

## Литература

1. Типизация природно-производственных условий лесозаготовительных районов. – Химки: Изд-во ЦНИИМЭ, 1986. – 23 с.
2. Желдак В.И. Лесоводство: учеб. Ч. 2. – Пушкино: Изд-во ВНИИЛМ, 2004. – 200 с.
3. Лесотаксационный справочник по Северо-Западу СССР / Д.П. Столяров, В.С. Моисеев, А.Г. Мошкалева [и др.]. – Л.: Изд-во ЛТА, 1984. – 320 с.
4. Черных В.Л., Сысуюев В.В. Информационные технологии в лесном хозяйстве: учеб. пособие. – Йошкар-Ола: Изд-во МарГТУ, 2000. – 378 с.
5. Александров В.А., Александров А.В. Моделирование технологических процессов лесосечных машин: учеб. для вузов. – СПб.: Изд-во СПбГЛТА, 2009. – 297 с.
6. Шеннон Р. Имитационное моделирование систем – искусство и наука. – М.: Мир, 1978. – 246 с.
7. Максимей И.В. Имитационное моделирование на ЭВМ. – М.: Радио и связь, 1988. – 232 с.

## Literatura

1. Tipizacija prirodno-proizvodstvennyh uslovij lesozagotovitel'nyh rajonov. – Himki: Izd-vo CNIIMJe, 1986. – 23 s.
2. Zheldak V.I. Lesovodstvo: ucheb. Ch. 2. – Pushkino: Izd-vo VNIILM, 2004. – 200 s.
3. Lesotaksacionnyj spravochnik po Severo-Zapadu SSSR / D.P. Stoljarov, V.S. Moiseev, A.G. Moshkalev [i dr.]. – L.: Izd-vo LTA, 1984. – 320 s.
4. Chernyh V.L., Sysuev V.V. Informacionnye tehnologii v lesnom hozhaj-stve: ucheb. posobie. – Joshkar-Ola: Izd-vo MarGTU, 2000. – 378 s.
5. Aleksandrov V.A., Aleksandrov A.V. Modelirovanie tehnologicheskikh processov lesosechnyh mashin: ucheb. dlja vuzov. – SPb.: Izd-vo SPbGLTA, 2009. – 297 s.
6. Shannon R. Imitacionnoe modelirovanie sistem – iskusstvo i nauka. – M.: Mir, 1978. – 246 s.
7. Maksimej I.V. Imitacionnoe modelirovanie na EVM. – M.: Radio i svjaz', 1988. – 232 s.



УДК 634.023.1

С.В. Ушанов, Е.В. Палкин

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ ЭКСПЕРИМЕНТОВ ПО ЦЕПОВОЙ  
ОКОРКЕ СЕГМЕНТНЫХ ЛЕСОМАТЕРИАЛОВ ЕЛИ

S.V. Ushanov, E.V. Palkin

MATHEMATICAL PROCESSING OF EXPERIMENTS' RESULTS OF FLAIL DEBARKING  
OF SEGMENT OF FIR-TREE TIMBER

**Ушанов С.В.** – канд. техн. наук, доц., зав. каф. высшей математики и информатики Сибирского государственного технологического университета, г. Красноярск. E-mail: palest@yandex.ru

**Палкин Е.В.** – ст. преп. каф. технологии и оборудования лесозаготовок Сибирского государственного технологического университета, г. Красноярск. E-mail: palest@yandex.ru

**Ushanov S.V.** – Cand. Techn. Sci., Assoc. Prof., Head, Chair of Higher Mathematics and Informatics, Siberian State Technological University, Krasnoyarsk. E-mail: palest@yandex.ru

**Palkin E.V.** – Asst, Chair of Technology and Equipment of Logging, Siberian State Technological University, Krasnoyarsk. E-mail: palest@yandex.ru

