

**МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ТЕПЛОПЕРЕНОСА ПРИ НАНЕСЕНИИ  
ГАЗОТЕРМИЧЕСКИХ ПОКРЫТИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ  
ГИПЕРБОЛИЧЕСКОГО УРАВНЕНИЯ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ**

Приведены данные математического моделирования процессов теплопереноса в системе "напыляемая частица-основа" на стадии действия импульсного давления ( $\tau \leq 10^{-9}$  с). Представлены результаты по установлению закономерностей влияния на решение рассматриваемой задачи учета зависимости теплофизических свойств материалов от температуры. Дана оценка релаксационных эффектов для широко используемых сочетаний материалов покрытия и основы. Рассмотрены возможности линеаризации применяемой математической модели, основанной на использовании гиперболического уравнения теплопроводности, в котором принимается во внимание конечность скорости распространения теплоты.

**Ключевые слова:** математическое моделирование, процессы теплопереноса, газотермическое напыление, релаксационные эффекты.

**Введение.** Все более широкое применение в технике газотермических покрытий различного функционального назначения (износостойких, коррозионностойких, теплозащитных, электрозащитных и пр.), проблемы создания новых и совершенствования существующих технологий газотермического напыления, а также другие факторы порождают необходимость в углубленном изучении тепловых явлений, наблюдаемых при реализации данного класса технологических процессов [1-4]. Это обусловлено тем обстоятельством, что тепловые явления играют, как известно, ведущую роль в формировании получаемых покрытий.

При изучении теплофизических аспектов технологии газотермического напыления особо выделяется направление исследований, связанное с изучением тепловых процессов в собственно покрытии и основе. Характеризуя в целом данное направление исследований, необходимо указать на наличие в нем нескольких принципиально различных подходов к анализу изучаемых тепловых явлений. Первый из указанных подходов связан с исследованием процессов теплопереноса при взаимодействии одиночной частицы с твердой поверхностью, второй – с анализом теплового состояния систем "покрытие в целом-основа". То есть в первом случае рассматриваются локальные эффекты взаимодействия частицы с основой, во втором – интегральные. И наконец, третий подход сочетает в себе в той или иной мере элементы первого и второго.

Что касается первого из отмеченных подходов, то здесь особо выделяются исследования, касающиеся разных стадий взаимодействия напыляемой частицы с основой. Как известно, различают две стадии такого взаимодействия – стадия действия импульсного ( $\tau \leq 10^{-9}$  с) и напорного давления ( $\tau > 10^{-9}$  с). Теплофизические процессы в период действия импульсного давления обладают рядом особенностей по сравнению со стадией напорного давления и характеризуются высокими контактными давлениями, а также большими градиентами температур и скоростями их изменения. При математическом моделировании процессов теплопереноса на данной стадии оказывается необходимым

использование гиперболического уравнения теплопроводности, учитывающего конечность скорости распространения теплоты.

Данная работа посвящена исследованиям, направленным на изучение специфики протекания процессов теплопереноса в системе "напыляемая частица-основа" в период действия импульсного давления.

**Изложение основного материала.** Необходимость анализа эффектов влияния нелинейностей в рассматриваемой ситуации определяется тем, что они могут оказывать существенное воздействие на тепловое состояние изучаемых систем. Как известно, при плазменном напылении наблюдаются существенные изменения температур исследуемого объекта, которые могут обуславливать и значительные изменения всех физических характеристик, входящих в основное уравнение – коэффициента теплопроводности  $\lambda$ , удельной объемной теплоемкости  $c_v$  и времени релаксации  $\tau_p$ . Что касается последней из указанных характеристик – времени релаксации  $\tau_p$ , то приведенные в литературе сведения о ее величине для ряда материалов оказываются неоднозначными. Однако во многих случаях все же имеется весьма надежная информация по определению  $\tau_p$ . Так, значение  $\tau_p$  для металлов в соответствии с выводами теории свободных электронов [1, 2] может быть получено из следующей зависимости:

$$\tau_p = \frac{3 \cdot m \cdot \lambda}{\pi^2 \cdot n_e \cdot k^2 \cdot T}, \tag{1}$$

где:  $m$  – масса электрона;  $n_e$  – концентрация электронов проводимости;  $k$  – постоянная Больцмана;  $T$  – температура.

