

Наименьшее снижение проходимости с ухудшением свойств трелевочного волока наблюдается в экстремальной зоне. Установлено, что в экстремальной зоне $\eta_{\text{ез}}$ наблюдаются минимальные потери от буксования, следовательно, минимальное отрицательное воздействие движителя на почво-грунт волока.

Выводы

1. Получена формула для оценки проходимости колесных трелевочных тракторов, учитывающая специфику работы и позволяющая на современном уровне проводить оценку их проходимости и эксплуатационной эффективности.

2. Проведена экспериментальная апробация предложенной формулы проходимости. Установлено, что на характер изменения проходимости решающее влияние оказывает показатель эксплуатационной эффективности, изменение условного коэффициента сопротивления движению и свойства волока.

Литература

1. Анисимов Г.М., Жендаев С.Г., Жуков А.В. Лесные машины. – М.: Лесн. пром-сть, 1989. – 512 с.
2. Анисимов Г.М., Кочнев А.М. Основные направления повышения эксплуатационной эффективности трелевочных тракторов. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2007. – 456 с.
3. Беккер М.Г. Введение в теорию системы «Местность – машина». – М.: Машиностроение, 1973. – 520 с.
4. Платонов В.Ф., Чистов М.П., Аксенов А.Н. Оценка проходимости полноприводных автомобилей // Автомобильная промышленность. – 1980. – № 3. – С. 10–13.
5. Скотников В.А., Мащенко А.А., Солонский А.С. Основы теории и расчета трактора и автомобиля. – М.: Агропромиздат, 1986 – 384 с.
6. Смирнов Г.А. Теория движения колесных машин. – М.: Машиностроение, 1981. – 272 с.



УДК 630*371.7

В.В. Побединский, А.И. Попов, Д.А. Василевский

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ РОТОРНЫХ ОКОРОЧНЫХ СТАНКОВ

Предложены методика и аппаратура для экспериментальных исследований роторных окорочных станков, которые позволяют наиболее точно определить нагрузки на рабочие органы станков в реальных условиях окорки. Получены эмпирические зависимости нагрузок на механизм подачи и коросниматели различного типа от технологических параметров и характеристик лесоматериалов.

Ключевые слова: роторные окорочные станки, аппаратура эксперимента, нагрузки на рабочие органы, механизм подачи, коросниматель.

V.V. Pobedinskiy, A.I. Popov, A.D. Vasilevskiy

EXPERIMENTAL RESEARCH OF ROTARY DEBARKING MACHINES

The technique and equipment for experimental research of rotary debarking machines that allow to determine in the most accurate way the load on the machine working parts in the real debarking process are suggested. The empirical dependence of advance mechanism load and debarking tool different types on process parameters and timber characteristics is received.

Key words: rotary debarking machines, experiment equipment, load on the working parts, the advance mechanism, debarking tool.

Введение. Роторные окорочные станки (РОС) в процессе работы подвергаются значительным динамическим нагрузкам со стороны обрабатываемых лесоматериалов. Данные о таких нагрузках являются необходимыми для проектирования станков и окорочного инструмента. Однако получить экспериментальные значения нагрузок, в силу конструктивных особенностей окорочных станков и специфики процесса окорки, чрезвычайно сложно.

Из-за специфики процесса окорки, в первую очередь недоступности наиболее нагруженных и ответственных механизмов во вращающемся с высокой скоростью роторе, известные [1–3] методики и аппаратура экс-

периментальных исследований для РОС не отличаются разнообразием. Самым распространенным является метод так называемого «обращенного движения», появившийся в 60–70-х годах прошлого столетия. Прототипом экспериментальной установки послужил токарный станок. В этом случае зажатому в центрах образцу лесоматериала придается вращательное движение, а закреплённый на суппорте коросниматель поступательно перемещается вдоль лесоматериала. Для измерения нагрузок на короснимателе в окорочном устройстве используются тензодатчики, которые наклеиваются на инструмент. Недостатком такого метода является несоответствие моделируемого процесса реальным условиям обработки лесоматериалов на станках.

