

ной поверхности трассы. При движении по снежной целине колеса могут быть заменены санными полозьями, по болотистой местности — понтонами.

Поступила 15 сентября 1986 г.

УДК 630*32/37

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ВАЛОЧНО-ТРЕЛЕВОЧНЫХ МАШИН ЛП-17 МЕТОДОМ АКТИВНЫХ ЭКСПЕРИМЕНТОВ В УСЛОВИЯХ КОМИ АССР

В. В. САБОВ, В. И. КУЧЕРЯВЫЙ, В. Л. ТОРЛОПОВ

Ухтинский индустриальный институт

Производительность лесосечных машин ЛП-17 зависит от многих эксплуатационных факторов, которые носят случайный характер, поэтому производительность валочно-трелевочных машин и условия их применения могут быть эффективно оценены методом активных экспериментов. Он позволяет установить значимость выбранных эксплуатационных факторов, влияющих на результаты работы, при ограниченном числе наблюдений.

Задача нашего исследования — получить математическую модель часовой производительности ВТМ ЛП-17 в зависимости от эксплуатационных показателей: среднего объема хлыста, объема трелеваемой пачки и расстояния трелевки при работе машин в производственных условиях Коми АССР, т. е. $P_ч = f(V_{хл}, Q, L_{тр})$.

Экспериментальные исследования проводили в летний период в Сосногорском леспромпхозе ВЛПО Комилеспром в соответствии с математической теорией планирования эксперимента и рекомендациями проф. В. Н. Андреева [1].

В качестве первого приближения выбрано планирование первого порядка, реализованное в виде полного факторного эксперимента (ПФЭ).

Эксплуатационные показатели: средний объем хлыста — $V_{хл}$, м³, объем трелеваемой пачки — Q , м³, расстояние трелевки — $L_{тр}$, м, примем за факторы $\tilde{x}_1, \tilde{x}_2, \tilde{x}_3$. Применим схему ПФЭ²³ (три фактора варьируют на двух уровнях), которая по восьми опытам позволяет получить модель в виде:

$$\hat{Y} = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_{12}x_1x_2 + b_{13}x_1x_3 + b_{23}x_2x_3 + b_{123}x_1x_2x_3. \quad (1)$$

Области определения каждого фактора, интервалы варьирования, координаты нулевой точки эксперимента и соответствующие им кодированные значения факторов представлены в табл. 1.

Таблица 1

Фактор	Уровень факторов			Интервал варьирования
	-1	0	+1	
\tilde{x}_1	0,05	0,25	0,45	0,20
\tilde{x}_2	2,5	3,75	5,0	1,25
\tilde{x}_3	50	200	350	150

Таблица 2

Но- мер опы- та	Часовая производи- тельность, м³/ч				$S_u^2\{Y\}$, (м³/ч)²
	Y_I	Y_{II}	Y_{III}	\bar{Y}_u	
1	4,90	4,40	4,10	4,47	0,16
2	8,00	7,40	8,20	7,87	0,17
3	10,1	10,5	9,40	10,0	0,31
4	10,8	10,4	10,9	10,7	0,07
5	7,20	7,30	6,80	7,10	0,07
6	7,50	7,20	7,70	7,47	0,06
7	14,2	14,3	13,7	14,1	0,10
8	16,6	15,7	16,9	16,4	0,39
$x_1x_2x_3$	+ + + +				
x_2x_3	+ + + +				
x_1x_3	+ + + +				
x_1x_2	+ + + +				
x_3	+ + + +				
x_2	+ + + +				
x_1	+ + + +				
x_0	+ + + + + + + +				

Осредненные экспериментальные результаты трех параллельных опытов по каждой строке матрицы и планирования ПФЭ²³ представлены в табл. 2.

