

УДК 004.891:621.9.02:681.518.54

Залога В. А., Зинченко Р. Н., Гонщик А. В.

НОВАЯ СТРУКТУРА СИСТЕМЫ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ СОСТОЯНИЯ РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА, ОСНОВАННАЯ НА ИСПОЛЬЗОВАНИИ ПРАВИЛ НЕЧЕТКОЙ ЛОГИКИ И СИСТЕМЫ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА

У статті запропоновано нову структуру системи діагностики стану різального інструменту, а також розглянуто доцільність в подальших дослідженнях з питання використання у якості експертної підсистеми системи діагностики стану різального інструменту нейронні мережі, а також системи нечіткої логіки.

Ключові слова: система діагностики, знос інструменту, штучна нейронна мережа, нечітка логіка.

В статье предложена новая структура системы диагностики состояния режущего инструмента, а также рассмотрена необходимость в дальнейших исследованиях по вопросу использования в качестве экспертной подсистемы системы диагностики состояния режущего инструмента искусственные нейронные сети, а также системы нечеткой логики.

Ключевые слова: система диагностики, износ инструмента, искусственная нейронная сеть, нечеткая логика.

The new structure of the system of cutting tool condition diagnosis is suggested in the article. It is also considered the necessity of utilization the artificial neural networks and the systems of fuzzy logic as the expert subsystems of the systems of cutting tool condition diagnosis in further investigations.

Keywords: system of diagnosis, tool wear, artificial neural network, fuzzy logic.

Постановка проблемы. В современном машиностроении, несмотря на внедрение и широкое распространение различных способов формообразования, обработка резанием все еще остается преобладающим способом, на долю которой приходится более трети общей трудоем-

кости изготовления изделий [1]. Наиболее слабым звеном при такой обработке является инструмент, работающий в условиях сложных температурно-силовых режимов нагружения и априорной неопределенности изменения внешних и внутренних воздействий.

При механообработке лезвийным инструментом, особенно труднообрабатываемых материалов, инструмент подвержен процессу интенсивного изнашивания. Дороговизна режущего инструмента требует максимального использования ресурса его работы, поскольку только в этом случае возможно получение экономического эффекта от его использования, т. е. задача повышения износостойкости режущего инструмента и полного использования его ресурса на сегодняшний день является одной из актуальных, поскольку только гарантированная стойкость при рационально подобранных режимах резания позволяют достичь заданной производительности.

Износ режущего инструмента, а также поломки, связанные с его резким затуплением, могут привести к остановке выполнения операции технологического процесса, а в некоторых случаях и к появлению неисправимого брака [2]. Часто невозможность надежного прогнозирования текущего состояния инструмента, а следовательно, гарантии надежного осуществления процесса резания, обуславливается нестабильностью свойств инструментального и обрабатываемого материалов.

Для решения этой проблемы должна быть применена такая диагностика процесса обработки и, в частности, диагностика состояния режущего инструмента, которая позволяла бы определять и предсказывать текущее состояние инструмента в тот или иной промежуток времени.

Анализ литературы. Использование систем диагностики состояния режущего инструмента как в автоматизированном, так и в неавтоматизированном производстве позволяет [3] увеличить производительность и снизить себестоимость обработки за счет повышения надежности обработки на более жестких режимах резания (увеличенные скорости резания, подачи и др.); сокращения брака изделий и расхода инструмента; повысить надежность работы обрабатывающих систем за счет своевременной замены предельно изношенного или поломанного инструмента на инструмент-дублер; повысить точность обработки благодаря вводу коррекции положения исполнительного органа станка с учетом степени износа инструмента; предохранить механизмы и узлы станка от поломок и преждевременной потери их точности и т. п.

Несмотря на уже достаточно распространенное к настоящему времени применения средств и методов диагностики состояния режущего инструмента [2; 3 и др.], они все еще требуют постоянного развития и совершенствования с целью повышения их разрешающей способности, снижения стоимости внедрения и ис-

пользования, а также снижения степени влияния сложностей, связанных с внедрением и настройкой систем, разработанных для решения конкретных производственных задач. Решение этих проблем невозможно без дальнейшего исследования процессов резания и изнашивания инструментов, установления взаимосвязи явлений, обуславливающих требуемое состояние режущего инструмента, а также совершенствования самих систем диагностики, особенно, разрабатываемых с использованием современных информационных технологий.

