

вающих станков, а также в учебном процессе для курсового и дипломного проектирования студентов-механиков.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

[1]. Ривин Е.Н. Динамика привода станков. - М.: Машиностроение, 1966. - 204 с. [2]. Стукова Т.П. Вибрация механизмов резания агрегатного лесопильного оборудования. - СПб.: СПбГУ, 1993. - 104 с. [3]. Стукова Т.П., Преловская Р.Д. Теоретические основы динамики дереворежущих станков. Крутильные колебания. - Архангельск: РИО АЛТИ, 1990. - 74 с.

Поступила 1 июля 1999 г.

УДК674.093

В.И. БЫЗОВ

Марийский государственный технический университет



Бызов Василий Иванович родился в 1930 г., окончил в 1954 г. Ленинградскую лесотехническую академию, кандидат технических наук, профессор, заведующий кафедрой технологии деревообработки Марийского государственного технического университета, заслуженный деятель науки республики Марий Эл. Имеет более 120 научных трудов в области повышения надежности оборудования.

ГЛАВНЫЙ КРИТЕРИЙ СТАБИЛЬНОСТИ РАБОТЫ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Предложено обоснование главного критерия стабильности работы технологических систем; проанализированы основные факторы, влияющие на их фактическую производительность.

The substantiation of the main criterion of the stability of technological systems operation is offered. The main factors providing influence on their practical productivity are analyzed.

Стабильная работа технологических систем (ТС) в современных условиях хозяйствования является наиболее важным средством достижения стабильных показателей в производственной сфере, так как от надежного функционирования ТС полностью зависит конечный результат: своевременное и качественное выполнение задач производства,

договорных условий, сроков поставок и т. д. Однако к настоящему времени в литературе нет четкого определения понятия стабильности, нет также единого критерия стабильности функционирования ТС. Так, ГОСТ 27.203–83 рекомендует качество функционирования ТС оценивать показателями надежности (безотказность, наработка и др.), стабильностью основных показателей качества выпускаемой продукции и параметров производительности. При этом показатели качества (точность, шероховатость) могут быть регламентированы, например, полем допуска, а показатель стабильности производительности остается нерегламентированным, так как качество можно обеспечить, например, при минимальном значении показателя производительности и считать, что ТС функционирует стабильно.

Цель статьи – обоснование критерия стабильности функционирования ТС и путей ее научного прогнозирования.

В самом определении ТС, как совокупности функционально взаимосвязанных средств технологического оснащения, предметов труда и исполнителей, созданной для выполнения в регламентированных условиях производства заданных технологических операций, заложены основные ограничения показателя производительности: заданные регламентированные условия производства (ритм работы, качество сырья, квалификация работ и др.); заданные технологические операции (режимы, качество, точность обработки и др.). В этих условиях нарушение режима или невыполнение допуска (например на размер) является причиной отказа ТС, т.е. прекращается ее функционирование.

При расчете показателей по производительности за объем готовой продукции принимается только продукция, признанная годной по ГОСТ 27.203–83. При этом состояние технологической системы $S(t)$ считается работоспособным, если одновременно выполняются следующие условия:

$$S(t) = \tilde{S} > \{P(t) \leq \tilde{P}; R(t) < \tilde{R}; C(t) < \tilde{C}\},$$

где \tilde{S} – множество допустимых состояний ТС;
 $P(t), R(t), C(t)$ – значение параметров производительности, качества и величин затрачиваемых ресурсов в момент времени t (например на электрическую энергию, ремонт, обслуживание и т.д.);
 $\tilde{P}, \tilde{R}, \tilde{C}$ – множество допустимых значений параметров производительности, качества и затрачиваемых ресурсов, при которых ТС считается работоспособной.

Исходя из этого неравенства можно считать, что за период наработки T будут обеспечиваться все условия работоспособного состояния ТС. Нарботка T может измеряться в единицах времени, циклах функционирования или в единицах изготовленной продукции. В лесопилении наработка чаще всего принимается равной упрягу (т.е. 2 ч 20 мин), времени работы

* ГОСТ 27.203–83. Технологические системы. Методы оценки надежности по параметрам качества продукции.