Коэффициенты модели (1) вычисляли по формуле

$$b_i = \frac{\sum_{i=1}^N x_{iu} \bar{Y}_u}{N}, \quad i = 0, 1, \dots, m. \quad (2)$$

Уравнение регрессии принимает вид

$$\begin{aligned} \tilde{Y} = & 9,76 - 0,85x_1 + 3,03x_2 + 1,50x_3 - \\ & - 0,09x_1x_2 + 0,94x_2x_3 - 0,18x_1x_3 + \\ & + 0,58x_1x_2x_3. \end{aligned} \quad (3)$$

Однородность дисперсий $S_u^2\{Y\}$, соответствующих восьми строкам матрицы (опытам), проверяли с помощью G-критерия. Для этого вначале рассчитывали построчные дисперсии $S_u^2\{Y\}$ (табл. 2). Среди них выбрано наибольшее значение и определен критерий Кохрена

$$G^3 = \frac{S_u^2 \max\{Y\}}{\sum_{i=1}^N S_u^2\{Y\}} = \frac{0,39}{1,34} = 0,29.$$

Табличное значение G-критерия при $\alpha = 0,05$ равно

$$G_{f_1=2, f_2=8}^r = 0,51 [1].$$

Так как $G^3 < G^r$, то заключаем, что с доверительной вероятностью 0,95 дисперсии $S_u^2\{Y\}$ однородны.

При однородных дисперсиях в точках плана $S_u^2\{Y\}$ дисперсию эксперимента определяли по формуле

$$\begin{aligned} S_u^2\{Y\} &= \frac{\sum_{u=1}^N \sum_{q=1}^n (Y_{uq} - \bar{Y}_u)^2}{N(n-1)} = \\ &= \frac{107,48}{8(3-1)} = 6,72. \end{aligned}$$

В связи с наличием повторных опытов ($n = 3$) вычисляли дисперсию среднего значения

$$S^2\{\bar{Y}\} = \frac{S_u^2\{Y\}}{3} = \frac{6,72}{3} = 2,24.$$

Дисперсия коэффициентов регрессии

$$S^2\{b_i\} = \frac{S^2\{\bar{Y}\}}{N} = \frac{2,24}{8} = 0,28,$$

средняя квадратичная ошибка

$$S\{b_i\} = \sqrt{S^2\{b_i\}} = \sqrt{0,28} = 0,53.$$

Доверительный интервал для коэффициентов регрессии при $\alpha = 0,05$

$$\Delta b_i = \pm t_{\alpha, f_Y} S\{b_i\} = 2,12 \cdot 0,53 = 1,12.$$

Критерий Стьюдента при $\alpha = 0,05$ и числе степеней свободы $f_Y = N(n-1) = 8(3-1) = 16$ равен 2,12 [1].

Значимость коэффициентов регрессии проверяли по условию

$$|b_i| \geq \Delta b_i.$$

После исключения незначимых коэффициентов получено уравнение вида

$$\hat{Y}_i = 9,76 + 3,03x_2 + 1,5x_3. \quad (4)$$

Из уравнения (3) следует, что наиболее существенными факторами, влияющими на производительность валочно-трелювочной машины, работающей в режиме валки — трелювки, являются объем трелюемой пачки (x_2) и расстояние трелювки (x_3). Полученная модель (4) не противоречит математической сущности описываемого процесса [1].

Для проверки адекватности уравнения (4) рассчитана дисперсия адекватности, которую при параллельных опытах определяли по формуле:

$$S_{ад}^2 = \frac{n \sum_{i=1}^N (\bar{Y}_n - \hat{Y}_i)^2}{f_{ад}}.$$

Число степеней свободы $f_{ад} = N - L = 8 - 3 = 5$, так как число значимых коэффициентов модели равно трем:

$$S_{ад}^2 = \frac{n \sum_{i=1}^N (\bar{Y}_n - \hat{Y}_i)^2}{N - L} = \frac{47,7}{5} = 9,54.$$

Значение F-критерия (Фишера)

$$F^3 = \frac{S_{ад}^2}{S^2\{Y\}} = \frac{9,54}{6,72} = 1,42.$$

При $\alpha = 0,05$, $f_1 = f_{ад} = 5$, $f_2 = f_Y = 16$ критерий Фишера $F^T = 2,85$ [1].

