

4. ГОСТ 27.204-83. Надежность в технике. Технологические системы. Технические требования к методам оценки надежности по параметрам производительности. [Текст]. Введ. 1985-01-01. М.: Изд-во стандартов, 1984. 37 с.

5. ГОСТ 27.204-83. Надежность в технике. Технологические системы. Методы оценки надежности по параметрам качества изготавливаемой продукции. [Текст]. Введ. 1984-07-01. М.: Изд-во стандартов, 1984. 50 с.

6. Новоселов В.Г. Физический метод расчета надежности технологической системы деревообработки по параметру качества продукции «точность» [Текст]/В.Г.Новоселов, И.Т.Глебов // Надежность и качество: материалы международного симпозиума, Пенза, 25-31 мая 2006 г./ Пензенский гос. техн. ун-т. – Пенза, 2006. – С. 276-278

7. Новоселов В.Г. Расчет безотказности технологической системы деревообработки по параметру качества продукции «шероховатость поверхности [Текст]/ В.Г.Новоселов// Изв. Санкт-Петербургской гос. лесотехн. акад. – СПб, 2006. – Вып. 3. – С. 178-184.

8. Глебов И.Т. Справочник по резанию древесины [Текст]/ И.Т.Глебов, В.Г.Новоселов, Л.Г. Швамм - Урал. гос. лесотехн. акад. Екатеринбург, 1999. – 190 с.

### **УСТОЙЧИВОСТЬ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ В ДЕРЕВООБРАБОТКЕ**

**Новоселов В.Г.** (УГЛТУ, г. Екатеринбург, РФ) [vgnov@usfeu.ru](mailto:vgnov@usfeu.ru)

### **STABILITY OF FUNCTIONING OF TECHNOLOGICAL SYSTEMS IN WOODWORKING**

Эффективность деревообрабатывающих производств определяется рядом параметров, характеризующих надежность и безопасность технологических систем для персонала и окружающей среды. На процессы обработки древесины оказывает влияние большое количество качественно разнообразных факторов. В регламентированных условиях производства реализации тех или иных значений факторов носят случайный характер, происходит временной дрейф их центров распределений и дисперсий.

При некоторых сочетаниях значений факторов процесса, не выходящих за установленные пределы, наступает такое состояние технологической системы, при котором ее дальнейшее функционирование чревато выходом одного из характеризующих параметров их оценки за установленные пределы, то есть нарушением какого-либо из критериев надежности или безопасности. Это создает проблему устойчивости функционирования технологических систем. Она усугубляется в поточных многооперационных технологических процессах, с ростом уровня автоматизации, с расширением применения высоко энергонасыщенных и компьютеризированных средств технологического оснащения. В свою очередь неустойчивое функционирование технологических систем наносит экономический ущерб производству, снижает эффективность работы предприятий.

Современное состояние науки о технологии и технике деревообработки дает представление об отдельных аспектах оценки устойчивости функционирования техно-

логических систем: о надежности отдельных машин и оборудования, некоторых их комплексов и человеко-машинных систем [1], о производительности различных технологических процессов, о формировании качества изделий деревообработки, о величине затрат на их изготовление [2,3], о вредности и опасности производств [4,5]. Однако эти данные носят моноаспектный характер, не интегрированы общей идеей устойчивого функционирования технологических систем. Это затрудняет адекватную оценку эффективности принимаемых решений при проектировании производств, применении различных средств технологического оснащения. Неопределенность понятия и отсутствие критериального аппарата оценки устойчивости функционирования технологических систем с учетом взаимосвязи их элементов на различных иерархических уровнях тормозит дальнейшее развитие научного знания о путях совершенствования технологий и оборудования в деревообработке.

