

УДК 621.09

ВЛИЯНИЕ ТЕПЛООВОГО ПОЛЯ СТАНКА НА ИЗМЕНЕНИЕ ЕГО ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК

Андрей Васильевич Васильцов⁽¹⁾, Александр Игоревич Власов⁽²⁾, Дмитрий Эдуардович Крикунов⁽³⁾

*Студент 5 курса⁽¹⁾, студент 4 курса 2⁽²⁾, студент 4 курса⁽³⁾
кафедра «Металлорежущие станки»
Московский государственный технический университет*

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

Отечественный и зарубежный опыт производства и эксплуатации металлорежущих станков показывает, что одной из главных проблем в станках является получение заданной точности обработки и сохранение её в процессе эксплуатации. Степень воздействия факторов, влияющих на точность обработки, зависит от особенностей конструкции станков, технологии и организации производства, используемых при их эксплуатации. Исследования показывают, что погрешности обработки, связанные с тепловыми деформациями элементов станка соизмеримы с допусками на изготовление деталей и с требованиями к точности перемещения рабочих органов станка, а нередко значительно их превышают. Поэтому для повышения точности обработки деталей на металлорежущих станках необходимо глубоко и всесторонне изучать тепловые процессы, протекающие в них при работе. Для активного воздействия на формирование точности металлорежущего станка необходимо искать общие закономерности формирования и управления пространственно-временным изменением температурного поля и тепловых деформаций станка. Определение таких закономерностей имеет большое практическое значение, так как умение правильно оценивать ожидаемые величины тепловых деформаций и знать характер изменения их во время работы станка позволит на разных стадиях создания и эксплуатации станка принимать рациональные решения для снижения вредного влияния тепловых деформаций на точность станков.

В общей совокупности процессов, приводящих к снижению точности обработки деталей на металлорежущих станках, значительную роль играют тепловые процессы, обусловленные изменением теплового состояния механизмов и узлов станка. Тепловое состояние формируется под действием источников тепловыделений, которые по месту их возникновения разделяются на внешние и внутренние. Наиболее значительными являются внутренние источники тепловыделений, выделяющие тепло за счет:

1. превращения электрической энергии в тепло;
2. потерь энергии в гидроустройствах станка;
3. превращение механической энергии в тепло;

К внутренним источникам тепла относятся: опоры шпинделя; системы смазки и гидравлики; направляющие; ходовые винты; электродвигатели; электросистема станка; устройство ЧПУ; система охлаждения; редуктора приводов подач и привода главного движения; процесс резания. Внешними источниками тепловыделений являются: отопление; фундамент; солнечные лучи; воздух; осветительные приборы и т.д.

Тепло от внешних и внутренних источников тепловыделений путем контактного, конвективного и лучистого теплообмена передается деталям станка и приводит к изменению их теплового состояния, в результате чего возникает температурное поле переменное во времени и пространстве, которое при достижении установившегося временного режима становится постоянным во времени, но остается переменным в пространстве.

Температурное поле и тепловые деформации узлов и деталей станка зависят от многих факторов: конструкции и компоновки узлов станка; режимов работы станка; геометрических размеров и формы деталей; механических и теплофизических характеристик материалов; способа крепления и базирования деталей; условий теплообмена с окружающей средой; вида, мощности и расположения тепла.

Возникающие при работе станка тепловые деформации механизмов и узлов приводят к изменению положения рабочих органов станка и искажению траектории их перемещения. При этом искажение траектории перемещения рабочих органов станка поверхности, а погрешность положения рабочих органов приводит к возникновению погрешности размера обрабатываемой детали.

Доминирующими факторами в формировании результирующих линейных и угловых смещений шпинделя станка являются шпиндельный узел и колонна. Поэтому проводится тщательная проверка их температурных полей и определяются температуры при разных условиях отвода тепла.

Доля тепловых деформаций в общем балансе погрешностей обработки тем значительнее, чем жестче требования к точности обрабатываемых деталей и большие их размеры. Особенно важно учитывать тепловые деформации в станках с ЧПУ при выполнении чистовых операций, при которых формируется точность обрабатываемых деталей. В станках с ЧПУ до 50% энергии, подводимой у станку, рассеивается в нем вследствие электрических и механических потерь и превращается в тепловую, увеличивая теплонапряженное состояние конструкции. При чистовой обработке тепловые деформации более ощутимы.

Возникающая при работе станка нестабильность его теплового режима приводит к изменению относительного положения инструмента и заготовки, причем линейные измерения относительного положения инструмента и заготовки приводят к размерным погрешностям, а угловые повороты узлов и деталей станка – к погрешностям формы и расположения. Размерные погрешности можно легко компенсировать, а угловые нельзя.