Так как $F^3 < F^T$ ($1,42 < 2,85$), то с доверительной вероятностью 0,95 модель (4) адекватно описывает явление. Подставляя соотношения

$$\frac{x_2 - 3,75}{1,25} = 1; \quad \frac{x_3 - 200}{150} = 1$$

в (4), переходим от кодированных значений переменных к натуральным:

$$L_4 = -1,33 + 2,43Q + 0,01L_{тр}. \quad (5)$$

Из модели (5) следует, что главным фактором, определяющим технологическую производительность ВТМ ЛП-17, является объем трелюемой пачки. С учетом (5), действительная производительность ЛП-17 за определенное время эксплуатации (t_3) может быть оценена по формуле:

$$L_4 = (-1,33 + 2,43Q + 0,01L_{тр}) t_3 k_{т.о} k_{орг} \frac{\mu}{\lambda + \mu}, \quad (6)$$

где $k_{т.о}$, $k_{орг}$ — коэффициенты, учитывающие простои в техническом обслуживании и по организационным причинам;
 μ , λ — интенсивность восстановления и отказов.

Выражение (6) позволяет оценить производительность ВТМ ЛП-17, работающей в режиме валка — трелевка с учетом природно-производственных условий и характеристик надежности машин за определенный период эксплуатации. Производительность будет возрастать при увеличении объема трелюемой пачки леса, что возможно на лесосеках с высокой несущей способностью грунтов и при трелевке по магистральному волоку.

ЛИТЕРАТУРА

[1]. Андреев В. Н. Математическое планирование экспериментов. — Л.: ЛТА, 1982. — 40 с.

Поступила 23 июля 1986 г.

УДК 658.5.012.1

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОТОКОВ ХЛЫСТОВ И ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ ИХ ОБСЛУЖИВАНИЯ

Л. Е. ЧИВИКСИН, В. М. ДЕРБИН

Архангельский лесотехнический институт

При анализе и оптимизации технологических процессов, работы машин все большее распространение находят экономико-математические методы, в частности методы теории массового обслуживания. Однако показатели работы машины аналитически можно определять и анализировать лишь при наличии достаточной исходной информации о потоках древесины. Связь между отдельными операциями и фазами лесозаготовительного производства осуществляется через потоки хлыстов, параметры которых во многом определяют эффективность всего лесозаготовительного производства.

В лесозаготовительном производстве наиболее важны потоки хлыстов на лесопогрузочные пункты лесосек, на нижние и промежуточные склады, поступление (поток) пачек хлыстов на раскряжевку и т. д. Основные параметры названных потоков — интенсивность и регулярность их в определенные промежутки времени. Нерегулярность и различная интенсивность потоков вызывает необходимость создания запасов хлыстов в различных точках технологического процесса лесозаготовок, различную степень загрузки машин, потребное количество их и т. д. Нерегулярность потоков в свою очередь в значительной мере определяется различной во времени продолжительностью выполнения отдельных технологических операций (различной продолжительностью обслуживания потоков).

На кафедре механизации лесоразработок АЛТИ, с целью установления характера и интенсивности потоков хлыстов, в течение ряда лет изучали закономерности поступления трелюемых пачек хлыстов лесовозных автопоездов на лесопогрузочные пункты лесосек, поступление лесовозных автопоездов на нижние и промежуточные склады, продолжительность погрузки-разгрузки лесовозных автопоездов различными подъемно-транспортными механизмами, длительность раскряжевки пачек хлыстов и другие характеристики потоков древесины и закономерности их обслуживания.

Поскольку в первичных документах лесозаготовительных предприятий нет необходимых данных для установления параметров потоков, то в процессе исследований непосредственно наблюдали за работой отдельных машин. В процессе наблюдений