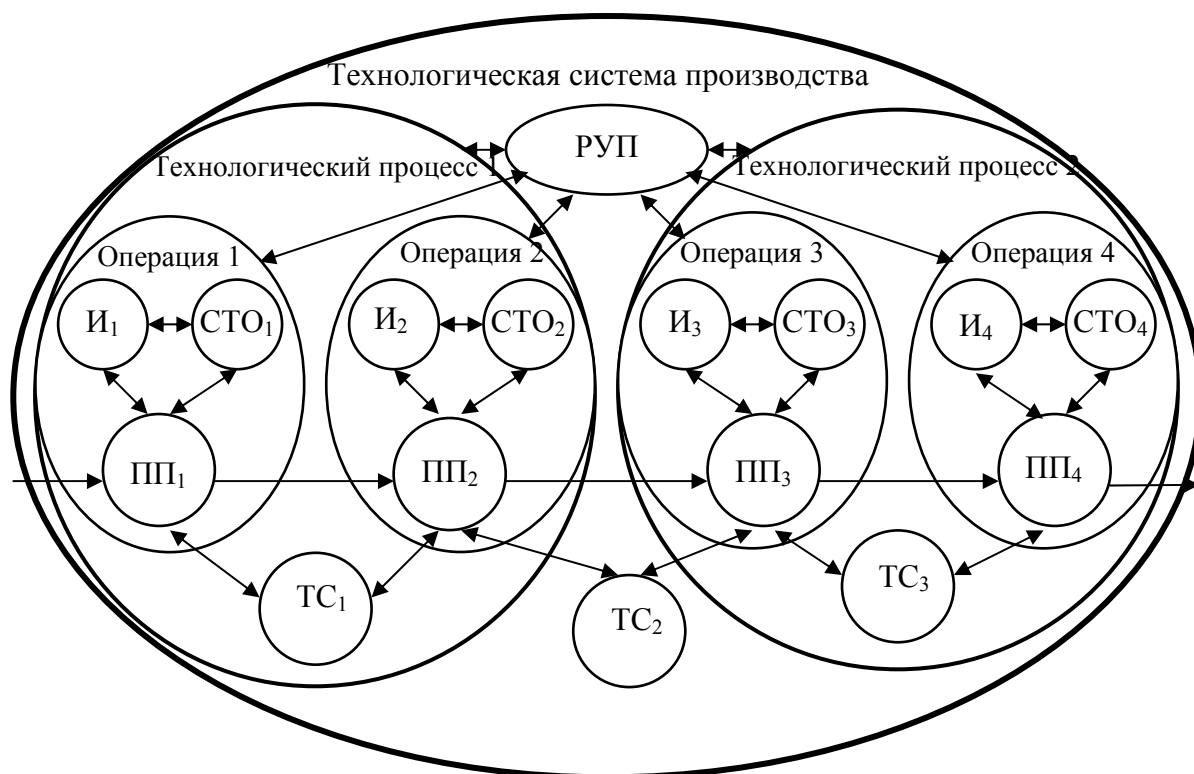


Рисунок 1 – Структурная схема иерархической технологической системы последовательного типа

В соответствии с положениями ГОСТ [6] технологическая система в деревообработке понимается как совокупность функционально взаимосвязанных средств технологического оснащения (СТО), предметов производства (ПП) и исполнителей (И) для выполнения в регламентированных условиях производства (РУП) заданных технологических процессов или операций.

Структуру технологической системы рассмотрим в соотношении с конкретными иерархическими уровнями: технологические системы операций, процессов, производств, предприятий. Предложена структурная модель иерархической технологической системы производства (рис. 1), в которой элементами приняты технологические подсистемы процессов и операций, объединенные в последовательные и (или) параллель-

ные цепи. Нижнему, элементарному уровню сопоставлена технологическая система операции. Связи между подсистемами осуществляются посредством одного из элементов технологической системы, перемещаемого с одного рабочего места на другое при помощи транспортирующих средств (ТС), – предмета производства, а также общих для данной системы регламентированных условий производства.

Понятие устойчивости функционирования технологической системы определим как состояние, при котором в регламентированных условиях производства любое изменение факторов технологического процесса в допустимых пределах не приводит к выходу ни одного из показателей и параметров надежности, производственной и экологической вредности и опасности за пределы установленные в нормативно-технической, конструкторской и технологической документации.

Сформулируем критерий состояния неустойчивого функционирования технологической системы: достижение фактическими показателями и параметрами функционирования предельных значений, установленных в нормативно-технической, конструкторской и технологической документации.

