**УДК**

**МРНТИ**

**Сулейменов Арман Нурлыбекович**

Инновационный Евразийский университет, Казахстан

(e-mail:) suleimenov\_7182@mail.ru

**Усовершенствование методики испытания главного привода станка.**

**Аннотация**

*Основная проблема:* В настоящее время основной тенденцией при модернизации станков и технологических линий является переход от привода постоянного тока к асинхронному или синхронному приводу переменного тока. Нет смысла отрицать ряд существенных преимуществ систем на переменном токе (низкая стоимость двигателей, отсутствие необходимости в обслуживании, более высокое качество регулирования и т.п.), но существует ряд применений, где замена двигателя постоянного тока не целесообразна.

*Цель:*Усовершенствование методики испытания главного привода станка.

*Методы:* Модернизация привода главного привода включает определение диапазона регулирования скоростей, построение кинематической схемы, определение требуемой эффективной мощности привода, проверочные расчеты зубчатых передач, валов и уточненный расчет на усталость самого нагруженного вала, выбор шпоночных соединений передающих крутящий момент, выбор подшипников опор валов, выбор системы смазки.

*Результаты и их значимость:* Это позволяет значительно сократить трудоемкость производственного процесса, снизить себестоимость выпускаемой продукции, увеличить производительность труда. Поэтому, главная задача инженеров - разработка автоматизированного оборудования, расчет его основных узлов и агрегатов, выявление наиболее оптимальных технических решений и внедрение их в производство.

*Ключевые слова:* усовершенствование, модернизация,станок, производство, главный привод, металлорежущий станок, станок – прототип.

**Введение**

В последние годы в станкостроении наметилась тенденция по оснащению металлорежущих станков общего назначения приводами с бесступенчатым регулированием скоростей на основе применения асинхронных электродвигателей с плавным изменением частот вращения. Это стало возможным в связи с серьезными достижениями в создании регулируемых электроприводов с достаточно широкими техническими возможностями, обладающими высокой надежностью и долговечностью при относительно невысокой стоимости. Механическая часть привода (коробки скоростей и подач) при таком подходе существенно упрощается, а в ряде случаев вообще может отсутствовать.

Привод главного движения может иметь структуру «электродвигатель-шпиндель», привод подач – «электродвигательтяговое устройство». Это позволяет снизить металлоемкость, габариты и стоимость станка в целом при одновременном повышении его технико-экономических показателей. Следует отметить, что замена ступенчатых приводов на бесступенчатые особенно выгодна при модернизации средних и тяжелых станков, срок службы которых исчисляется десятилетиями [1, с. 608].

Машиностроительным предприятиям, эксплуатирующим подобное оборудование, намного дешевле заменить при ремонте ступенчатые приводы на более современные − бесступенчатые, чем покупать новые станки. Это, в частности, объясняет тот факт, что производство таких станков во всем мире существенно сократилось.

Основным требованием при модернизации является полное сохранение формы и размеров корпусных узлов базовых станков. В них должны быть размещены элементы механики приводов, необходимые для получения требуемого диапазона частот вращения и реализации заданных скоростных параметров.

Основным требованием при проектировании бесступенчатого привода главного движения(взамен ступенчатого) является использование корпуса узла, в котором будут располагаться элементы привода, от базового станка.

При исследовании [металлорежущих станков](https://rusnc.ru/%D0%BC%D0%B5%D1%82%D0%B0%D0%BB%D0%BB%D0%BE%D0%BE%D0%B1%D1%80%D0%B0%D0%B1%D0%B0%D1%82%D1%8B%D0%B2%D0%B0%D1%8E%D1%89%D0%B8%D0%B5/) характерен системный подход. Объект исследования рассматривается как система, состоящая из элементов, взаимозависимых между собой, находящаяся в определенных условиях внешней среды. Исследование может проводиться постановкой натурного эксперимента на опытном образце станка или его прототипе. Это наиболее достоверные, но и наиболее труднозатратные исследования, к тому же связанные с использованием дорогостоящей измерительной аппаратуры [2, с. 125].

Менее затратны исследования, связанные с построением математической модели поведения изучаемого объекта. Использование вычислительной техники позволяет всесторонне изучить объект исследования и получить более объемные результаты о поведении объекта исследования. Однако всегда присутствует вопрос: насколько разработанная математическая модель отражает реальное поведение натурного образца (проверка на адекватность).

В общем случае исследования проводят в следующей последовательности: формирование целей и задач исследований; анализ имеющейся информации о поведении станка-прототипа или аналогичного оборудования; анализ методов решения аналогичных задач с выбором наиболее оптимального метода; разработка математической модели; разработка методики проведения исследований; планирование и проведение экспериментов; обработка результатов исследования и разработка рекомендаций по улучшению технических характеристик проектируемого станка.

