

CNIMJe]. Works of TSNIIME, 1968, no. 88, pp. 52-64. (In Russian).

4. Rodionov V.I., Scobey M.M. Static analysis of towing ropes holding balloon-skidding installation (ATUP) [Rodionov V.I., Scobey M.M. Sticheskiy raschet tjagovo-uderzhivajushhih kanatov ajerostatno-trelevochnoj ustanovki (ATUP). *Trudy CNIMJe*]. Works of TSNIIME, 1966, no. 75, pp. 113-126. (In Russian).

5. Sukhinin V.N. Determination of some parameters of balloon logging settings [Sukhinin V.N. Opredelenie nekotoryh parametrov ajerostatnoj trelevochnoj ustanovki]. *Trudy Krasnodarskogo politehnicheskogo instituta – Works of Krasnodar Polytechnic Institute*, 1970, no. 22, pp. 85-95. (In Russian).

6. Sukhinin V.N., Scobey V.V. Determination of the main parameters of towing holding ropes of balloon-skidding setting [Sukhinin V.N., Scobey V.V. Opredelenie osnovnyh parametrov tjagovoderzhivajushhih kanatov ajerostatno-trelevochnoj ustanovki]. *Lesnoj zhurnal – Forest Journal*, 1970, no. 5, pp.40-44. (In Russian).

Сведения об авторах

Абузов Александр Викторович – доцент кафедры технологии заготовки и переработки древесных материалов, «Тихоокеанский государственный университет», кандидат технических наук, г. Хабаровск, Российская Федерация; e-mail: ac-systems@mail.ru.

Information about authors

Abuzov Aleksandr Viktorovich – Associate Professor of the Department Technology Harvesting and Processing Wood Materials of «Pacific State University», PhD in Engineering, Khabarovsk, Russian Federation; e-mail: ac-systems@mail.ru.

DOI: 10.12737/6280

УДК 621.933.2

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЛИЯНИЯ УПЛОТНИТЕЛЬНОЙ КАНАВКИ НА ГРУЗОПОДЪЁМНОСТЬ АЭРОСТАТИЧЕСКИХ ОПОР

кандидат технических наук **М. В. Дербин**¹

кандидат технических наук, доцент **В. М. Дербин**¹

1 – «Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова»,
г. Архангельск, Российская Федерация

Приведены ссылки на теоретические исследования аэростатических опор и методику их расчета для выбора параметров аэростатической направляющей. Представлена схема аэростатической опоры с заданными параметрами, которыми являются ширина и длина. Секция опоры включает замкнутую прямоугольную микроканавку, на серединах продольных сторон которой выполнены отверстия поддува. На схеме аэростатической опоры показаны профили распределительной и уплотнительной канавок, которые использовались при экспериментальных исследованиях. При

экспериментальных исследованиях для оценки влияния уплотнительных канавок на грузоподъемность аэростатических опор была взята аэростатическая опора с заданными параметрами. Показана методическая сетка опытов для исследования влияния параметров уплотнительной канавки на грузоподъемность. При исследовании все факторы были разбиты на постоянные и переменные, а так же определены оценочные показатели и дано обоснование их выбора. Приведены полученные результаты экспериментальных исследований высоты подъема плиты на аэростатических опорах с уплотнительными канавками. По результатам исследований сформулирован вывод: при одинаковых условиях наибольшая высота подъема плиты достигается для аэростатической опоры с каплевидным профилем, что соответствует наибольшей подъемной силе аэростатической опоры.

Ключевые слова: газовая смазка, аэростатические опоры, уплотнительная канавка, грузоподъемность.

