

УДК 630*8(07)

А. Н. Чемоданов, П. Е. Царев

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СКОРОСТИ ДВИЖЕНИЯ ТРАНСПОРТЕРА НА ПРОЦЕСС ПОШТУЧНОЙ ВЫДАЧИ БРЕВЕН В БУФЕРНЫХ МАГАЗИНАХ С ОТСЕКATEЛЯМИ С ПОСТОЯННОЙ ДЛИНОЙ ЗАХВАТА

Описана методика получения уравнений регрессии усилия давления однорядного слоя круглых лесоматериалов на отсекатели при поштучном отделении в зависимости от скорости движения цепей поперечного цепного транспортера. Приведены результаты сравнения точности отражения усилия давления уравнениями регрессии первого и высшего порядков.

Ключевые слова: круглые лесоматериалы; поштучное отделение; коэффициенты регрессии; уравнения регрессии; степень соответствия.

Введение. В лесной и деревообрабатывающей промышленности исследования проводят с целью отыскания оптимальных условий протекания различных процессов и режимов работы машин и оборудования [1]. Наиболее часто в данном случае используется экспериментальный метод исследований, в результате которого получают математическое описание процесса. Решающую роль при этом играет правильный выбор вида уравнения для описания изучаемой зависимости, поскольку он влияет на степень соответствия расчетных значений экспериментальным данным [2,3].

В связи с этим представляет определенный теоретический и практический интерес точность определения величины давления, оказываемого однорядным слоем круглых лесоматериалов на отсекатели при поштучном отделении с использованием уравнений регрессии первого и второго порядков [4].

Целью настоящей работы является определение влияния фактора скорости на процесс поштучного отделения круглых лесоматериалов. Для этого поставлены следующие **задачи**: получить уравнения

регрессии для определения величины давления при поштучном отделении круглых лесоматериалов в зависимости от скорости движения цепей поперечного цепного транспортера, определить степень соответствия расчетных значений, полученных с использованием уравнения регрессии, и данных, полученных при помощи эксперимента, проверить значимость коэффициентов уравнения регрессии.

Для определения коэффициентов уравнения регрессии на экспериментальной установке получены значения величины давления однорядного слоя круглых лесоматериалов при их поштучном отделении в зависимости от величины угла наклона рабочего стола поперечного конвейера и скорости движения цепей поперечного транспортера, представленных в табл. 1 [5].

На основе результатов данных табл. 1 получено уравнение регрессии первого порядка по полному факторному плану 2^2 , которое имеет вид

$$P_{\text{дав.}} = b_0 + b_1 x_1 + b_2 x_2 + b_3 x_1 x_2, \quad (1)$$

где b_0 – свободный член, b_i – линейные коэффициенты регрессии. Построим матрицу базисных функций (табл. 2).

Таблица 1

Экспериментальные данные

№ опыта	α , град	V, м/мин	Усилие давления $P_{\text{дав.}}$, Н	Дисперсия $\sigma^2(y)$
1	-10	2,09	97,80	239,574101
2	10	2,09	848,60	867,036104
3	-10	4,05	107,65	330,40356
4	10	4,05	883,55	584,573907

Таблица 2

Матрица базисных функций полного факторного плана

№ опыта	Значения формальных коэффициентов			Результаты опытов	Дисперсия
	x_0	x_1	x_2	$P_{\text{дав.}}$	$\sigma^2(y)$
1	+	-	-	97,80	239,574101
2	+	+	-	848,60	867,036104
3	+	-	+	107,65	330,40356
4	+	+	+	883,55	584,573907
					$\Sigma 2021,59$

Коэффициенты уравнения регрессии определяются по следующим формулам:

$$b_0 = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N y_j, \quad (2)$$

$$b_i = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N x_{ij} y_j. \quad (3)$$

С использованием формул (2)–(3) получены следующие значения коэффициентов: $b_0=484,40$; $b_1=381,67$; $b_2=11,20$.