потока между перебивками пил. Регламентирующим ограничением при этом является качество распиловки. Это значит, что в процессе функционирования работоспособной ТС обеспечивается выпуск готовой продукции, который по объему соответствует планируемому значению. В этих условиях стабильное функционирование ТС характеризуется стабильными значениями главного критерия качества ее работы – производительностью, т. е. когда эти величины находятся в поле допустимых значений

$$P_{\max} > \bar{P} > P_{\min}$$

Отсюда следует, что показателем стабильности является абсолютное значение P , ограниченное полем допустимых отклонений. Допустимые отклонения определяются условиями функционирования системы: отклонениями в характеристике сырья; колебаниями показателей надежности техники; отклонениями уровня социально-психологической готовности исполнителей.

Следовательно, повышение стабильности работы ТС может быть достигнуто следующими способами:

- 1) обеспечение стабильного качества сырья;
- 2) стабильная надежность технологического оснащения;
- 3) стабильная готовность исполнителей.

Исследования МарГТУ и ЦНИИМОД в области надежности ТС в лесопилении и деревообработке позволяют сделать вывод, что недооценка отдельных составляющих ТС сопряжена с большими сбоями в работе всей системы. В течение многих лет изучались условия, необходимые для стабильности следующих систем:

лесопильный поток (14 предприятий Архангельска, Кирова, Красноярска и др.);

лушительный поток (2 завода Риги, Зеленодольска);

тарный поток (4 завода Архангельска, Кирова).

Проведенные исследования позволяют заключить, что стабильность качества сырья и надежность технологического оснащения далеко не всегда гарантируют стабильные показатели функционирования ТС по производительности, поскольку социально-психологическая и профессиональная готовность исполнителей ТС зависит от многих внешних и внутренних факторов. Это обстоятельство особенно важно знать современным организаторам производства, так как не только качество техники, но и качество ее обслуживания и эксплуатации влияют на конечные результаты работы ТС.

При этом именно стабильность производительности ТС гарантирует предприятию выполнение всех планируемых обязательств, поскольку в этих условиях качество (точность размера, чистота обработки и др.) являются ограничением, регламентирующим достижение максимальных и стабильных значений производительности. Например, на фанерных заводах качество шпона или точность его размера по толщине регламентируются конечными значениями показателей (допустимая высота неровностей поверхности, поле допуска размера толщины). Если в процессе функционирования ТС «лушительный поток» одно из этих ограничений не выполняется, то на-

ступают параметрический отказ – выпуск продукции (т. е. шпона) прекращается.

Аналогично обстоит дело в лесопилении, особенно на заводах, работающих на экспорт.

Наши наблюдения показали, что значения критериев стабильности по производительности (размах значений, дисперсии значений) на родственных предприятиях, имеющих аналогичное оборудование, весьма различны, т.е. они зависят от местных условий (климат, особенности сырья, качество обслуживания техники и др.). Даже на одном предприятии эти значения различаются в зависимости от сезона и других обстоятельств.

Следовательно, показатель стабильности производительности ТС может быть не только расчетным, но и фактическим, привязанным к конкретному предприятию или отдельной ТС, сезону и т. д. Важность этого вывода состоит в том, что в технической документации на технологическое оснащение требуется приводить не только расчетное значение производительности (P) техники, но и возможные допустимые отклонения (δ – поле допуска) с учетом безотказности технологического оснащения, характеристик сырья и условий эксплуатации (например производительность ТС «лесопильный поток» по распилу сырья в смену $P_{см} = (180 \pm 20) \text{ м}^3$). Показатель $P \pm \delta$ более точно характеризует технические возможности ТС и дает возможность сопоставлять фактические показатели с ранее достигнутыми или абсолютными значениями с учетом поля допустимых отклонений.

В качестве примера рассмотрим отчетные материалы Лузского лесокombината Кировской области за 1984–1987 гг. Пассивный эксперимент позволил установить, что разброс значений показателя производительности двухрамного лесопильного потока летом составлял от 166 до 233 м^3 в смену (разброс (размах) значений 57 $\text{м}^3/\text{см.}$), зимой 147 ... 163 $\text{м}^3/\text{см.}$ (размах значений 21 $\text{м}^3/\text{см.}$).

Анализ причин разброса значений позволил выделить ряд факторов, вызывающих отказы (простои) ТС при работоспособном состоянии технологического оснащения и нормальных характеристиках сырья. Эти факторы часто обусловлены недостаточным уровнем готовности исполнителей. Дело в том, что в условиях лесопиления влияние исполнителей на надежность и стабильность работы ТС проявляется двояко: с одной стороны, через качество технического обслуживания и выполнения наладки, настройки техники, с другой – через качество эксплуатации техники (выбор режима распиловки, соблюдение норм и правил загрузки станков и др.). На рис. 1 показана схема взаимосвязей факторов, оказывающих влияние на качество работы ТС.