THE RESULTS OF STUDIES OF THE EFFECT OF THE SEALING GROOVE ON THE LOAD CAPACITY OF AEROSTATIC SUPPORTS

PhD in Engineering **M. V. Derbin**¹

PhD in Engineering, Associate Professor **V. M. Derbin**¹

1 – «Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov», Arkhangelsk, Russian Federation

Abstract

There are links to the theoretical study of aerostatic supports and methodology of their calculation for selecting parameters of aerostatic guide. A scheme of aerostatic support with the given parameters is presented, which are the width and length. Section of support includes rectangular closed microgrooves, at the midpoints of the longitudinal sides of which there are blowing holes. Aerostatic support scheme shows the profiles of the distribution and sealing grooves that have been used in experimental studies. In the experimental study to evaluate the effect of sealing grooves on the aerostatic supports load capacity aerostatic bearing with the specified parameters was taken. Methodical grid of experiments to study the influence of parameters of the sealing groove on the load capacity is shown. In the study all the factors were divided into fixed and variable, and performance indicators were defined and their selection was provided. Obtained results of experimental studies of the plate lift on aerostatic supports with sealing grooves are given. According to the research, a conclusion is made: under the same conditions the maximum lifting height is reached for aerostatic support with a teardrop, which corresponds to the highest lifting force of aerostatic support.

Keywords: gas lubrication, aerostatic supports, sealing groove, load capacity.

Теоретические исследования аэростатических опор нашли свое отражение в научно-исследовательских разработках [1, 2, 3, 4]. В работе [4] приведена методика расчета аэростатических опор и использование её

для выбора конструкций и параметров аэростатической отжимной направляющей и аэростатической направляющей линейки. При расчёте использован численный метод, разработанный в ЭНИМСе [5].

При экспериментальных исследованиях определялось влияние применения уплотнительной канавки на грузоподъёмность аэростатической опоры. Схема рабочей поверхности аэростатической опоры с уплотнительной канавкой приведена на рис. 1.

Влияние уплотнительной канавки на грузоподъёмность аэростатической опоры можно оценить измерением расхода воздуха W_H и зазора h между опорой и подъёмной площадкой. На эти показатели оказывает влияние значительное количество факторов. Исследовать влияние всех факторов трудоёмко и нецелесообразно, поэтому часть факторов была принята постоянными

Постоянные факторы:

– угол профиля распределительной

микроканавки – $\varphi = 60^\circ$;

– число отверстий поддува – $z = 2$;

– диаметр отверстий поддува – $d = 0,6$ мм;

– избыточное давление подводимого сжатого воздуха – $p_u = 0,4$ МПа;

– вес груза – $Q = 427$ Н;

– размер уплотнительной канавки: $b_l \times l_l = 60 \times 110$ мм;

Переменные факторы:

– глубина распределительной канавки t , мм;

– глубина уплотнительной канавки t_1 , мм;

– размеры распределительной канавки $b \times l$: 60×110 мм, 40×90 мм, 30×80 мм;