Попытка [3] получить нагрузки при реальном процессе окорки из вращающейся системы ротора заключалась в применении метода телеметрии, но использовался радиоканал, и при этом без модуляции сигнала, что сделало полученные результаты недостоверными, а метод и аппаратуру непригодными для исследований.

Российские станки унифицированной гаммы «ОК», созданные к 80-м годам, соответствовали по техническому совершенству мировому уровню, но уступали зарубежным моделям по показателям надежности, в основном по причине недостатка экспериментальных данных для проектирования. Переход на гидропривод, необходимость которого была обоснована еще в конце 80-х годов, вызовет переработку конструкции станка. При этом, например, оснащение валцов гидромоторами для индивидуального привода, как это принято во многих зарубежных моделях, может увеличить массу валцов и, следовательно, динамические нагрузки. Таким образом, дальнейшее развитие РОС предъявляет более высокие требования к их проектированию, но отсутствие достоверных экспериментальных данных является серьезным препятствием дальнейшему совершенствованию станков.

Проблему экспериментальных исследований РОС значительно осложняет специфическая сложность процесса обработки лесоматериала в станке. Так, при проходе ствола через станок можно выделить несколько фаз: подача околостаночным транспортером ствола в первую пару валцов, сопровождающуюся ударом торцевой части о валцы. После удара выполняется захват валцами, подача и вход бревна в ротор с комплектом инструментов. В момент встречи бревна с короснимателями также происходит удар и выход инструментов на поверхность лесоматериала. Затем следует окорка и снова удар торцевой части ствола о приемную пару валцов. Ценность для проектирования механизма подачи представляет информация о нагрузках в начальной фазе при ударе бревна и необходимой для захвата ствола силе подачи околостаночного транспортера.

В последующих фазах нужны данные о нагрузках на механизм подачи при ударе лесоматериала о коросниматели в момент входа в ротор и дальнейшей подаче. Если принять во внимание многообразие условий производства, технологических параметров и размерно-качественных характеристик лесоматериалов, а также несколько типов инструментов и типоразмеров станков гаммы, то проблема без использования новых экспериментальных методов и средств представляется неразрешимой. Совершенно понятно, что существующая установка для косвенного определения нагрузок в процессе «обращенного движения» не пригодна для этих целей, а других методов и специальной аппаратуры не существует.

Таким образом, появление, с одной стороны, потребности в данных о реальных нагрузках рабочих органов в производственных условиях, а с другой – необходимости совершенствования экспериментальных методов для исследований РОС и определило актуальность исследований такого плана.

В этой связи **целью исследований**, результаты которых приведены в настоящей статье, являлась разработка метода и аппаратуры для получения достоверных данных о нагрузках на рабочие органы роторного окорочного станка в реальных условиях процесса окорки и определение зависимости нагрузок от основных технологических факторов.

В соответствии с целью решались **следующие задачи**:

- разработка метода измерения нагрузок на рабочие органы (коросниматели и валцы механизма подачи) в процессе окорки лесоматериала;
- разработка оборудования для экспериментальных исследований нагрузок на рабочие органы;
- разработка методики проведения экспериментальных исследований нагрузок на механизмы в процессе окорки лесоматериала;
- выполнение многофакторного эксперимента по определению нагрузок на рабочие органы станка;
- анализ результатов и обработка данных для получения эмпирических зависимостей нагрузок;
- обобщение результатов эксперимента на все типоразмеры гаммы окорочных станков.

Методическую основу настоящих исследований составили теория эксперимента, теория окорки, теория математической статистики и планирования эксперимента.

Разработка метода измерения нагрузок на рабочие органы в процессе окорки лесоматериала. Идея предложенного метода заключалась в измерении нагрузок, возникающих при окорке, непосредственно

на лесоматериале. Достигается это путем установки в торцевой распил бревна муфты с силоизмерителем (рис. 1), обеспечивающей свободное перемещение экспериментального образца в осевом направлении. Строго говоря, в этом случае измеряется реакция конструкции (рабочего органа) от воздействия лесоматериала. Метод имеет следующие преимущества:

- обеспечивается измерение нагрузок от реального процесса окорки;
- возможность измерений нагрузок на всех рабочих органах станка (короснимателях и вальцах механизма подачи);
- наиболее точное измерение осевой нагрузки при реальных скоростных режимах;
- более простое исполнение конструкции устройства по сравнению с любыми другими из известных [1–3] методов.