На данном этапе необходимо провести проверку значимости полученных коэффициентов. Для этого рассчитаем t_p -отношение для наименьшего коэффициента $b_2=11,20$

$$t_p = \frac{|b_i|}{\sigma(b_i)} = \frac{11,20}{5,16} = 2,17, \quad (4)$$

где $\sigma(b_i)$ – среднее квадратическое отклонение коэффициента, определяемое по выражению

$$\sigma(b_i) = \sqrt{\frac{\sigma^2(y)}{nN}} = \sqrt{\frac{2021,59}{19 \cdot 4}} = 5,16, \quad (5)$$

где $\sigma^2(y)$ – дисперсия воспроизводимости, N – число опытов; n – число повторений.

В качестве дисперсии воспроизводимости берется среднее арифметическое дисперсий опытов

$$\begin{aligned} \sigma^2(y) &= \frac{\sigma_1^2 + \sigma_2^2 + \dots + \sigma_N^2}{N} = \\ &= \frac{2021,59}{4} = 505,39. \end{aligned} \quad (6)$$

Расчетное значение $t_p=2,22$. Полученную величину t_p -отношения сравниваем с табличным значением $t_{\text{табл}}$ t -критерия Стьюдента. При уровне значимости $q=0,05$ и числе степеней свободы $f_y=N(n-1)=72$ табличное значение $t_{\text{табл}}=2,00 < t_p=2,17$. Это говорит о том, что коэффициент значим. В проверке значимости остальных коэффициентов нет необходимости, поскольку их абсолютные значения больше значения меньшего коэффициента.

Уравнение регрессии в формальном виде

$$P_{\text{дав.}} = 484,40 + 381,67x_1 + 11,20x_2. \quad (7)$$

Необходимым условием является проверка принятой модели на адекватность. В данном случае число коэффициентов после проверки их на значимость равно числу опытов плана, то есть он является ненасыщенным. Для проверки на адекватность таких уравнений в первую очередь используют еще один опыт в цен-

тре плана, когда $x_1=x_2=x_3=0$. Тогда сумма квадратов, характеризующих адекватность модели, определится из выражения

$$\sigma_{ад} = n(P_{дав.0.экс.} - P_{дав.0.теор.})^2 = 19(477 - 484,26)^2 = 1127,77, \quad (8)$$

а дисперсия адекватности

$$\sigma_{ад}^2 = \frac{\sigma_{ад}}{(N+1)-p} = \frac{1127,77}{2} = 563,887, \quad (9)$$

где $P_{дав.0.экс.}$ и $P_{дав.0.теор.}$ – значения усилия давления однородного слоя круглых лесоматериалов в центре плана, определенные соответственно экспериментально и по выражению (8), p – число коэффициентов уравнения регрессии.

Если дисперсии адекватности $\sigma_{ад}$ и воспроизводимости $\sigma^2(y)$ однородны, то принятая математическая модель адекватна. Для этого вычисляют величину $F_{расч}$, равную

$$F_{расч} = \frac{\sigma_{ад}^2}{\sigma^2(y)} = \frac{563,887}{505,39} = 1,116, \quad (10)$$

и сравнивают ее с F-распределением табличным $F_{табл}$; если $F_{расч} < F_{табл}$, то модель адекватна.

При уровне значимости $q=0,05$ и числе степеней свободы $f_y=N(n-1)=72$ и $f_{ад}=N+1-p=2$, $F_{табл}=19,5 \gg F_{расч}=1,116$, значит, проверяемая линейная модель адекватна. Графически зависимость $P_{дав}$ от V и α показана на рис. 1.

