

УДК 630\*848.7: 621.798.4

***П. Ф. Войтко***

Войтко Петр Филиппович родился в 1945 г., окончил в 1968 г. Марийский политехнический институт, кандидат технических наук, профессор кафедры транспорта леса Марийского государственного технического университета, заслуженный деятель науки Республики Марий Эл. Имеет 86 печатных работ в области водного транспорта леса и лесоперевалочных процессов.



**МЕТОДИКА И РЕЗУЛЬТАТЫ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ИСПЫТАНИЙ ПЕРЕДВИЖНЫХ И ПЕРЕНОСНЫХ ТОРЦЕВЫРАВНИВАТЕЛЕЙ НА РЕЙДАХ ПРИПЛАВА ЛЕСОПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ**

Составлена методика и получены экспериментальные результаты производственных испытаний передвижных ТПК-10, ЛВ-169 и переносных К-127, К-142, К-153 торцевывравнивателей на предприятиях с рейдами приплава.

*Ключевые слова:* методика экспериментальных исследований, производственные испытания передвижных и переносных торцевывравнивателей, предприятия с рейдами приплава.

Цель наших экспериментальных исследований – проведение производственных испытаний торцевывравнивающих устройств, обеспечивающих качественное формирование пачек круглых лесоматериалов на лесопромышленных предприятиях для последующей их погрузки на транспортные средства.

Объектами производственных испытаний служили изготовленные на ЭПЗ ВКНИИВОЛТ экспериментальные образцы торцевывравнивателей: передвижных ТПК-10, ЛВ-169 к башенным кранам КБ-572, КБ-578; гравитационных с поворотными щитами К-127, К-142, К-153 для формирования пачек круглых лесоматериалов в технологических процессах лесоперевалочных и лесоскладских работ предприятий лесного комплекса.

Предметом исследований являются: усилия торцевания пачек круглых лесоматериалов передвижными и гравитационными торцевывравнивателями; основные параметры торцевывравнивающих устройств, адаптированных к производственным условиям лесопромышленных предприятий.

Разработаны программа и методика экспериментальных исследований торцевывравнивающих устройств к башенным и порталным кранам в заводских и производственных условиях (табл. 1).

Таблица 1

**Методика экспериментальных исследований**

Этапы исследований	Содержание работы и метод исследований
1. Подготовка экспериментальных исследований	1.1.1. Определение усилий торцевания пачек и пакетов круглых лесоматериалов передвижными и гравитационными торцевывравнителями тензометрическим методом
1.1. Выявление цели и постановка задачи	1.1.2. Установление дополнительных нагрузок на башенный кран от действия передвижного торцевывравнителя тензометрическим методом
	1.1.3. Измерение мощности механизма привода торцевывравнителя электрическим методом
	1.1.4. Установление геометрических параметров и структуры пучков, пакетов, пачек круглых лесоматериалов фотографическим методом
	1.1.5. Уточнение основных параметров торцевывравняющих устройств методом сравнения
1.2. Выбор поверхности отклика	1.2.1. Теоретический анализ процесса торцевания круглых лесоматериалов методом математического моделирования
	1.2.2. Постановка эксперимента с применением метода экспертных оценок
	1.2.3. Литературный и патентный поиск
1.3. Определение варьируемых независимых факторов	1.3.1. Постановка отсеивающих экспериментов классическим методом
1.4. Выбор уровней варьируемых факторов	1.4.1. Определение количественных и качественных факторов
	1.4.2. Определение фиксированных и случайных факторов
1.5. Планирование эксперимента	1.5.1. Составление плана эксперимента методом исследования существенных факторов
	1.5.2. Установление порядка постановки опытов с помощью таблицы случайных чисел