Цель статьи – разработка новой структуры диагностирования состояния режущего инструмента с использованием экспертных подсистем системы диагностирования режущего инструмента, искусственного интеллекта и нечеткой логики.

Изложение основного материала. Известно [4], что процесс резания, как правило, является нестационарным процессом, на ход протекания которого влияет много факторов [5]: геометрия лезвия, режим резания, сам рабочий процесс резания со стружкообразованием и многие др., которые необходимо учитывать в процессе диагностирования с целью обеспечения как можно более правильной оценки состояния режущего инструмента по тому или иному диагностическому показателю.

Система диагностики инструмента должна своевременно выявлять дефекты режущей части инструмента, распознавать их вид, то есть принадлежность к одному из классов, идентифицировать соответствующую модель отказа режущего инструмента и прогнозировать его остаточный ресурс [6].

Однако на практике не всегда удается достаточно точно идентифицировать текущее состояние инструмента. Это происходит вследствие того, что процесс резания чаще всего не может быть стационарным процессом, когда при определенном сочетании «обрабатываемый материал – инструментальный материал – режимы обработки» будет только одно возможное значение силы резания, мощности, температуры и т. д.

В реальности такого никогда не происходит, поскольку структура и характеристики одного и того же обрабатываемого материала всегда различны, так же, как и свойства инструмента, погрешности его геометрии, а также то, что на рабочий процесс всегда будут влиять различные возмущающие факторы (рис. 1), которые будут стремиться изменить характер протекания процесса обработки.

Вследствие этого для одних и тех же условий обработки имеют место не какие-то кон-

кретные стабильные значения того или иного показателя, а диапазон значений, например, силы, мощности, температуры и др.

Примерами таких ситуаций могут служить результаты, представленные на рис. 2–4, из которых видно, что при одних и тех же значениях

параметров режимов обработки и других условий имеют место некоторые, а в отдельных случаях, и существенные разбросы контролируемых выходных параметров за период (время) протекания диагностируемого процесса (явления).