Целью исследования являлось определение влияния линейной скорости, направления подачи и линейной скорости вращения цепов на удельную работу. В статье приведены результаты экспериментальных исследований окорки свежесрубленных еловых сегментных лесоматериалов цеповыми рабочими органами. Цеповая окорка – это способ механического воздействия на кору лесоматериала, перемещающегося в осевом направлении через систему приводных горизонтальных и вертикальных вращающихся валов, на которых прикреплены отрезки обыкновенных круглозвенных цепей – цепи. За счет центробежной силы цепи приобретают определенную жесткость и, воздействуя на кору, сбивают ее с поверхности. Удельная работа окорки рассчитывалась как произведение длительности процесса (секунды) на разницу показаний рабочего и холостого ходов ( $Vm$ ), отнесенное к объему снятой коры (куб.м),  $Дж/м^3$ . Представлены эмпирические и теоретические (нормальные) интегральные функции распределения отклонения удельной работы от средних значений. Матричным методом наименьших квадратов получены адекватные эксперименту регрессионные модели второго порядка и построены линии равного уровня зависимости удельной работы от линейной скорости вращения цепов, скорости и направления подачи. Стандартная ошибка модели равна  $0,13 \text{ МДж/м}^3$  – при попутной подаче и  $0,18 \text{ МДж/м}^3$  – при встречной подаче. Коэффициент детерминации моделей  $R^2 = 0,994$  – при попутной подаче и  $0,993$  – при встречной подаче. Представлены линии равного уровня удельной работы в зависимости от линейной скорости вращения, скорости и направления подачи. Результаты исследования позволяют решать прикладные задачи выбора параметров и режимов работы при разработке цеповых окорочных станков.

**Ключевые слова:** экспериментальные исследования, окорка цеповыми рабочими органами, регрессионные модели зависимости удельной работы окорки, режимы окорки.

*The research objective was the definition of influence of the peripheral speed, the direction of*

*giving and the peripheral speed of rotation of chains for specific work. The results of pilot studies of spruce timber debarking by flail bodies are given in the study. The debarking by flail bodies is a way of mechanical impact on bark of forest product moving in the axial direction through the system of horizontal and vertical rotating shafts driving, on which the pieces of chains are attached. Due to centrifugal force the chains gain particular rigidity, and, influencing bark, force it down from the surface. Specific work of debarking was paid off as the work of duration of process (sec.) on the difference of indications of the working and single courses ( $W$ ) referred to the volume of the removed bark (CBM),  $J/m^3$ . Empirical and theoretical (normal) integral functions of distribution of deviation of specific work from mean values were presented. The matrix method of least squares of received regression models of the second order adequate to the experiment and lines of equal level of dependence of specific work on the peripheral speed of rotation of chain, speeds and the directions of giving were built. The standard errors of model was equal to  $0.13 \text{ MDzh/m}^3$  at passing giving and  $0.18 \text{ MDzh/m}^3$  were at counter giving. The coefficient of determination of  $R^2$  models =  $0.994$  – at passing giving and  $0.993$  – at counter giving. In the study the lines of equal level of specific work depending on the peripheral speed of rotation, speed and the direction of giving were presented. The results of research allow solving applied problems of the choice of parameters and duties when developing the debarking machines by flail bodies.*

**Keywords:** experimental studies, debarking by flail working bodies, regression models of dependency of specific debarking work, debarking modes.

**Введение.** В технологическом процессе получения лесопромышленной продукции с высокой добавленной стоимостью предусмотрена операция по очистке (снятию) коры с поверхности лесоматериалов – окорка бревен. Рассматривается случай цеповой окорки, способ – воздействие на кору вращающимися отрезками цепей, закрепленных в определенном порядке по образующей на поверхности приводного вала. Суть процесса заключается в том, что лесоматериалы перемещают в осевом направлении

через систему приводных горизонтальных и вертикальных вращающихся валов, на которых прикреплены отрезки обыкновенных цепей – цепи. За счет центробежной силы цеповые рабочие органы (ЦРО) приобретают определенную жесткость и, воздействуя на кору, сбивают ее с поверхности ствола [1, 2]. Основой конструктивных режимов узлов окорочного станка являются статистические исследования кинематических параметров экспериментальных наблюдений [2, 4].

**Цель исследований.** Определить статистические закономерности изменения режимных параметров цеповой окорки, влияющих на энергоемкость процесса окорки лесоматериалов ЦРО.