Наши наблюдения на ряде заводов показали, что на одну и ту же операцию «удаление засора» (застрявшие в пилах концы досок) затрачивается в среднем от 2,8 до 12,7 мин в зависимости от квалификации оператора-рамщика и оснащенности рабочего места вспомогательными

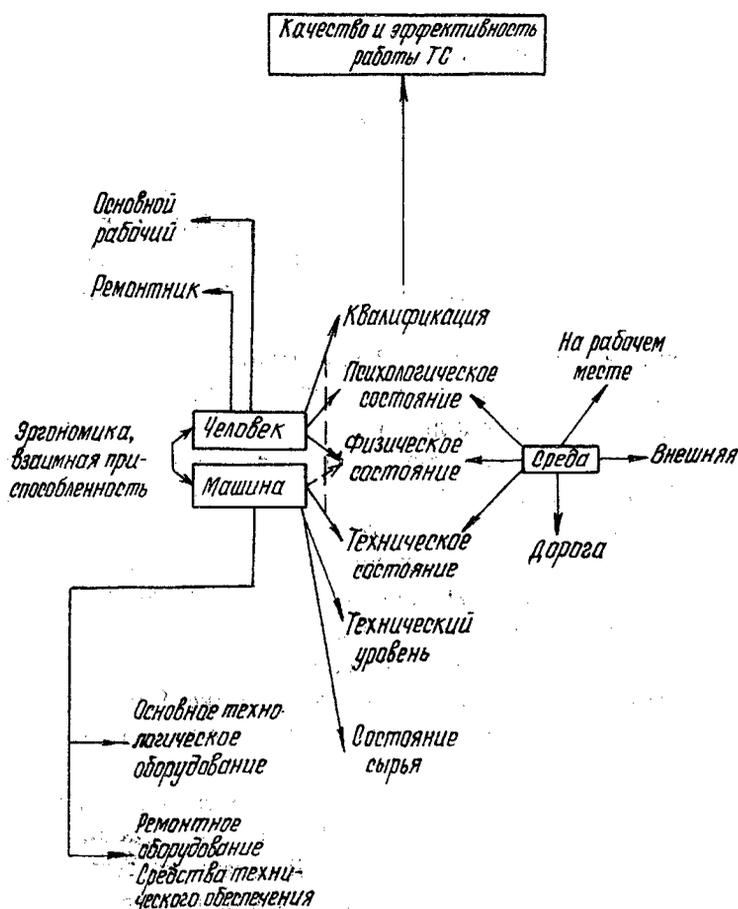


Рис. 1. Схема взаимосвязей факторов, влияющих на эффективность работы ТС.

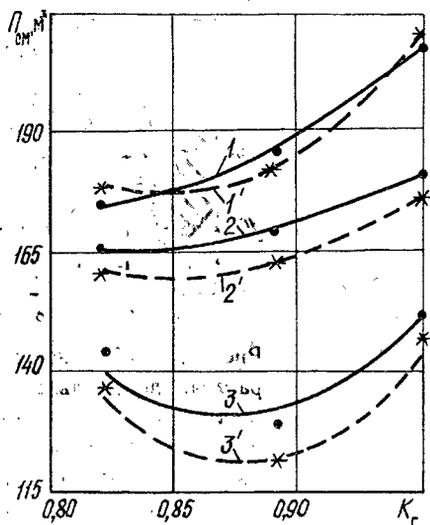
инструментами. Совокупное влияние готовности исполнителей на производительность ТС «лесопильный поток» показано на рис. 2. Расчетные значения производительности, обозначенные звездочками, получены с помощью следующего уравнения регрессии:

$$P_p = (61,875 + 10,450x_1 + 3,583x_2 + 0,225x_1^2 + 7,125x_2^2 + 3,275x_1x_2)/4, \quad (1)$$

где x_1 – фактическая продолжительность работы ТС в течение смены, мин;
 x_2 – коэффициент готовности K_r технологической системы, по фактическим данным $K_r = 0,950; 0,876; 0,817$.