Расчет температурных полей и деформаций узлов и деталей металлорежущих станков является важным средством анализа при создании станков, позволяющим выбрать лучший конструктивный вариант, определить наиболее благоприятные условия работы, найти наиболее оптимальные условия и средства снижения и компенсации тепловых деформаций, а также управления ими.

Тепловые расчеты узлов и деталей станка основываются на фундаментальных работах по теории теплопроводности твердых тел. Расчеты тепловых деформаций базируются на фундаментальных работах по теории термоупругости. Сложность конструкции узлов и деталей станка, разнообразие условий эксплуатации, многообразие форм и конфигураций, наличие рассредоточенных источников тепла

обуславливают во многих случаях невозможность непосредственного применения имеющихся решений и требуют создания достаточно простых методов расчета для конкретных узлов и деталей станка. При решении задач по определению температурного поля узлов и деталей станка следует придерживаться определенной последовательности.(рис 1)

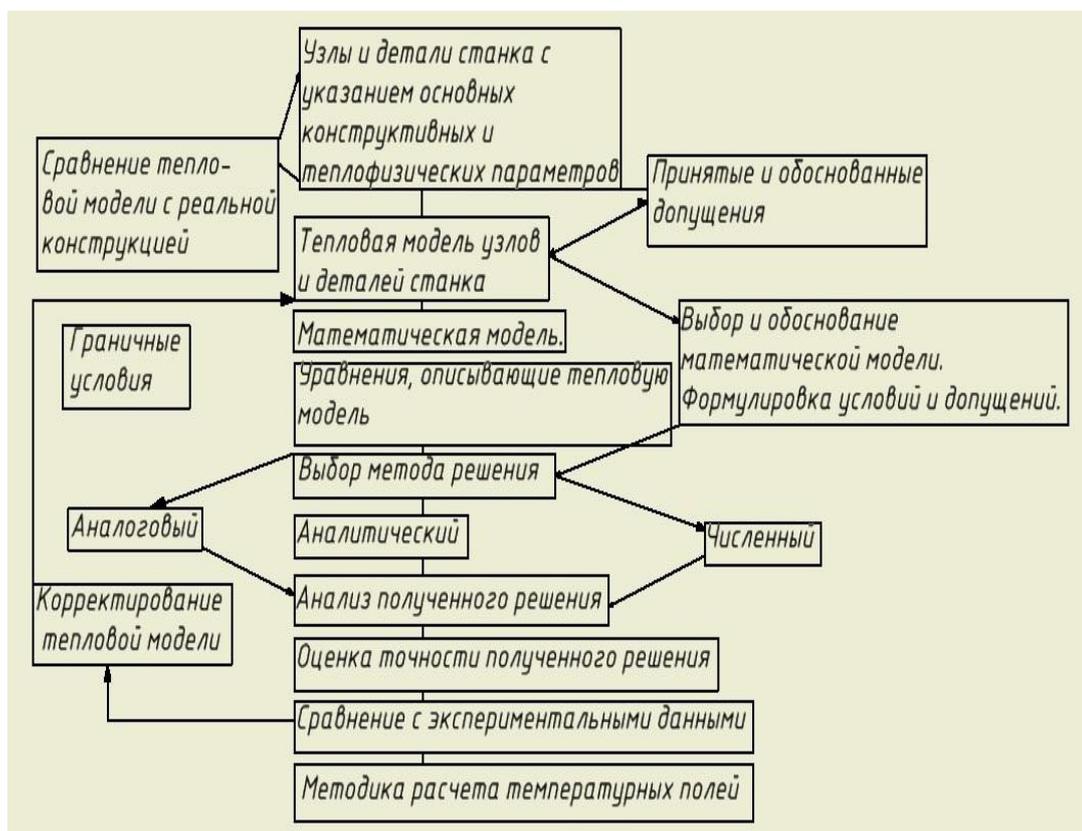


Рис 1. Последовательность определения температурного поля станка.

Решение задачи начинается с анализа конструкции узлов и деталей станка с указанием кинематической схемы, конфигурации деталей, их связей, материала, выявления основных источников, их вида и месторасположения, условий теплообмена и других факторов. На основании этих данных формируется тепловая модель узла или детали станка с оговоренными и обоснованными допущениями. Тепловая модель является основой для создания математической модели, записанной в виде уравнений с граничными условиями, отражающими связи узла или детали с точки зрения их теплового обмена. Здесь также необходимо обосновать необходимость применения той или иной математической модели, оговорить условия и допущения, которые были приняты и записаны в виде математической модели.