Граф переходов технологической системы из устойчивого в неустойчивые состояния приведен на рисунке 2. Однозначно устойчивым будет являться исправное состояние (ИС), когда система соответствует

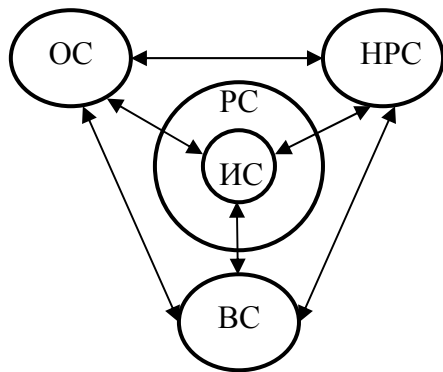


Рисунок 2 – Граф состояний технологической системы

всем требованиям нормативно-технической документации, и ее фактические параметры не достигают предельных значений. В работоспособном состоянии (РС) возможны отклонения параметров системы от нормативных, не влекущие недопустимого снижения производительности, качества продукции или увеличения затрат на ее изготовление. Однако ГОСТы на надежность технологических систем не оговаривают ограничения на работоспособность, связанные с требованиями по безвредности и безопасности их функционирования, поэтому

переход во вредное (ВС) или опасное (ОС) состояние возможен как из РС так и непосредственно из ИС. Возможны также переходы из РС в неработоспособное (НРС), но безопасное и безвредное состояние и, когда не была своевременно прекращена эксплуатация системы, утратившей работоспособность по параметрическим критериям, - переход из НРС в ВС или ОС.

Математическое описание состояния устойчивости функционирования можно представить в виде

$$Y_{\min} < Y[X(t), t] < Y_{\max}, \quad X_{\min} \leq X(t) \leq X_{\max},$$

где  $Y$  – вектор-столбец параметров функционирования технологической системы;  $X$  – вектор-строка факторов технологического процесса.

Технологическая система, устойчивость которой характеризуется широким набором параметров, является многомерным объектом. В настоящее время их принято интерпретировать ортогональными многомерными параллелепипедами, стороны которых представляют собой интервалы допустимых значений, что не является наглядным при числе параметров более трех.

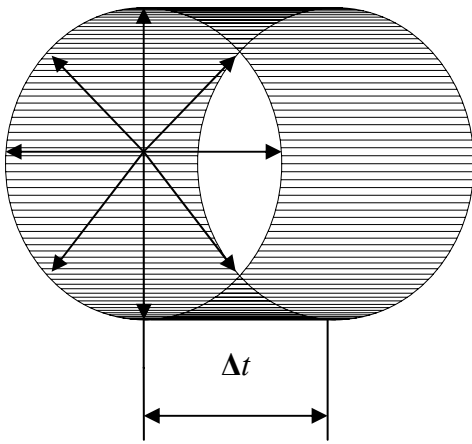


Рисунок 3 – Временной цилиндр состояний идеального неизменяемого объекта

Предложена графическая трехмерная интерпретация изменения во времени состояния технологической системы как многомерного объекта, развивающегося относительно обобщенной координаты – времени.

Вся совокупность параметров состояния отображается нормированными относительно их номиналов радиус-векторами постоянного направления, исходящими из одного центра, находящегося на оси времени в точке, соответствующей данному моменту. Огибающая концов векторов характеризует состояние системы в данный момент времени, развиваясь во времени, она образует псевдо-цилиндр изменения состояний

(рис.3).

Состояние системы станет неустойчивым, если какие-либо характеризующие параметры, изменяясь во времени, достигнут своих предельных значений (рис.4), поскольку их дальнейшее изменение может привести к выходу за установленные пределы.

Вероятность устойчивого функционирования технологической системы представлена в виде

$$P(t) = \prod_{i=1}^k [P_i(t)] \{1 - \prod_{i=k+1}^l [1 - P_i(t)]\},$$

где  $P_i(t)$  – вероятность устойчивого функционирования элемента (подсистемы) технологической системы;  $i=1...k$  – элементы последовательных участков технологической системы;  $i=k+1...l$  – элементы параллельных участков технологической системы.