При изучении влияния нелинейностей на температурные режимы систем "частица-основа" использовалась следующая математическая модель рассматриваемого процесса теплопереноса:

$$c_{v_i}(T) \left[ \frac{\partial T_i}{\partial \tau} + \tau_{pi}(T) \frac{\partial^2 T}{\partial \tau^2} \right] = \frac{\partial}{\partial x} \left( \lambda_i(T) \frac{\partial T_i}{\partial x} \right); i = 1, 2, \tag{2}$$

$$\frac{\partial T_i}{\partial x} \Big|_{x=\Gamma_i} = 0, \Gamma_i = \begin{cases} 0 & \text{при } i = 1, \\ \delta_s = \delta_1 + \delta_2 & \text{при } i = 2, \end{cases} \tag{3}$$

$$T_i \Big|_{\tau=0} = T_{0i}; \frac{\partial T_i}{\partial \tau} \Big|_{\tau=0} = 0; i = 1, 2; \tag{4}$$

$$\left[ \lambda_1(T) \frac{\partial T_1}{\partial x} + \tau_{p1}(T) \frac{\partial^2 q_1}{\partial \tau^2} \right]_{x=\delta_1} = \left[ \lambda_2(T) \frac{\partial T_2}{\partial x} + \tau_{p2}(T) \frac{\partial^2 q_2}{\partial \tau^2} \right]_{x=\delta_1}, T_1 \Big|_{x=\delta_1} = T_2 \Big|_{x=\delta_1}, \tag{5}$$

где:  $q$  – плотность теплового потока;  $\tau$  – время;  $x$  – текущая координата;  $\delta$  – толщина;  $\delta_s$  – толщина двухслойной системы; индекс 1 относит величины к частице, индекс 2 – к основе.

Решение приведенной контактной задачи теплопроводности было получено на основе комбинированного итерационного метода с применением схемы "крест" [7]. При этом вычислительные эксперименты выполнялись как для нелинейной постановки задачи (2)-(5), так и линеаризованной относительно всех нелинейностей основного уравнения.

Численные решения получены применительно к трем типичным случаям, соответствующим различным соотношениям в линеаризованных задачах значений времен релаксации для частицы  $\tau_{p1}$  и основы  $\tau_{p2}$ . Для первого случая выполняется условие  $\tau_{p1} < \tau_{p2}$ , для второго –  $\tau_{p1} = \tau_{p2}$  и для третьего –  $\tau_{p1} > \tau_{p2}$ . В табл. 1 в качестве примера представлены данные об изменении во времени температуры контактной поверхности, отвечающие указанным характерным случаям соотношения времен релаксации материалов покрытия и основы. Здесь приведены соответствующие результаты для таких пар материалов покрытия и основы: в первом из отмеченных случаев – для пары цинк-алюминий, во втором – железо-железо, в третьем – серебро-железо и медь-цинк. При этом представленные в табл. 1 линеаризованные решения получены в предположении, что так называемая определяющая температура, по значению которой находятся величины  $\lambda$ ,  $c_v$ ,  $\tau_p$ , равна начальной температуре основы  $T_{02}$ .

Условия однозначности рассматриваемой задачи теплопереноса, отвечающие такому традиционному способу линеаризации, приведены в табл. 2. Что же касается решения задачи в нелинейной постановке, то здесь температурные зависимости  $\lambda$  и  $c_v$  определялись согласно [8-10], а зависимости от температуры величины  $\tau_p$  находились из соотношения (1).

**Табл. 1. Изменение температуры контактной поверхности во времени на стадии действия импульсного давления в случае нелинейного и линеаризованного решений**

$\tau, 10^{-13} \text{ с}$	Zn-Al		Fe-Fe		Ag-Fe		Cu-Zn	
	нелинейное решение	линеаризованное решение	нелинейное решение	линеаризованное решение	нелинейное решение	линеаризованное решение	нелинейное решение	линеаризованное решение
0,001	534	486	1446	1048	784	610	1007	790
0,005	514	480	1406	1048	830	701	1002	830
0,01	488	473	1292	1048	850	775	995	870
0,05	468	470	1161	1048	859	825	989	920
0,1	452	468	1081	1048	870	865	980	957
0,5	448	468	1040	1048	876	885	978	980
1,0	445	467	1014	1048	885	915	975	1010

чая является монотонно убывающей. Здесь значения температур, соответствующих нелинейной задаче  $T_k^{nl}$ , оказываются выше, чем для линеаризованной задачи  $T_k^l$  на значительном временном интервале.

