

Одним из возможных путей повышения долговечности полотна ленточной пилы является уменьшение амплитудных значений напряжений, возникающих в результате изгиба пилы на шкивах станка. Самым перспективным способом является создание внутренних компенсирующих напряжений. На кафедре разработана методика и установка, которая позволяет создать компенсирующие напряжения в полотне пилы путем упругопластического деформирования. Испытания на предприятиях показали, что данный вид подготовки позволяет повысить долговечность до 21%.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Феоктистов А. Е. Подготовка ленточных пил к работе. – М.: Лесн. пром-сть, 1971. – 72 с.
2. Трубников, И. И. Усталостное разрушение полотен ленточных пил / И. И. Трубников // Лесной журнал. – 1965. – №6. – с.91–93.

УДК 630\*377.1

А.А. Ермалицкий, Д.В. Клоков  
(БГТУ, г. Минск)

#### **Методика экспериментальных исследований процесса погрузки хлыстов и сортиментов**

Для проведения сравнительной оценки эффективности использования самозагружающихся транспортных средств в качестве специализированного средства погрузки требуется установление зависимости между основными факторами, влияющими на их технико-эксплуатационные показатели. На основании анализа технологии выполнения лесопогрузочных работ различными системами машин разработана методика экспериментальных исследований процесса погрузки хлыстов и сортиментов.

Методика исследований заключается в проведении и обработке результатов пассивного эксперимента, основанного на хронометражных наблюдениях и измерении параметров предмета труда при апробировании различных технологических схем погрузки древесины.

Выбором мест проведения исследований должно служить наличие определенных производственных условий: осуществление хлыстовой и сортиментной технологии заготовки древесины в лесных массивах с различными таксационными показателями; объект (объекты) исследований с временем эксплуатации, равным примерно половине срока полного износа под управлением опытных операторов (стаж работы 7-10 лет) спокойного темперамента.

В качестве первичных данных, регистрируемых непосредственно при наблюдениях выбираются: затраты времени на выполнение эксплуатационного цикла работы,  $t_{ц}$ , с; параметры (диаметр, длина) и количество лесоматериалов,  $n_d$  в захвате; продолжительность перерывов (простоев) различного характера  $t_{пр}$ , с; количество пачек, погруженных на лесовоз,  $n_{п}$ .

Показателями эксплуатационно-технологической оценки являются: объем погружаемой пачки лесоматериалов,  $V_{п}$ , м<sup>3</sup>; время погрузки 1 м<sup>3</sup>,  $t_1$ , с; сменная,  $\Pi_{см}$  и часовая,  $\Pi_{ч}$  производительность, м<sup>3</sup>; средний объем лесоматериала в захвате,  $V_{ср}$ , м<sup>3</sup>; коэффициент использования грузоподъемности,  $k_{иг}$ .

Объем погружаемой пачки определяется путем суммирования объемов хлыстов или сортиментов в захвате лесопогрузчика, найденных с помощью существующей справочной информации по результатам замера их длины и диаметра. Ввиду невозможности растаскивания уложенной в штабеля древесины диаметр хлыстов измеряется в их комлевом срезе. Для снижения соответствующей ошибки при определении объемов хлыстов по диаметрам на высоте 1,3 м от их основания до  $\pm 3\%$  используется методика Н.П. Анучина [1, с. 17]. Все обрабатываемые погрузчиками хлысты в количестве не менее 50 шт. разграничивались по группам закомелистости на закомелистые, средней закомелистости и незакомелистые. По таблице 5 [1] для каждого комлевого диаметра хвойных и лиственных пород устанавливается диаметр «на высоте груди». Соответственно этим диаметрам и обмеру длин 20–30 хлыстов с однородных в таксационном отношении участков разрабатываемых делянок устанавливается разряд таблиц для определения объемов хлыстов.

Объем круглых лесных сортиментов устанавливается по таблицам ГОСТ 2708-75 на основании измеренных длин и диаметров лесоматериалов в верхнем отрезе без коры.