Разработка оборудования для экспериментальных исследований. Для реализации предложенного метода исследований было разработано оборудование [4]. Принципиальная схема основного устройства в рабочем положении изображена на рисунке 1.

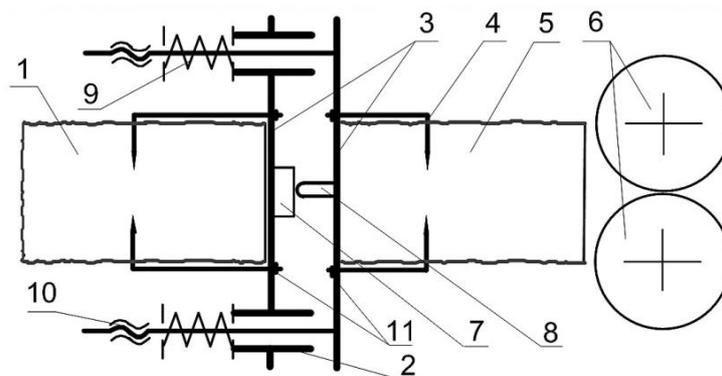


Рис. 1. Схема экспериментального устройства: 1 – бревно; 2 – направляющие втулки; 3 – фланцы муфты; 4 – крюки Г-образные; 5 – экспериментальный образец; 6 – рабочие органы (вальцы или коросниматели); 7 – силоизмеритель; 8 – упор; 9 – пружина; 10 – гайка оси втулки; 11 – гайка крюка

Устройство используется следующим образом. Один фланец 3 муфты закрепляется на основное бревно 1, а второй на экспериментальный образец 5.

Для закрепления используются Г-образные крюки 4, которые забиваются в ствол, а вторым концом с резьбой, при помощи гайки 11 крепятся через пазы к фланцам 3. Пазы позволяют центрировать фланцы на бревнах различной толщины. Силоизмеритель 7 с тензодатчиками устанавливается между фланцами 3. Гайками 10 на осях втулок 2 пружинами 9 обеспечивается предварительный прижим упора 8 к силоизмерителю 7 для исключения биения при работе. После установки предварительного прижима выполняется тарировка тензодатчиков силоизмерителя 7.

Важнейшим условием работы такого экспериментального оборудования является обработка бревна короснимателями или подача вальцами только на длину образца, не допуская контакта с муфтой. Чтобы исключить попадание муфты в инструменты и обеспечить мгновенную остановку механизма подачи с движущимся бревном, был использован метод динамического торможения электродвигателя привода подачи станка. Суть его заключается в переключении двух обмоток трехфазного двигателя на постоянное напряжение, подаваемое через выпрямительный мост. Для этого вносятся изменения в электрическую схему станка таким образом, чтобы кнопка «Стоп» двигателя подачи одновременно выполняла функции кнопки «Пуск» для системы торможения. Для этого дополнительно использовались нормально незамкнутые контакты этой кнопки пускателя.

При нажатии кнопки «Стоп» нормально незамкнутый контакт снимал с блокировки пускателя и отключалось переменное напряжение двигателя. Одновременно кнопка утапливалась до упора и замыкался нормально незамкнутый контакт. В результате подавалось постоянное напряжение через выпрямительный мост на обмотки двигателя. Таким образом обеспечивалась мгновенная остановка двигателя и полная безопасность проведения эксперимента.

Разработка методики проведения экспериментальных исследований нагрузок на механизмы в процессе окорки лесоматериала. Методика проведения экспериментальных исследований разрабатыва-

лась для наиболее рационального и корректного с точки зрения теории эксперимента, измерения параметров процесса окорки.