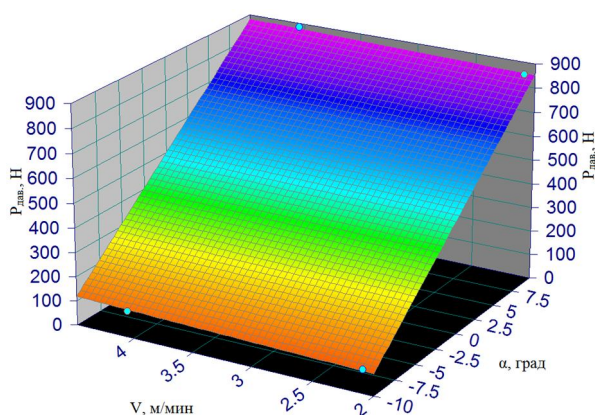


Рис. 1. Поверхность отклика уравнения регрессии первого порядка

Перевод уравнения регрессии к натуральному виду осуществляется путем замены формальных переменных (x_1, x_2) натуральными (α, V) с учетом формулы

$$x_i = \frac{X_i - \bar{X}_i}{\Delta X_i}, \quad (11)$$

где X_i – текущее значение i -го фактора, \bar{X}_i – среднее значение i -го фактора, ΔX_i – уровень варьирования i -го фактора.

После соответствующих математических преобразований получено уравнение регрессии в натуральном виде

$$P_{дав.} = 449,3143 + 38,17\alpha + 11,428V. \quad (12)$$

При помощи программы TableCurve3 Dv4.0.01. на основе имеющегося плана эксперимента был произведен расчет коэффициентов и осуществлен подбор уравнения регрессии высшего порядка:

$$P_{дав.} = 465,069 + 0,38167\alpha^3 + 1,861V^2. \quad (13)$$

Необходимым условием является проверка принятой модели на адекватность. В данном случае число коэффициентов после проверки их на значимость равно числу опытов плана, то есть он является ненасыщенным. Для проверки на адекватность таких уравнений в первую очередь используют еще один опыт в центре плана, когда $x_1=x_2=x_3=0$. Тогда сумма квадратов, характеризующих адекватность модели, определится из выражения

$$\sigma_{ад} = n(P_{дав.0.экс.} - P_{дав.0.теор.})^2 = 19(477 - 465,096)^2 = 2567,65, \quad (14)$$

а дисперсия адекватности

$$\sigma_{ад}^2 = \frac{\sigma_{ад}}{(N+1)-p} = \frac{2567,65}{2} = 1283,83, \quad (15)$$

где $P_{дав.0.экс.}$ и $P_{дав.0.теор.}$ – значения усилия резания в центре плана, определенные соответственно экспериментально и по выражению (8), p – число коэффициентов уравнения регрессии.

Если дисперсии адекватности $\sigma_{ад}$ и воспроизводимости $\sigma^2(y)$ однородны, то принятая математическая модель адекватна. Для этого вычисляют величину $F_{расч}$, равную

$$F_{расч} = \frac{\sigma_{ад}^2}{\sigma^2(y)} = \frac{1283,83}{505,39} = 2,540, \quad (16)$$

и сравнивают ее с F-распределением табличным $F_{табл}$; если $F_{расч} < F_{табл}$, то модель адекватна.

При уровне значимости $q=0,05$ и числе степеней свободы $f_y=N(n-1)=72$ и $f_{ад}=N+1-p=2$, $F_{табл}=19,5 \gg F_{расч}=2,540$. Значит, проверяемая линейная модель адекватна. Графически поверхность отклика по уравнению 13 представлена на рис 2.

Для определения степени соответствия расчетных значений усилия давления, найденных по уравнениям регрессии (12) и (13), и выбора более точного, сравним их с экспериментальными данными по форме табл. 3.