Во втором случае ( $\tau_{p1} = \tau_{p2}$ ) зависимость  $T_k^{nl} = f(\tau)$  также представляет собой убывающую функцию, температура же  $T_k^l$  является неизменной во времени. Как видно, в данных условиях нелинейное и линеаризованное решения отличаются как в качественном, так и в количественном отношении. Что касается третьего случая ( $\tau_{p1} > \tau_{p2}$ ), то здесь реализуется две различные ситуации. Первая характеризуется тем, что температуры контактной поверхности, отвечающие нелинейному и линеаризованному решению, монотонно возрастают во времени (см. табл. 1 данные для пары Ag-Fe). Для второй же ситуации наблюдается существенно различная картина изменения во времени температур  $T_k^{nl}$  и  $T_k^l$ . А именно, здесь температура  $T_k^{nl}$  с течением времени уменьшается, а температура  $T_k^l$  – возрастает (см. табл. 1 результаты, относящиеся к паре материалов Cu-Zn). Необходимо отметить, что для указанных ситуаций отношения  $\tau_{p1} / \tau_{p2}$  в линеаризованной задаче значительно отличаются по величине. Так, если для первой из них оно составляет примерно 15,8, то для второй – лишь 5,45.

Таким образом, рассмотренная выше схема линеаризации, согласно которой определяющей температурой для изучаемой двухслойной системы является начальная температура основы, может приводить к существенным погрешностям при расчетах. Однако, как показали выполненные исследования, удовлетворительные результаты в плане корреляции нелинейного и линеаризованных решений все же достижимы при использовании в случае линеаризации математической модели не одной, а двух определяющих температур –  $T_{on1}$  и  $T_{on2}$ , соответственно для частицы и основы. При этом в качестве  $T_{on1}$  принимается температура плавления частицы, а  $T_{on2}$  – начальная температура основы. В табл. 3, представлены данные расчетов, иллюстрирующие изменение во времени величины  $\Delta T_k^{nl}$  – отличий температур контактной поверхности, отвечающих, соответственно, нелинейному и линеаризованным указанными выше способами решениям. (Здесь  $\Delta T_k^{nl} = T_k^{nl} - T_k^l$ ).

**Табл. 3. Изменение во времени отличий нелинейного и линеаризованного решений  $\Delta T_k^{nl}$  для пары железо-железо на стадии действия импульсного давления**

$\tau, 10^{-13} \text{ с}$	$\Delta T_k^{nl}, \text{ К}$ в случае линеаризации при $T_{on1} = T_{on2} = T_{02}$	$\Delta T_k^{nl}, \text{ К}$ в случае линеаризации при $T_{on1} = T_m, T_{on2} = T_{02}$
0,001	398,4	0,0
0,005	258,1	29,5
0,01	244,2	23,3
0,05	113,6	6,7
0,1	33,1	-14,2
0,5	-8,2	-15,6
1,0	-34,1	-16,4

**Табл. 2. Условия однозначности линеаризованных задач теплопереноса**

Сочетание материалов частицы и основы	Коэффициент теплопроводности, Вт/(мК)		Удельная объемная теплоемкость, $10^5 \text{ Дж}/(\text{м}^3\text{К})$		Начальная температура, К		Время релаксации, $10^{-14} \text{ с}$	
	частицы $\lambda_1$	основы $\lambda_2$	частицы, $c_{v1}$	основы, $c_{v2}$	частицы, $T_{01}$	основы, $T_{02}$	частицы, $\tau_{p1}$	основы, $\tau_{p2}$
Zn-l	115,0	235,9	2,773	3,437	692,7	300,0	0,872	0,63
Fe-Fe	79,9	79,9	3,520	3,520	1810,0	300,0	0,018	0,227
Ag-Fe	429,5	79,9	2,470	3,520	1235,0	300,0	0,32	0,227
Cu-Zn	401,9	115,0	3,440	2,773	1357,0	300,0	2,29	0,39

Как видно из представленных в табл. 1 данных, в целом имеют место существенные расхождения линейного и нелинейного решений. Причем в первом случае ( $\tau_{p1} < \tau_{p2}$ ) зависимость  $T_k = f(\tau)$  и для линейного и для нелинейного слу-

Как видно из табл. 3 при использовании второй схемы линеаризации максимальные расхождения сопоставляемых решений не превышают 30 К, тогда как для первой схемы могут достигать 398,4 К.