Коэффициент использования грузоподъемности навесных гидроманипуляторов ( $k_{иг}$ ) рассчитывается как отношение средней массы перемещаемых в захвате лесоматериалов к номинальной грузоподъемности манипулятора для среднего рабочего вылета. Номинальная грузоподъемность определяется исходя из технических характеристик объектов исследования.

За средний рабочий вылет принимается расстояние от оси поворота колонны до середины участка нормали к продольной оси базовой машины, ограниченного крайним положением аутригеров при максимальном их выдвигении и точкой на горизонтальной плоскости, соответствующей максимальному вылету гидроманипулятора.

При осуществлении погрузки хлыстов гусеничным перекидным лесопогрузчиком, штабель лесоматериалов располагается на удалении 20 м от лесовозного автопоезда, что соответствует среднему пути перемещения ПЛ-1В в грузовом и порожнем направлении.

Результаты измерений заносят в бланк наблюдательного листа.

Обработка полученных эмпирических данных осуществляется методами математической статистики, корреляционного, регрессионного и дисперсионного анализов. По установленным графическим зависимостям и гистограммам проводится интерпретация результатов натурального эксперимента.

Начальным этапом обработки экспериментальных данных является тестирование всех полученных выборок на наличие грубых наблюдений (т. н. промахов) с использованием  $t$  – критерия Стьюдента по методике [2, с. 34]. Сомнительный результат  $y_i$  временно исключают из выборки, а по оставшимся данным рассчитывают среднее арифметическое  $\bar{y}$  и оценка дисперсии  $\sigma^2$ . Далее вычисляют величину  $t_{\text{расч}} = |y_i - \bar{y}|/\sigma$ . Из таблиц распределения Стьюдента по уровню значимости  $q = 0,05$  и числу степеней свободы  $f$ , связанному с дисперсией  $\sigma^2$ , находят табличное значение  $t$  – критерия  $t_{\text{табл}}$ . Если  $t_{\text{расч}} > t_{\text{табл}}$ , то подозреваемый результат считается промахом и исключается из выборки. После проведения необходимого количества подобных итераций определяют среднее квадратическое отклонение  $\sigma$  и коэффициент вариации  $v$ .

Достаточность объемов выборок и надежность результатов наблюдений оценивается значением показателя точности опыта  $\xi = v/\sqrt{n}$ , которое не должно превышать 5%.

Для проверки гипотезы нормальности закона распределения использован критерий согласия  $\chi^2$  (критерия Пирсона), оценивающий расхождение между наблюдаемыми и ожидаемыми частотами при объеме выборки  $n > 50$ . Если  $\chi^2 = 0$ , то наблюдаемые и теоретические предсказанные значения частот совпадают, если  $\chi^2 > 0$ , необходимо сравнить расчетные значения с табличными. Гипотеза о соответствии закона распределения с теоретическим принимается, если  $\chi^2_{\text{расч}} < \chi^2_{\text{табл}}$ . Проверка выполняется при уровне значимости  $q = 0,05$  и соответствующих степенях свободы по методике [2, с. 32].

Степень стохастической связности между зависимой  $t_{II}$  и независимой  $V_{II}$  переменной устанавливается посредством корреляционного анализа. Для чего определяется величина  $t_p = \hat{\rho}_{yx} \cdot \sqrt{n-2}/(1-\hat{\rho}_{yx}^2)$  по методике [2, с. 172].

Здесь  $\rho_{y/x}^2$  – выборочное значение корреляционного отношения, рассчитанное по формуле

$$\hat{\rho}_{y/x}^2 = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^k m_i (\bar{y}_i - \bar{y})^2 / \sigma_y^2, \quad (1)$$

где  $m_i$  и  $\bar{y}_i$  – частота ( $m_1, \dots, m_k$ ) и частное среднее ( $\bar{y}_1, \dots, \bar{y}_k$ ) переменной  $y$   $i$ -той группы (интервала) значений объясняющей переменной  $x$ ;  $\sigma_y^2$  – общая дисперсия, характеризующая разброс наблюдаемых значений выходной величины около среднего.

