{X}(k) \overset{o}{u}(k) + o(k), \quad k = 1, 2, \dots, h, \quad (2)$$

где $\overset{o}{y}(k)$ – $(n \times 1)$ -вектор значений незашумленного (ненаблюдаемого) k -го выхода объекта; $o(k)$ – $(n \times 1)$ -вектор случайных ненаблюдаемых ошибок измерения k -го выхода объекта.

Пусть относительно $o(k)$, $k = 1, 2, \dots, h$, выполнены предположения

$$E\{o(k)\} = 0_n, \quad E\{o(k)o^T(k)\} = y(k) I_n, \quad k = 1, 2, \dots, h; \quad (3)$$

$$E\{o(k)o^T(q)\} = y(k, q) I_n, \quad k, q = 1, 2, \dots, h, \quad k \neq q, \quad (4)$$

где $E\{\cdot\}$ – знак математического ожидания по всем возможным реализациям случайных векторов $o(k)$ и $o(q)$; 0_n – $(n \times 1)$ -вектор, состоящий из нулей; $y(k, k)$ – неизвестная конечная величина, дисперсия случайной величины $o(k)$; $y(k, q)$ – неизвестная конечная величина, ковариация случайных величин $o(k)$ и $o(q)$; I_n – единичная $(n \times n)$ -матрица.

3. Решение практической задачи

Рассмотрим задачу оценивания энергетических возможностей и стоимости пусков ракет-носителей по их основным техническим характеристикам.

Множество выходных переменных образовано следующими характеристиками:

$y(1)$ – стоимость пусков (заявленная, млн. долл.);

$y(2)$ – максимальная масса полезного груза, выводимого на низкую круговую орбиту (Low Earth orbit, ЛЕО-орбита, кг).

Множество входных переменных образовано такими характеристиками:

x_1 – время с первого пуска (в годах);

x_2 – стартовая масса ракеты-носителя (т);

x_3 – широта местности расположения космодрома (град.);

x_4 – стартовая тяга – тяга у земли первой ступени (кгс);

x_5 – удельный импульс у земли первой ступени (с);

x_6 – удельный импульс в пустоте верхней ступени (с).

Информация о ракетах-носителях мирового парка получена из базы данных, разработанной и пополняемой по открытым источникам в отделе системного анализа и проблем управления Института технической механики НАНУ и НКАУ. При моделировании использованы данные по 84 модификациям ракет-носителей.

Задача состоит в том, чтобы построить систему регрессионных уравнений, которая позволяла бы дать оценку стоимости пуска и максимальной массы полезного груза, выводимого на ЛЕО-орбиту, по значениям входных переменных ракеты-носителя.

Предлагаемая схема оценивания энергетических возможностей ракет-носителей и их стоимости пусков состоит из двух этапов. Первый этап представляет собой решение двух задач кластеризации: 1) в пространстве входных переменных и 2) в пространстве выходных переменных. Результаты этих двух кластеризаций, проведенных независимо друг от друга, сравниваются по составу кластеров (по номерам попавших в них наблюдений): устанавливается соответствие между полученными кластерами в пространстве входных переменных X и в пространстве выходных переменных Y . Наблюдения, которые входят в один и тот же кластер в пространстве выходных переменных и, одновременно, в один и тот же кластер в пространстве входных переменных, объединяются в новые “общие” кластеры. Группа ракет-носителей, попавших в один кластер как в пространстве X , так и в пространстве Y , может претендовать на то, что их геометрическая близость означает близость их “физических” свойств (их сходство), и, можно ожидать, что зависимости выходных переменных от входных переменных для них будут одинаковы. И, следовательно, для такой группы ракет-носителей постановка задачи оценивания энергетических возможностей ракет-носителей и стоимости пусков по информации об их входных переменных является корректной.

Далее, на втором этапе схемы, возможны два варианта решения поставленной задачи оценивания. Первый из них основан на поиске так называемого наблюдения-аналога, т.е. такой ракеты-носителя, которая наиболее близка к исследуемой ракете-носителю в пространстве входных переменных. По этой схеме в качестве оценок значений выходных переменных исследуемой ракеты-носителя берутся значения выходных переменных у наблюдения-аналога.

Второй вариант основан на построении системы регрессионных моделей для выходных переменных в зависимости от входных переменных. Системы моделей строятся отдельно для каждого "общего кластера" по наблюдениям, вошедшим в данный "общий кластер". Далее эти системы моделей применяются для получения оценок значений выходных переменных исследуемой ракеты-носителя. Какую именно систему моделей применять к данной исследуемой ракете-носителю определяется тем, к какому кластеру в пространстве входных переменных она относится.

Решение задач кластеризации первого этапа в пространстве входных переменных и в пространстве выходных переменных проводилось следующим образом. Данные по каждой переменной предварительно центрировались относительно её выборочного среднего значения и нормировались на выборочное среднеквадратическое отклонение. В качестве меры близости между наблюдениями применялось расстояние Евклида. В качестве способа вычисления расстояния между подмножествами объектов и правила присоединения объекта выбран алгоритм "ближайшего соседа".

По данным о ракетах-носителях, вошедших в "общий" кластер, построена оптимальная система регрессионных моделей. Факт принадлежности этих ракет-носителей одному общему кластеру делает такую попытку построения вполне корректной.

Ввиду ограниченности выборки наблюдений ($n=84$) в качестве критерия качества моделей применен усредненный критерий регулярности метода группового учета аргументов (критерий скользящего контроля), исследованный в [8].

Пусть матрица регрессоров V – $(n \times s)$ -матрица наблюдений входов, принадлежащих множеству V , s – их число. Усредненным критерием регулярности в МГУА называется случайная величина

$$УКР = \sum_{i=1}^n (y_i - \mathbf{v}_i^T \hat{\mathbf{d}}_{(i)})^2, \quad (5)$$

где $\hat{\mathbf{d}}_{(i)}$ – МНК-оценка регрессии выходной переменной y на V , рассчитанная по выборке, которая получается из исходной выборки в результате исключения из нее наблюдения с номером i :

$$\hat{\mathbf{d}}_{(i)} = (\mathbf{V}_{(i)}^T \mathbf{V}_{(i)})^{-1} \mathbf{V}_{(i)}^T \mathbf{y}_{(i)}, \quad (6)$$

т.е. в (6) для $((n-1) \times s)$ -матрицы $V_{(i)}$ и для $(n-1)$ -вектора $Y_{(i)}$ выполняется

$$V^T = [V_{(i)}^T | v_i], \quad y^T = (y_{(i)}^T, y_i), \quad (7)$$

где V_i – $(s \times 1)$ -вектор значений входов, соответствующих y_i – наблюдению выхода с номером i (выполнение (7) для любого i можно обеспечить простой перестановкой столбцов матрицы V^T и элементов вектора y).

