

ИНФОРМАЦИОННЫЙ ПОДХОД К УПРАВЛЕНИЮ КАЧЕСТВОМ ДЕТАЛЕЙ ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ НА ЭТАПАХ ИХ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА

Федин С.С., Трищ Р.М. (КНУТД, УИПА, г. Киев, г. Харьков, Украина)

In the article is developed informative support algorithm of management by stability of technological processes with the use of feedforward neural networks and diagnostics of the technical state of combustion engines details on the stage of their exploitation with the use of the Kohonen self-organizing map.

Введение. В современных условиях промышленного производства, эффективность управления качеством продукции машиностроения и повышение ее конкурентоспособности зависит от оперативности и достоверности обработки информации о качестве на всех этапах ее жизненного цикла (ЖЦ) [1]. Учитывая, что системы управления качеством должны функционировать в рамках интегрированных систем управления предприятием, актуальной задачей является разработка методов и алгоритмов информационной поддержки принятия решений по управлению качеством технологических процессов и продукции. В последнее время, одним из направлений создания таких методов и алгоритмов является область систем искусственного интеллекта, а именно нейронных сетей (НС) [2]. Основными преимуществами НС является способность адаптивного обучения на основе значений динамически изменяющихся параметров производственной среды, а также свойство самоорганизации, позволяющее решать задачу классификации образов или распознавания дефектов изделий. Способность к адаптивному обучению НС создает возможность их эффективного применения для управления стабильностью технологического процесса механической обработки деталей двигателей внутреннего сгорания (ДВС), а свойство самоорганизации позволяет реализовывать информационные диагностические процедуры и своевременно выявлять потенциально ненадежные или дефектные детали.

Целью статьи является разработка алгоритма информационной поддержки управления качеством технологических процессов и диагностики технического состояния деталей ДВС на этапе их эксплуатации.

Постановка задачи. Одним из главных условий достижения высокого качества деталей ДВС является эффективное управление процессом их изготовления. Основным методом слежения за качеством деталей, на данном этапе ЖЦ является метод контрольных карт, различные виды которых используются в зависимости от цели управления, особенностей параметров качества и характеристик технологического процесса. На практике технологический процесс изготовления деталей характеризуется несколькими показателями качества, которые нуждаются в одновременном контроле. При этом существует два способа управления качеством таких процессов, а именно построение индивидуальных контрольных карт для каждого контролируемого параметра и их анализ и построение многомерной контрольной карты, когда значения контролируемых параметров объединяются в интегрированную статистику [3].

Как первый, так и второй способы имеют свои недостатки, которые существенно снижают их эффективность. Так в первом случае недостатками являются отсутствие учета корреляции между характеристиками и сложность анализа большого количества контрольных карт, а во втором, применение относительно сложных вычислений и невозможность определения именно той характеристики (или совокупности характеристик), которая повлияла на снижение стабильности процесса.

Необходимо отметить, что снижение стабильности технологического процесса изготовления деталей ДВС оказывает отрицательное воздействие на качество двигателя в процессе его эксплуатации. Так, например, часть отказов ДВС связана с появлением скрытых дефектов из-за того, что отдельные параметры качества деталей могут принимать значения, выходящие за границы поля допуска. Такое состояние процесса может привести к преждевременному выходу из строя (отказу) изделия, так как требуемые эксплуатационные характеристики деталей (износостойкость, усталостная прочность и др.) обеспечиваются лишь при нормальном ходе технологического процесса [4].

Учитывая то, что при изготовлении сложных изделий допуски на технологические параметры лишь приблизительно отражают их связь с надежностью, а число контролируемых параметров меньше, числа параметров, влияющих на надежность, можно утверждать, что одним из методов обеспечения качества на этапе эксплуатации является стабильность самого технологического процесса, т.е. свойство, обуславливающее постоянство распределений вероятностей контролируемых параметров в течение некоторого интервала времени без вмешательства извне [5].

Современные технологические процессы изготовления деталей ДВС, начиная от обработки заготовок и заканчивая финишными операциями, как правило, сопровождаются значительными силовыми и температурными воздействиями на деталь при высоких требованиях к точности и производительности процесса. При этом, в большинстве случаев, необходимые для осуществления технологического процесса затраты энергии приводят к ряду побочных явлений, которые изменяют свойства изделий, создают в них остаточные напряжения, искажают структуру материала и приводят к появлению дефектов различного характера. Такие дефекты нельзя устранить улучшением методов эксплуатации изделий, так как они являются следствием остаточных явлений, возникающих при изготовлении деталей. При этом, одним из направлений решения данной задачи является применение современных методов интеллектуальной диагностики качества продукции [6].