**Задачи исследований:** получить адекват-

ную эксперименту регрессионную математическую модель зависимости между энергоемкостью и режимными параметрами цеповой окорки при попутной и встречной подаче.

**Методы и результаты исследований.** Основными изменяемыми факторами, влияющими на энергоемкость процесса цеповой окорки, являются: число оборотов вращения цеповой головки (линейная скорость воздействия), скорость подачи лесоматериала, вид подачи (попутная, встречная). Остальные факторы (масса цепов, скорость подачи (надвигания), влажность, температура, толщина коры) при проведении экспериментов стабилизировались. Уровни варьирования факторов окорки приведены в таблице.

### Исследуемые факторы окорки и уровни их варьирования

Обозначение фактора	Наименование фактора	Интервал варьирования	Уровень варьирования		
			1	2	3
1	Линейная скорость вращения $V_{\text{лин}}$ , м/с	37,7–47,1	37,7	42,4	47,1
2	Скорость подачи $U_{\text{под}}$ , м/с	0,48–0,88	0,48	0,68	0,88
3	Вид подачи	Попутная/ встречная	Попутная/ встречная	Попутная/ встречная	Попутная/ встречная

Каждый из 18 опытов повторялся 4 раза. Общее число наблюдений – 72. Удельная работа окорки рассчитывалась как произведение длительности процесса (секунды) на разницу показаний рабочего и холостого ходов (Вт), отнесенное к объему снятой коры (куб. м), Дж/м<sup>3</sup> [1].

Обработка экспериментальных данных проводилась общепринятыми в математической статистике методами [5, 7]. Расчеты проводились в табличном процессоре Excel.

На рисунках 1 и 2 представлены эмпирические и теоретические (нормальные) интегральные функции распределения отклонения удельной работы от средних значений. Проверка гипотезы нормальности эмпирического распре-

деления критериев согласия Фроцини [5] (0,21 – при попутной подаче и 0,17 – при встречной подаче, меньше критического значения (0,28).

Применение критерия Кохрена показало, что гипотеза однородности дисперсий экспериментов не отклоняется при 5%-м уровне значимости (расчетное значение (0,39 – при попутной подаче, 0,28 – при встречной подаче) меньше критического значения (0,40)). Точность экспериментов оценивается дисперсией воспроизводимости  $S_{\text{вс}}^2 = 0,026$  – при попутной подаче и 0,048 – при встречной подаче с числом степеней свободы  $f_{\text{вс}} = 27$ . Ошибка воспроизводимости экспериментов:  $S_{\text{вс}} = 0,16$  – при попутном движении и 0,22 – при встречном движении.