Поскольку поиск модели проводился в классе нелинейных моделей, входные и выходные переменные центрировались и нормировались по правилу $z_{\text{норм}} = (z - a)/b$, где a – среднее значение переменной, а b – ее среднеквадратичное отклонение (см. таблицу 1).

Таблица 1

Нормировочные коэффициенты для центрирования и нормирования входных и выходных переменных

Коэффициенты	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	$y(1)$	$y(2)$
центрирования (a)	14,024	337,43	30,821	231360,0	278,62	358,78	75,964	8085,7
нормирования (b)	11,102	252,41	14,303	219960,0	46,976	69,079	69,404	6641,6

Получена модель оптимальной сложности, которая имеет вид

$$y(1) = -0,254 + 0,269x_2^3 + 0,311x_6, \quad (8)$$

$$y(2) = 0,802x_2 + 0,339x_4x_5 + 0,375x_5 + 0,125x_6.$$

Попытки усложнения этой системы двух регрессионных уравнений (по количеству и составу членов в модели) приводят к увеличению усредненного критерия регулярности для каждого регрессионного уравнения.

Качество построенных регрессионных уравнений можно охарактеризовать среднеквадратическим отклонением модельных значений от наблюдаемых значений выходных переменных:

$$\hat{y}_k = \left(\sum_{i=1}^n (y_i(k) - \hat{y}_i(k))^2 / (n - m_k) \right)^{1/2}, \quad (9)$$

где $y_i(k)$ и $\hat{y}_i(k)$ – i -е наблюдаемое значение и i -е модельное значение k -й выходной переменной соответственно; i – номер наблюдения; k – номер выходной переменной; n – число наблюдений; m_k – число коэффициентов в модели для k -й переменной ($m_1 = 3$, $m_2 = 4$).

В полученной системе моделей значения этого показателя для выходных переменных соответственно равны: $\mathcal{E}_1 = 0,371$; $\mathcal{E}_2 = 0,291$.

Как известно, статистики $\mathcal{E}_1$ и $\mathcal{E}_2$ в (9) являются заниженными оценками ожидаемых среднеквадратических ошибок моделей на новых данных. Свободными от этого недостатка являются значения, получаемые по усредненному критерию регулярности, равные 0,386 и 0,299 для первого и второго регрессионных уравнений соответственно.

Другим показателем качества регрессионных моделей является выборочный множественный коэффициент корреляции, который является обычным коэффициентом корреляции между наблюдаемыми и модельными значениями выходной переменной:

$$R_k = \left(\frac{\sum_{i=1}^n \left(y_i(k) - \bar{y}(k) \right) \left(\hat{y}_i(k) - \bar{\hat{y}}(k) \right)}{\sqrt{\sum_{i=1}^n \left(y_i(k) - \bar{y}(k) \right)^2 \sum_{i=1}^n \left(\hat{y}_i(k) - \bar{\hat{y}}(k) \right)^2}} \right)^{1/2},$$

где $\bar{y}(k)$ и $\bar{\hat{y}}(k)$ – средние значения наблюдаемых и модельных значений k -й выходной переменной соответственно.

В полученной системе моделей значения множественного коэффициента корреляции для двух выходных переменных равны $R_1 = 0,93$ и $R_2 = 0,96$.

По всем показателям качества построенные модели могут быть признаны хорошими и могут быть рекомендованы для оценивания энергетических возможностей и стоимости пусков ракет-носителей по их входным характеристикам. Для этого достаточно в полученные модели подставить значения входных переменных исследуемой ракеты-носителя. Поскольку входные и выходные переменные моделей предварительно центрировались и нормировались, то порядок применения моделей должен быть следующим: а) нормировать и центрировать значения входных переменных, воспользовавшись таблицей нормировочных коэффициентов; б) подставить нормированные и центрированные значения входных переменных в модель; в) от полученных модельных значений перейти к ненормированным и нецентрированным прогнозным значениям выходных переменных, снова воспользовавшись таблицей нормировочных коэффициентов.

4. Выводы

Разработаны два метода оценивания энергетических возможностей ракет-носителей и стоимости пусков по их основным техническим характеристикам на основе кластеризации и системного регрессионного анализа. Решена практическая задача оценивания энергетических возможностей ракет-носителей и стоимости пусков на основе информации из базы данных отдела системного анализа и проблем управления Института технической механики НАНУ и НКАУ.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алпатов А.П., Камелин А.Б., Кунцевич В.М., Черемных О.К. Перспективные научные космические исследования в Украине // Сборник трудов Первой украинской конференции по перспективным космическим исследованиям (Киев, 8-10 октября 2001 г.). – Киев: 2001. – С. 5–10.
2. Алпатов А.П., Антоненко М.Е., Визер Т.Ф., Головин Ю.Н., Дорошкевич В.К., Иванов В.И., Ковалев Б.А., Мостипан И.Ф., Орешкин В.И., Сазина Н.П. Анализ причин переносов сроков пусков. Информационно-аналитический бюллетень “Ракетная и космическая техника. Транспортные космические системы”: Препринт. НАНУ и НКАУ. Институт технической механики; 2. Днепропетровск: 2003. – 9 с.
3. Будник В.С., Дорошкевич В.К., Ковалев Б.А., Кузнецов В.И. Развитие системного подхода в исследованиях объектов ракетно-космической техники // Техническая механика. – 2001. – № 2. – С. 122–133.
4. Гусынин В.П., Гольдштейн Ю.А., Дорошкевич В.К., Кузнецов В.И., Кучугурный Ю.П. Многокритериальный сравнительный анализ объектов ракетно-космической техники // Космічна наука і технологія. – 2005. – Т. 11. – № 1/2. – С. 3–9.
5. Сарычев А.П. Оценивание коэффициентов в системах регрессионных моделей // Проблемы управления и информатики. – 2003. – № 4. – С. 74–82.
6. Сарычев А.П. Классификация объектов наблюдений, описываемых системами регрессионных уравнений с детерминированными коэффициентами // Штучний інтелект. – 2005. – № 3. – С. 43–56.
7. Рао С.Р. Линейные статистические методы и их применения. – М.: Наука, 1968. – 548 с.
8. Сарычев А.П. Усредненный критерий регулярности метода группового учета аргументов в задаче поиска наилучшей регрессии // Автоматика. – 1990. – № 5. – С. 28–33.

Получено 31.01.07

УДК 629.11.012.552.6.001.4

Маслов А.Г., Рудасёв В.Б.