В настоящее время, существует достаточно большое количество разработанных алгоритмов диагностики в условиях большого объема выборки и малого количества диагностируемых признаков. Для решения такой задачи, как правило, используют стандартные статистические методы классификации или эвристические методы. Если размер обучающей выборки является небольшим (уникальность деталей, высокая стоимость изделий, сложность испытаний и т.д.), то статистические и эвристические алгоритмы, как правило, не позволяют решить задачу диагностики качества изделий с заданной достоверностью. Таким образом, одной из задач управления качеством является задача управления технологическими процессами изготовления изделий, и их диагностики в условиях малого объема обучающей выборки. Эффективными методами, позволяющими решить данную задачу являются методы информационной поддержки, основанные на обучающихся адаптивных моделях НС. Такими моделями могут служить прямослойные НС с управляемым процессом обучения – перцептроны, радиально-базисные НС, вероятностные НС, самоорганизующиеся карты Кохонена и др. [2, 7].

Нейросетевое управление стабильностью технологического процесса. Решение задачи эффективного управления стабильностью технологического процесса изготовления деталей ДВС можно осуществлять на основе НС с управляемым процессом обучения [2, 7]. В качестве критериев управляемости, в данном случае, может быть выбрано состояние выхода значений контролируемого показателя за границы регулирования контрольной карты, или состояние определенных

последовательностей значений контролируемого параметра, находящихся в той или иной зоне регулирования контрольной карты. Иными словами, в данной задаче все возможные виды выхода процесса из-под контроля известны заранее, а ее решение можно осуществлять на основе перцептронов или радиально-базисных НС, в которых выход представляется с помощью номинальной переменной по схеме «Один из – N ». При этом каждому из состояний технологического процесса (зоны регулирования контрольной карты) в выходном слое сети выделяется отдельный элемент. Кодом данного состояния является сочетание значения, равного 1, на выделенном элементе и значений, равных 0, на всех остальных элементах. Определенное решение по классификации состояний процесса, на основе прогнозирования, принимается только в том случае, если значение выходного элемента с наибольшим выходным сигналом оказывается выше заданного порога принятия решения, а значения всех остальных выходных элементов – ниже заданного порога отвержения [7]. Если это условие не выполняется, то результат классификации является не определенным. При выборе наиболее вероятного класса порог принятия решения для всех элементов выходного слоя полагается равным 0, а порог отвержения – равным 1.

Интеллектуальная диагностика качества изделий на этапе эксплуатации.

На этапе эксплуатации диагностику качества деталей и двигателя предлагается осуществлять двумя способами. Во-первых, если известны все виды возможных отказов деталей ДВС, то в этом случае рекомендуется применять модели НС, основанные на управляемом обучении, что позволит получать достоверные прогнозные оценки эксплуатационной надежности деталей. Во-вторых, если не известны виды возможных отказов, то для получения прогнозных оценок необходимо использовать модель самоорганизующейся карты Кохонена, основанной на неуправляемом процессе обучения и предназначенной для распознавания как известных, так и неизвестных видов дефектов и отказов изделий.

Самоорганизующиеся карты (Kohonen Self-Organizing Map – SOM) являются одним из видов нейронных сетей с конкурентным обучением (competitive learning). Они имеют входной слой, который выполняет распределительные функции и выходной, называемый также слоем топологической карты и образующий прямоугольную матрицу, составленную из радиальных элементов (нейронов). При последовательной обработке каждого обучающего примера выбирается расположенный ближе всего к нему нейрон (выигравший нейрон). Последовательно вычисляя взвешенную сумму прежнего центра соответствующего радиального элемента и обучающего примера, параметры выигравшего нейрона и нейронов из его окрестности корректируются так, чтобы они стали в большей степени похожи на входной пример. Результатом последовательности таких корректировок является то, что определенные участки сети перераспределяются в соответствии с обучающими примерами и похожие наблюдения активируют группы близко лежащих нейронов на топологической карте. Таким образом, сеть учится «понимать» структуру входных данных [7]. Процедуру обучения сети SOM можно представить в виде следующей последовательности действий:

1. Координатам центров радиальных элементов W_p приписываются случайные начальные значения.
2. Задаются начальные значения радиуса окрестности корректировки (s), номера входного примера ($k=1$) и номера эпохи – 1-го такта сети ($t=1$).
3. Для текущего входного примера X_k в заданной метрике вычисляются расстояния $D_{k,p}(X_k, W_p)$ между ним и каждым из элементов сети.
4. Выбирается нейрон-победитель с минимальным расстоянием $D_k = \min D_{k,p}$.

5. Производится модификация весовых коэффициентов $W_p(t+1) = W_p(t) + \gamma(t)h(t,k,p,s)(X_k - W_p(t))$, где невозрастающая функция $\gamma(t)$ характеризует скорость обучения в момент времени t (иногда полагают $\gamma(t) = 1/t$); функция $h(t,k,p,s)$ равна единице для всех нейронов из окрестности радиуса s нейрона-победителя k и равна нулю в противном случае.