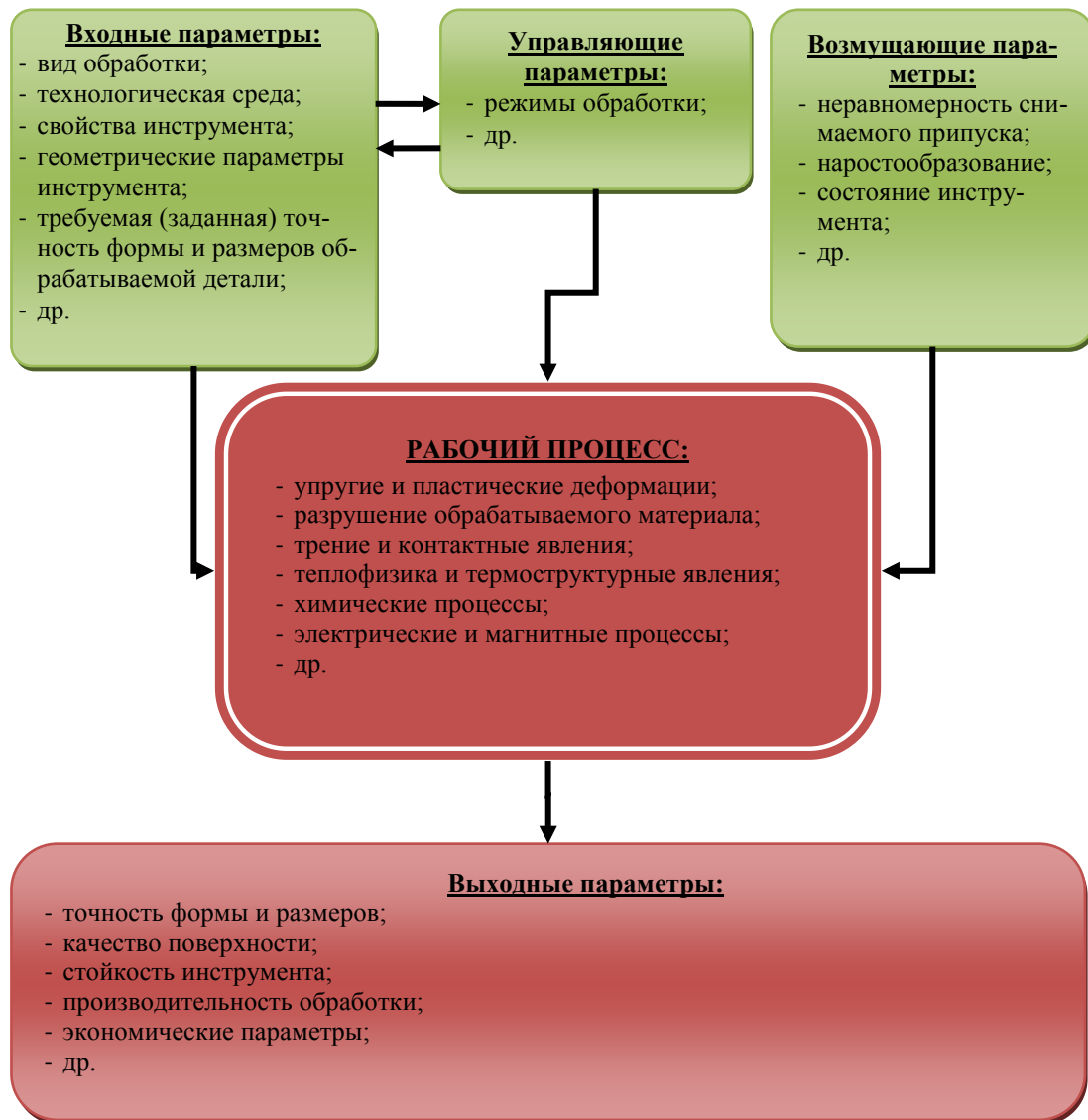


Рис. 1. Структурная схема технологической системы обработки резанием.

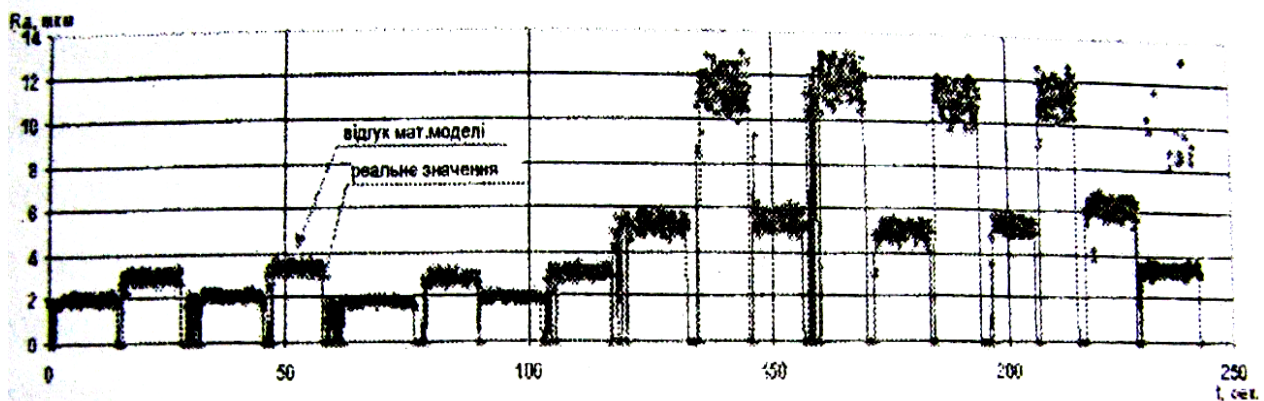


Рис. 2. Значения шероховатости поверхности при обработке детали [7].

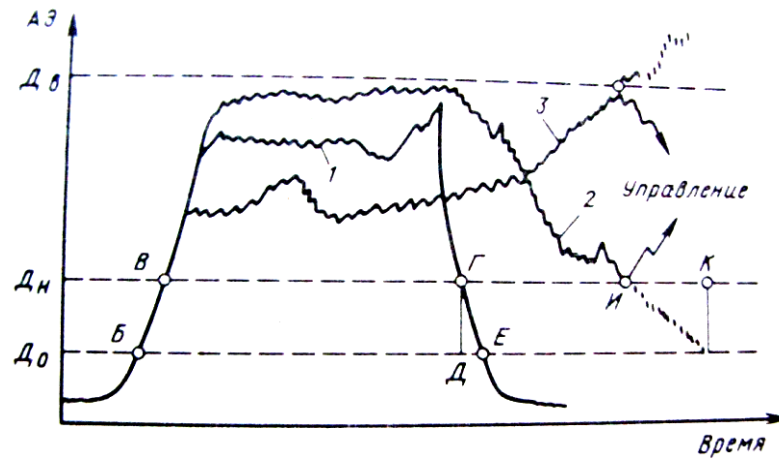


Рис. 3. Изменение сигнала акустической эмиссии при обработке резанием [8] (1 – нормальная работа; 2, 3 – нерасчетный режим функционирования технологического процесса).