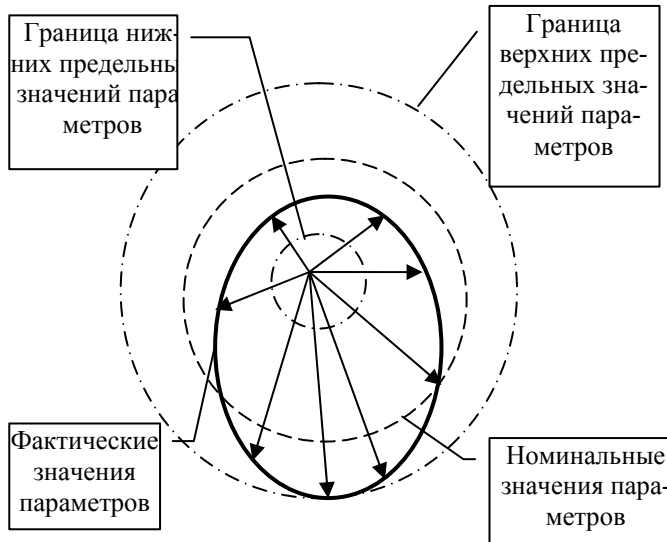


Рисунок 4 - Момент наступления неустойчивого состояния системы

Вероятность устойчивого функционирования элементарной подсистемы - технологической системы операции определяется зависимостью

$$P_i(t) = P_{1i}(t)P_{2i}(t)P_{3i}(t),$$

где  $P_{1i}(t)$  – вероятность устойчивого функционирования средств технологического оснащения операции;  $P_{2i}(t)$  – вероятность устойчивого состояния предмета производства;  $P_{3i}(t)$  – вероятность устойчивой работы исполнителя.

Устойчивое состояние предмета производства означает

стабильное соответствие установленным требованиям к размерно-качественным характеристикам сырья и полуфабрикатов и обеспечивается надлежащей сортировкой и входным контролем. Его вероятность определяется относительно стабильной интенсивностью отклонений от заданных требований  $\lambda_{2i}$ . Его вероятность может быть опре-

делена как для экспоненциального закона распределения

$$P_{2i}(t) = 1 - e^{-\lambda_{2i}t}.$$

Устойчивая работа исполнителя (человека-оператора) в технологической системе характеризуется функцией его надежности в непрерывной временной области [7] с меняющейся в зависимости от напряженности и продолжительности труда интенсивностью появления ошибок  $\lambda_{3i}(t)$ . Ее вероятность определяется по формуле

$$P_{3i}(t) = 1 - e^{-\int_0^t \lambda_{3i}(t) dt}.$$

Устойчивость функционирования средств технологического оснащения, исходя из принятых критериев, определяется безотказностью, безвредностью и безопасностью. Учитывая, что несоблюдение любого из этих требований ведет к нарушению устойчивости, получим

$$P_{1i}(t) = P_{1Bi}(t)P_{1Vi}(t)P_{1Oi}(t),$$

где  $P_{1Bi}(t)$ ,  $P_{1Vi}(t)$ ,  $P_{1Oi}(t)$  – вероятности соответственно безотказной, безвредной и безопасной работы средств технологического оснащения.

Для средств технологического оснащения, представляющих собой сложные объекты с разнообразным видами отказов, опасных и вредных состояний их элементов, определение вышеуказанных вероятностей производится на основе их структурного анализа и построения «деревьев» неисправностей и рисков для каждого конкретного случая.