6. Номер входного примера k увеличивается на единицу. Если $k \leq K$, где K – общее число обучающих примеров, то осуществляется переход к шагу 3, иначе выполняется переход к шагу 7.

7. Номер эпохи t увеличивается на единицу. Радиус окрестности корректировки s уменьшается. Если значение t не превысило заданного числа эпох обучения, то осуществляется переход к шагу 3, иначе обучение заканчивается.

Алгоритм информационной поддержки управления качеством продукции.

Разработанный алгоритм информационной поддержки управления качеством включает методы: контрольных карт, нейронных сетей с управляемым процессом обучения и самоорганизующихся карт Кохонена и осуществляется на этапах изготовления и эксплуатации деталей ДВС (рис.1).



Рис.1. Алгоритм информационной поддержки управления качеством деталей ДВС

Оценка качества работы моделей НС. Качество прогнозирования стабильности технологического процесса и эффективность распознавания дефектов деталей ДВС на этапе их эксплуатации можно оценивать по проценту правильно распознанных образов на контрольном множестве, а оценку качества обучения моделей НС удобно проводить на основе критерия среднеквадратической ошибки (RMS-ошибки). Однако такие оценки не полностью удовлетворяют требованиям достоверности, поскольку не учитывают ни объем выборок, ни степень различия результатов, получаемых на обучающем и контрольном множествах. В связи с этим предлагается более надежная система оценок, построенная на базе статистических критериев согласия, представленная на рис.2.

В соответствии с указанной системой должны быть проверены три гипотезы:

1) гипотеза об отсутствии статистически значимых различий между прогнозируемыми и наблюдаемыми результатами на контрольном множестве;

2) гипотеза об отсутствии статистически значимых различий между результатами классификации на обучающем и контрольном множестве;

3) гипотеза об эквивалентности распределений различных типов входных данных в обучающем и контрольном множествах.

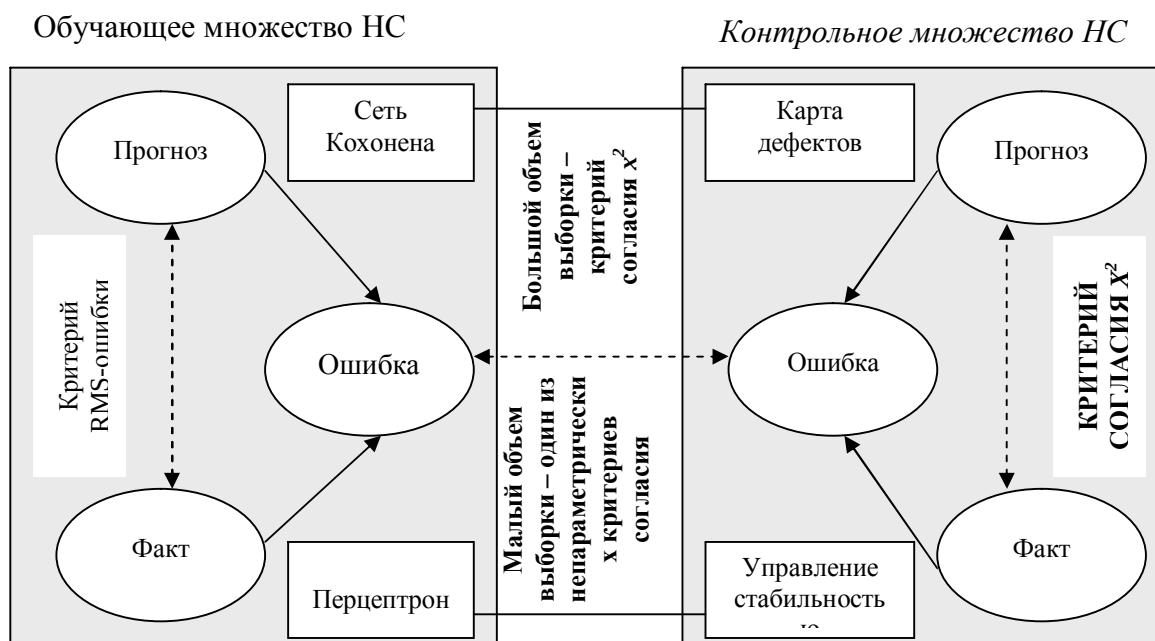


Рис.2. Система статистических критериев оценки качества работы НС

Заключение. 1. В работе рассмотрены принципы интеллектуального управления качеством продукции машиностроения и обосновано применение аппарата нейронных сетей для прогнозирования стабильности технологического процесса и распознавания дефектов деталей ДВС на этапе их эксплуатации. 2. Разработан алгоритм информационной поддержки управления качеством, который включает последовательное применение методов контрольных карт, прямослойных нейронных сетей и самоорганизующихся карт Кохонена для управления стабильностью технологического процесса и управления качеством деталей ДВС на этапе их эксплуатации. 3. Показана система статистических критериев оценки качества нейронных сетей, использование которой позволяет определить эффективность их применения при управлении качеством технологических процессов и продукции.