Одним из важных вопросов при моделировании процессов теплопереноса на стадии импульсного давления является вопрос о закономерностях влияния на тепловое состояние систем "частица-основа" фактора конечности скорости распространения теплоты  $W_p$ . В этом аспекте были выполнены расчеты по определению разницы температур на поверхности контакта частицы с основой  $\Delta T_k^p$  (Здесь  $\Delta T_k^p = T_k(0) - T_k(\infty)$ , где  $T_k(0)$  и  $T_k(\infty)$  – температуры контактной поверхности соответственно при  $\tau \rightarrow 0$  и при  $\tau$ , превышающем время прохождения релаксационных процессов). Расчеты проводились по следующим зависимостям [11]:

$$T_k(0) = \frac{T_{01} \cdot \nu + T_{02}}{\nu + 1}, T_k(\infty) = \frac{T_{01} \cdot b + T_{02}}{b + 1},$$

где:  $\nu = \beta_1 / \beta_2$ ;  $\beta = c_V \cdot W_p$ ;  $b$  – критерий тепловой активности,  $b = \frac{\sqrt{\lambda_1 \cdot c_{V1}}}{\sqrt{\lambda_2 \cdot c_{V2}}}$ .

В табл. 4 представлены необходимые при проведении вычислений физические характеристики для исследуемых пар материалов покрытия и основы.

Табл. 4. Теплофизические характеристики материалов основы и напыляемой частицы

Материал покрытия	$T_{01} = T_{пл}, K$	$\lambda_1, Вт/(мК)$	$c_{V1}, 10^5 Дж/(м^3К)$	$\tau_{p1}, 10^{-14} с$
Fe	1810,00	39,0	5,81	0,0184
Nb	2750,00	65,0	3,41	0,0616
Be	1560,00	69,4	5,63	0,0261
Al	933,60	98,1	2,79	0,0842
Zn	692,70	55,0	3,16	0,1837
Au	1337,58	100,0	2,91	0,1837
Cd	594,26	50,0	2,12	0,1316
Cu	1357,60	175,0	4,10	0,12207
Ag	1235,00	160,0	2,89	0,3206
Материал основы	$T_{02}, K$	$\lambda_2, Вт/(мК)$	$c_{V2}, 10^5 Дж/(м^3К)$	$\tau_{p2}, 10^{-14} с$
Fe	300,0	79,9	3,52	0,227
Al	300,0	235,9	2,44	0,630
Cu	300,0	401,9	3,44	2,290

Согласно полученным данным, разница температур  $\Delta T_k^p$  может быть весьма значительной. Так, величина  $\Delta T_k^p$  при нанесении на медную основу покрытия из ниобия и железа составляет соответственно 1037,6 К и 801 К. При этом в большинстве рассмотренных случаев разница  $\Delta T_k^p$  оказывается положительной (табл. 5). Таким образом, отсутствие учета конечности скорости распространения теплоты во многих практически важных ситуациях может приводить при расчетах к существенному занижению значений температуры контактной поверхности.

Табл. 5. Температура контактной поверхности  $T_k(0)$  и  $T_k(\infty)$  и их отличие друг от друга для различных материалов основы и напыляемых частиц

Материал покрытия	Железная основа			Медная основа		
	$T_k(0), K$	$T_k(\infty), K$	$\Delta T_k, K$	$T_k(0), K$	$T_k(\infty), K$	$\Delta T_k, K$
Fe	1446,14	1014,00	432,14	1536,35	735,27	801,08
Nb	1844,37	1452,33	391,94	2037,58	1000,00	1037,58
Be	1278,44	981,49	296,95	1349,40	737,55	611,85
Al	691,49	614,57	76,92	742,81	495,12	247,69
Zn	519,40	472,70	46,70	553,39	402,88	150,51
Au	850,22	823,16	27,06	941,71	626,42	315,29
Cd	431,23	411,83	19,40	457,71	378,66	79,05
Cu	954,40	950,52	3,88	1038,95	742,72	296,23
Ag	784,83	825,27	-40,44	867,61	642,48	255,13

**Выводы.** Для условий газотермического нанесения покрытий изучены физические особенности термического взаимодействия расплавленной частицы с основой и показана возможность определенной линеаризации математической модели, отвечающей данному процессу теплопереноса. Установлено, что неучет конечности скорости распространения теплоты может приводить к существенным погрешностям при определении температуры контактной поверхности в условиях нанесения расплавленных частиц на основу.