Таким образом, предложено определение, даны математическое описание и наглядная графическая интерпретация устойчивости функционирования технологических систем, методология ее исследования и оценки.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Амалицкий В.В. Надежность машин и оборудования лесного комплекса: Учебник для студентов специальности 170400 [Текст]/ В.В. Амалицкий, В.Г.Бондарь, А.М. Волобаев, А.С.Воякин. – М. : МГУЛ, 2002. 279 с.
2. Калитеевский Р.Е. Лесопиление в XXI веке. Технология. Оборудование. Менеджмент [Текст]/ . Р.Е. Калитеевский – СПб. : ПРОФИ-ИНФОРМ, 2005. 480 с.
3. Пижурин А.А. Основы моделирования и оптимизации процессов деревообработки: Учеб. Для вузов по спец. «Технология деревообработки» [Текст]/ А.А. Пижурин. – М. : Лесн. пром-сть, 1988. 293 с.
4. Санников А.А. Пути снижения колебаний лесопильного оборудования [Текст]/ А.А.Санников. М. : Лесн. пром-сть, 1980. 160 с.
5. Чижевский М.П. Снижение шума при механической обработке древесины [Текст]/ М.П.Чижевский, Н.Н.Черемных. – М.: Лесн. пром-сть, 1975. 152 с.
6. Новоселов В.Г. Об определении устойчивости и средстве интерпретации состояний систем на примере технологических/ В.Г.Новоселов// Концептуальные вопросы устойчивого развития: Материалы V Всероссийской интернет-конференции по проблемам экономифизики и эволюционной экономики, Екатеринбург, 18 апреля – 15 мая 2006 г./ МИАБ. – Екатеринбург, 2006. – С.111-114.
7. ГОСТ 27.004-85. Надежность в технике. Системы технологические. Термины и оп-

ределения. [Текст]. Взамен ГОСТ 22954-78; введ. 1986-07-01. М.: Госстандарт России: изд-во стандартов, 2002. 18 с.

8. Диллон Б., Сингх Ч. Инженерные методы обеспечения надежности систем : Пер. с англ. [Текст]/ Б.Диллон, Ч.Сингх. - М. : Мир, 1984. 318 с.

## **ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ НАДЕЖНОСТИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ДЕРЕВООБРАБОТКИ ПО ПАРАМЕТРУ КАЧЕСТВА ПРОДУКЦИИ «ТОЧНОСТЬ»**

**Новоселов В.Г., Полякова Т.В.** (УГЛТУ, г. Екатеринбург, РФ)

[vgnov@usfeu.ru](mailto:vgnov@usfeu.ru)

## **THEORETICAL RESEARCH OF RELIABILITY OF TECHNOLOGICAL SYSTEM OF WOODWORKING ON PARAMETER OF QUALITY OF PRODUCTION "ACCURACY"**

Технологическая система деревообработки в соответствии с ГОСТ 27.004-85 [1] включает в себя функционально взаимосвязанные и выполняющие в регламентированных условиях производства заданную технологическую операцию: средство технологического обеспечения – станок, предмет производства – деревянную заготовку и исполнителя – станочника по деревообработке. По ГОСТ 27.202-83 [2] точность является одним из основных показателей надежности технологической системы по параметрам качества изготавливаемой продукции.

Обработка древесины и древесных материалов в станках характеризуется [3] высокими значениями скорости резания ( $V > 30$  м/с), коэффициента трения ( $f = 0,2 \dots 0,5$ ), температуры в зоне резания ( $t = 800 \dots 840^\circ\text{C}$ ) и удельного давления в контакте инструмента с древесиной ( $p = 400 \dots 5000$  МПа). Такие жесткие режимы эксплуатации приводят к высокой интенсивности изнашивания инструмента быстрому его затуплению, потере режущих свойств и снижению точности обработки. В результате фактические размеры обработанной детали выходят за пределы соответствующих допусков, происходит отказ и наступает неработоспособное состояние технологической системы по параметру качества продукции «точность».

Знание закономерности наступления этого состояния в зависимости от конструктивно-технологических факторов процесса обработки древесины позволит объективно устанавливать период стойкости инструмента, время подналадки оборудования и рационально организовать его эксплуатацию и техническое обслуживание.

В ГОСТ 27.301-95 [4] предусмотрены физические методы расчета надежности, основанные на применении математических моделей, описывающих физические, химические и иные процессы, приводящие к отказам объекта, и вычислении показателей надежности по известным параметрам нагруженности объекта, характеристикам применяемых в объекте веществ и материалов, с учетом особенностей его конструкции и технологии изготовления.