Список литературы: 1. Григорович В.Г., Юдин С.В., Козлова Н.О, Шильдин В.В. Информационные методы в управлении качеством. М.: РИА «Стандарты и качество», 2001. - 208 с.; 2. Хайкин С. Нейронные сети: полный курс, 2-е издание.: Пер. с англ. - М.: Издательский дом «Вильямс», 2006. 1104 с., 3. Дорошенко Ю.Н., Дубровин В.И., Инструментальные средства всеобщего управления качеством: контрольные карты// Радиотехника. Информатика. Управління, 2001, № 1, С. 151-157 .; 4. Надежность и долговечность машин и оборудования (опыт и теоретические исследования) / Под. ред. А.С.Проникова - М.: Издательство стандартов, 1972. - 315 с.; 5. ДСТУ 3514-97. Статистичні методи контролю та регулювання. Терміни та визначення. Чинний від 01.07.97 - К.: Держстандарт України, 1997. - 48 с.; 6. Дубровин В.И., Субботин С.А., Богуслаев А.В., Яценко В.К. Интеллектуальные средства

диагностики и прогнозирования надежности авиадвигателей: Монография. – Запорожье: ОАО «Мотор-Сич», 2003. - 279 с.; 7. Куравский Л.С., Баранов С.Н., Малых С.Б. Нейронные сети в задачах прогнозирования, диагностики и анализа данных: Учеб. Пособие. - М.: РУСАВИА, 2003. - 100 с.

Сдано в редакцию 29.01.07

ОБ ИСТИННОЙ СТЕПЕНИ ПЛАСТИЧЕСКОГО ДЕФОРМИРОВАНИЯ МАТЕРИАЛА ПРИ РЕЗАНИИ

Христафорян Э.С., (HARVAL ENGINEERING, Ереван, Республика Армения)

Are investigated questions connected with the degree of the plastic deformation of material in the process of cutting. It is proven that the true plastic deformation of material must be characterized by the new measure of contraction considering area with which material it is implicated into the process of deformation.

Понятие коэффициент усадки стружки и характеризующее степень пластического деформирования материала в процессе резания принятое на основе положений о свободном резании материалов если и приемлемо в основном при обработке точением, то в иных методах резания часто её измерить или вообще невозможно, или, используя весовой метод, будет иметь усредненный характер, соответственно которой информация о процессе резания по основным параметрам будет усредненной, например при резании криволинейной режущей кромкой при зубодолблении, зубофрезеровании и др., тем более при шабрении круговым шабером, когда для всех точек контакта режущего лезвия с обрабатываемым материалов в зависимости от угла наклона шабера и радиуса режущего лезвия шабера меняются глубина резания, планы скоростей, действительная геометрия режущего клина и многое другое [1,2,3]. Разумеется, чтобы разобраться в столь сложном случае резания необходимо впервых определиться в принятой интерпретции степени пластического деформирования материала в процессе свободного резания.

Одновременно заметим, что понятие -площадь поперечного сечения стружки, с позиции принятого в теории резания понятия коэффициент усадки стружки, нам кажется, не достаточно корректным, так как ей придается только геометрический смысл, поэтому требуются уточнения с позиций выявления определенных закономерностей процесса

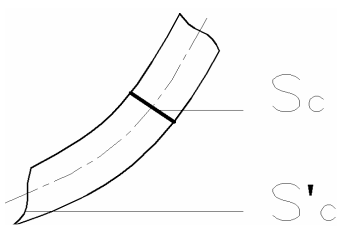


Рис.1. Элемент стружки

пластического деформирования материала в области резания. На самом деле принятое определение правомерно лишь в случае лентообразной, без учета конфигурации линий текстуры, стружки, полученной по условной и максимально упрощенной модели сдвига по единственной плоскости - модели основоположника научного подхода к реологии резания Тиме, который оценивая состояние научных работ в области резания металлов указал впервые, что невозможно думать о рациональном и научно обоснованном способе обработки без детального изучения физических основ резания, в частности, основного вопроса – процесса образования стружки, который без истинной информации об усадке будет неполной. В большинстве случаев резания, стружка, в продольном сечении, имеет вид спирали или более сложной кривой и поэтому при одном и том же объеме стружки поверхности S_c и S'_c значительно отличаются по величине и надо полагать, что поверхность излома более адекватна для описания соотношений в области резания и процесса пластического деформирования материала в процессе резания (рис.1), где S_c - площадь по-