Так, в процессе проектирования нового серийно выпускаемого станка в техническом задании на проектирование оговорено требование повышения суммарной жесткости станка по отношению к станку-прототипу, который должен заменить проектируемый станок. В данном случае основным объектом исследования является станок-прототип. Для достижения поставленной цели здесь необходимо последовательно решить следующие задачи:

* определить баланс упругих перемещений и выявить слабые звенья несущей системы станка-прототипа;
* выявить факторы, влияющие на жесткость слабых звеньев и наиболее подходящий для этих условий метод решения;
* провести исследования математической модели, спланировав эксперименты и определив их граничные условия;
* на основе полученных результатов моделирования определить конструктивные параметры элементов несущей системы станка, обеспечивающие необходимое повышение жесткости;
* Правильность принятых решений, основанных на результатах проведенных исследований для серийно выпускаемых станков, определяется проведением испытания жесткости опытного образца станка.

Основными видами испытаний являются приемочные испытания опытных образцов новых моделей станков и приемосдаточные испытания серийно выпускаемых станков.

Приемочные испытания проводят для определения целесообразности серийного производства новой модели станка взамен ранее выпускаемой. В соответствии с существующими методиками приемочных испытаний различных типов металлорежущих станков предусмотрены три группы проверок: в статическом состоянии, на холостом ходу и в работе.

Проверки, предусмотренные типовыми методиками, в более полном объеме проводят в процессе проведения приемочных испытаний. Здесь нужна всесторонняя оценка качеств новой модели станка, чтобы сравнить их с устаревшей выпускаемой моделью и решить целесообразность замены выпускаемого станка новым.

Приемно-сдаточные испытания серийно выпускаемых станков на заводе изготовителе проводят в сокращенном виде в целях проверки их работоспособности и соответствия установленным требованиям.

Перед проведением испытаний станок подвергается внешнему осмотру, в процессе которого должны быть проверены: комплектность и соответствие отделки деталей станка требованиям технической документации на станок; качество сборки (рукоятки, рычаги переключателей, маховички); соответствие станка требованиям техники безопасности; удобство расположения органов управления станком (эргономические требования) [3, с. 403].

Приемочные испытания проводятся обычно в лабораторных условиях. Перед их проведением станок устанавливается и выверяется в горизонтальной плоскости с точностью: станки классов точности Н и П — 0,04 мм на длине 1 м, станки классов точности В, А, С — 0,02 мм на длине 1 м и подключается к сети электропитания.

После этого приступают к проверкам станка в статическом состоянии: проверка геометрической точности и жесткости, работоспособность электрооборудования станка. Проверка геометрической точности и жесткости является обязательными и для приемосдаточных испытаний серийно выпускаемых станков.

Проверка геометрической точности станка проводится согласно ГОСТам, разработанным для различных типов станков в зависимости от их технической характеристики и класса точности, в которых указаны необходимые проверки, методика их проведения, точностные возможности применяемого для проверок измерительного инструмента и приборов, предельные отклонения измеряемых параметров. Эту проверку рекомендуется проводить после обкатки станка (или поузловой обкатки) при жесткой регламентации температурного режима помещения, где проводится проверка геометрической точности станка (колебания температуры при номинальном значении 20 °С при проверке станков классов точности Н и П ±2 °С, станков классов точности В и А — ±1 °С, станков класса точности С — ±0,5 °С).

Проверка жесткости большинства типов станков также регламентирована соответствующими ГОСТами, в которых изложена методика проведения испытаний, приборы и установки для нагружения несущей системы станка и измерения деформаций этой системы, предельная величина нагружения. Проверка жесткости при проведении приемочных испытаний нередко сопровождается измерением деформации отдельных элементов, составляющих несущую систему станка, т.е. составляется баланс упругих перемещений этой системы. Баланс упругих перемещений позволяет установить податливость отдельных узлов в общей картине жесткости несущей системы станка и обозначить ее слабые звенья.

Для опытных образцов станков на этом этапе проверки также проверяют качество монтажа электрооборудования, качество изоляции силовых цепей, надежность защиты человека от поражения током, наличие заземления, надежность защиты силовых агрегатов от перегрузок и коротких замыканий.

Испытания в статическом состоянии завершает более тщательный анализ соответствия конструкции станка требованиям эргономики и технике безопасности (расположение органов управления, их дублирование, максимальные управляющие усилия, наличие кожухов, блокировки от случайных воздействий на органы управления).

Самым длительным и наибольшим по объему проверок является испытание станка на холостом ходу, которое включает в себя проверку правильности включения и работы основных узлов и механизмов станка, работоспособность систем смазки и охлаждения, гидропривода и т.д.