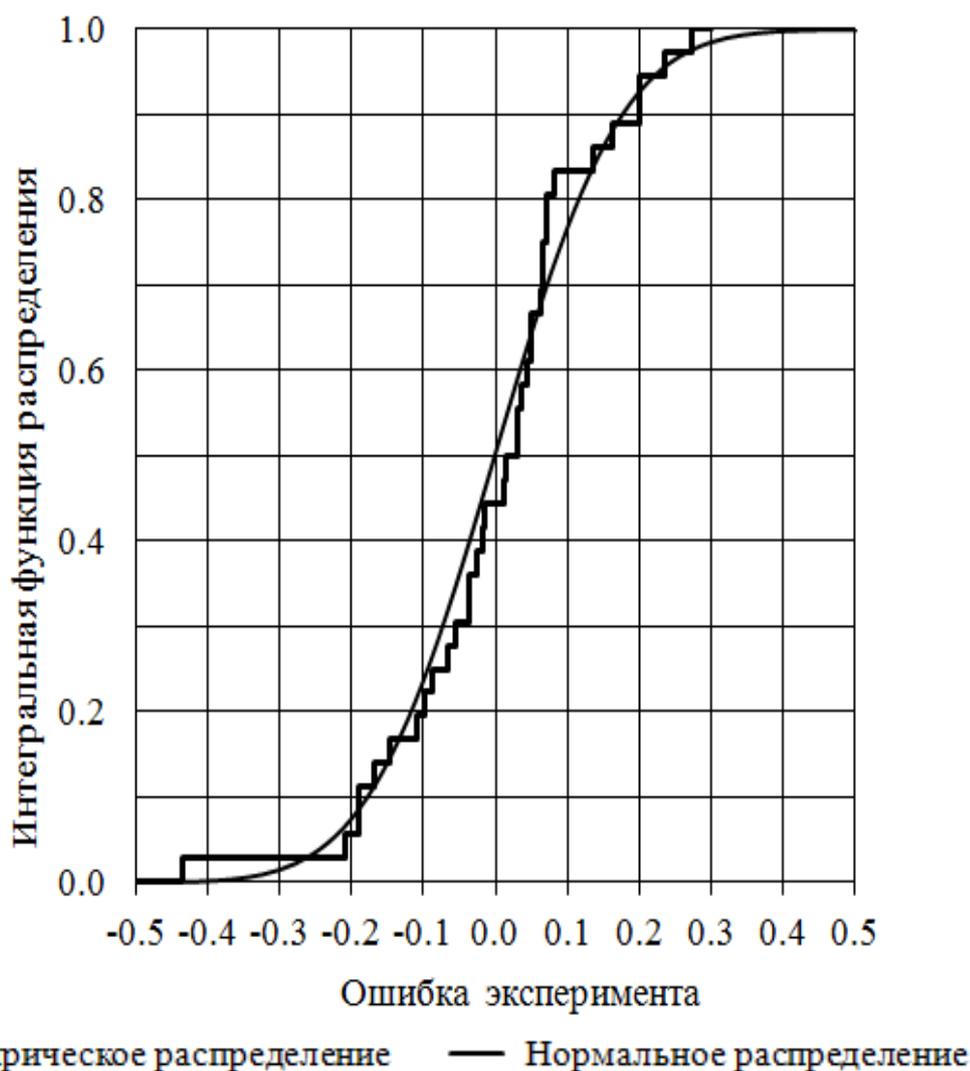


Рис. 1. Интегральные функции распределения отклонений удельной работы от средних значений при попутной подаче

Матричным методом наименьших квадратов получены следующие регрессионные модели второго порядка зависимости удельной работы окорки ели ЦРО (рис. 3 и 4):

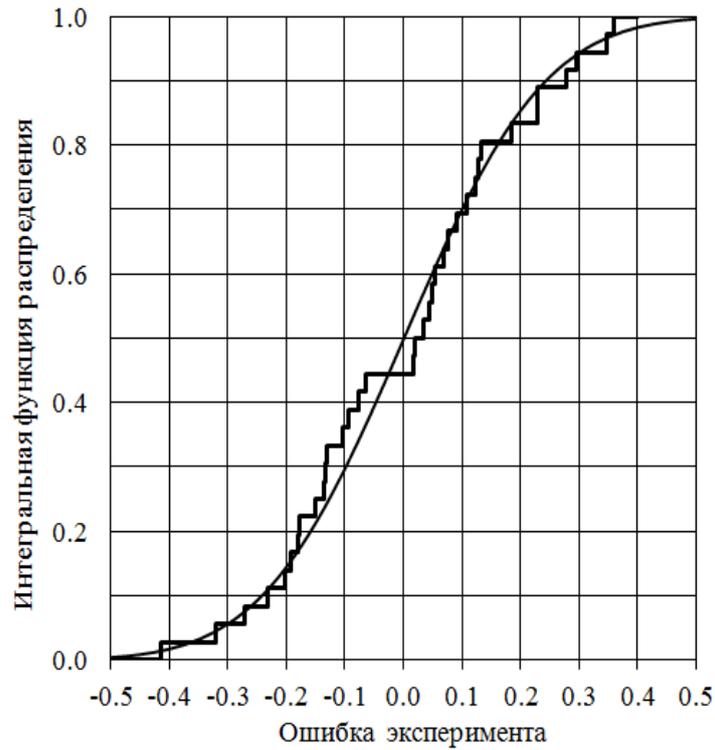
- при попутной подаче:

$$Y_E^{\text{Поп}} = 1,37 + 0,138 \cdot V_{\text{лин}} - 6,21 \cdot U_{\text{П}} + 0,0002 \cdot V_{\text{лин}}^2 + 1,96 \cdot U_{\text{под}}^2 - 0,038 \cdot V_{\text{лин}} \cdot U_{\text{под}}; \quad (1)$$