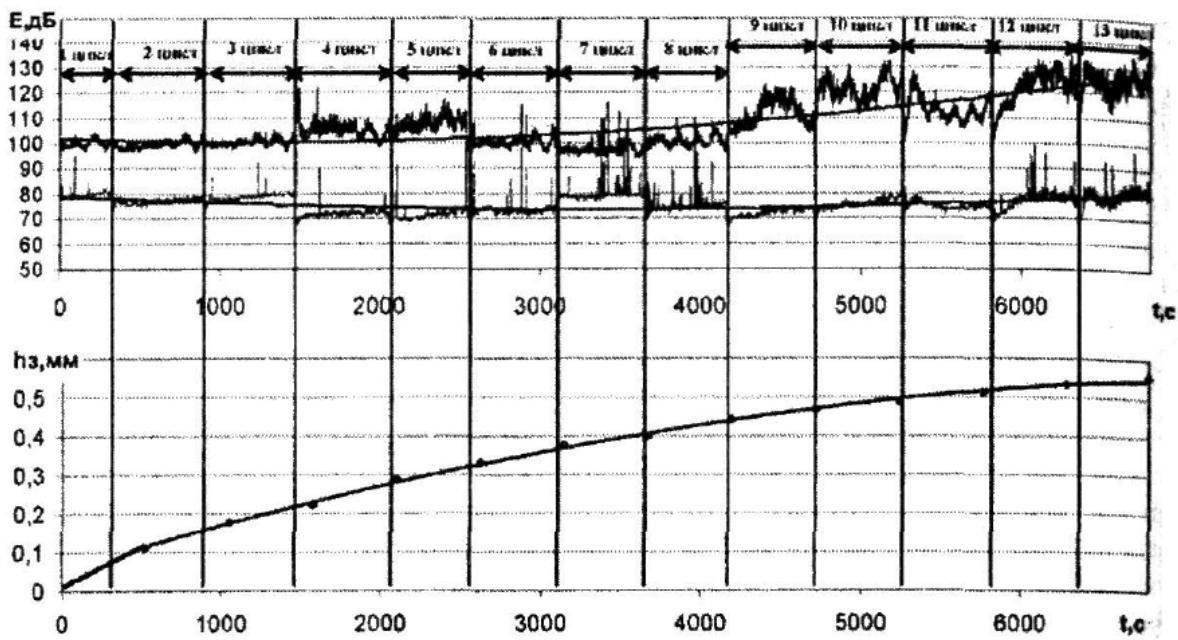


Рис. 4. Изменение сигнала акустического излучения при обработке резанием [9].

Для нормальной работы любой системы диагностики сначала в ее базе данных должна быть накоплена необходимая для диагностирования информация (рис. 5), которая позволяла бы ей

принимать решение, соответствующее действительному состоянию инструмента или технической системы в целом.

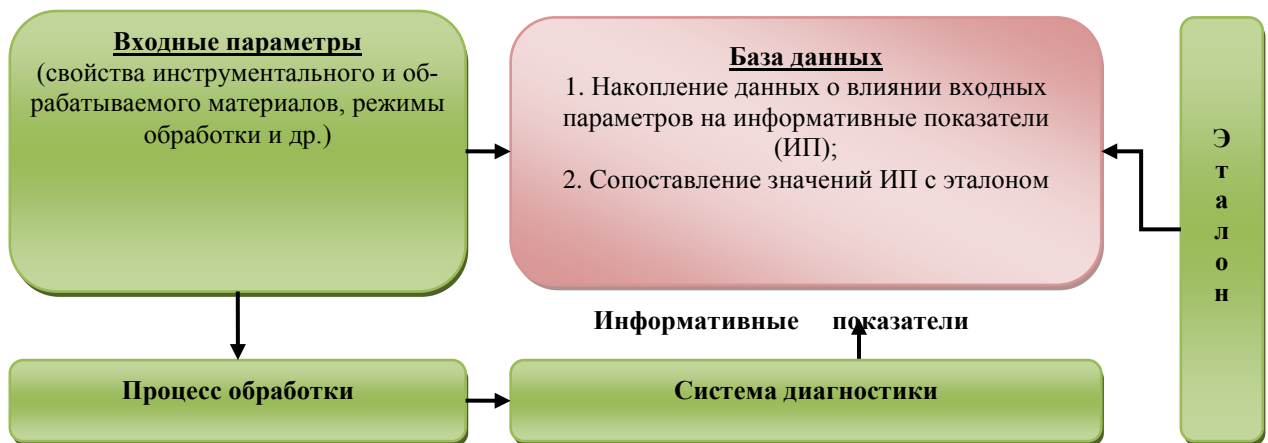


Рис. 5. Схема создания базы данных в системе диагностики.