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЫХОДНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ПНЕВМАТИЧЕСКИХ КОЛЕСНЫХ ДВИЖИТЕЛЕЙ МАШИН ДЛЯ ЗЕМЛЯНЫХ И ДОРОЖНЫХ РАБОТ

Введение

В настоящее время широкое распространение получили машины для земляных и дорожных работ на пневмоколесном ходу. Преимущества данного класса машин перед техникой на гусеничном ходу очевидны: возможность эксплуатации на дорогах общего пользования без предварительной подготовки; меньшая масса машин; снижение расхода горюче-смазочных материалов; улучшенные условия работы водителей. К землеройным машинам, у которых в качестве ходового оборудования применяются пневматические колесные движители можно отнести: автогрейдеры; экскаваторы; погрузчики; бульдозеры и т.д. Связующим звеном между опорной поверхностью и машиной являются пневматические шины, передающие машине не только воздействие от дороги и направление движения, но и сообщающие ей тяговое усилие при выполнении работ по резанию и копанию грунта. Именно поэтому технические параметры землеройных машин непосредственно зависят от основных выходных характеристик пневматических шин. Улучшение этих характеристик приведет к повышению эксплуатационной производительности землеройной техники, что на сегодняшний день представляет значительный интерес.

Математическое моделирование напряженно-деформированного состояния пневматических шин дорожно-строительного назначения

Пневматические шины, применяемые на машинах для земляных и дорожных работ, относятся к классу внедорожных, крупногабаритных шин, отличительной особенностью которых является многослойность конструкции.

В последнее время при разработке пневматических шин различного назначения используется математическая модель нелинейной моментной анизотропной многослойной оболочки с

учетом влияния деформаций поперечного сдвига и поперечного обжатия для всех слоев, в независимости от их толщины и механических характеристик [1]. Фрагмент данной оболочки представлен на рисунке 1.

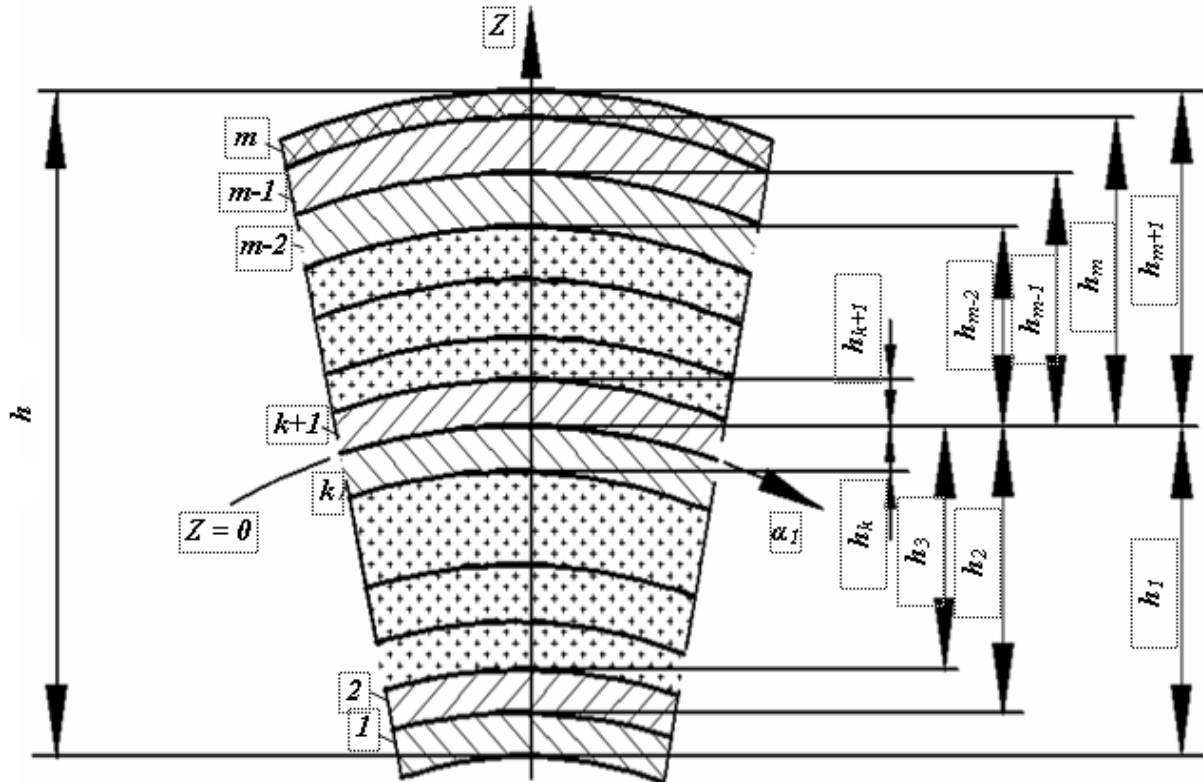


Рисунок 1 – Фрагмент многослойной анизотропной оболочки

В соответствии с принятой математической моделью оболочка подвергается действию нормальных q_3^+ , q_3^- и касательных q_i^+ , q_i^- , ($i = 1, 2$) нагрузок на верхней $z = h_{m+1}$ и нижней $z = -h_1$ поверхностях.

Положенные в основу принятой теории гипотезы разделяются на статические и кинематические. Изменение по толщине многослойной оболочки поперечных касательных напряжений в ортогональных направлениях α_i , моделируется при помощи статических гипотез:

$$\sigma_{i3} = G_{i3}(z) \cdot f_{i3}(z) \cdot \psi_i(\alpha_1, \alpha_2); (i = 1, 2). \quad (1)$$

Также при помощи статических гипотез моделируется изменение поперечных нормальных напряжений, что не противоречит физической сути рассматриваемой задачи:

$$\sigma_{33} = q_3^+ \frac{h_{m+1} - z}{h} + q_3^- \frac{h_1 - z}{h} + \varphi(z) \cdot p(\alpha_1, \alpha_2). \quad (2)$$

Изменение поперечной деформации оболочки по толщине пакета слоев вдоль нормали $x_3 = z$, характеризуется кинематической гипотезой:

$$e_{33} = f_3(z) \cdot \psi_3(\alpha_1, \alpha_2). \quad (3)$$

В выражениях (1) - (3) деформации поперечного сдвига учитываются при помощи функций $\psi_1(\alpha_1, \alpha_2)$ и $\psi_2(\alpha_1, \alpha_2)$. Функции $\psi_3(\alpha_1, \alpha_2)$ и $p(\alpha_1, \alpha_2)$ позволяют учитывать поперечное обжатие. При помощи функций $f_1(z)$, $f_3(z)$, $\varphi(z)$ описываются законы распределения напряжений и деформаций по толщине пакета слоев. Закон изменения поперечных касательных напряжений, которому соответствует функция $f_1(z)$, получен на основе классической теории согласно гипотез Кирхгоффа-Лява [2].

Принятые гипотезы (1) - (3) позволяют построить геометрическую модель деформированного состояния оболочки, с учетом влияния деформации поперечного сдвига и обжатия.