### Литература

- Лукина Г.Н. Структурные особенности нанокристаллических покрытий из порошков системы Fe -Cr -Mo -В / Г.Н. Лукина // Восточно-Европейский журнал передовых технологий : сб. науч. тр. – 2012. – Вып. 1/5 (55). – С. 22-25.
- Arizmendi-Morquecho A. Microstructural Characterization and Wear Properties of Fe-Based Amorphous-Crystalline Coating Deposited by Twin Wire Arc Spraying / A. Arizmendi-Morquecho, C. Leyva-Porras, A. Campa-Castilla, J. Martinez, G. Gutiérrez, K. Bello, L. López // Advances in Materials Science and Engineering. – 2014. – Article ID 836739. – 11 p.
- Ильющенко А.Ф. Процессы формирования газотермических покрытий и их моделирование / А.Ф. Ильющенко, А.И. Шевцов, В.А. Оковитый, Г.Ф. Громько / под ред. А.Ф. Ильющенко. – Минск : Изд-во "Беларуская наука", 2011. – 358 с.
- Гнедовец А.Г. Модель формирования макроструктуры покрытий при плазменном напылении / А.Г. Гнедовец, В.И. Калита // Физхим : сб. науч. тр. – 2007. – № 1. – С. 26-31.
- Ашкрофт Н. Физика твердого тела / Н. Ашкрофт, Н. Мерлин. – М. : Изд-во "Мир". – 1979. – Т. 1. – 399 с.
- Киттель Ч. Введение в физику твердого тела / Ч. Киттель. – М. : Гос. Изд-во физ.-мат. лит-ры, 1963. – 696 с.
- Калиткин Н.Н. Численные методы / Н.Н. Калиткин. – М. : Изд-во "Наука", 1978. – 512 с.
- Иванов Е.М. Теплофизика плазменного напыления / Е.М. Иванов // Воздействие концентрированных потоков энергии на материалы : сб. науч. тр. – М. : Изд-во "Наука", 1985. – С. 213-225.
- Иванов Е.М. Расчет контактной температуры при газотермическом напылении / Е.М. Иванов, В.С. Ивашко, А.А. Углов // Порошковая металлургия. – Минск : Изд-во "Высшая шк." – 1987. – Вып. 11. – С. 36-41.
- Иванов Е.М. Теплофизика взаимодействия частицы с подложкой при газотермическом напылении / Иванов Е.М., Ивашко В.С., Углов А.А. // Порошковая металлургия. – Минск : Изд-во "Высшая шк." – 1987. – Вып. 11. – С. 42-50.
- Углов А.А. Контактный теплообмен при закалке жидких металлов / А.А. Углов, Е.М. Иванов // Известия АН СССР. – Сер.: Металлы : сб. науч. тр. – 1988. – № 3. – С. 82-87.

**Меранова Н.О. Моделювання процесів теплопереносу під час нанесення газотермічних покриттів з використанням гіперболічних рівнянь теплопровідності**

Наведено дані математичного моделювання процесів теплопереносу в системі "напилована частинка-основа" на стадії дії імпульсного тиску ( $\tau \leq 10^{-9}$  с). Представлено результати щодо встановлення закономірностей впливу на розв'язок розглянутої задачі врахування залежності теплофізичних властивостей матеріалів від температури. Оцінено релаксаційні ефекти для широко використовуваних сполучень матеріалів покриття і основи. Розглянуто можливості лінеаризації застосовуваної математичної моделі, заснованої на використанні гіперболічного рівняння теплопровідності, в якому беруть до уваги скінченність швидкості розповсюдження теплоти.

**Ключові слова:** математичне моделювання, процеси теплопереносу, газотермічне наплення, релаксаційні ефекти.

**Meranova N.O. Simulation of Heat Transfer Processes when Applying Thermal Spray Coatings Using Hyperbolic Heat Equation**

Data of mathematical modeling of heat transfer processes in the system "sprayed particles-base" on the stage of pulse pressure action ( $\tau \leq 10^{-9}$  s) is given. The results of the establishment of influence laws on the solution of these problems of dependent thermo physical properties of materials on temperature are presented. The estimation of the relaxation effects of commonly used combinations of coating and substrate materials is proposed. The possibility of linearization the used mathematical model based on the use of hyperbolic heat equation, which takes into account the speed finite of heat propagation is reviewed.