- при встречной подаче:

$$Y_E^{\text{Встр}} = 12,97 - 0,232 \cdot V_{\text{лин}} - 15,96 \cdot U_{\text{П}} + 0,0053 \cdot V_{\text{лин}}^2 + 9,5 \cdot U_{\text{под}}^2 - 0,085 \cdot V_{\text{лин}} \cdot U_{\text{под}}; \quad (2)$$

Гипотеза адекватности моделей экспериментальным данным не отвергается при 5%-м уровне значимости (расчетное значение критерия Фишера (2,72 – при попутной подаче и 2,70 – при встречной подаче) меньше критического значения (2,96)). Стандартная ошибка модели:  $S_m = 0,13$  МДж/м<sup>3</sup> – при попутной подаче и 0,18 МДж/м<sup>3</sup> – при встречной подаче. Коэффициент детерминации моделей  $R^2 = 0,994$  – при попутной подаче и 0,993 – при встречной подаче.



— Эмпирическое распределение    — Нормальное распределение

Рис. 2. Интегральные функции распределения отклонений удельной работы от средних значений при встречной подаче

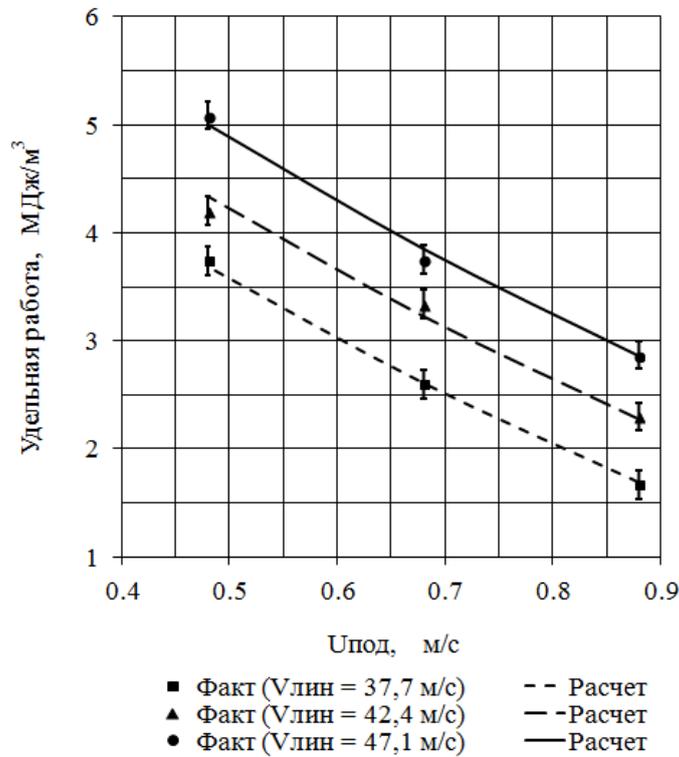


Рис. 3. Экспериментальные и расчетные значения удельной работы при попутной подаче