Соотношение Коши [2] $e_{33} = u_3$ и гипотеза (3) позволяют путем интегрирования найти поперечные нормальные перемещения:

$$u_3(\alpha_1, \alpha_2, z) = w(\alpha_1, \alpha_2) + f_3(z) \cdot \psi(\alpha_1, \alpha_2), \quad (4)$$

где $w(\alpha_1, \alpha_2)$ - функция прогиба координатной поверхности, положение которой выбирается произвольно по толщине пакета слоев. В нашем случае удобно выбрать поверхность пневматической шины, контактирующей с опорной поверхностью. В соответствии с законом Гука и с гипотезой (1) имеем возможность определить деформации поперечного сдвига:

$$2e_{i3} = f_{i3}(z) \cdot \psi_i(\alpha_1, \alpha_2), \quad (i = 1, 2) \quad (5)$$

Интегрируя соотношения Коши, получаем выражения для определения тангенциальных перемещений:

$$u_i(\alpha_1, \alpha_2, z) = v_i(\alpha_1, \alpha_2) - A_i^{-1} z w_1 + f_1(z) \psi_i - f_3(z) A_i^{-1} \psi_3, \quad (i = 1, 2) \quad (6)$$

где $v_i(\alpha_1, \alpha_2)$ - тангенциальные перемещения координатной поверхности.

Выражения (4) - (6) формируют геометрическую модель деформированного состояния многослойной оболочки пневматической шины, с учетом нелинейного закона изменения тангенциальных перемещений по толщине всего пакета слоев.

Для определения перемещений в каждом слое необходимо составить систему дифференциальных уравнений высокого порядка. Решение подобных систем связано со значительными трудностями. Для решения подобной задачи целесообразно использовать численные методы, в частности, метод локальных вариаций [2].

Определение силы тяги колесного движителя

Одним из наиболее тяжелых и ответственных режимов работы машин для земляных и дорожных работ является тяговый режим. Эффективность работы машины в целом непосредственно зависит от эффективности выполнения операций в тяговом режиме.

В работе [3] исследованы характеристики пневмоколесного движителя при движении по прямолинейной траектории. Так как тяговое усилие, развиваемое колесом, определяется условиями сцепления пневматической шины с опорной поверхностью, то выражение силы тяги или равнодействующей элементарных сил трения в зоне контакта при полном буксовании колеса имеет вид:

$$T_{\varphi} = G_k A_1, \quad (7)$$

где G_k – вертикальная нагрузка на ось колеса, Н;

A_1 – коэффициент, зависящий от характеристик резины протектора и величины нормальных контактных напряжений [Ульянов];

$$A_1 = \mu_{c\Theta\sigma} - U\sigma, \quad (8)$$

где $\mu_{c\Theta\sigma}$ – условный коэффициент трения скольжения резины при полном буксовании;

U – угловой коэффициент, МПа⁻¹;

σ – нормальные контактные напряжения, МПа.

Выводы

Таким образом, определив при помощи математической модели величину нормальных контактных напряжений, σ , а также используя имеющиеся коэффициенты [3] для различных разновидностей опорной поверхности, имеем возможность рассчитать усилие тяги колесного движителя или равнодействующую элементарных сил трения в зоне контакта при тяговом режиме землеройной машины.

ЛИТЕРАТУРА

1. Скорняков Э.С. Крупногабаритные шины автомобилей и тракторов: Монография. – Днепропетровск: Пороги, 2000. – 263 с.
2. Амбарцумян С.А. Общая теория анизотропных оболочек. - М.: Наука, 1974. - 446 с.
3. Ульянов Н.А. и др. Самоходные колесные землеройно-транспортные машины // М.: «Машиностроение», 1976. 359 с.

Получено 01.02.07

СОДЕРЖАНИЕ

Системное моделирование технологических процессов

Нифтиева З.А. Об эффективности поверхностного пластического деформирования строительных сталей	3
Наумова И.Ю. Один из подходов к решению задач многослойного пакета пластин	11
Новицкий И.В., Балаш Ю.А. Оптимизация процесса загрузки дробильно-перегрузочного комплекса	20
Гоцуленко В.В. О существовании предельного цикла при напорном перемещении жидкостей или газов в пневмо или гидросети как динамической системе	26
Чернета О.Г., Касьян В.С., Шурыгин Д.А. Прогрессивные технологии ремонта коленчатых валов двигателя внутреннего сгорания автомобиля	31
Бейгул О.А., Мямлин С.В., Лепетова А.Л. Определение собственных частот технологической платформы на пневмоколесном ходу в поперечной плоскости	38
Павленко А.М., Крюковская О.А., Кошлак А.В., Вернигора В.Д., Гасило Ю.А. Обезвреживание отработанных эмульсионных сред в центробежных аппаратах	44
Крюковская О.А., Павленко А.М., Юдина С.А. Результаты промышленного использования водомазутных эмульсий	49
Плахотнік О.О., Шматко Д.З. Удосконалення управлінської діяльності підприємств автомобільного транспорту в умовах ринкових перетворень	53
Шматко Д.З. Розрахунок кількості і пропускної здатності навантажувально-розвантажувальних пунктів	57
Шматко Д.З., Кочнева О.В. Комплексне рішення задачі вибору рухомого складу та управління запасами	62
Скорняков Э.С., Кваша Э.Н., Бурхович М.П. Новая технология изготовления крупногабаритных шин	67
Толок А.А., Коробочка А.Н. Оценка технологических процессов очистки воздушной среды металлургических предприятий	73

Системные технологии обработки информации

Шкиль В.Н., Коробочка А.Н., Дорофеев В.В. Графический метод определения погрешности измерительной головки касания	78
Яценко В.О., Хандріга П.О. Алгебраїчні та оптимізаційні методи знаходження псевдообернених матриць та їх використання для оцінювання вмісту хлорофілу в рослинності	84
Дорофеев В.В., Коробочка А.Н., Коржавін Ю.А. Формування навиків конструювання при скрізній комп'ютерній підготовці спеціалістів механіків в ДДТУ	94

Богданова Н.В., Мухамед Ель Амин Бабикер Анализ временных параметров телекоммуникационных сетей при самоподобном трафике.....	101
Волковский О.С. Исследование возможностей распознавания удаленных сетевых атак на уровне приложений	112
Гриша О.В. Методика управління креативними іт проектами з врахуванням ризику інверсного просування	117
Рожковский В.Ф., Бузская Н.А. Согласование элементов при расшифровке интерферограмм методом конечных элементов	130
Скалозуб В.В., Андрющенко В.О., Солтисюк О.В. Моделювання процесів оптимального планування вантажних перевезень вагонними парками різних форм власності	138
Оксанич А.П., Батареев В.В., Шепель Л.Г. Исследование спектров фотолюминисценции и их связь с плотностью дислокаций в пластинах пин GaAs с различной степенью стехиометрии.....	151
Алпатов А.П., Кузнецов В.И., Сарычев А.П. Статистическое моделирование зависимостей энергетических возможностей и стоимости носителей от их технических характеристик	166
Маслов А.Г., Рудасёв В.Б. Исследование выходных характеристик пневматических колесных движителей машин для земляных и дорожных работ	176

РЕФЕРАТЫ

УДК 539.3

Наумова И.Ю. **Один из подходов к решению задач многослойного пакета пластин** // Системні технології. Регіональний міжвузівський збірник наукових праць. - Випуск 1(48) .- Дніпропетровськ, 2007. - С. 11–19.