– наличие и отсутствие уплотни-

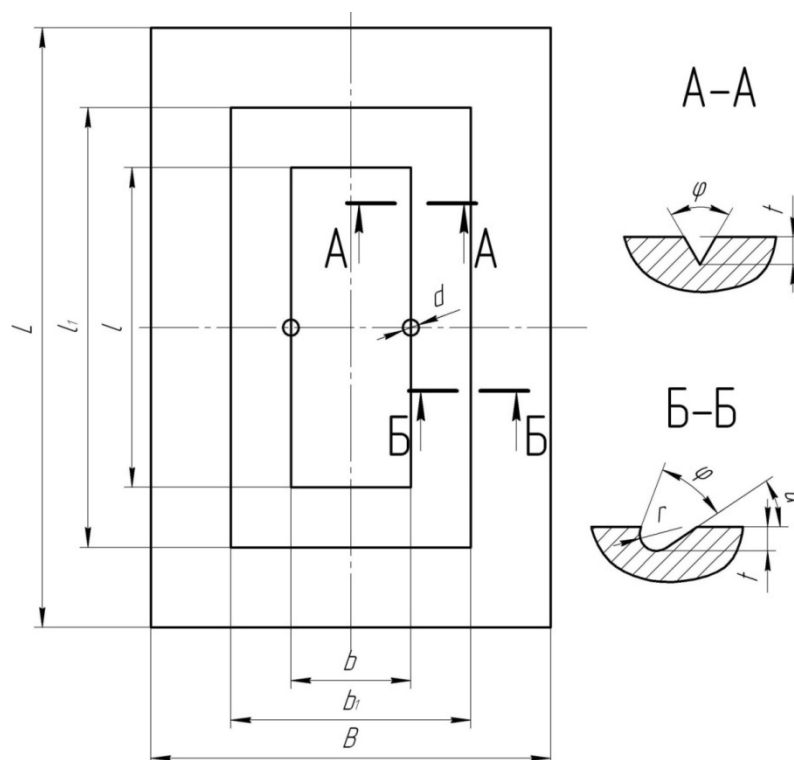


Рис. 1. Схема рабочей поверхности аэростатической опоры с уплотнительной канавкой (на виде А-А показан профиль распределительной канавки; на виде Б-Б – профиль уплотнительной канавки)

тельной канавки;

– размер аэростатической опоры $B \times L = 100 \times 150$ мм и $B \times L = 80 \times 130$ мм.

Оценочные показатели:

– Зазор между плоскостью загруженной подъемной площадкой и аэростатической опорой является одним из основных показателей, характеризующих эффективность работы аэростатической опоры. С увеличением зазора между подвижными элементом и аэростатической опорой уменьшается трение и сила, необходимая для перемещения подвижного элемента. При использовании аэростатических опор в конструкциях направляющих для дереворежущих пил с увеличением зазора снижаются требования к точности изготовления и подготовки пил. Величина зазора h измерялась с помощью четырех индикаторов часового типа 1МИГ.

– Расход воздуха является показателем, характеризующим эффективность аэростатической опоры. Расход воздуха измерялся с помощью расходомера (электронный ротаметр MASS-VIEW MV-306).

Изучалось влияние конфигурации распределительной и уплотнительной канавок на эффективность работы аэростатической опоры. Методическая сетка опытов приведена в табл. 1.

Число наблюдений в каждом опыте определялось по формуле [6]

$$n = \frac{v^2 \cdot t_2^2}{p^2}. \quad (1)$$

где v – коэффициент вариации, среднее значение которого принято из предварительных опытов $v = 4,1$;

t_2 – показатель достоверности.

Принимаем $t_2 = 2,58$, что соответствует вероятности правильности результата $P_B = 0,99$;

p – показатель точности. Принимаем $p = 5\%$.

Подставив в формулу (1) значения v , t_2 и p , имеем

$$n = \frac{4,1^2 \cdot 2,58^2}{5^2} = 4,48.$$

Принимаем $n = 5$. Для выполнения работ по всей методической сетке необходимо провести 160 наблюдений. Величина зазора между опорой и подъемной площадкой в каждом наблюдении принималась как среднее арифметическое по четырем показаниям индикаторов, установленных по углам жесткой рамки. Результаты наблюдений заносились в таблицы.

Данные опытов подвергались обработке методами математической статистики. После проведения каждого опыта на персональном компьютере с помощью табличного процессора Microsoft Excel рассчитывались следующие статистические характеристики [6]: выборочное среднее; среднее квадратическое отклонение; коэффициент вариации; ошибка выборочного среднего; показатель точности.

Средние значения величины зазора h и расхода воздуха W_H приведены в табл. 2 и 3 для аэростатических опор размером $B \times L = 100 \times 150$ мм и $B \times L = 80 \times 130$ мм, соответственно.

На рис. 2 и 3 показаны зависимости изменения зазора от глубины микроканавки для подъемных плит размером 100×150 мм и 80×130 мм, соответственно.

Методическая сетка опытов

№	Наименование факторов	Обозначение	Ед. изм.	Числовые значения факторов			
				1 серия	2 серия	3 серия	4 серия
1	Диаметр отверстий поддува	d	мм	0,6			
2	Число отверстий	z	шт.	2			
3	Избыточное давление подводимого воздуха	p_u	МПа	0,4			
4	Вес груза	Q	Н	427			
5	Профиль уплотнительной канавки	–	–	Близкий к каплевидной форме			
6	Размеры аэростатической опоры	$L \times B$	мм	150 × 100		130 × 80	
7	Размеры уплотнительной канавки	$l_l \times b_l$	мм	110 × 60		–	
8	Размеры распределительной канавки	$l \times b$	мм	90 × 40	80 × 30	80 × 30	110 × 60
9	Глубина уплотнительной канавки	t_l	мм	0,5; 0,7; 0,9; 1,1	0,5; 0,7; 0,9; 1,1	–	–
10	Глубина распределительной канавки	t	мм	1,0	1,4	0,4; 0,8; 1,2; 1,4	0,4; 0,8; 0,9
11	Угол профиля распределительной микроканавки	φ	град	60			
Оценочные показатели							
1	Величина зазора	h	мкм	–	–	–	–
2	Расход воздуха	W_H	м ³ /мин	–	–	–	–