*Продолжение табл. 1*

Этапы исследований	Содержание работы и метод исследований
2. Проведение экспериментальных исследований	2.1. Разработка программы и методики производственных исследований передвижных торцевывравнителей
	2.2. Конструирование и изготовление измерительных приборов и аппаратуры для экспериментальных исследований системы машин КБ-572 и ТПК-10, ЛВ-169
	2.3. Проведение производственных испытаний передвижных торцевывравнителей ТПК-10, ЛВ-169 на Кировской ЛПБ
	2.4. Разработка программы и методики экспериментальных исследований гравитационных торцевывравнителей К-127, К-142, К-153
	2.5. Конструирование и изготовление измерительных приборов и аппаратуры для экспериментальных исследований гравитационных торцевывравнителей
	2.6. Проведение экспериментальных исследований гравитационных торцевывравнителей на монтажной площадке ЭПЗ ВКНИИВОЛТ

	2.7. Проведение производственных испытаний гравитационного торцевывравнивателя К-127 на Болтинской ЛПБ
	2.8. Проведение производственных испытаний торцевывравнивателей К-142 на Болтинской и Лимендской ЛПБ
	2.9. Проведение производственных испытаний торцевывравнивателей К-153 на Човской и Жешартской ЛПБ, в Сыктывдинском ЛПХ
3. Обработка и анализ полученных результатов	
3.1. Обработка осциллограмм тензометрирования	3.1.1. Расшифровка осциллограмм тензометрирования с помощью преобразователя диаграмм типа Ф001 методом ПИК без учета собственных колебаний измерительных приборов
3.2. Обработка фотографий торцов пакетов и пачек круглых лесоматериалов	3.2.1. Установление количества: сортиментов в пачке, выступающих круглых лесоматериалов в торцах методом пересчета 3.2.2. Определение площади торцов пакета круглых лесоматериалов с помощью полярного планиметра
3.3. Обработка опытных данных с использованием ПВМ по стандартным программам	3.3.1. Отбрасывание грубых измерений 3.3.2. Вычисление главных статистических гипотез и их проверка 3.3.3. Дисперсионный анализ 3.3.4. Корреляционный анализ 3.3.5. Регрессионный анализ
3.4. Анализ обработанных результатов	3.4.1. Составление сводной таблицы обработанных результатов и построение графоаналитических зависимостей 3.4.2. Сравнение данных теоретических и экспериментальных исследований

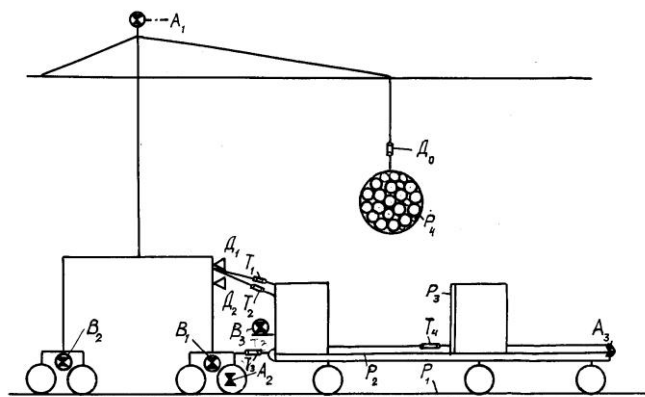


Рис. 1. Схема расположения измерительных приборов при тензометрических испытаниях торцевателя ТПК-10 и крана КБ-572

Торцевывравниватели испытывали в заводских условиях на промышленной площадке ЭПЗ ВКНИИВОЛТ [1], где расположены: консольно-

козловой кран ККС-10; различные пачки круглых лесоматериалов по породам, длинам, диаметрам, сбежистости, закомелистости, высоте сучьев; необходимые измерительные приборы и регистрирующая аппаратура. В результате заводских испытаний уточняли основные параметры тоцевыравнивающих устройств. Тензометрические исследования показали, что усилия торцевания пачек круглых лесоматериалов были выше расчетных, что потребовало доработки ряда узлов, а следовательно, дополнительных исследований модернизированных конструкций торцевыравнивателей в производственных условиях.