Учитывая деление процесса на различные фазы, были предусмотрены два режима измерений:

- нагрузки на механизм подачи в момент захвата бревна;

- нагрузки на механизм подачи при ударе бревна о коросниматели в момент захода в ротор и в процессе последующей окорки.

В первом случае бревно с подготовленным устройством позиционируется на подающем конвейере (рис. 2, а). После включения скорости подачи бревно двигается в станок, ударяется о вальцы и выполняется его захват. Нагрузки на вальцы в процессе захвата измеряются тензодатчиками и записываются на осциллографе.

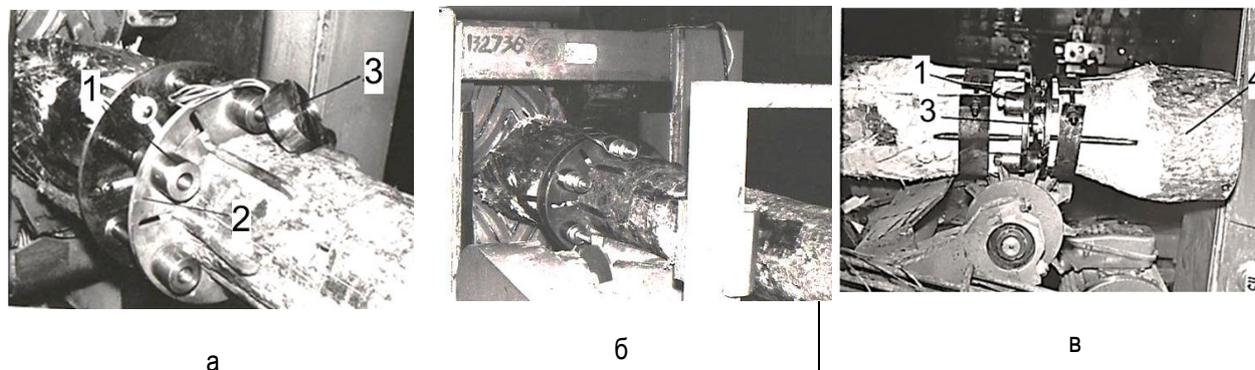


Рис. 2. Реализация эксперимента: а – монтаж устройства; б – измерение нагрузок при ударе о вальцы; в – устройство для измерения нагрузок на коросниматели; 1 – направляющая втулка; 2 – фланец муфты; 3 – силоизмеритель; 4 – экспериментальный образец

Во втором случае для удобства прохода бревна через вальцы принимается муфта диаметром меньше толщины бревна (рис. 2, в). В момент захода бревна в ротор происходит удар торцевой части о коросниматели, выход короснимателей на поверхность ствола и дальнейшая окорка лесоматериала. Весь процесс с тензодатчиков силоизмерителя записывается на осциллограф.

Выполнение эксперимента. Исследования по определению нагрузок на рабочие органы станка выполнялись в соответствии с планом многофакторного эксперимента и рассчитанного количества опытов в каждой серии по точкам плана эксперимента в зависимости от коэффициента вариации значений параметров. В качестве варьируемых параметров принимались скорость подачи V , толщина бревна D и усилие прижима рабочих органов – вальцов $P_{не}$ и короснимателей $P_{нк}$. Параметры принимались во всем диапазоне изменений, для скорости подачи – это от 0,2 до 1,0 м/с, толщина бревен изменялась от 12 до 40 см, усилие прижима рабочих органов от 200 до 1200 Н. Каждое измерение записывалось на осциллограмму.

Эксперименты выполнялись в два этапа. На первом этапе изучалось взаимодействие лесоматериала с механизмом подачи с целью определения нагрузок в процессе захвата бревна вальцами.

Для определения мощности привода вальцов и выполнения прочностных расчетов также необходимы данные о нагрузках на механизм подачи (МП). Поэтому задачей второго этапа было определение нагрузок на МП при взаимодействии подающего механизма лесоматериалов с короснимателями.