Вместе с тем даже в том случае, когда имеется достаточно полная информация для прогнозирования, классическая схема работы системы диагностики (рис. 6) не всегда может работать эффективно, особенно там, где нужна большая точность идентификации того или иного состояния инструмента, например, при чистовой окончательной обработке, или какой-либо другой технической системы в связи с тем, что может иметь место двойственность данных, когда од-

ному и тому же состоянию системы (входные параметры) может соответствовать несколько отличающихся информативных показателей системы диагностики, и наоборот, когда для двух отличающихся состояний системы будут соответствовать одни и те же значения информативных показателей. В этом случае перед системой диагностики станет вопрос, какое заключение дать о состоянии технической системы: два разных или, если одно, то, какое?

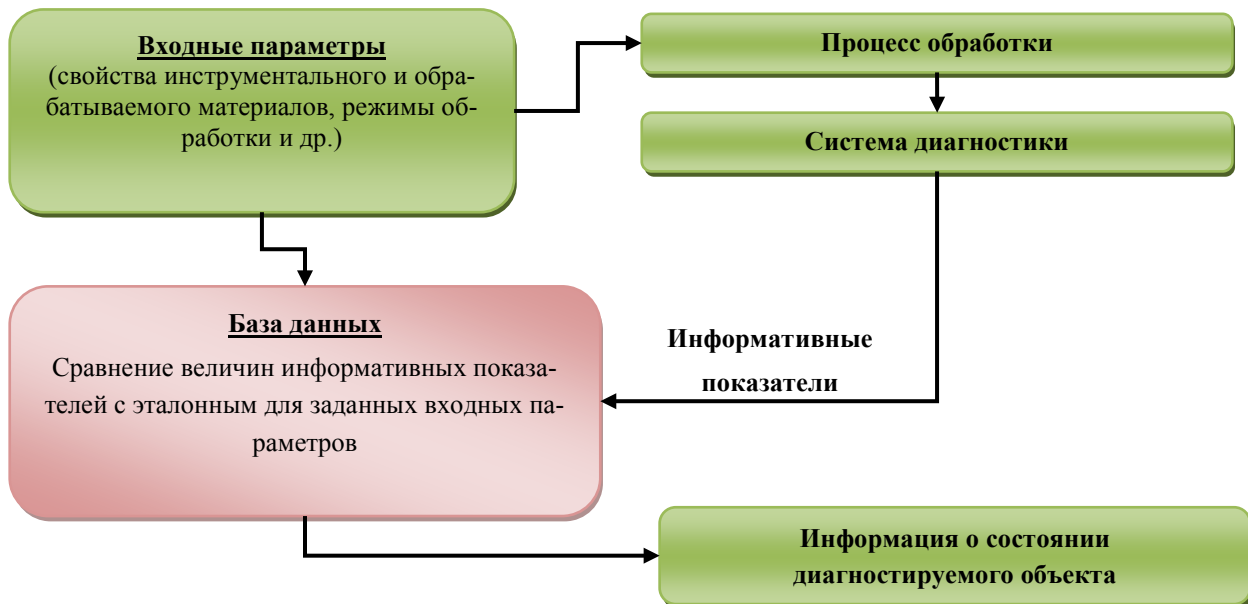


Рис. 6. Схема работы системы диагностирования.

Как следствие, для решения поставленной задачи применительно к таким сложным и многофакторным процессам, каким является процесс резания, для поддержания высокой работоспособности режущих инструментов появляется необходимость создания интеллектуальных систем, которые обеспечивают автоматический контроль, диагностирование состояний и прогнозирование отказов инструментов. В этом случае особое внимание должно уделяться про-

блеме создания интеллектуальных систем, обладающих развитыми свойствами самоприспособляемости к изменению условий работы инструмента и его диагностирования.

В соответствии с таким подходом структура системы диагностики должна качественно измениться и содержать в своем составе аппарат принятия интеллектуальных решений – экспертную систему (рис. 7).



