

Статистический анализ данных позволяет сделать вывод об адекватности моделей распределения уклонов лесовозных дорог, а использование в качестве функционального базиса нормальных законов упрощает проведение аналитических и численных расчетов путем применения стандартных вероятностных таблиц.

Поступила 18 мая 1988 г.

УДК 539.4 : 621.81

## СТАТИСТИЧЕСКАЯ ОПТИМИЗАЦИЯ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ДЕТАЛЕЙ ЛЕСНЫХ МАШИН

А. В. ПИТУХИН

Петрозаводский государственный университет

При проектировании элементов конструкций лесных машин задают требуемые их параметры (размеры, шероховатость поверхностей, механические свойства и др.) и допуски на них. Назначение предельных отклонений вызвано неизбежностью рассеяния различных факторов при изготовлении и определяется возможностями оборудования и экономическими соображениями. На рассеяние механических свойств большое влияние оказывают микроструктура материала и такие несовершенства при изготовлении, как неметаллические включения, поры, риски от механической обработки, микротрещины, литейные раковины и др. Они являются внутренними концентраторами напряжений, приводящими уже в начальный период эксплуатации к зарождению микро- и макротрещин.

В Петрозаводском государственном университете в течение 1983—1986 гг. были исследованы причины отказов 204 деталей лесозаготовительных машин на базе тракторов ОТЗ. Из них 94 детали (46 %) разрушились вследствие технологических несовершенств и дефектов. Наиболее опасны такие трещиноподобные дефекты, как литейные раковины (балансир, звенья гусениц, ведущее колесо, картер главной передачи), неметаллические включения (пружины подвески), крупные риски от механической обработки (переходная поверхность зубчатых колес), поверхностные микротрещины (пружины, зубчатые колеса). Наличие их неизбежно, и, естественно, встает задача об определении максимально допустимых значений, которые необходимо вносить в техническую документацию.

Для решения поставленной задачи наиболее рационален путь статистической оптимизации геометрических и технологических параметров деталей. Под технологическими параметрами будем подразумевать максимально допустимую величину трещиноподобного дефекта при изготовлении. Интенсивно развивающиеся в последнее время методы механики разрушения позволяют в зависимости от геометрических и технологических параметров элемента конструкции определить вероятность его безотказной работы и некоторые другие показатели надежности [2]. Однако, поскольку стоимость изготовления детали зависит от величины допускаемых дефектов, в качестве критерия оптимизации целесообразно использовать критерий, учитывающий и показатели надежности, и стоимость изготовления. Это, например, стоимостные потери при трелевке, зависящие от потерь в выработке вследствие ремонтных простоев, затрат на ремонтные работы и запасные части. Критерием оптимизации могут служить и суммарные потери, связанные с изготовлением детали и стоимостными потерями при трелевке, однако это при-

водит к несколько большим размерам допустимых дефектов, что снижает долговечность. Как показано в работе [1, с. 14], с увеличением долговечности себестоимость продукции непрерывно снижается, и «...рационально изменить картину в пользу больших сроков службы». Поэтому в качестве критерия оптимизации целесообразно принять стоимостные потери при трелевке, а на стоимость детали наложить ограничение типа неравенств.

В качестве примера рассмотрим построение целевой функции при оптимизации параметров балансира подвески лесопромышленного трактора. Балансир подвески подвержен влиянию климатических факторов и воздействию случайных нагрузок в процессе эксплуатации. Кроме того, на прочность балансира влияют различные технологические процессы. Мы рассматриваем балансир как изолированный элемент общей механической системы с технологическими несовершенствами, на который действует вектор нагрузок  $\bar{F}$ , являющийся случайной величиной.

В качестве критерия оптимизации принимаем средние годовые потери производительности на трелевке в стоимостном выражении  $C_{\Sigma}$ . Они складываются из стоимости устранения отказов  $C_1$  и потерь за счет ремонтных простоев  $C_2$

$$C_{\Sigma} = C_1 + C_2.$$

Стоимость устранения отказов определяется суммой расходов на запасные части и оплату ремонтным рабочим.

Целевая функция имеет вид

$$C_{\Sigma} = \frac{P_6 T_{\text{см}}}{P T_{\text{мб}}} k_6 \left( C_6 + C_p + \frac{T_v}{T_{\text{см}}} Q C_{\text{тр}} \right),$$

где  $P_6$  — вероятность безотказной работы базового (имеющегося в настоящее время) балансира;

$P$  — вероятность безотказной работы оптимизируемого балансира;

$k_6$  — число смен, отработанных в течение года на трелевке трактором с базовым балансиром;

$T_{\text{см}}$  — средняя производительность смены, ч;

$T_{\text{мб}}$  — медианный ресурс базового балансира по данным испытаний, ч;

$C_6$  — стоимость оптимизируемого балансира в зависимости от качества изготовления, р.;

$C_p$  — оплата ремонтным рабочим за восстановление одного отказа, р.;

$T_v$  — среднее время восстановления одного отказа, ч;

$Q$  — сменная производительность трактора с базовым балансиром, м<sup>3</sup>;

$C_{\text{тр}}$  — себестоимость трелевки 1 м<sup>3</sup> леса, р.