После создания математической модели необходимо выбрать метод решения: аналитической, аналоговой или численный, а полученное решение необходимо проанализировать и оценить его точность. Полученные температуры далее сравниваются с экспериментальными и в зависимости от требований осуществляется либо корректировка тепловой модели и повторение всех описанных выше этапов, либо выбор нового, более точного метода решения, либо создание на этой базе методики

расчета рассматриваемого узла и детали. Последовательность этапов при решении задач по определению тепловых деформаций аналогична описанным, причем температурное поле должно быть известно. Если оно не известно, то сначала необходимо решить задачу по его определению, а затем термоупругую задачу.

Анализ компоновок и конструкций станков показывает, что укрупненно они могут быть сведены к четырем основным типам расчетных схем, на базе которых могут быть построены координатные системы конкретных станков или к которым во многих случаях они могут быть сведены:

1) Станки с вертикальной компоновкой колонны и шпинделя, что характерно для сверлильных, фрезерных, координатно-расточных и многооперационных станков с ЧПУ.

2) Станки с вертикальной компоновкой колонны и горизонтальным шпинделем, расположенным консольно на колонны симметрично относительно стоек, что характерно для многооперационных станков.

3) Станки с вертикальной компоновкой колонны и горизонтальным шпинделем, расположенным консольно на колонне, что характерно горизонтально расточных и многооперационных станков с ЧПУ.

4) Станки с горизонтально расположенной станиной и горизонтальным шпинделем, расположенным над станиной, что характерно для многих токарных станков.

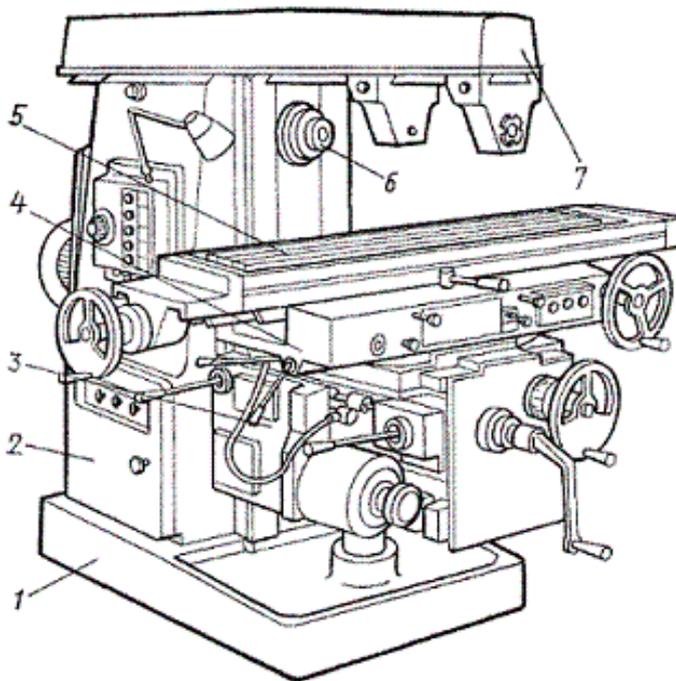


Рис. 2. Станок с вертикальной компоновкой колонны и горизонтальным шпинделем.(1-основание, 2-станина, 3-консоль, 4- салазки, 5-стол, 6-шпиндель, 7-хобот).