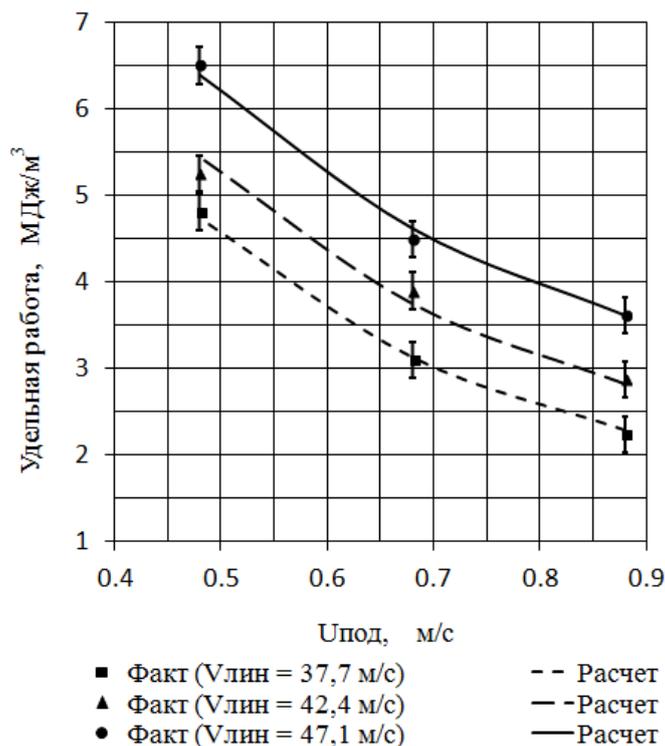


Рис. 4. Экспериментальные и расчетные значения удельной работы при встречной подаче

На рисунках 5 и 6 представлены линии равного уровня удельной работы в зависимости от линейной скорости вращения ( $V_{лин}$ ) и скорости подачи ( $U_{под}$ ).

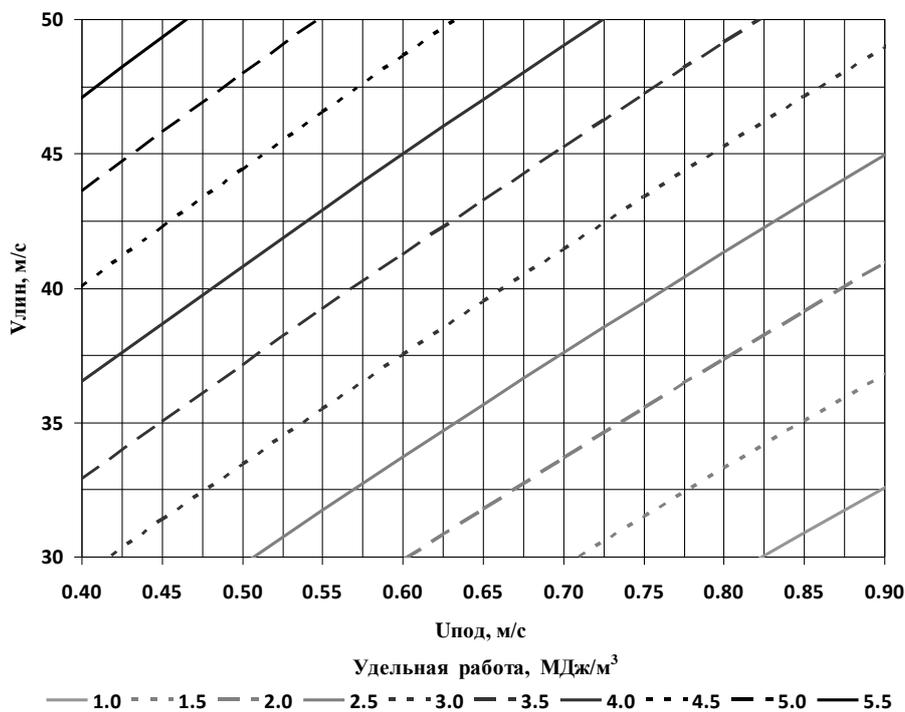


Рис. 5. Линии равного уровня удельной работы в зависимости от линейной скорости вращения ( $V_{лин}$ ) и скорости подачи ( $U_{под}$ ) при попутной подаче