Коэффициент готовности K_r – это отношение продолжительности безотказной (эффективной) работы системы в течение смены к продолжительности смены:

Рис. 2. Зависимость производительности (Π) ТС «лесопильный поток» от коэффициента готовности исполнителей, K_r , в летний (1, 1'), осенне-зимний (2, 2') и предремонтный (3, 3') периоды работ: 1-3 - фактические значения, 1'-3' - расчетные значения



$$K_r = \frac{t_{б.р}}{t_c} = \frac{t_c - t_p}{t_c},$$

где $t_{б.р}$ – продолжительность безотказной работы ТС в течение смены, мин;

t_c – продолжительность смены, мин;

t_p – продолжительность устранения отказов (ремонтов) в течение смены, мин.

Приведенные на рис. 2 графики отражают достигнутый уровень значений $\Pi_{см}$ при одинаковых внешних условиях функционирования ТС и различных значениях K_r для летнего и зимнего периодов распиловки. Из графиков видно, что чем ниже производительность ТС, тем больше проявляется влияние готовности исполнителей (человеческого фактора). Сезонность работ влияет на стабильность значений $\Pi_{см}$ не только через снижение K_r , но и через ухудшение условий распиловки промерзшего сырья.

Анализ отчетных материалов предприятий за несколько лет (в доперестроечный период) позволяет утверждать, что стабильность работы ТС в лесопилении достигает наилучших показателей в условиях летних распиловок. При этом средние статистические значения производительности ТС достигают максимума. На рис. 3 показан характерный график изменения стабильности значений производительности двухрамных лесопильных потоков за межремонтный период.

С помощью этого графика можно проанализировать качество функционирования ТС с точки зрения стабильности основного показателя за межремонтный цикл. Наиболее стабильно (т.е. с минимальным разбросом значений $\Pi_{см}$) отработаны июнь, июль, февраль и март, что соответствует периодам установившихся условий и режимов работы. Максимальный разброс значений $\Pi_{см}$ приходится на межсезонье и отражает переходный период работ: май – послеремонтная приработка системы, апрель – предремонт-

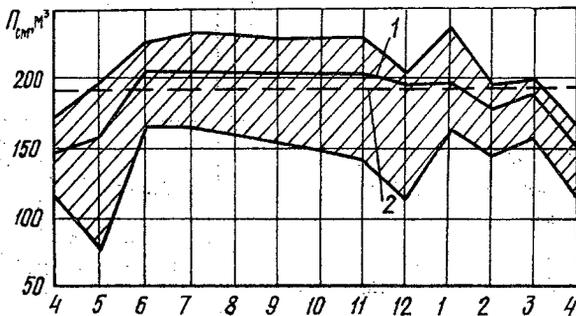


Рис. 3. Стабильность производительности двухрамных лесопильных потоков за межремонтный период: 1 — осредненные значения; 2 — среднегодовое значение ($P_{\text{см}} = 183,2 \text{ м}^3/\text{см}$.); заштрихованная зона — размах значений; цифры на горизонтальной оси — порядковый номер месяца

ные отказы и сбои в работе. Применение такого графика и метода оценки стабильности по показателям производительности упрощает анализ и способствует ускорению принятия управленческих решений, направленных на повышение эффективности ТС.

Прогрессивность предлагаемой оценки стабильности состоит в том, что в каждом случае на предприятии представляется возможным точно характеризовать стабильность функционирования ТС путем регрессионного анализа отчетных данных и сопоставления средних значений с результатами и условиями работы ТС, при которых достигнуты лучшие показатели, и принимать соответствующие меры (разработка регламентирующих документов, создание дополнительных условий и др.).

Для перспективного прогнозирования стабильности работы ТС применяется более надежный (по сравнению с размахом значений) показатель — доверительный интервал значений $P_{\text{см}}$. В этом случае показатель стабильности можно рассчитывать по формуле

$$K_c = \frac{K_p(t_2)}{K_p(t_1)},$$

где $K_p(t_1)$ — показатель соответствия диапазона рассеяния значений за контролируемый период t_1 соответствующей выборки (например значений $P_{\text{см}}$ за прошедшую неделю) полю допуска,

$$K_p(t_1) = \frac{\omega}{\delta};$$

$K_p(t_2)$ — тот же показатель для периода времени t_2 ;

ω — поле рассеяния значений $P_{\text{см}}$;

δ — поле допуска, принятое на предприятии (например доверительный интервал значений $P_{\text{см}}$ за истекший год работы ТС).