Предложено представление многослойной пластины в виде пакета пластин. Состояние каждой пластины описывается уточненными уравнениями для контактных задач. Задача об определении контактных взаимодействий между пластинами сводится к краевой задаче для пакета в целом относительно контактного взаимодействия между первой и второй пластинами. Посредством рекуррентных соотношений определяются контактные взаимодействия между остальными пластинами. Подход иллюстрируется на двухслойной пластине, работающей в условиях антиплоской деформации.

Библ.7, ил.5.

УДК 519.876

Новицький І.В., Балаш Ю.А. **Оптимізація процесу завантаження подрібнюючи-перевантажувального комплексу** // Системні технології. Регіональний міжвузівський збірник наукових праць. - Випуск 1(48) .- Дніпропетровськ, 2007. - С. 20–25.

Шляхом побудови імітаційної моделі подрібнюючи-перевантажувального комплексу вирішено задачу оптимізації роботи кар'єрного транспорту з урахуванням дискретного характеру завантаження бункера-постачальника та безперервного характеру його спустошення.

УДК 536/533+621.63

Гоцуленко В.В. **Про існування граничного циклу при напірному переміщенні рідин чи газів у пневмо чи гідромережі як динамічній системі** // Системні технології. Регіональний міжвузівський збірник наукових праць. – Випуск 1 (48). – Дніпропетровськ. 2007. – С.26-30.

На підставі чисельної реалізації відображення Пуанкаре динамічної системи, що описує напірний рух рідини, чи газу встановлені існування єдиного стійкого граничного циклу.

Бібл. 10, іл. 2.

УДК 621.793

Чернета О.Г., Касьян В.С., Шурыгин Д.А. **Прогрессивные технологии ремонта коленчатых валов двигателя внутреннего сгорания автомобиля** // Системні технології. Регіональний міжвузівський збірник наукових праць. – Випуск 1 (48). – Дніпропетровськ. 2007. – С.31-37.

У наданій роботі проведений аналіз роботи колінчастих валів двигуна внутрішнього згоряння автомобіля, матеріалів клапанів і розроблена технологія лазерного зміцнення робочої поверхні клапана.

УДК 669.013.002.5:531.3

Бейгул О.О., Мямлін С.В., Лепетова Г.Л. **Визначення власних частот технологічної платформи на пневмоколісному ході у поперечній площині** // Системні технології. Регіональний міжвузівський збірник наукових праць. – Випуск 1 (48). – Дніпропетровськ, 2007. – С.38-43.

Розроблена математична модель збуреного руху технологічної платформи на пневмоколісному ході у поперечній площині, отримані власні динамічні характеристики.

Бібл. 3, іл. 1.

УДК 532

Павленко А.М., Крюковська О.А., Кошлак А.В., Вернигора В.Д., Гасило Ю.А. **Поділ відпрацьованих емульсійних середовищ у відцентрових апаратах** // Системні технології. Регіональний міжвузівський збірник наукових праць. – Випуск 1 (48). – Дніпропетровськ, 2007. – С.44-48.

Наявність структурних зв'язків в емульсійному технологічному середовищі впливає на стійкість у відцентровому полі.

В даній роботі запропонована оцінка ступеню впливу різних факторів на зазначений параметр, із якої витікає висновок – вибором комплексної дії на дисперсне середовище можливо інтенсифікувати процеси руйнації небажаних дисперсій.

УДК 629.331

Плахотник Е.А., Шматко Д.З. **Совершенствование управленческой деятельности предприятий автомобильного транспорта в условиях рыночных преобразований** // Системні технології. Регіональний міжвузівський збірник наукових праць. – Випуск 1 (48). – Дніпропетровськ, 2007. – С.53-56.

В статье рассмотрены мероприятия направленные на повышение объема транспортных услуг и повышения уровня прогрессивного технологического оборудования.

Библ. 4.

УДК 338.656.025

Шматко Д.З. **Расчет количества и пропускной способности погрузочно-разгрузочных пунктов** // Системні технології. Регіональний міжвузівський збірник наукових праць. – Випуск 1 (48). – Дніпропетровськ, 2007. – С. 57-61.

Приведенная в статье методика позволяет определить необходимое количество постов погрузки и разгрузки, а также необходимое количество транспортных средств

для бесперебойной работы погрузочно-разгрузочных пунктов; исследовать зависимость ритма работы АТП от количества постов погрузки или разгрузки.

Библ.8.

УДК 338.656.025

Шматко Д.З., Кочнева Е.В. **Комплексное решение задачи выбора подвижного состава и управления запасами** // Системні технології. Регіональний міжвузівський збірник наукових праць. – Випуск 1 (48). – Дніпропетровськ, 2007. – С.62-66.

Математическая модель позволяет установить взаимосвязь между расстоянием перевозки груза, стоимостью груза и оптимальной грузоподъемностью подвижного состава при которых суммарные затраты составляют минимум.

Библ. 3

УДК 629.11.012.552.6.001.4

Скорняков Е.М., Кваша Е. М., Бурхович М. П. **Нова технологія виготовлення великогабаритних шин** // Системні технології. Регіональний міжвузівський збірник наукових праць. – Випуск 1 (48). – Дніпропетровськ, 2007. – С.67-72.

Для оптимізації напружено-деформованого стану шини при дії на неї експлуатаційних навантажень було розроблено метод виготовлення великогабаритних автомобільних шин, що полягає в неперервному намотуванні обгумованого корду на станку з ЧПЗ. Розроблено також технологічний процес виготовлення каркасу шини та керуюча програма для станка з ЧПЗ.

Методом неперервного намотування виготовлено дослідний зразок шини моделі 13,0/75-16, що підтвердило можливість виготовлення каркасу шини на станку з ЧПЗ.

Іл. 2. Бібл. 2 назв.

УДК 621.9.06

Шкіль В.Н., Коробочка О.М., Дорофєєв В.В. **Графічний метод визначення похибки вимірювальної головки дотику** // Системні технології. Регіональний міжвузівський збірник наукових праць. – Випуск 1 (48). – Дніпропетровськ, 2007. – С. 78-83.

В статті розглянуто графічний метод розрахунку похибки вимірювальних головок дотику в пакеті «AutoCAD».

Бібл. 4, іл. 3.