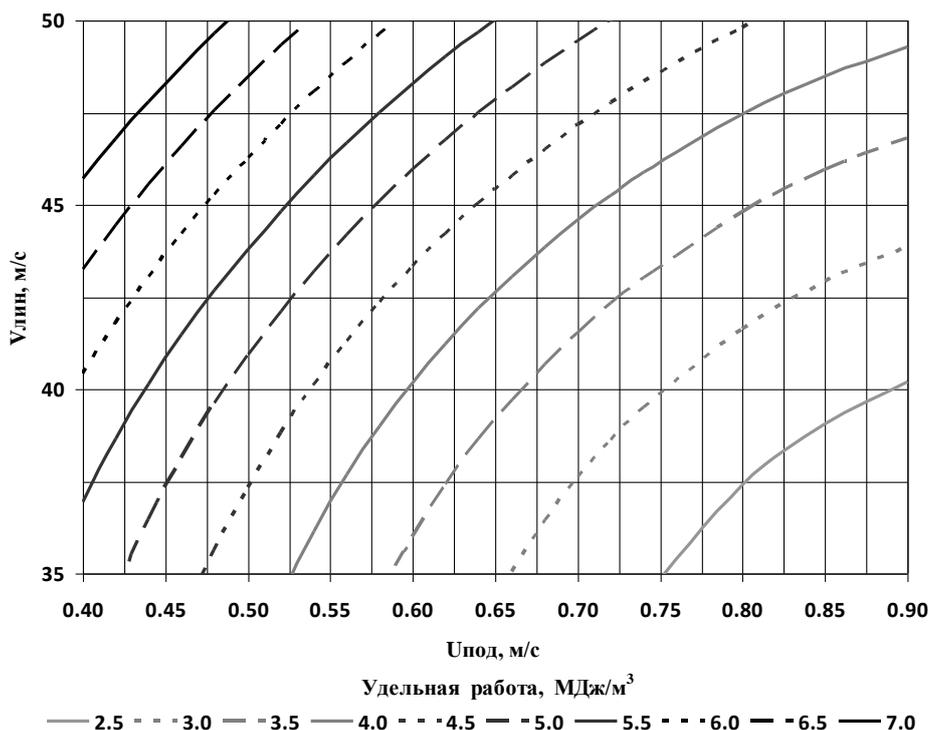


Рис. 6. Линии равного уровня удельной работы в зависимости от линейной скорости вращения ( $V_{лин}$ ) и скорости подачи ( $U_{под}$ ) при встречной подаче

**Выводы.** Представлены результаты статистической обработки экспериментальных данных по окорке свежесрубленных еловых сегментных лесоматериалов. Матричным методом наименьших квадратов получены адекватные эксперименту регрессионные модели второго порядка зависимости между энергоемкостью и режимными параметрами цеповой окорки при попутной и встречной подачах. Стандартные ошибки моделей равны  $0,13 \text{ МДж/м}^3$  – при попутной подаче и  $0,18 \text{ МДж/м}^3$  – при встречной подаче. Коэффициент детерминации моделей:  $R^2 = 0,994$  – при попутной подаче и  $0,993$  – при встречной подаче.

Представленные линии равного уровня удельной работы в зависимости от линейной скорости вращения, скорости и направления подачи позволяют упростить решение прикладных задач выбора параметров и режимов работы цеповых окорочных станков.

#### Литература

1. Палкин Е.В., Курицын В.Н. Установка для исследования цеповой окорки с промыш-

ленными скоростями подачи // Лесной и химический комплексы – проблемы и решения: сб. ст. – Красноярск: Изд-во СибГТУ, 2005. – С. 149–151.

2. Палкин Е.В., Курицын В.Н. Результаты исследования цеповой окорки с промышленными скоростями подачи // Вестник КрасГАУ. – 2010. – № 10. – С. 152–155.

3. Палкин Е.В., Курицын В.Н. Анализ энергетических затрат в процессе цеповой окорки // Вестник КрасГАУ. – 2013. – № 7. – С. 229.

4. Палкин Е.В., Ушанов С.В., Розанова Т.С. [и др.]. Математические модели удельных энергетических затрат в процессе цеповой окорки лесоматериалов // Фундаментальные исследования. – 2014. – № 8. – Ч. 2. – С. 317–321.

5. Кобзарь А.И. Прикладная математическая статистика. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2006. – 816 с.

6. Справочник по прикладной статистике: в 2 т. Т.1. – М.: Финансы и статистика, 1989. – 510 с.

7. Ушанов С.В. Параметрическая идентификация моделей. – Красноярск, 2012. – 202 с.