Главный привод проверяют на всех частотах вращения с реверсированием движения и проверкой длительности торможения (регламентирована ГОСТом по технике безопасности). С максимальной частотой вращения шпинделя станок должен проработать не менее 30 мин. При этом температура шпиндельных подшипников не должна превышать определенных значений установленных для станков различных классов точности (см. подразд. 17.4). Необходимо проверить и убедиться, что зубчатые передачи работают плавно, без стука и сотрясений, уровень шума на средних частотах не должен превышать 80 ДБ на расстоянии 5 метров от станка. Проверяется работоспособность тормозных устройств, фрикционных муфт, ременных передач и т.д.

Для станков с ЧПУ предусмотрены дополнительные проверки: определяется точность позиционирования при отработке подвижным узлом станка 1/5, 1/2 и 4/5 длины рабочего хода, точность отработки угла 5°, 26,5°, 45° и одиночных импульсов, проверяется также время автоматической смены инструмента.

Для станков со сложным формообразованием (зубообрабатывающих, резьбообрабатывающих и других станков) предусмотрена проверка кинематической точности цепей, обеспечивающих внутреннюю связь в сложном исполнительном движении (например, при нарезании резьбы резцом эту роль выполняет цепь резьбонарезания, которая согласует вращение нарезаемого винта с перемещением резца) [1, с. 104].

На этой стадии проверок у опытных образцов станков определяется мощность холостого хода и коэффициент полезного действия на всех частотах вращения привода главного движения.

Испытания станка при его работе проводятся в основном для определения его работоспособности при максимальных режимах обработки: при резании с максимальной мощностью, с максимальным крутящим моментом, с максимальной силой резания. Оценку результатов испытаний проводят по качеству обработанной поверхности, которая не должна иметь следов вибраций. В процессе этих испытаний проверяют работоспособность всех механизмов станка. Станки с ЧПУ проверяют на безотказность при обработке сложных деталей, форма которых предусматривает более полное использование возможностей проверяемого станка. Программа должна быть составлена на обработку детали в течение 2 ч для серийно выпускаемых станков и 4 ч для опытных образцов.

Испытание важнейшего критерия работоспособности станка виброустойчивости сводится к определению предельной снимаемой с обрабатываемой детали, стружки.

Предельная стружка определяется по сечению снимаемого слоя металла, которое в процессе испытания станка постепенно увеличивается (за счет увеличения глубины резания при постоянной подаче) до наступления неустойчивого резания (появления вибраций). Испытания проводятся на трех подачах и на различных частотах шпинделя станка. Итоговым результатом этих испытаний является построение графика границ устойчивости.

Приемо-сдаточные испытания серийно выпускаемых металлорежущих станков проводит служба качества [завода-изготовителя](https://rusnc.ru/%D0%BE-%D0%B7%D0%B0%D0%B2%D0%BE%D0%B4%D0%B5/) для того, чтобы установить, соответствует ли проверяемый станок техническим условиям. Эти испытания имеют значительно меньший объем проверок, но обязательно включают в себя следующие из них:

испытания станка в статическом состоянии предусматривает кроме внешнего осмотра проведение проверок геометрической точности и жесткости;

в объем испытаний на холостом ходу (проверка правильности функционирования узлов и станка в целом, проверка уровня шума приводов, нагрев подшипников шпиндельного узла и механизма подач). Для станков со сложным формообразованием проводится проверка кинематической точности, а для станков с ЧПУ — исследование точности позиционирования;

испытание станка в работе сводятся в основном к оценке качества обработанной на испытываемом станке детали-представителя (или партии деталей), определение уровня шума станка работающего с нагрузкой, проверка виброустойчивости по предельной стружке. Однако допускается замена указанных проверок другими, которые обеспечивают не меньшую точность оценки работоспособности станка.

**Материалы и методы**

Основная суть модернизации заключается в замене многоступенчатого привода базового станка на бесступенчатый, состоящий из регулируемого электродвигателя и двух-четырех ступенчатой коробки скоростей. Очевидно, что такой привод позволит повысить производительность и улучшить технико-экономические показатели станка в целом.

**Результаты**

В ходе анализа методики испытания главного привода станка были изучены факторы, влияющие на жесткость слабых звеньев несущей системы станка-прототипа. Расмотрены испытания опытных образцов новых моделей станков и приемосдаточные испытания серийно выпускаемых станков.

**Обсуждение**

В соответствии с общими принципами станкостроении в статье особое внимание уделено качеству испытание станка и подготовки и ремонта ее деталей. Проблема качества решена на основе автоматизации технологических процессов производства и ремонта.

**Заключение**

Усовершенствование методики испытания главного привода станка на сегодняшний день является одним важным важным вопросом. Интенсивный рост объемов инженерной отрасли выявление наиболее оптимальных технических решений и внедрение их в производство. В таких случаях приоритетным является использование легких конструкций с улучшенными свойствами и полностью готовых конструкций.

**СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ**

1. Металлорежущие станки : учебник. В 2 т. / Т.М. Авраамова, В.В. Бушуев, Л.Я. Гиловой и др. ; под ред. В.В. Бушуева. Т. 1. – Москва : Машиностроение, 2011. – 608 с.
2. Зотов Н. М., Балакина Е. В. Основы механической обработки деталей транспортных средств, – Волгоград: Изд-во ВолгГТУ, 2004. – 125 с.
3. Ивашков И. И. Монтаж, эксплуатация и ремонт подъемнотранспортных машин, – М.: Машиностроение, 1991. – 403 с.
4. Колесов М. Н. Основы технологии машиностроения, – М.: Высш.школа, 2001. – 104 с.

**REFERENCE**

1. Metal-cutting machines: textbook. In 2 vols. / T. M. Avraamova, V. V. Bushuev, L. Ya. Gilova et al.; edited by V. V. Bushuev. Vol. 1. - Moscow: Mashinostroenie, 2011. - 608 p.

2. Zotov N. M., Balakina E. V. Fundamentals of mechanical processing of vehicle parts, Volgograd: VolgGTU Publishing House, 2004.

3. Ivashkov I. I. Installation, operation and repair of lifting and transport machines, Moscow: Mashinostroenie, 1991. - 403 p.

4. Kolesov M. N. Osnovy tekhnologii mashinostroeniya, - M.: Vyssh.school, 2001. - 104 p.

**Сулейменов Арман Нурлыбекович**

**Инновациялық Еуразия университеті, Қазақстан**

**(e-mail:)** suleimenov\_7182@mail.ru

**Станоктың негізгі жетегін сынау әдістемесін жетілдіру.**

Қазіргі уақытта станоктар мен технологиялық желілерді модернизациялаудың негізгі бағыты-тұрақты ток жетегінен асинхронды немесе синхронды айнымалы ток жетегіне ауысу. Айнымалы ток жүйелерінің бірқатар маңызды артықшылықтарын жоққа шығарудың қажеті жоқ (қозғалтқыштардың төмен құны, техникалық қызмет көрсетудің қажеті жоқ, реттеудің жоғары сапасы және т.б.), бірақ тұрақты ток қозғалтқышын ауыстыру үшін қосымшалар бар.

Мақсаты: станоктың негізгі жетегін сынау әдістемесін жетілдіру.

Негізгі жетектің жетегін модернизациялау жылдамдықты реттеу диапазонын анықтауды, кинематикалық схеманы құруды, жетектің қажетті тиімді қуатын анықтауды, берілістерді, біліктерді тексеруді және ең көп жүктелген біліктің шаршауын нақты есептеуді, беріліс моментінің кілттерін таңдауды, білік тіректерінің мойынтіректерін таңдауды, майлау жүйесін таңдауды қамтиды.

Нәтижелер және олардың маңыздылығы: бұл өндірістік процестің күрделілігін едәуір азайтуға, өнімнің өзіндік құнын төмендетуге, еңбек өнімділігін арттыруға мүмкіндік береді. Сондықтан инженерлердің басты міндеті-автоматтандырылған жабдықты әзірлеу, оның негізгі түйіндері мен агрегаттарын есептеу, ең оңтайлы техникалық шешімдерді анықтау және оларды өндіріске енгізу.

Түйінді сөздер: жетілдіру, жаңғырту, станок, өндіріс, басты жетек, металл кескіш станок, станок – прототип.

**Suleimenov Arman Nurlybekovich**

**Innovative Eurasian University, Kazakhstan**

**(e-mail:)** suleimenov\_7182@mail.ru

**Improvement of the method of testing the main drive of the machine.**

At present, the main trend in the modernization of machine tools and process lines is the transition from a DC drive to an asynchronous or synchronous AC drive. It makes no sense to deny a number of significant advantages of AC systems (low cost of motors, no need for maintenance, higher quality of regulation, etc.), but there are a number of applications where replacing a DC motor is not advisable.

Objective: To improve the test method of the main drive of the machine.

Modernization of the main drive drive includes the determination of the speed control range, the construction of a kinematic scheme, the determination of the required effective drive power, test calculations of gears, shafts and a refined calculation of the fatigue of the loaded shaft itself, the choice of key joints transmitting torque, the choice of shaft bearings, the choice of a lubrication system.

This allows you to significantly reduce the labor intensity of the production process, reduce the cost of production, and increase labor productivity. Therefore, the main task of engineers is the development of automated equipment, the calculation of its main components and assemblies, the identification of the most optimal technical solutions and their implementation in production.

Keywords: improvement, modernization, machine tool, production, main drive, metal-cutting machine, prototype machine.