Производственные испытания передвижных торцевыравнивателей ТПК-10 и ЛВ-169 (рис. 1) проводили на Кировской лесоперевалочной базе [4, 5], при совместной работе с башенными кранами КБ-572А, КБ-572Б (табл. 2) на погрузке круглых лесоматериалов в вагоны МПС по схемам: автомобиль – вагон или штабель – вагон. В процессе экспериментальных исследований торцевыравнивающие устройства подвергали статическим и динамическим испытаниям в рабочем состоянии. Статические испытания производили для следующих операций: 1) учет влияния собственного веса торцевыравнивателя на лесопогрузчик; 2) погрузка лесоматериалов в торцевыравниватель; 3) подъем груза из торцевыравнивателя; 4) опускание груза на край торцевыравнивателя; 5) удар груза о торцеватель; 6) торцевание пачек круглых лесоматериалов различных параметров. Номинальная масса груза 10 т, скорость подъема – 20 м/мин, поворота – 0,6 об/мин.

Динамические испытания торцевыравнивателей в рабочем состоянии проводили при следующих положениях стрелы крана КБ-572: 1) перпендикулярно подкрановым путям, когда груз на крюке крана расположен в сторону рельса, на котором смонтирован торцевыравниватель; 2) парал-

Таблица 2

**Измерительные приборы, применяемые при испытаниях торцевыравнивателя ТПК-10 и крана КБ-572**

Прибор	Тип	Обозначение на рис. 1	Назначение
Тензорезистор	2ПКТП-20-200ГВ	$D_1$ $D_2$	Измерение напряжений в портале крана
Тензотяга	2ПКТП-20-200ГВ	$T_1$ $T_2$ $T_3$ $T_4$	Измерение усилий в талрепах крепления торцевыравнивателя ТПК-10 к лесопогрузчику КБ-572 Измерение усилий торцевания
Динамометр	ДР-8 ДПЧ-5	$D_0$ $D_0$	Измерение статических нагрузок на крюк крана
Ваттметр	Н-348 Н-348 Н-348	$B_1$ $B_2$ $B_3$	Измерение мощностей электродвигателей механизма передвижения крана Измерение мощностей электродвигателя механизма торцевания

Рейка	Металлическая лента	$P_1$	Измерение перемещений крана
		$P_2$	Измерение перемещений люльки торцевателя
	Высотомерная линейка	$P_3$	Измерение перемещений груза в торцевателе
		$P_4$	Измерение геометрических параметров круглых лесоматериалов
Анемометр	М-95	$A_1$	Измерение скорости ветра
Секундомер		$A_2$	Измерение скорости движения крана и подвижной люльки ТПК-10
		$A_3$	

лельно оси подкранового пути, груз расположен со стороны торцевывравнителя. Масса груза в торцевывравнителе превышала его номинальную грузоподъемность на 25 % и составляла 12,5 т; на крюке башенного крана груз массой 10 т на максимальном вылете стрелы. Проводили также испытания при аварийных ситуациях на случай схода торцевывравнителя с рельса.

Анализ результатов тензометрических испытаний [2] системы машин КБ-572 и торцевывравнителей ТПК-10, ЛВ-169 показал:

– нагрузки на кран от торцевывравнителя при статических и динамических испытаниях составляют 80 % от расчетных [4] и достигают максимума при опускании груза на удаленный край торцевывравнителя;

– нагрузка ведущей и ведомой пар электродвигателей механизма передвижения крана КБ-572 совместно с торцевывравнителем максимальна при аварийной ситуации наезда торцевывравнителя на башмак и равна соответственно 7,89 и 7,81 кВт, что превышает номинальную мощность на 11,5 и 11,0 %;

– фактические усилия торцевания передвижными торцевывравнителями различных пачек круглых лесоматериалов подтвердили теоретические зависимости [4] с максимальным отклонением 5,14 %, а фактическое усилие торцевывравнивания 121,18 кН не превышало расчетного 150 кН, принятого при проектировании торцевывравнителей;

– максимальная мощность электродвигателя привода ТПК-10 достигала 29,2 кВт при торцевании сортиментной пачки весом 98 кН, что ниже расчетной 40 кВт;

– положительный результат экспериментальных исследований на Кировской ЛПБ послужил основанием для согласования с ВНИИстройдоршамом и Госгортехнадзором совместной эксплуатации лесопогрузчика КБ-572 и передвижных торцевывравнителей ТПК-10 или ЛВ-169.