УДК 517.977

Яценко В.О., Хандріга П.О. **Алгебраїчні та оптимізаційні методи знаходження псевдообернених матриць та їх використання для оцінювання вмісту хлорофілу в рослинності** // Системні технології. Регіональний міжвузівський збірник наукових праць. – Випуск 1 (48). – Дніпропетровськ, 2007. – С.84-93.

Розглядається проблема оцінювання вмісту хлорофілу в рослинності та пропонується її розв’язок на основі визначення псевдооберненої матриці. Аналізуються та порівнюються між собою різні методи знаходження псевдооберненої матриці: ітераційні, оптимізаційні та декомпозиційні. Показано їхнє застосування в задачах дистанційного зондування рослинності.

УДК 621.9.06

Дорофеев В.В., Коробочка А.Н., Коржавин Ю.А. **Формирование навыков конструирования при сквозной компьютерной подготовке специалистов механиков в ДГТУ** // Системні технології. Регіональний міжвузівський збірник наукових праць. – Випуск 1 (48). – Дніпропетровськ, 2007. – С.94-100.

Рассмотрены подходы и пути совершенствования формирования навыков конструирования при использовании компьютерных систем при подготовке инженеров механиков. Обоснованы направления и программы. Определены этапы подготовки.

УДК 681.3

Богданова Н.В., Мухамед Ель Амін Бабікер **Аналіз часових параметрів телекомунікаційних мереж при само подібному трафіку** // Системні технології. Регіональний міжвузівський збірник наукових праць. – Випуск 1 (48). – Дніпропетровськ, 2007. – С.101-111.

Розглянуті питання підвищення ефективності системи управління телекомунікаційними мережами. Для мереж з динамічною зміною потоків обґрунтовується та пропонується спосіб керування мережею на основі системи мобільних інтелектуальних агентів. Керування трафіком здійснюється на основі принципів економічно-математичної моделі управління складними об’єктами.

Бібл. , іл. 4

УДК 681.3.06

Волковський О.С **Дослідження можливостей розпізнавання віддалених атак на рівні додатків** // Системні технології. Регіональний міжвузівський збірник наукових праць. – Випуск 1 (48). – Дніпропетровськ, 2007. – С.112-116.

Створена система захисту окремого комп’ютера або комп’ютерної мережі, робота якої заснована на виявленні та інтерпретації коду у поштових повідомленнях, визначенні ступеня їх безпеки за розробленими правилами на основі непрямих ознак.

Бібл. 4, табл. 3.

УДК 658.012

Гриша О.В. **Методика управління креативними ІТ проектами с учетом риска инверсного продвижения** // Системні технології. Регіональний міжвузівський збірник наукових праць. – Випуск 1 (48). – Дніпропетровськ, 2007. – С.117-129.

В данной статье проанализированы риски невыполнения целей ИТ проекта. Изложена методика управления на основе априорного оценивания вероятного продвижения креативного ИТ проекта. Предложен метод оценивания фактора, влияющего на реализацию риска инверсного движения проекта. Предоставлена имитационная модель исследования вероятного выполнения проекта в условиях действия фактора новизны выполняемых работ.

УДК 535.41

Рожковський В.Ф., Бузьська Н.О. **Узгодження елементів при розшифровці інтерферограм методом скінченних елементів** // Системні технології. Регіональний міжвузівський збірник наукових праць.-Випуск 1 (48).-Дніпропетровськ,2007.-С.130-137.

Розглядаються можливості застосування методу скінченних елементів для розшифровки голографічних інтерферограм. Запропонований триетапний алгоритм для вирішення цієї задачі. В рамках цього алгоритму розглядається спосіб вирішення задачі другого етапу – етапу узгодження елементів.

Бібл. 2, іл. 1.

УДК 621.315.5

Оксанич А.П., Батарєєв В.В., Шепель Л.Г. **Дослідження спектрів фотолюмінісценції і їх зв'язок з щільністю дислокацій в пластинах НІН GaAs з різним ступенем стехіометрії** // Системні технології. Регіональний міжвузівський збірник наукових праць. – Випуск 1 (48). – Дніпропетровськ, 2007. – С.151-165.

Досліджено фактори, що впливають на неоднорідний розподіл люмінесцентних і структурних властивостей в НІН GaAs, вирощених методом LEC. Встановлено залежність характеру кореляції в розподілі люмінесцентних характеристик і щільності дислокацій від ступеня не стехіометрії монокристалу.

Іл. 6. Бібліогр.: 8 назв.

УДК 519.25:681.3.03

Алпатов А.П., Кузнецов В.И., Сарычев А.П. **Статистическое моделирование зависимостей энергетических возможностей и стоимости носителей от их технических характеристик** // Системні технології. Регіональний міжвузівський збірник наукових праць. – Випуск 1 (48). – Дніпропетровськ, 2007. – С.166-175.

Розроблено два методи оцінювання енергетичних можливостей і вартості пусків ракет-носіїв за їх основними технічними характеристиками на основі кластеризації та системного регресійного аналізу. Вирішено практичну задачу побудови моделі для оцінювання енергетичних можливостей ракет-носіїв і вартості пусків за інформацією з бази даних відділу системного аналізу і проблем керування Інституту технічної механіки НАНУ і НКАУ.

Побудована модель може бути використана в двох практично важливих випадках: по-перше, для одержання оцінок енергетичних можливостей і вартості пусків ракет-

носіїв за їх основними технічними характеристиками, якщо такі дані в доступних джерелах відсутні (наприклад, з метою “заповнення пропусків” у базі даних); по-друге, для перевірки правдоподібності заявлених енергетичних можливостей ракет-носіїв і вартості пусків.

УДК 629.11.012.552.6.001.4

Маслов О.Г., Рудасьов В. Б. **Дослідження вихідних характеристик пневматичних колісних рушіїв машин для земляних та дорожніх робіт** // Системні технології. Регіональний міжвузівський збірник наукових праць. – Випуск 1 (48). – Дніпропетровськ, 2007. – С.176-180.

Наведено математичну модель пневматичної шини як тороїдальну нелінійну моменту анізотропну багат шарову оболонку з урахуванням впливу деформацій поперечного зсуву та поперечного обтиснення для всіх шарів. Сформульовано основні гіпотези для даної моделі. Показано методику обчислення тяглового зусилля пневмоколісного рушія землерийної машини.

Л. 1. Бібл.: 3 назви.

UDC 539.3

Naumova I.U. **One of approaches to solve of problem polylayer packet plates** // System technologies. - N 1(48). - Dnepropetrovsk, 2007. – P. 11-19.

Polylayer plate was presented in form of packet plates. The condition of every plate was decrypted with more accurate equation. The problem of definition contact interaction between plates was reduced to edge problem of whole packet relatively of contact interaction between first and second plates. The contact interaction between rest plates was definite by means of recurrent correlations. The approach was illustrated on 2-layer plate, which worked in conditions antifat deformation.