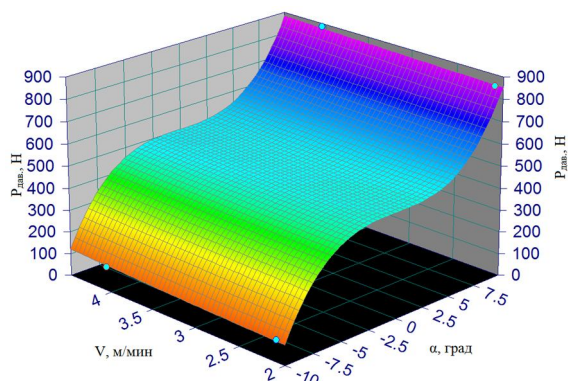


Рис. 2. Поверхность отклика уравнения регрессии высшего порядка

Таблица 3

Переменные факторы		Усилие давления Рдав, Н	Расчетное значение усилия давления по 1 уравнению Рдав, Н	Расхождение в %	Расчетное значение усилия давления по 2 уравнению Рдав, Н	Расхождение в %
α, град	V, м/мин					
-10	2,09	97,80	91,50	6,45	91,53	6,42
10	2,09	848,60	854,90	0,74	854,87	0,74
-10	4,05	107,65	113,95	5,86	113,92	5,83
10	4,05	883,55	877,35	0,70	877,26	0,71

Выводы:

- получены уравнения регрессии первого и высшего порядков для определения усилия давления при поштучном отделении круглых лесоматериалов, при помощи буферного магазина с отсекателями с постоянной длиной захвата и переменной скоростью движения, которые могут быть использованы при проектировании новых конструкций оборудования для поштучной выдачи круглых материалов;

- приведенные уравнения необходимы для оптимизации энергосиловых пока-

зателей процесса поштучной выдачи круглых лесоматериалов;

- необходимо проведение дальнейших исследований с учетом других факторов, влияющих на процесс поштучной выдачи круглых лесоматериалов с целью более точного описания процесса выдачи круглых лесоматериалов при помощи буферного магазина с отсекателями с постоянной длиной захвата и переменной скоростью движения.

Список литературы

1. Пижурин, А.А. Основы научных исследований в деревообработке: Учебник для вузов / А.А. Пижурин, А.А. Пижурин. – М.: МГУЛ, 2005. – 305 с.
2. Боярский, М.В. Планирование и организация эксперимента: Учебное пособие / М.В. Боярский, Э.А. Анисимов. – Йошкар-Ола: МарГТУ, 2007. – 144 с.
3. Гмурман, В.Е. Теория вероятностей и математическая статистика: Учеб. пособие для вузов / В.Е. Гмурман. – 9-е изд., стер. – М.: Высшая школа, 2003. – 479с.; ил.
4. Чемоданов, А.Н. Результаты исследования процесса продольного строгания древесины на шпон / А.Н. Чемоданов, Р.Х. Гайнуллин // Вестник МарГТУ. Сер.: Лес. Экология. Природопользование. – 2010. – № 1. – С. 40-45.
5. Царев, П.Е. Результаты контрольной серии экспериментальных исследований процесса выдачи круглых лесоматериалов / П.Е. Царев // Международная молодежная научная конференция по естественно-научным и техническим дисциплинам «Научному прогрессу – творчество молодых», 20-21 апр. 2012 г. : [материалы и доклады]: в 3 ч. / редкол.: В.А. Иванов [и др.]. – Йошкар-Ола: Поволжский государственный технологический университет, 2012. – С. 87-88.