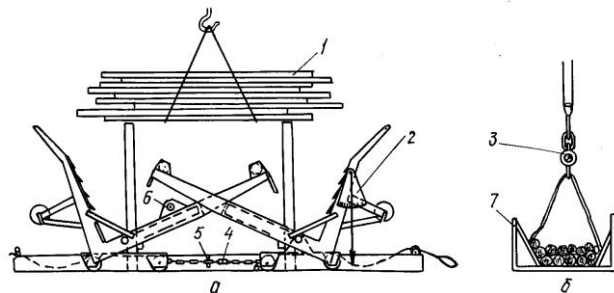
Производственные испытания переносных гравитационных торцевывравнителей К-127, К-142, К-153 проводили на лесопромышленных предприятиях с рейдами приплава ЛПО «Архангельсклеспром» и «Комилеспром». На Болтинской ЛПБ выполняли испытания К-127, К-142 на участке выгрузки пучков листовых балансов из р. Малая Сев. Двина и погрузки их на автомобили для перевозки на Котласский ЦБК. Торцевывравнители устанавливали на подкрановых путях башенных кранов БКСМ-4ПМ и КБ-572 рядом с приемными эстакадами выгрузочных устройств К-125.

На Лимендской ЛПБ торцевывравниватель К-142 находился в составе поточной линии ЦЛР-160 для погрузки экспортных березовых балансов консольно-козловым краном ККС-10 или железнодорожным краном в полувагоны МПС по технологическим схемам: накопитель – вагон, штабель – вагон, вода – вагон.

Торцевывравниватели К-153 испытывали на предприятиях: Човской ЛПБ для перегрузки круглых лесоматериалов краном КБ-572А с автомобильного на железнодорожный транспорт по вариантам автомобиль – вагон, штабель – вагон, накопитель – вагон; Жешартской ЛПБ для перегрузки древесины кранами Ганц и КБ-572 с водного на железнодорожный транспорт по вариантам: плот – вагон, штабель – вагон; Сыктывдинском ЛПХ для погрузки круглых лесоматериалов консольно-козловым краном ККС-10 на железнодорожный или автомобильный транспорт по вариантам: накопитель – вагон, штабель – вагон, накопитель – автомобиль, штабель – автомобиль.

В процессе приемо-сдаточных испытаний гравитационные торцевывравниватели подвергали статическим и динамическим испытаниям в рабочем состоянии. Объем наработки гравитационного торцевывравнивателя в производственных условиях составлял не менее 5400 м<sup>3</sup>. При статических и динамических испытаниях (рис. 2) измеряли следующие параметры гравитационного торцевывравнивателя: конструктивную массу  $m$ ; удельную массу  $K_{у.м}$ ; угол наклона горизонтальной части Г-образных щитов в исходном положении  $\alpha_1$ ; минимальное усилие торцевывравнивающих щитов  $F_{\min}$ , действующее на рычагах торцевывравнивателя; усилие торцевания, развиваемое щитом  $F_{\text{тор}}$ ; наименьшую  $L_{\min}$  и наибольшую  $L_{\max}$  длину формируемых пачек бревен; работоспособность трособлочной системы по перестановке щитов на требуемую длину пачек бревен; наибольший объем пачки бревен  $W_{\max}$ , размещаемой в формирующем устройстве торцевывравнивателя; раз-

Рис. 2. Схема расположения измерительных приборов на торцевывравнивателе К-142: а – вид сбоку; б – вид с торца; 1 – пачка бревен; 2 – угломер из оргстекла; 3, 4 – динамометры; 5 – промежуточная опора; 6 – угломер УУБ-1; 7 – накопитель



брос торцов круглых лесоматериалов в пачке  $\pm \Delta L$ ; влияние горизонтальных ребер на качество торцевания пачек бревен.

