

## УДК 621.09

### ПРОГРАММНЫЕ МЕТОДЫ ДИАГНОСТИКИ НАДЕЖНОСТИ МЕТАЛЛООБРАБАТЫВАЮЩИХ СТАНКОВ

Николай Валерьевич Терентьев<sup>(1)</sup>, Магомед Марифович Рамазанов<sup>(2)</sup>, Денис Олегович Савватеев<sup>(2)</sup>

*Студент 5 курса<sup>(1)</sup>, студент 4 курса<sup>(2)</sup>,  
кафедра «Металлорежущие станки»*

*Московский государственный технический университет им. Н. Э. Баумана*

*Научный руководитель: А.Г. Ягопольский,  
старший преподаватель кафедры «Металлорежущие станки»*

Разнообразие станков порождает и разнообразие их технических характеристик, что связано, в первую очередь, со стремлением достичь наивысшего уровня качества станка. Возможности станка удовлетворять поставленным требованиям оцениваются его техническими характеристиками, которые также определяют конкурентоспособность станка по сравнению с другими моделями того же назначения.

При установлении технических характеристик необходимо учитывать ряд факторов: эффективность работы станка, которая определяется наибольшими достигнутыми значениями скоростей, нагрузок, температур, точности и других эксплуатационных показателей (они определяют уровень развития станка, его конкурентоспособность и составляют основное содержание технических условий); сохранение технических показателей машины в заданных пределах в течении всего периода эксплуатации, т. е. обеспечение надежности – одно из самых основных требований к станку. Таким образом, технические характеристики отражают весь комплекс требований к функционированию станка, которые заложены конструктором при его проектировании.

Обеспечение высокой технологической надежности металлорежущих станков актуально для современного машиностроения. Конкурентоспособность продукции машиностроения во многом основывается на качестве и точности обработки деталей, непосредственно связанными с технологической надежностью металлорежущих станков. С развитием научно-технического прогресса, совершенствованием условий производства, повышением требований к качеству продукции и усложнению ее конструкции, встает вопрос обеспечения высокой технологической надежности металлорежущих станков, который на сегодняшний день является важной задачей машиностроения.

Погрешности механической обработки деталей складываются из ряда факторов, обусловленных конструкцией и состоянием машиностроительного оборудования, т.е. технологической надежностью оборудования, а также условиями производства, квалификацией обслуживающего персонала и пр. Так в балансе суммарной погрешности обработки цилиндрической поверхности доля составляющих, связанных с состоянием суппортного узла, достигает порядка 25%. Машиностроительное оборудование, в том числе металлорежущие станки, должны в течении длительного промежутка времени сохранять заложенную надежность основных узлов и механизмов станка.

В процессе эксплуатации станка, особенно в условиях автоматизированного производства, при изготовлении больших партий деталей возникает необходимость оценить его уровень надежности по показателям качества обработки деталей. Для такой оценки необходимо пользоваться апробированной и отработанной унифицированной методикой. Однако, недостаток или отсутствие исследований и отработанных методик, в которых в комплексе осуществляется диагностирование и прогнозирование технологической надежности станка по

параметрам траектории движения формообразующих узлов, к которым относится и суппортный узел делает эту проблему актуальной.

Применяемые в настоящее время методы диагностирования станков и прогнозирования их технологической надежности обладают рядом недостатков и ограничений:

1. Обособленность существующих видов испытаний;
2. Отсутствие общепризнанного представления о выходных параметрах станка;
3. Отсутствие надежных методик учета стохастического характера явлений, при работе станка;
4. Недостаточная разработанность тестовых методов диагностирования;
5. Недостаточное использование возможностей современной вычислительной техники.

Вышесказанное делает существующие методы малопригодными для решения современных задач обеспечения качества изделий.

Метод программных испытаний, основы которого были заложены профессором А. С. Прониковым, позволяет оценить сопротивляемость станка спектру внешних воздействий, определять параметры его качества и надежности. Особенности данного метода заключаются в отказе от суперпозиционного подхода к процессу испытаний, применению программной автоматизации нагружения станка, ориентации на использование современной вычислительной техники и информационных технологий. Важнейшим направлением по развитию и совершенствованию этого метода является создание методического и информационного обеспечения диагностирования и прогнозирования технологической надежности станков на основе параметров траектории перемещения формообразующих узлов, к которым относится и суппортный узел станка.

Диагностика параметров траекторий перемещения суппортного узла осуществляемая с помощью метода программных испытаний позволит более достоверно получать информацию о текущем состоянии станка, прогнозировать его технологическую надежность и вносить коррективы в технологические задачи или проводить необходимые ремонтно – профилактические мероприятия. Это обеспечит уровень технологической надежности станка, необходимый для достижения заданного качества изделий.

Как было сказано выше для развития и совершенствования метода программных испытаний станков необходима разработка способов и средств программного экспресс-диагностирования станков в сочетании с методическим, информационным и программным обеспечением, что позволяет использовать диагностическую информацию для принятия необходимых конструкторско-технологических решений, а также для управления качеством обработки в целях его повышения.

Разработка методики прогнозирования технологической надежности станка и связанные с этим исследования необходимо проводить по нескольким направлениям:

1. Прогнозирование потери точности станка в следствии износа направляющих и других узлов и механизмов станка;
2. Исследование влияния теплового режима станка на его параметрическую (технологическую) надежность;
3. Разработка общей методики прогнозирования технологической надежности станков различных групп и типов.

Основой становления и совершенствования метода программных испытаний станков является прогнозирование, осуществляемое на базе имитационного моделирования.