**Literatura**

1. *Palkin E.V., Kuricyn V.N.* Ustanovka dlja issledovanija cepovoj okorki s promyshlennymi skorostjami podachi // Lesnoj i himicheskij kompleksy – problemy i reshenija: sb. st. – Krasnojarsk: Izd-vo SibGTU, 2005. – S. 149–151.
2. *Palkin E.V., Kuricyn V.N.* Rezul'taty issledovanija cepovoj okorki s promyshlennymi skorostjami podachi // Vestnik KrasGAU. – 2010. – №. 10 – S. 152–155.
3. *Palkin E.V., Kuricyn V.N.* Analiz jenergeticheskikh zatrat v processe cepovoj okorki // Vestnik KrasGAU. – 2013. – № 7. – S. 229.
4. *Palkin E.V., Ushanov S.V., Rozanova T.S.* [i dr.]. Matematicheskie modeli udel'nyh jenergeticheskikh zatrat v processe cepovoj okorki lesomaterialov // Fundamental'nye issledovanija. – 2014. – № 8. – Ch. 2. – S. 317–321.
5. *Kobzar' A.I.* Prikladnaja matematicheskaja statistika. – M.: FIZMATLIT, 2006. – 816 s.
6. Spravochnik po prikladnoj statistike: v 2 t. T.1. – M.: Finansy i statistika, 1989. – 510 s.
7. *Ushanov S.V.* Parametricheskaja identifikacija modelej. – Krasnojarsk, 2012. – 202 s.



УДК 631.354.02; 631.3.002

**Ю.Н. Блынский, Ю.А. Гуськов,  
В.Н. Хрянин, А.В. Пчельников,  
А.А. Железнов, Д.А. Ханин**

**ВЛИЯНИЕ КОНСТРУКТИВНЫХ ОСОБЕННОСТЕЙ ШНЕКА ЖАТКИ  
И НАРАБОТКИ УБОРОЧНОГО КОМБАЙНА НА ИНТЕНСИВНОСТЬ ИЗНАШИВАНИЯ  
ЛАКОКРАСОЧНОГО ПОКРЫТИЯ ДНИЩА И ШНЕКА ЖАТКИ**

**Yu.N. Blynsky, Yu.A. Guskov,  
V.N. Khryanin, A.V. Pchel'nikov,  
A.A. Zheleznov, D.A. Khanin**

**THE INFLUENCE OF AUGER HEADER DESIGN FEATURES AND PRACTICES OF THE HARVEST  
COMBINE ON THE INTENSITY OF PAINT AND VARNISH COVERING WEAR OF THE BOTTOM  
AND AUGER INTAKE OF THE HARVESTER**

**Блынский Ю.Н.** – д-р техн. наук, проф. каф. эксплуатации машинно-тракторного парка Новосибирского государственного аграрного университета, г. Новосибирск. E-mail: nsauii@ngs.ru

**Гуськов Ю.А.** – д-р техн. наук, проф. каф. технологий обучения, педагогики и психологии Новосибирского государственного аграрного университета, г. Новосибирск. E-mail: nsauii@ngs.ru

**Хрянин В.Н.** – канд. техн. наук, доц., зав. каф. надежности и ремонта машин Новосибирского государственного аграрного университета, г. Новосибирск. E-mail: hryaninvn@ngs.ru

**Пчельников А.В.** – асп., зав. лаб. каф. надежности и ремонта машин Новосибирского государственного аграрного университета, г. Новосибирск. E-mail: pchelaleksandr@mail.ru

**Blynsky Yu.N.** – Dr. Techn. Sci., Prof., Chair of Operation of Machine and Tractor Park, Novosibirsk State Agrarian University, Novosibirsk. E-mail: nsauii@ngs.ru

**Guskov Yu.A.** – Dr. Techn. Sci., Prof., Chair of Technologies of Training, Pedagogics and Psychology, Novosibirsk State Agrarian University, Novosibirsk. E-mail: nsauii@ngs.ru

**Khryanin V.N.** – Cand. Techn. Sci., Assoc. Prof., Head, Chair of Reliability and Repair of Cars, Novosibirsk State Agrarian university, Novosibirsk. E-mail: hryaninvn@ngs.ru

**Pchel'nikov A.V.** – Post-Graduate Student, Head, Lab., Chair of Reliability and Repair of Cars, Novosibirsk State Agrarian University, Novosibirsk. E-mail: pchelaleksandr@mail.ru