Bibl.7, ill.5.

UDC 528.235:681.3:628.1

Novitskiy I.V., Balash Yu.A. **Optimization of load process of the cutting-overloading complex** // System technologies. - N 1(48). - Dnepropetrovsk, 2007. – P. 20–25

The optimization task of quarre's transport` job is solved by construction the simulated model of cutting-overloading complex. It was solved in view of discrete character of the bunker`s loading and continuous character of its devastation.

UDC 536/533+621.63

Gotsulenko V.V. **About existence of a limit cycle at crowding motion of fluids or gases in pneumatic or hydraulic system** // System technologies. - N 1(48). - Dnepropetrovsk, 2007. – P. 26-30.

On the basis of numerical realization of function of Poincare of dynamic system describing crowding movement of fluids or gases is existence and unicity of stable limit cycle is established.

Bibl. 10, ill.2.

UDC 621.793

Cherneta O.G., Kasyan V.S., Shurygin D.A. **Progressive repair technologies of the crankshaft of the automobile internal combustion engine** // System technologies. - N 1(48). - Dnepropetrovsk, 2007. – P.31-37.

The main result of the work is increasing, analysis and making technology of lazer treatment the work surfaces crankshaft of the internal combustion engine automobile.

UDC 669.013.002.5:531.3

Beygul O.A., Mjamlin S.V., Lepetova A.L. **The Definition of Natural Frequency for Technological Truck on Pneumatic Wheels on Cross Plane** // System technologies. –№1 (48). – Dnepropetrovsk, 2007. – P.38-43.

The mathematical model for indignant motion of technological truck on pneumatic wheels on cross plane has been worked out, the natural frequency has been received.

Bibl. 3, ill. 1.

UDK 629.331

Plahotnik E.A., Shmatko D.Z. **Perfection of administrative activity of enterprises of motor transport in the conditions of market transformations** // System technologies. –№1 (48). – Dnepropetrovsk, 2007. – P.53-56.

Measures directed on the increase of volume of transport services and increase of level of progressive technological equipment are considered in the article.

Bibl. 4.

UDC 338.656.025

Shmatko D.Z. **Calculation of amount and carrying capacity of pogruzochno-razgruzochnih points** // System technologies. –№1 (48). – Dnepropetrovsk, 2007. – P.57-61.

The method resulted in the article allows to define the necessary amount of posts of loading and unloading, and also necessary amount of transport vehicles for trouble-free work of pogruzochno-razgruzochnih points; to explore dependence of rhythm of the ATP work on the amount of posts of loading or unloading.

Bibl.8.

UDK 338.656.025

Shmatco D.Z., Kochneva H.V. **Complex decision of task of choice of mobile composition and inventory control** // System technologies. –№1 (48). – Dnepropetrovsk, 2007. – P.62-66.

A mathematical model allows to set intercommunication between distance of transportation of load, total expenses make a minimum the cost of load and optimum carrying capacity of mobile composition at which.

Bibl.3

UDC 629.11.012.552.6.001.4

Skornyakov E.S., Kvasha E.N., Burhovich M.P. **New technology of manufacturing of large-sized tyres** // System technologies. –№1 (48). – Dnepropetrovsk, 2007. – P.67-72.

The method of manufacturing of large-sized tyres was developed for optimization of stress-deformed tyre's state under influents on it the exploitation load.

This method is in continuous winding up of rubbered cord on the numerical control lathe. The technological process of frame's manufacturing of tyre and controlling programmed for numerical control lathe are also developed. The experimental sample of 13.0/75-16 model tyre was produced with the help of continuous winding up that confirmed the opportunity of producing the tyre frame on the numerical control lathe.

Fig. 2, Ref. 2 items.

UDC 621.9.06

Shkil V.N., Korobochka A.N. Dorofeev V.V. **Graphical method determination error of measuring head contact** // System technologies.–№1(48).–Dnepropetrovsk,2007. – P.78-83.

In article examination graphical analysis error's measuring element head touch in program «AutoCAD».

Bibl. 4, il. 3.

UDC 517.977

Yatsenko V.O., Handriga P.O. **Algebraic and optimization methods of finding of pseudoinverse matrices and their use for evaluation of maintenance of chlorophyll in vegetation** // System technologies. –№1 (48). – Dnepropetrovsk, 2007. – P.84-93.

The problem of chlorophyll content estimation in vegetation is considered. The solution of the problem is proposed using a pseudoinverse matrix. Different methods for calculation of a pseudoinverse matrix are analyzed: iterative, optimization, and decomposition. An application to the problem of vegetation remote sensing is shown.

UDC 621.9.06

Dorofeev V.V., Korobochka A.N., Korzhavin Yu.A. **Forming of skills of constructing at through computer preparation of specialists of mechanics in DGTU** // System technologies. –№1 (48). – Dnepropetrovsk, 2007. – P.94-100.

Approaches and paths of perfection of forming of skills of constructing at the use of the kompyuternih systems at preparation of engineers of mechanics are considered. Directions and programs are grounded. The stages of preparation are certain.

UDC 681.3

Bogdanova N.V. Muhamed El Amin Babiker **Analysis of time parameters of self-similarity telecommunications networks are given** // System technologies. –№1 (48). – Dnepropetrovsk, 2007. – P.101-111.

The issue of traffic self – similarity is considered in the article. Calculation and analysis of time parameters of self-similarity telecommunications networks are given.

UDC 681.3.06

Volkovskiy O.S. **A research of probabilities of application level remote network attacks identification** // System technologies.–№1(48).–Dnepropetrovsk,2007.–P.112-116.

The protection system for the separate computer or computer network is created. System activity is based on detection and interpretation code in e-mail reports, determination their degree of security by designed principles, on basis of indirect characteristics.

Bibl. 4, tabl. 3.

UDC 658.012

Grisha O.V. **Method of creative IT project management taking into account the risk of inversion advancement** // System technologies.-1(48).-Dnepropetrovsk,2007.-P.117-129.

The non-fulfilment risks of IT project aims are analyzed in this article. A based on a priori estimate management method of reliable advancement of creative IT project is expounded. The evaluation method of factor, which influences on risk realization of project inversion motion, is offered. The simulation model of project reliable implementation research is given in the conditions of factor novelty action of executable works.

UDC 535.41

Roghkovskiy V. F., Buz's'ka N.O. **Concordance of elements at decoding of the interferogramm by finite element method** // System technologies. – №1 (48). – Dnepropetrovsk, 2007. – P.130-137.

Possibilities of application of finite element method are examined for decoding of holographic interferogramms. Offered three stage algorithm for the decision of this task. Within the framework of this algorithm there is considered method of decision of task of the second stage – stage of concordance of elements.