Производственные испытания позволили уточнить основные параметры переносных торцевывравнивающих устройств К-127, К-142, К-153 (табл. 3). Экспериментальные исследования гравитационных торцевывравнивателей подтвердили повышение качества торцевания пачек круглых лесоматериалов поворотными щитами, оснащенными горизонтальными

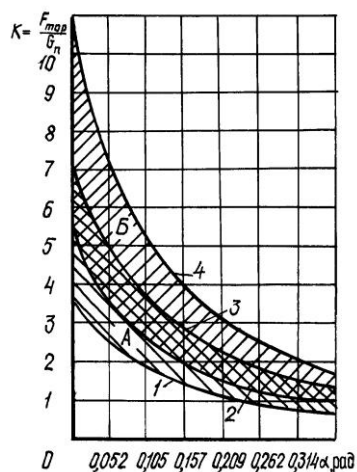
Таблица 3

#### Основные параметры гравитационных торцевывравнивателей

## с поворотными щитами

Параметр	К-127	К-142	К-153
Тип торцевывравнивателя	Гравитационный, переносной		
Тип крана	БКСМ-14ПМ	ККС-10	ККС-10
Установка щитов на требуемую длину бревен	Краном		
Длина выравниваемых пачек бревен, м	4 ... 6		
Наибольший объем пачки, м <sup>3</sup>	12	14	12
Разброс торцов бревен в пачке, м	±0,7	±0,7	±0,7
Угол наклона рычагов в исходном положении, рад	0,4014	0,4014	0,4014
Минимальное усилие на рычагах, кН	1,57	1,86	1,90
Усилие торцевания щита, кН	111,7	296,7	264,9
Масса конструктивная, кг	5500	6500	7000
Удельная масса, кг/м <sup>3</sup>	458,3	465,0	465,0
Геометрические размеры, м:			
длина	9,00	8,50	8,00
ширина	3,116	3,13	3,80
высота	3,20	3,45	3,90
Конструкция горизонтальной части Г-образного щита	Нераздвижная	Телескопическая	
Угол наклона ребер к поверхности щита, рад	0,07	0,014	0,105
Высота выступа ребра, мм	40	45	35
Удельная трудоемкость изготовления, ч/м <sup>3</sup>	115	127	130
Время цикла, с	59	48	48
Расчетная производительность, м <sup>3</sup> /ч	36	72	72
Ориентировочная стоимость, тыс. р.	226	269	288
Срок службы до первого капитального ремонта, лет	5	5	5

Рис. 3. График зависимости относительного усилия торцевания, развиваемого поворотным щитом без ребер ( $K$ ), от угла поворота щита ( $\alpha$ ):  $A$ ,  $B$  – зоны усилия торцевания, развиваемые поворотным щитом, соответственно со смещенной осью поворота и осью поворота, размещенной на одной линии с рабочей поверхностью щита;  $1 - a = 0$ ;  $2 - a_1 = 0$ ;  $3 - a = g$ ;  $4 - a_1 = g$ ;



ребрами, а также закономерности изменения усилия торцевания от значимых факторов (рис. 3). Расхождение результатов теоретических [3, 4] и экспериментальных исследований не превышало 8 ... 10 % (рис. 4).

Благодаря оснащению внутренней рабочей поверхности вертикальной части Г-образных щитов гравитационного торцевывравнивателя горизонтальными и вертикальными ребрами улучшился процесс торцевания, уменьшилось костврение круглых лесоматериалов в торцевывравнивателе, возросло усилие торцевания щита на 30 % [6].