Ниже приведена концепция метода программных испытаний, реализуемая с помощью комплекса экспресс-диагностики, которая может быть взята за основу при испытании технологического оборудования, в частности металлорежущих станков:

- Модуль управления;
- Модуль программного нагружения;
- Диагностируемый объект;
- Модуль регистрации перемещения;

- Модуль обработки и анализа информации;
- Вывод ответа на запрос.

Программные испытания имеют наибольший эффект, если:

1. Их объем позволяет применять статистические методы оценки выходных параметров станка;
2. Они включают в себя прогнозирование возможного изменения выходных параметров во времени с использованием всех видов доступной информации;
3. В их процессе применяют методы диагностирования для оценки причин влияющих на выходные параметры станка;
4. Оптимизируются выходные параметры станка определяющие его технические характеристики.

При оценке качества и параметрической надежности станка используется набор унифицированных выходных параметров, которые для разных технологических машин (станков) могут иметь разный физический смысл, но одинаковое математическое описание [1]. Выходные параметры станка – это числовые показатели технических характеристик станка, определяющие его состояние и возможности выполнения заданных функций, т.е. характеристики по которым определяется качество изделия. Выходными параметрами могут быть:

1. Точность функционирования станка;
2. Диагностические характеристики станка;
3. Кинематические характеристики станка;
4. Экономические показатели.

Создание такого набора унифицированных параметров базируется на методике получения сведений о выходных параметрах из данной технической характеристики. Например: функции времени  $X(t)$ , где  $t$  – длительность цикла работы станка; функции пути  $X(l)$ , где  $l$  – величина перемещения рабочих органов станка и пр. Основой расчета показателей качества и надежности является модель параметрического отказа, отражающая изменение выходного параметра станка под действием различных факторов [1,2].

В общем виде каждую техническую характеристику станка можно представить как траекторию (функцию) некоторого показателя  $X_i$  в пространстве или времени, или как функцию специального показателя  $X=F(q)$ ; числовые характеристики этой траектории (функции) и будут являться выходными параметрами станка.

Функциями, выражающими данные зависимости, могут быть:

1. Траектории перемещения рабочих и формообразующих органов станка, определяющие точность функционирования или другие показатели работоспособности;
2. Смещения (линейные, угловые) отдельных элементов станка в результате силовых или тепловых деформаций, включая воздействия от вибрационных процессов;
3. Временные зависимости для сил, давлений, крутящих моментов, передаваемой мощности и других характеристик динамической нагруженности системы;
4. Кинематические параметры станка (скорость, частота вращения, ускорение) и их изменение в течение цикла;
5. Изменение в процессе функционирования станка показателей его эффективности (производительность, КПД, температура и др.);
6. Уровень и характер любых установленных показателей (шум, специальные характеристики и т.д.).

При определении выходных параметров на основе анализа реализаций данной технической характеристики  $F(q)$  необходимо учитывать, что могут оцениваться как макропоказатели, так и отдельные участки и микропоказатели. Это связано с состоянием станка, его статическими и динамическими характеристиками, быстропротекающими процессами и влиянием процессов средней скорости. Комплекс этих выходных параметров и их численные значения определяют начальный уровень надежности станка. С течением времени

каждый параметр может изменяться в результате процесса старения станка, и в этом случае характеристика  $F(q)$  также изменяется.

Для обеспечения параметрической (технологической) надежности станка необходимо знать и оценивать значения, которые может принимать каждый из выходных параметров, и его возможные изменения в процессе длительной работы станка. При этом следует учитывать, что каждый из параметров  $X_i$  проявляется как случайная величина со своим законом распределения, поскольку станок работает при различных режимах, нагрузках, скоростях и переменных условиях эксплуатации.

В результате оценки качества и надежности должно быть получено заключение о состоянии станка, в котором указывается, при каких условиях эксплуатации достигаются заданные параметры станка, а также в течение какого времени эксплуатации и с какой вероятностью эти показатели будут сохраняться. Также в результате испытания и прогнозирования должны быть получены характеристики качества и параметрической (технологической) надежности, приведенные ниже.

1. Численные характеристики областей состояний, т.е. области, в которых с заданной вероятностью находятся регламентируемые выходные параметры станка.

2. Запас надежности для каждого из выходных параметров, т.е. отношение допустимых значений, определяющих область работоспособности, к их фактическим значениям, определяющим область состояний.

3. Ресурс по параметру при заданной вероятности безотказной работы станка или вероятность безотказной работы в течение заданного промежутка времени при регламентированной продолжительности сохранения станком работоспособности, т.е. ресурс до среднего или капитального ремонта.

## Литература

1. *Проников А.С.* Программный метод испытания металлорежущих станков. – М.: Машиностроение, 1985. – 288 с.
2. *Смирнов Н. В., Дунин-Барковский И. В.* Курс теории вероятностей и математической статистики для технических приложений – М.: Наука. 1969. – 511 с.
3. *Селиванов М. Н.* Неопределённость результата измерений и доверительная погрешность результата измерений // Измерительная техника. – 1994. - №8. – С. 20-32.
4. *Проников А.С.* Параметрическая надежность машин. – М.: Знание, 1976. - 46 с.
5. *Васильев Г.Н., Ягопольский А.Г., Трemasов А.П.* Проблемы диагностики и обеспечение надежности металлорежущих станков // СТИН. – 2003. – №7. – С.14 – 17.
6. *Ягопольский А.Г., Трemasов А.П.* Современные методы диагностики и контроля для обеспечения технологической надежности станков // Состояние и проблемы измерений: Тез. докл. 8 – й Всероссийской научн. – техн. Конф. – М.: Изд – во МГТУ им. Н.Э.Баумана, 2002. – С.86 – 87.