UDC 621.315.5

Oksanich A.P., Batarejev V.V., Shepel L.G. **Research of the photoluminescence spectrums and its tie with dislocations thickness in plates of SCU GaAs with the different degree of stehiometry** // System technologies.–№1(48).–Dnepropetrovsk,2007.–P.151-165.

It is researching the factors, that having an influence the heterogeneous allocation of luminescent and structural properties in SCU GaAs by LEC method. It is determining the dependence of disposition's correlation in distribution of luminescent characteristics and dislocations thickness from degree of monocrystal's nonstehiometry.

Fig. 6. Ref.: 8 items.

UDC 519.25:681.3.03

Alpatov A.P., Kuznetsov V.I., Sarychev A.P.// System technologies.–№1(48).–Dnepropetrovsk,2007.–P.166-175.

Two methods of estimation of power capabilities and cost of rockets firings of launchers on their main technical characteristics designed on the basis of clusterization and system regression analysis. The practical problem of construction of model for estimation of power

capabilities of launchers and cost of launches under the information from the database of department of the systems analysis and problems of control of Institute of a technical mechanics NAS Ukraine and TCA Ukraine is solved. The constructed model can be used in two practically important cases: at first, for obtaining estimations of power capabilities and cost of rockets firings of launchers on their main technical characteristics in a case, when such data in accessible sources miss (for example, with the purpose “filling of the miss” in the database); secondly, for check of plausibility of the announced power capabilities of launchers and cost of launches.

UDK 629.11.012.552.6.001.4

Maslov A.G., Rudasev V.B. **The research of initial characteristics of pneumatic wheeled propulsors of machines for earthworks and road works** // System technologies.– №1(48).–Dnepropetrovsk,2007.–P. 176-180.

The mathematical model of pneumatic tyre as toroidal non linear moment anisotropic multilayer shell taking into account the influence of deformation of cross pressing for all layers is expounded. The main hypotheses for the given model are formulated. The method of calculation of tractive effort of pneumo -wheeled propulsor of excavating machine is shown/

Fig. 1. Ref. 3 items.

АВТОРЫ ВЫПУСКА

Алпатов Анатолий Петрович - д.т.н., профессор, заведующий отделом системного анализа и проблем управления, Институт технической механики НАН Украины и НКА Украины, г. Днепропетровск

Богданова Наталия Владимировна – Международный университет развития человека «Украина», ассистент

Бузская Наталья Александровна - научный сотрудник научно-исследовательской лаборатории неразрушающего контроля и диагностики сложных систем Днепропетровского национального университета.

Балаш Юлия Анатольевна - студентка НГУ, V курс, Национальный горный университет.

Батареев Віктор Володимирович – аспірант кафедри КСА Кременчуцького університету економіки, інформаційних технологій і управління.

Волковский Олег Степанович – кандидат технических наук, доцент кафедри АСОИ ФЭТКС ДНУ.

Гоцуленко В.В. – преподаватель кафедры компьютерных информационных технологий, Институт предпринимательства «Стратегия», г. Желтые Воды.

Гриша Олена Василівна - старший викладач кафедри АСОІУ НТУУ-“КПІ”.

Дорофеев Виктор Васильевич - канд. техн. наук, доцент, заведующий кафедрой графики, Днепродзержинский государственный технический университет.

Касьян Виктор Степанович – ст. преп. кафедры автомобили и автомобильное

Кошлак Анна Владимировна - инженер.

Коржавин Юрий Андреевич - к.т.н., доцент кафедры автомобили и автомобильное хозяйство, Днепродзержинский государственный технический университет.

Коробочка Александр Николаевич – доктор техн. наук, профессор, проректор по научно-педагогической, учебно-методической работы, аккредитации и лицензирования, заведующий кафедрой автомобили и автомобильное хозяйство, Днепродзержинский государственный технический университет.

Кочнева Олена Вікторівна – аспірант кафедри “обладнання харчових виробництв”, Днепродзержинский государственный технический университет.

Крюковская Ольга Анатольевна - доцент кафедры охраны труда и безопасности жизнедеятельности, Днепродзержинский государственный технический университет.

Мухамед Ель Амин Бабикиер – аспірант НТУУ “КПІ”.

Наумова Ирина Юрьевна – к.ф.-м.н., доцент кафедры строительной механики НМетАУ.

Нифтиева З.А. - Азербайджанский Архитектурно-Строительный Университет.

Новицкий Игорь Валерьевич - доктор технических наук, профессор кафедры системного анализа и управления, Национальный горный университет.

Оксанич Анатолій Петрович - д.т.н.,

хозяйство, ДГТУ, г. Днепродзержинск.	професор, ректор Кременчуцького університету економіки, інформаційних технологій і управління.
Плахотнік Олена Олександрівна – канд. екон. наук, доцент кафедри організації і планування виробництва, Днепродзержинский государственный технический университет.	Кузнецов Владимир Иванович - с.н.с., к.т.н., старший научный сотрудник отдела системного анализа и проблем управления, Институт технической механики НАН Украины и НКА Украины, г. Днепропетровск
Рожковский Владимир Фаустович – канд. техн. наук, старший научный сотрудник научно-исследовательской лаборатории неразрушающего контроля и диагностики сложных систем Днепропетровского национального университета.	Маслов Александр Гаврилович – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Конструирование машин и технологического оборудования» Кременчугского государственного политехнического университета.
Хандрига Павел Алексеевич - н.с., Учебно-научный комплекс Национального Технического Университета Украины «Институт прикладного системного анализа» (УНК ИПСА НТУУ «КПИ»).	Шкиль Вячеслав Николаевич – к.т.н., доцент кафедры графики, Днепродзержинский государственный технический университет.
Чернета Олег Георгиевич – к.т.н., доцент кафедры автомобили и автомобильное хозяйство Днепродзержинского государственного технического университета.	Шматко Дмитрий Захарович – к.т.н., доцент кафедры автомобили и автомобильное хозяйство, Днепродзержинский государственный технический университет.
Сарычев Александр Павлович - с.н.с., к.т.н., старший научный сотрудник отдела системного анализа и проблем управления, Институт технической механики НАН Украины и НКА Украины, г. Днепропетровск	Шурыгин Денис Алексеевич - магистр кафедры автомобили и автомобильное хозяйство, Днепродзержинский государственный технический университет.
Шепель Леонід Григорович – к. т. н., с. н. с., доцент кафедри ЕМЕКС Кременчуцького університету економіки, інформаційних технологій і управління.	Павленко Анатолий Михайлович - д.т.н., проф., декан энергетического факультета, Днепродзержинский государственный технический университет.
Рудасёв Виктор Борисович – кандидат технических наук, доцент кафедры «Автомобили и автомобильное хозяйство»	Яценко Виталий Алексеевич - в.н.с., д.т.н., Институт космических исследований НАН и НКА Украины.

Днепропетровского государственного
технического университета

--