Разработаны улучшения конструктивных параметров торцевывравнивателей с тами. Необходимо, ружция горизонтальной

образного щита была телескопической; 2) ось поворота щита находилась на одной линии с вертикальной частью Г-образного щита; 3) соблюдалось постоянство расстояния между грузовыми балками; 4) угол наклона горизонтальных ребер к поверхности щита составлял 0,0524 ... 0,1047 рад, а высота выступа ребра – 30 ... 40 мм; 5) высота размещения ребер от верха щита не превышала 1/3 высоты, занимаемой пачкой; 6) пачка бревен опускалась в торцевывравниватель с ускорением, равным ускорению свободного падения; 7) разброс торцов бревен в пачке не превышал  $\pm 0,7$  м; 8) фактический коэффициент выравнивания пачек бревен был не более 0,482.

Внедрены в производство лесопромышленных предприятий с рейдами приплава переносные гравитационные торцевывравниватели с поворотными щитами: на Болтинской ЛПБ – два К-127 и К-142; на Лимендской ЛПБ – К-142; три модернизированных К-153 на Човской и Жешартской ЛПБ, в Сыктывдинском ЛПХ.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Борисов М.В. Торцеватель ЛВ-169 / В.В. Борисов, В.В. Мишин // Лесоэксплуатация и лесосплав: науч.-техн. реф. сб. / ВНИПИЭИлеспром. – 1981. – № 5. – С. 8.
2. Войтко П.Ф. Расчет нагрузки на башенный кран от действия передвижного торцевывравнивателя / П.Ф. Войтко // Лесн. журн.– 2002. – № 4. – С. 77–83. – (Изв. высш. учеб. заведений).
3. Войтко П.Ф. Математические модели формирования лесных грузов гравитационными торцевывравнивателями / П.Ф. Войтко // Лесн. журн. – 2003. – № 4. – С. 56–65. – (Изв. высш. учеб. заведений).
4. Войтко П.Ф. Формирование лесных грузов на предприятиях с рейдами приплава / П.Ф. Войтко. – Йошкар-Ола: МарГТУ, 2003. – 495с. – Деп. в ВИНТИ 24.07.03; №1458-В2003.

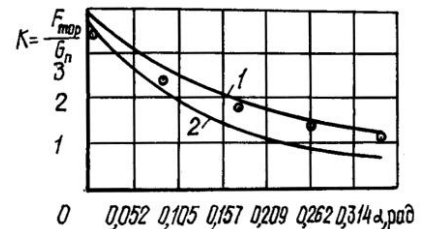


Рис. 4. График зависимости расчетного и фактического относительного усилия торцевания ( $K$ ), развиваемого поворотным щитом, снабженным ребрами (1) и без них (2), от угла поворота щита ( $\alpha$ )

рекомендации по тивных и техно- гравитационных поворотных щит- чтобы: 1) конст- части Г-



5. *Мишин В.В.* Экспериментальное определение нагрузок, передаваемых торцевателем ТПК-10 на кран КБ-572 / В.В. Мишин, П.Ф. Войтко // Сб. тр. / ЦНИИ-лесосплава. – М.: Лесн. пром-сть, 1980. – Вып. 37. – С. 59–61.

6. *Фадеев А.С.* Обоснование параметров гравитационного торцевывравнивателя с поворотными щитами для формирования пачек круглых лесоматериалов: дис. ... канд. техн. наук / А.С. Фадеев. – Йошкар-Ола: МарГТУ, 1999. – 249 с.

Марийский государственный  
технический университет

Поступила 09.08.04

*P.F. Vojtko*

### **Technique and Results of Production Testing of Mobile and Portable Butt Edgers in Log Receiving Ports of Forest-industrial Enterprises**

Technique is developed and experimental results are received for production testing of mobile ТПК-10, ЛВ-169 and portable butt edgers К-127, К-142, К-153 at the enterprises with log receiving ports.