Рис. 7. Структура экспертной системы диагностики.

Первая составляющая системы диагностирования – это система регистрации диагностического сигнала. Она включает в себя собственно датчик, выбор которого зависит от метода диагностики и диагностируемого параметра, и систему его связи с системой обработки. Эта связь предполагает наличие связей не только информационных, но и физических, которые могут включать в себя и механические доработки контролируемого объекта. Например, при пневматическом методе необходимо модернизировать инструмент и снабдить его специальными каналами, которые и обеспечивают ту связь, без которой не может быть передачи диагностической информации от датчика к системе обработки информации.

Вторая составляющая – это система обработки диагностического сигнала, которая состоит из двух элементов: первый – это преобразователь сигнала в цифровой вид, что нужно для дальнейшей его обработки во втором элементе – математическом аппарате обработки диагностического сигнала, в частности, процессы сглаживания, фильтрации и т. п.

Третья составляющая включает в себя базу знаний или базу данных, в которой хранятся свойства диагностируемого объекта, соответствующие различным его состояниям, а также включает аппарат прогнозирования состояний объекта диагностики, который в зависимости от диагностируемого процесса может разделяться на краткосрочный и долгосрочный. Это разделение напрямую зависит от скорости изменения состояния диагностируемого объекта.

В качестве экспертных систем могут быть использованы системы с применением методов искусственного интеллекта и систем нечеткой логики, так как применение только одних баз данных (см. рис. 5) в их традиционном понимании практически не может справиться с задачей достоверного накопления и сравнения данных. Ведь создаваемая база данных для некоторого (заданного) ряда режимов обработки, информативных показателей и значений эталонов должна хранить огромную по своему объему информацию, которая при последующем наполнении может вводить определенные неясности, особенно тогда, когда одному и тому же состоянию системы может соответствовать два и более вариантов идентификации этого состояния. Даже применение традиционных искусственных нейронных сетей, которые могут не только посредством обучения накапливать знания обо всех значениях базы данных, но и корректировать свои знания при дальнейшем их обучении – тоже не выход, так как одним из основных недостатков нейронных систем является необходи-

мость составления при обучении обучающей выборки, которая не должна иметь противоречий, т. е. такие системы не могут обработать задачу типа «исключающего ИЛИ». Использование же в нейронной сети системы нечетких знаний (нечеткой логики) позволяет дополнительно решить и задачу «исключающего ИЛИ». После обучения нейронной сети с нечеткой системой, т. е. составления в ней определенных правил, она может достаточно просто идентифицировать то или иное состояние практически любой технической системы. При этом формируемый нечеткой системой ответ может иметь, например, такой формат: «вероятность того, что инструмент выработал половину своего ресурса - 90%».

Учитывая тот факт, что нечеткие системы в принципе могут аппроксимировать любую математическую функцию какой бы то ни было сложности [9], можем предположить, что разработка систем диагностирования, обладающих экспертными системами (см. рис. 7) на базе искусственного интеллекта, созданных путем комбинированного использования искусственных нейронных сетей и систем нечеткой логики, является перспективным направлением при создании прогрессивных систем диагностирования состояний режущих инструментов с эффективным использованием современных информационных технологий.

Вывод. Предложенная новая структура системы диагностирования режущего инструмента включает в себя экспертную подсистему, состоящую из базы знаний или данных и аппарата прогнозирования. Также выявлена целесообразность использования в качестве экспертной подсистемы искусственного интеллекта и нечеткой логики.

ЛИТЕРАТУРА

1. Present Situation and Future Trends in Modeling of Machining Operations : Progress Report of the CIRP Working Group Modeling of Operations // Annals of CIRP. – 1998. – Вып. 47. – № 2. – С. 587–621.
2. Петров В. М. Комплексный подход при диагностике режущей способности лезвийного инструмента и оценке обрабатываемости конструкционных материалов / В. М. Петров, Н. Ю. Сойтун, А. В. Чеботарев // Инструмент и технологии. – СПб. : ПИМаш, 2004. – № 13–14. – С. 66–67.
3. Залого В. А. Исследование возможности применения метода диагностики по акустическому излучению при чистовом точении титанового сплава. Часть 1 / В. А. Залого, Р. Н. Зинченко // Вісник СумДУ. Технічні науки. – 2008. – № 4. – С. 118–125.
4. Залого В. А. Разработка научных основ и принципов практического применения нестационарных видов обработки резанием на базе попутного тангенциального точения : дис. на соискание ученой