Значимость корреляционного отношения и коррелированность случайных величин устанавливается при условии, что величина  $t_p$  больше, чем 100  $q\%$ -ная ( $q = 0,05$ ) точка распределения Стьюдента с  $n - 2$  степенями свободы.

Дальнейшая обработка опытных данных заключается в получении регрессионных зависимостей, характеризующих влияние основных факторов на технико-эксплуатационные показатели объектов исследования.

Для хлыстовой погрузки проводится оценка статистических зависимостей величин  $t_1$  и  $V_n$ , для сортиментной –  $t_1$  и  $l_c$ .

Для увеличения степени достоверности статистической информации при погрузке (самопогрузке) сортиментов для каждого объекта исследования проводятся контрольные опыты при работе с лесоматериалами длиной 3 и 5 м.

Степень соответствия регрессии эмпирическим данным оценивается коэффициентом детерминации, который указывает, какая часть общего рассеивания значений выходной величины обусловлена изменчивостью факторов, рассчитанным по формуле [3, с. 127]

$$R^2 = \sigma_{\hat{y}}^2 / \sigma_y^2, \quad (2)$$

где  $\sigma_{\hat{y}}^2$  – дисперсия, обусловленная регрессией, представляет часть рассеивания зависимой переменной, вызванную влиянием факторов;  $\hat{y}$  – значение выходной величины, предсказанное уравнением.

$$\sigma_{\hat{y}}^2 = \sum_{i=1}^n (\hat{y}_i - \bar{y})^2 / (n-1); \quad (3)$$

$$\sigma_y^2 = \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2 / (n-1). \quad (4)$$

Значимость коэффициента  $R^2$  оценивается величиной  $F = R^2 \cdot (n - 2) / (1 - R^2)$ , имеющей  $F$ -распределение Фишера с  $f_1 = k$  и  $f_2 = n - 2$  степенями свободы, где  $k$  – число факторов,  $n$  – число наблюдений. Если  $F_{\text{расч}} > F_{\text{табл}}$ , то  $R^2$  значим при выбранной доверительной вероятности.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Анучин, Н. П. Определение объемов хлыстов и сортиментов / Н. П. Анучин. – 3-е изд., доп. – М.: Лесн. Пром-сть, 1985. – 184 с.
2. Пижурин, А. А. Современные методы исследований технологических процессов в деревообработке / А. А. Пижурин. – М.: Лесная промышленность, 1972. – 248 с.
3. Дрейпер, Н. Прикладной регрессионный анализ: в 2 кн.: пер. с англ. / Н. Дрейпер, Г. Смит. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Финансы и статистика, 1986. – Кн. 1. – 366 с.

УДК 630\*907.9

И.В. Ермолина  
(ГНУ «Институт леса НАН Беларуси», г. Гомель)

### **Экотуризм в лесном хозяйстве: методология и практика реализации**

В последние годы внимание туристов привлечено к экологическому туризму, который представляет собой путешествия в места с относительно нетронутой природой с целью, не нарушая целостности экосистем, получить представление о природных и культурно-этнографических особенностях данной территории.

Основными направлениями развития экологического туризма в Республике Беларусь являются: организация экообразовательных туров для школьников и студентов в соответствии с учебными программами; фотоохота на редких животных и птиц, находящихся в естественных условиях; организация туристских походов в нетронутые уголки природы с проживанием в палатках, приготовлением пищи на костре; туры по болотам; знакомство с флорой и фауной; туры по озерным и речным водным экосистемам, на лодках. В заповедниках и национальных парках республики активно развивается экологический туризм, который является важным источником финансирования таких территорий.

В лесном хозяйстве сделаны первые шаги в развитии экологического туризма. В рамках мероприятий по развитию инфраструктуры