Анализ результатов и обработка данных. Результаты каждой серии опытов обрабатывались методами математической статистики и использовались в дальнейшем для расчета коэффициентов уравнений. После статистической обработки измерений были получены уравнения регрессии, описывающие процесс нагрузок при окорке.

В ходе исследований методом многофакторного эксперимента получены корреляционные уравнения связи силы подачи F транспортера, необходимой для захвата, и возникающих при этом динамических нагрузок P с технологическими параметрами процесса – диаметром бревна D , скорости подачи V и силой прижима вальцов $P_{не}$ к поверхности лесоматериала:

$$P = 1265,3 - 72,72D - 464,7P_{не} - 1573,5V + 29,1P_{не} D + 113,5DV + 395P_{не} V; \quad (1)$$

$$F = 178,79 - 6,31 D - 77,25 P_{не} + 15,3 D P_{не}. \quad (2)$$

В результате второго этапа эксперимента получены корреляционные уравнения связи динамических нагрузок $P_{\text{де}}$ при входе бревна в ротор с Г-образными, петлевыми короснимателями $P_{\text{он}}$ и силы сопротивления подаче при окорке соответственно Г-образными $P_{\text{ог}}$ и петлевыми $P_{\text{оп}}$ короснимателями:

$$P_{\text{де}} = 9210,9 - 321Д - 4094P_{\text{нк}} - 8659V + 232,34ДP_{\text{нк}} + 311ДV + 6837P_{\text{нк}}V; \quad (3)$$

$$P_{\text{он}} = 7508,1 - 239,32Д - 2625,5 P_{\text{нк}} - 6194,29 V + 180,38ДP_{\text{нк}} + 231,1 Д V + 5493,75 V; \quad (4)$$

$$P_{\text{ог}} = 206,32 - 3,73Д + 459,28 P_{\text{нк}} - 213,3V + 23,39ДP_{\text{нк}} + 5,775 Д V + 585,125 P_{\text{нк}}V \quad (5)$$

$$P_{\text{оп}} = 174,3 + 7,42Д + 488,88P_{\text{нк}} - 272,96V + 16,6 Д V + 23,36ДP_{\text{нк}} + 629,25P_{\text{нк}}V, \quad (6)$$

где $P_{\text{нк}}$ – сила прижима короснимателей к поверхности лесоматериала, Н.

Результаты расчетов по уравнениям (1)–(6) приведены в таблице.

Обобщение результатов эксперимента на все типоразмеры гаммы окорочных станков. Унифицированная гамма окорочных станков насчитывает пять типоразмеров, поэтому целесообразно обосновать использование полученных для типоразмера ОК40 данных на другие модели. В данном случае использовать результаты для всех типоразмеров станков можно двумя способами. Первый – это экстраполяция по предложенным зависимостям и второй способ – с помощью переходных формул, предложенных проф. М.Н. Симоновым [5]. Результаты по этим методам дают близкие значения и могут в равной степени применяться при проектировании станков. Результаты расчетов параметров для станков унифицированной гаммы приведены в таблице.

Обоснованные значения экспериментальных данных, предложенные корреляционные уравнения, компьютерные программы были использованы при проектировании конструкторским отделом Петрозаводского станкостроительного завода опытного образца модели станка ОК63-1-3 с индивидуальным гидроприводом механизма подачи.

Результаты расчетов параметров для станков унифицированной гаммы

Наименование параметра	Типоразмер станка				
	ОК25	ОК40	ОК63	ОК63	ОК100
Динамические нагрузки при ударе бревна о вальцы, кН	1,7	4,6	7,3	10,7	8,4
Сила подачи, необходимая для захвата бревна, кН	0,8	1,6	1,9	2,3	2,5
Коэффициент динамичности процесса захвата бревна	2,1	2,9	3,8	4,65	3,36
Динамические нагрузки при входе бревна в ротор с Г-образными короснимателями, кН	9,5	18,0	29,6	39,8	33,1
Сила сопротивления подаче при окорке Г-образными короснимателями, кН	1,7	2,84	4,18	5,1	5,16
Коэффициент динамичности процесса окорки Г-образными короснимателями, кН	5,5	6,33	7,0	7,8	6,41
Динамические нагрузки при входе бревна в ротор с петлевыми короснимателями, кН	9,11	15,9	25,15	33,0	27,8
Сила сопротивления подаче при окорке петлевыми короснимателями, кН	1,9	3,2	4,72	5,9	5,6
Коэффициент динамичности процесса окорки петлевыми короснимателями, кН	4,8	4,96	5,4	5,5	4,96