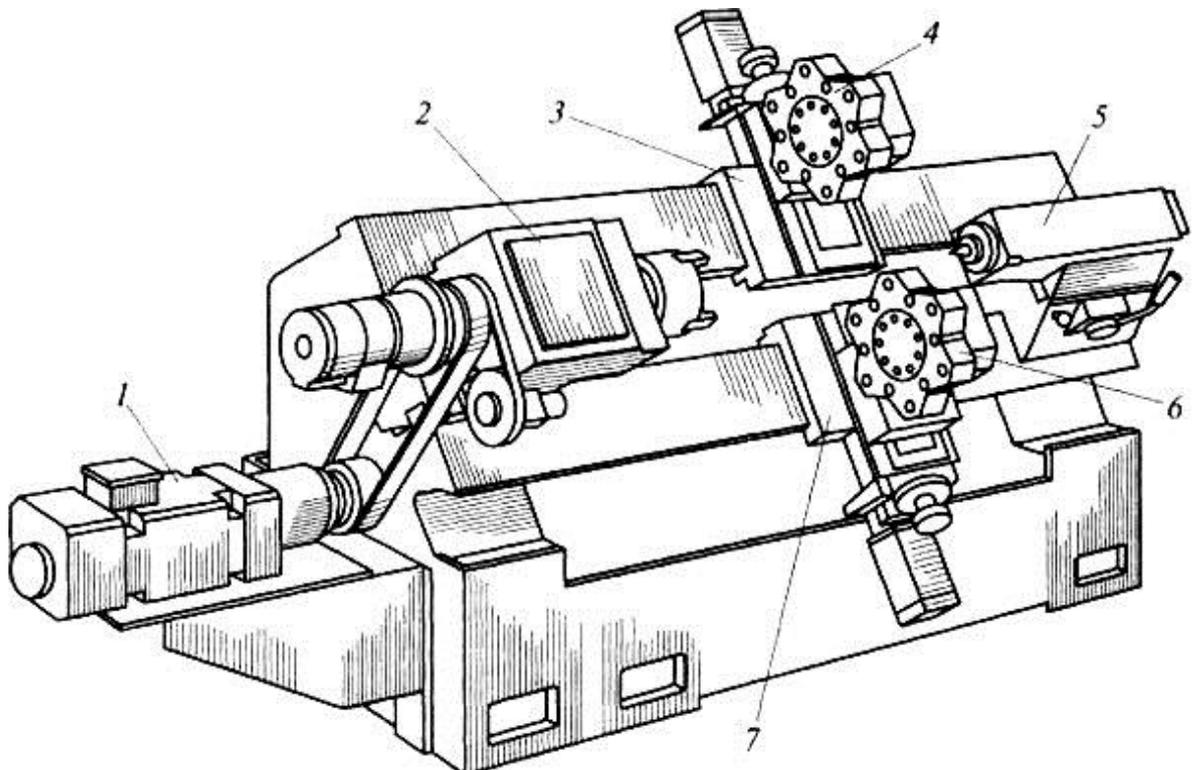


Рис. 3. Станок с горизонтально расположенной станиной и горизонтальным шпинделем, расположенным над станиной. (1-электродвигатель, 2-шпиндельная бабка, 3,7-верхний и нижний суппорты соответственно, 4,6- револьверные головки, 5-задняя бабка).

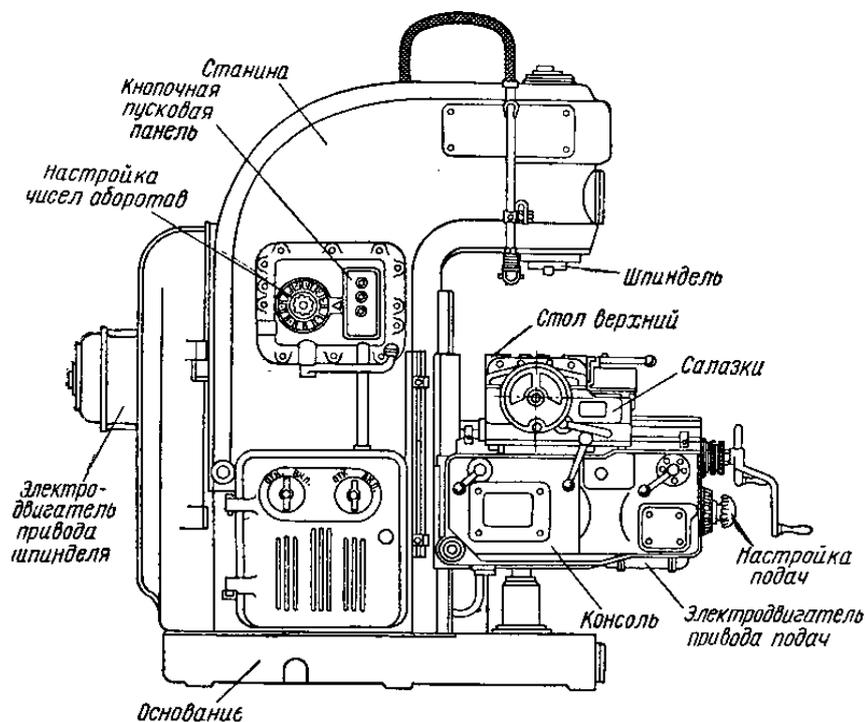


Рис. 4. Станок с вертикальной компоновкой колонны и шпинделя.

В настоящее время экспериментальные работы по исследованию тепловых процессов металлорежущих станков необходимо проводить по следующим направлениям:

- исследования температурных полей и тепловых деформаций станков различных типов;
- исследования влияния источников тепловыделений на тепловой режим станка;
- исследование температурных полей тепловых деформаций отдельных узлов и деталей станка;
- Исследование влияние тепловых процессов на показатели качества станка;
- Создание и следование средств и способов снижения тепловых деформаций станка.

Литература

1. Проников А.С., Юрин В.Н. Управление тепловыми деформациями металлорежущих станков с целью повышения технологической надежности. – Надежность и контроль качества, 1973, №10. с. 27-38.
2. Бельзецкий А.И., Кузнецов А.П. Расчет влияния тепловых деформаций металлорежущих станков на точность обработки. В сб.: Научно-технический прогресс в машиностроении и приборостроении. Тезисы докладов. МВТУ, 1980. с.9