В качестве параметров оптимизации выбираем ширину и высоту балансира в опасных сечениях, толщину стенки, допустимый размер литейной раковины, допуски на ширину, высоту и толщину стенки. На параметры оптимизации из конструктивных и технологических соображений накладываем ограничения типа неравенств. В качестве функционального целесообразно принять ограничение на суммарную площадь четырех опасных сечений.

Задачу оптимизации в силу существенной нелинейности рекомендуется решать методом совместного случайного поиска с уменьшением интервалов. Вероятность безотказной работы необходимо определять с использованием методов механики разрушения.

Поставленная задача была решена для балансира подвески перспективного лесозаготовительного трактора ТБ-1М. Это позволило снизить средние суммарные потери производительности на трелевке по причине отказа балансира с 40 до 24 р. в год на один трактор. Максимально допустимый размер одиночной литейной раковины при этом не должен превышать 3,7 мм в глубину и 5,6 мм в длину. Согласно ОСТ 23.2.470—77, допустимые размеры одиночных раковин составляют в глубину 3 мм и в длину 6 мм. В действительности, как показали исследования отказавших балансиров, оценка среднего значения максимального дефекта в изломе составляет 9,1 мм.

Статистическая оптимизация геометрических и технологических параметров позволяет повысить вероятность безотказной работы элементов конструкций лесозаготовительных тракторов, снизить суммарные годовые потери производительности на трелевке и обоснованно назначать допустимые размеры технологических дефектов.

#### ЛИТЕРАТУРА

[1]. Орлов П. И. Основы конструирования. Кн. 1.— М.: Машиностроение, 1977.— 623 с. [2]. Питухин А. В. Статистическая оценка усталостной долговечности деталей лесотранспортных машин с использованием методов механики разрушения // Машины и орудия для механизации лесозаготовок и лесного хозяйства: Межвуз. сб. науч. тр.— Л.: ЛТА, 1984.— С. 113—116.

Поступила 8 апреля 1987 г.

МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ  
И ДРЕВЕСИНОВЕДЕНИЕ

УДК 674.815-41

ИССЛЕДОВАНИЕ  
ПОКОРОБЛЕННОСТИ ДРЕВЕСНОСТРУЖЕЧНЫХ ПЛИТ  
С АСИММЕТРИЧНОЙ СТРУКТУРОЙ

С. М. ПЛОТНИКОВ

Сибирский технологический институт

Получить древесностружечные плиты (ДСП) с абсолютно симметричной структурой практически невозможно. В производственных условиях всегда в большей или меньшей степени существует асимметрия профилей плотности и влажности по толщине стружечных пакетов или асимметрия температур верхней и нижней нагревательных плит прессов. Асимметрию профиля плотности по толщине обуславливают несинхронная работа формирующих машин наружных слоев, неодинаковая влажность или осмоленность слоев сформированного стружечного ковра, просеивание мелких фракций стружки внутрь ковра, подсыхание его при транспортировке до пресса и другие причины. Асимметрия нагревательных плит пресса вызывает неодинаковый перенос тепла и парогазового давления по толщине стружечного пакета, что, в свою очередь, ведет к неодновременному отверждению связующего в симметричных слоях пакета и к асимметрии профиля готовой плиты. В результате плиты приобретают внутренние механические напряжения и коробятся, причем большую покоробленность невозможно устранить выдержкой плит в штабеле или шлифованием.

В литературе известны исследования потери формоустойчивости ДСП, возникающей вследствие воздействия климата [2, 3] и односторонней влажности [1] на плиту. В данных случаях коробление плиты происходило в течение длительного времени, до нескольких суток и даже месяцев, и не было связано с асимметрией профиля плотности плиты, вызванной технологией.

В отличие от рассмотренных причин потеря формоустойчивости плиты из-за ее асимметричного строения происходит сразу после выгрузки плиты из пресса в течение нескольких минут до ее остывания и уравнивания механических напряжений.

В настоящей работе исследована зависимость покоробленности ДСП от разного соотношения масс и влажности между верхним и нижним наружными слоями стружечного пакета, различного содержания воды на верхней и нижней поверхностях пакета и различия температуры между верхней и нижней нагревательными плитами пресса. Было проведено 4 серии экспериментов, уровни варьирования факторов в которых представлены в табл. 1.

Каждый вариант проводили по классическому плану. Вторым фактором в каждом варианте — плотность плит, которая имела также три уровня варьирования: 0,5, 0,7 и 0,9 г/см<sup>3</sup>. Для плит использовали промышленно изготовленную стружку внутреннего и наружных слоев из древесины сосны, высушенную до 3 %-й влажности и осмоленную фенолформальдегидным клеем Leuna 4543 с добавлением 6 % парафиновой эмульсии Leuna 602. Стружечные пакеты получали вручную, причем для вариантов 1 и 2 формировали трехслойные пакеты с соотношением слоев 1:3:1, для вариантов 3 и 4 — однослойные из смеси стружки наружных и внутреннего слоев. Дозированное увлажнение поддона и верхней поверхности пакета по варианту 3 осуществляли специальным разбрызгивающим устройством,