Выводы

1. Для получения более точных данных о нагрузках в роторных окорочных станках следует применять методы прямого измерения величин. Для исследований процесса окорки это может быть предлагаемое уст-

ройство, позволяющее измерять нагрузки непосредственно на обрабатываемом лесоматериале в реальных условиях процесса окорки.

2. Полученные уравнения регрессии (1)–(6), описывающие процесс нагрузок, позволяют рассчитывать нагрузки в станке, возникающие в реальных условиях окорки, и использовать их для проектирования конструкций станков.

3. Результаты позволили обосновать исходные данные (см. табл.) для проектирования окорочных станков всех типоразмеров унифицированной гаммы «ОК».

Литература

1. Патент РФ № 2013101371/28(001901). Стенд для исследований процесса окорки / И.В. Григорьев, А.М. Газизов, А.В. Теплов. – № 76597. – Заявл. 15.02.2008. опублик. 27.09.2008; Бюл. – № 27.
2. Добрачев А.А. Исследование работы и выбор параметров короснимателей роторных окорочных станков: дис. ... канд. техн. наук: 05.21.01. – Свердловск: Изд-во УЛТИ, 1974. – 188 с.
3. Пигильдин Н.Ф. Окорка лесоматериалов. – М.: Лесн. пром-сть, 1982. –192 с.
4. Патент РФ № 2013101480/28(001915), 10.01.2013. Устройство для измерения нагрузок в роторных окорочных станках / В.В. Побединский, Д.А. Василевский, А.И. Попов [и др.]. – № МПК G01L 1/16. – Заявл. 01.2006; опублик. 04.03.2013.
5. Симонов М.Н. Теоретические основы механической окорки лесоматериалов и оптимизация параметров гаммы роторных окорочных станков: дис. ...д-ра техн. наук: 05.21.01. – М.: Изд-во МЛТИ, 1980. – 389 с.



УДК 629.114.2

Н.И. Селиванов

УПРАВЛЕНИЕ РЕЖИМОМ РАБОЧЕГО ХОДА ТРАКТОРА НА ОБРАБОТКЕ ПОЧВЫ

Обоснована структура управления взаимосвязанными параметрами – адаптерами режима рабочего хода трактора в составе почвообрабатывающего агрегата.

Ключевые слова: режим рабочего хода, структурная схема, управление, адаптируемый параметр, трактор, агрегат.

N.I. Selivanov

CONTROL OF THE TRACTOR WORKING STROKE MODE WHILE PROCESSING SOIL

The control structure of the interconnected parameters – adapters of tractor working stroke mode as a part of the soil-cultivating unit is substantiated.

Key words: working stroke mode, block diagram, control, adaptable parameter, tractor, unit.

Введение. Многообразие воздействующих случайных факторов при выполнении рабочего хода почвообрабатывающего агрегата приводит к изменению момента сопротивления на коленчатом валу двигателя. Колебания вызывают снижение среднего значения угловой скорости коленчатого вала и недоиспользование мощности двигателя. Это сопровождается снижением рабочей скорости и производительности, увеличением удельного (на единицу работы) расхода топлива, ухудшением качества выполнения технологического процесса. Для снижения отрицательного воздействия колебаний внешней нагрузки необходимо управлять режимом рабочего хода агрегата.

Цель работы. Обоснование структуры управления параметрами-адаптерами режима рабочего хода трактора на обработке почвы.

Для достижения поставленной цели предусматривалось решение следующих **задач:**

- 1) дать оценку эффективности замкнутых систем управления работой трактора;