References

- 1 Pizhurin A.A., Pizhurin A.A. Osnovy nauchnykh issledovaniy v derevoobrabotke: uchebnyk dlya vuzov [Fundamentals of Woodworking: Textbook for Higher Institutions]. Moscow, MGUL, 2005. 305 p.
2. Boyarskiy M.V., Anisimov E.A. Planirovaniye i oraganizatsiya eksperimenta: uchebnoye posobie [Planning and Organization of an Experiment: Study Guide]. Yoshkar-Ola, MarSTU, 2007. 144 p.
3. Gmurman V.E. Teoriya veroyatnostey i matematicheskaya statistika: uchebnoye posobie dlya vuzov, 9-e izdaniye, illustrirovano [The Theory of Probability and Mathematical Statistics: Study Guide for Higher Institutions, 9th edition, illustrated]. Moscow, Vysshaya Shkola Publ., 2003. 479p.
4. Chemodanov A.N., Gaynullin R.Kh. Rezultaty issledovaniya protsessa prodolnogo stroganiya drevesiny na shpon [Research Results of Linear Wood Planing for Veneer Production]. Vestnik MarGTU. Ser.: Les. Ekologiya. Prirodopolzovanie. [Vestnik of MarSTU. Ser.: Forest. Ecology. Nature Management]. 2010. No 1. P. 40-45.
5. Tsarev P.E. Rezultaty kontrolnoy serii eksperimentalnykh issledovaniy protsessa vydachi kruglykh materialov [Results of Experimental Research on Log Delivery]. Mezhdunarodnaya molodezhnaya nauchnaya konferentsiya po estestvenno-nauchnym i tekhnicheskim distsiplinam «Nauchnomu progressu – tvorchestvo molodykh», 20-21 apr. 2012, v 3 ch., redkol. Ivanov V.A. [International Scientific Conference for Young People in Natural and Technical Disciplines «Scientific Progress – Works of Young Generation», 20-21 April 2012, in 3 parts, Editorial Board Member - Ivanov V.A]. Yoshkar-Ola: Volga State University of Technology, 2012. P. 87-88.

Статья поступила в редакцию 04.09.12.

ЧЕМОДАНОВ Александр Николаевич – кандидат технических наук, профессор кафедры деревообрабатывающих производств, Поволжский государственный технологический университет (Российская Федерация, Йошкар-Ола). Область научных интересов – технология и оборудование лесопромышленных складов, оборудование деревообрабатывающих производств, сушильные камеры периодического действия. Автор более 120 публикаций.

E-mail: ChemodanovAN@volgatech.net

ЦАРЕВ Павел Евгеньевич – аспирант кафедры деревообрабатывающих производств, Поволжский государственный технологический университет (Российская Федерация, Йошкар-Ола). Область научных интересов – технология и оборудование лесопромышленных складов, оборудование деревообрабатывающих производств, деревянное домостроение. Автор 11 публикаций.

E-mail: TsPavel@mail.ru

CHEMODANOV Alexander Nikolayevich – Candidate of Technical Sciences, Professor at the Chair of Woodworking Industry, Volga State University of Technology (Russian Federation, Yoshkar-Ola). Research interest – technology and equipment of pulp and paper stores, woodworking industry equipment, intermittent kilns. The author of more than 120 publications.

E-mail: ChemodanovAN@volgatech.net

TSAREV Pavel Evgenyevich – Postgraduate Student at the Chair of Woodworking Industry, Volga State University of Technology (Russian Federation, Yoshkar-Ola). Research interest – technology and equipment of pulp and paper stores, woodworking industry equipment, construction of wood buildings. The author of 11 publications.

E-mail: TsPavel@mail.ru

A. N. Chemodanov, P. E. Tsarev

STUDY OF ELEVATOR TRAVELLING SPEED INFLUENCE ON PIECEWISE DELIVERY OF LOGS IN BUFFER MAGAZINE WITH LOG SORTER WITH ONE GRIP LENGTH

Key words: round timber; piecewise delivery; regression coefficient; regression equation; degree of conformity.

The subject of the article is woodworking equipment. Particular attention is paid to piecewise delivery of logs. The object of the work is to calculate influence of background factor of dip angle of work surface and travelling speed of elevator on pressure force of log layer. On the back of this, the following task was set: to deduce regression equation for calculation of output – pressure of one-layer raw of logs on log sorter. In the course of experimental research the variables which influence on output varied in a certain range. Calculation results, got in solution of the equation of regression of the first and second order and the results of experimental data have inconsequential discrepancy and describe virtual process rather accurate. The obtained data are inserted in tables, dependences are represented in the diagrams.

The offered material may be used in designing new equipment constructions for piecewise delivery of logs. At that, it is important to continue research in the sphere and to take into account many other factors which influence on the process of piecewise delivery of logs.