Таблица 2

Экспериментальные данные исследования аэростатической опоры размером $B \times L = 100 \times 150$ мм при весе груза $Q = 427$ Н с разными размерами распределительной и уплотнительной канавок

Размер канавки, мм						Зазор h , мкм	Расход W_H , л/мин
распределительной			уплотнительной				
ширина l , мм	длина b , мм	глубина t , мм	ширина b_l , мм	длина l_l , мм	глубина t_l , мм		
60,0	110,0	0,4	–	–	–	42	19,7
		0,8	–	–	–	41	20
		0,9	–	–	–	41	20
30,0	80,0	0,4	–	–	–	48	20
		0,8	–	–	–	47	20
		1,2	–	–	–	47	20
		1,4	–	–	–	47	20
30,0	80,0	1,4	60,0	110,0	0,5	54	20
					0,7	55	20
					0,9	56	20
					1,1	55	20
40,0	90,0	1,0	60,0	110,0	–	45	20
					0,5	53	20
					0,7	55	20
					0,9	55	20
					1,1	54	20

Экспериментальные данные исследования аэростатической опоры размером $B \times L = 80 \times 130$ мм при весе груза $Q = 427$ Н с разными размерами распределительной и уплотнительной канавок

Размер канавки, мм						Зазор h , мкм	Расход W_H , л/мин
распределительной			уплотнительной				
ширина l , мм	длина b , мм	глубина t , мм	ширина b_1 , мм	длина l_1 , мм	глубина t_1 , мм		
60,0	110,0	0,4	–	–	–	31	19,4
		0,8	–	–	–	30	19,9
		0,9	–	–	–	30	19,9
30,0	80,0	0,4	–	–	–	40	20
		0,8	–	–	–	39	20
		1,2	–	–	–	39	20
		1,4	–	–	–	39	20
30,0	80,0	1,4	60,0	110,0	0,5	45	20
					0,7	47	20
					0,9	48	20
					1,1	47	20
40,0	90,0	1,0	60,0	110,0	–	37	20
					0,5	45	20
					0,7	47	20
					0,9	47	20
					1,1	46	20