**Keywords:** mathematical modeling, heat transfer processes, gas-thermal spraying, relaxation effects.

УДК 681.518:622.248:004.94

*Доц. Л.Я. Чигур, канд. техн. наук –  
Івано-Франківський НТУ нафти і газу*

**КОНЦЕПТУАЛЬНІ ЗАСАДИ МЕТОДУ КОНТРОЛЮ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ОБ'ЄКТА НА ОСНОВІ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ**

Запропоновано метод контролю технічного стану об'єкта під час роботи складних систем, на основі засобів штучного інтелекту. Вибір розглянутого методу зумовлений особливістю ідентифікації технічного стану об'єкта та передаварійних ситуацій, що виникають у процесі функціонування складних технологічних систем. Здійснено моделювання у середовищі SOM Toolbox програмного пакету Matlab на прикладі контролю технічного стану породоруйнівного інструменту в процесі поглиблення свердловини. Результати проведених наукових досліджень довели доцільність використання штучних нейронних мереж для вирішення завдань цього напрямку. А також це дасть змогу розробляти адаптивні системи контролю технічного стану об'єкту, що значно підвищить вірогідність контролю, оскільки вони можуть автоматично пристосовуватися до змінних умов функціонування, прогнозувати виникнення і розпізнавати відомі та невизначені передаварійні ситуації, які можуть трапитись під час роботи складних систем.

**Ключові слова:** технічний стан об'єкта, метод контролю, штучні нейронні мережі, складні технологічні системи.

**Вступ.** Складні технологічні процеси здебільшого є нелінійними, нестаціонарними, невідтворюваними, багатофакторними, динамічними. У складних технічних системах контрольований об'єкт функціонує за умов апріорної та поточної невизначеності щодо структури та параметрів, розвивається в часі і перебуває під впливом зовнішніх завад. Наявність таких специфічних ознак дає під-

стави говорити про специфічну методологію його дослідження, оскільки все це зумовлює погану організацію внутрішньої структури системи в розумінні нечіткого проявлення причинно-наслідкових зв'язків [1].

Порушення обмежень, накладених на систему, призводить до аварій, непродуктивних втрат енергоресурсів, швидкого зношення обладнання, потреби мати великий штат технологічного персоналу і ремонтних служб для ліквідації наслідків аварій. Ця проблема ускладнюється тим, що часто найефективніші режими роботи багатьох складних систем близькі до гранично допустимих, а також тим, що об'єкт керування є істотно нестаціонарним, функціонує під інтенсивним впливом неконтрольованих збурень, має запізнення в каналах управління, розвивається в часі. Під час роботи складних систем, перед людиною-оператором, що приймає рішення, виникає задача оцінювання ситуацій з метою передбачення можливого характеру перебігу процесу та прийняття рішення про вибір керувальних дій для ефективного ведення робіт [2]. При цьому доводиться стикатися з об'єктами і процесами, які характеризуються великою кількістю якісних і кількісних ознак. Для вирішення таких завдань інженеру важливо мати формалізований опис об'єкта, процесу або ситуації, що розглядають з урахуванням того, що вони залежать від великої кількості чинників, які визначають поведінку об'єктів, багато з яких мають ймовірнісний характер. Ситуації оцінюють при цьому в умовах невизначеності і мають характер розпізнавання образів.

**Матеріали та методи.** Математичний апарат прийняття рішень про об'єкт розглядуваних об'єктів набув значного розвитку в різних галузях знань через широке впровадження комп'ютерів в інженерну практику, оскільки створена можливість швидкого перероблення великих об'ємів інформації.

Головними задачами теорії розпізнавання образів є віднесення конкретного об'єкта або ситуації до тієї або іншої, заздалегідь оговореної категорії (дискретизація, ідентифікація, розпізнавання об'єкта); розподіл множини об'єктів на групи, що характеризуються спільними родинними властивостями (класифікація, кластеризація).

Під образом будемо розуміти деяке узагальнення множини різних уявлень про об'єкт, із яких відокремлюються найбільш стійкі його характеристики. Кожен індивідуальний об'єкт має набір ознак, якими можуть слугувати показники властивостей робочих агентів, режимні характеристики роботи обладнання, відомості про зовнішні впливи, номенклатура використаних матеріалів та обладнання й ін. При цьому велика кількість факторів, що залучаються до розгляду, пов'язана з недостатньою точністю вимірювань і складністю апріорного визначення найбільш інформативних ознак. Й подібній ситуації дуже ефективним є залучення до розгляду непрямих ознак, узгодженість яких під час розпізнавання переконає у правильності прогнозів.

У загальному випадку об'єкт характеризується вектором стану або ознак  $X(X_1, X_2, \dots, X_n)$ , залежно від конкретних значень компонент якого можна стверджувати належність об'єкта до того чи іншого образу. Рішення задачі про дискримінацію об'єкта передбачає створення певних правил, які залежно від значень компонент вектора ознак  $X(X_1, X_2, \dots, X_n)$  дасть змогу прийняти рішення про належність об'єкта до того чи іншого образу.