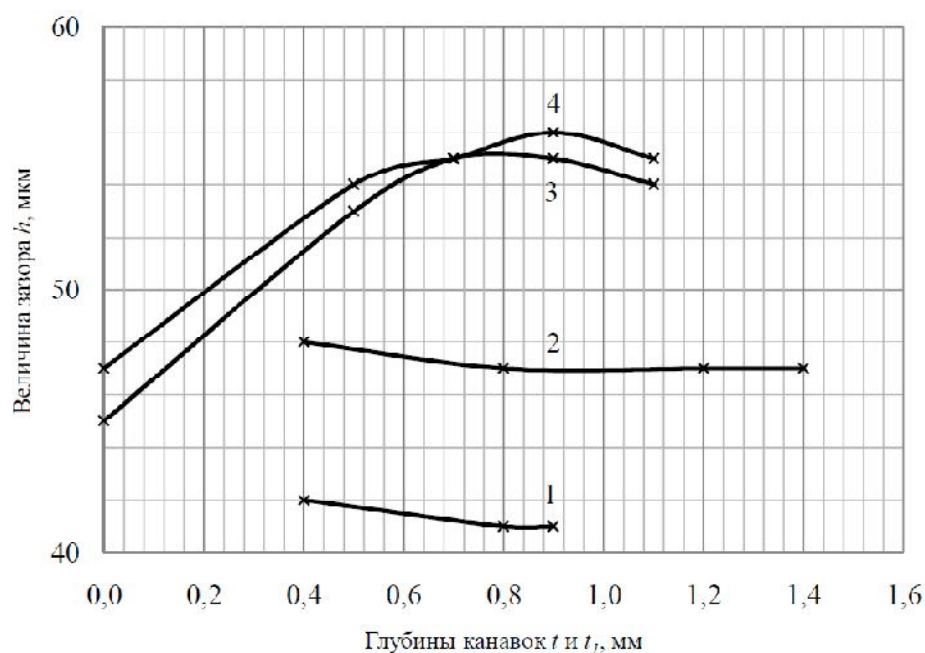


Рис. 2. Зависимости величин зазора от глубины канавок, выполненных на поверхности аэростатической опоры размером $B \times L = 100 \times 150$ мм при следующих вариантах: 1 – распределительная канавка (уплотнительная канавка отсутствует) размером $b \times l = 60 \times 110$ мм при изменении глубины t ; 2 – распределительная канавка (уплотнительная канавка отсутствует) размером $b \times l = 30 \times 80$ мм при изменении глубины t ; 3 – распределительная канавка размером $b \times l \times t = 40 \times 90 \times 1,0$ мм и уплотнительная канавка размером $b_1 \times l_1 = 60 \times 110$ мм при изменении глубины t_1 ; 4 – распределительная канавка размером $b \times l \times t = 30 \times 80 \times 1,4$ мм и уплотнительная канавка размером $b_1 \times l_1 = 60 \times 110$ мм при изменении глубины t_1

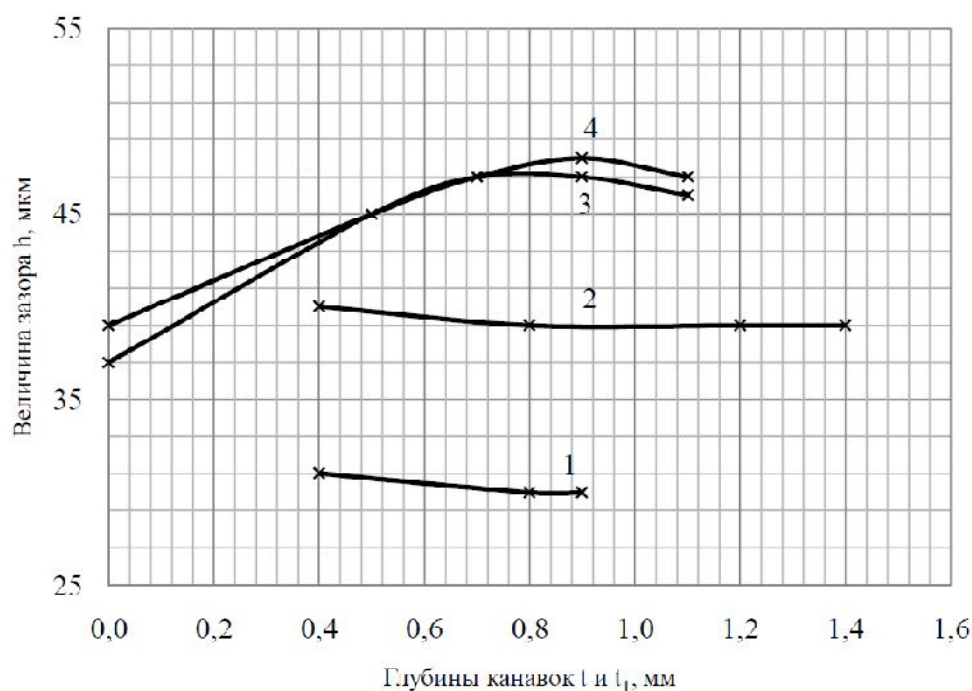


Рис. 3. Зависимости величин зазора от глубин канавок, выполненных на поверхности аэростатической опоры размером $B \times L = 80 \times 130$ мм при следующих вариантах: 1 – распределительная канавка (уплотнительная канавка отсутствует) размером $b \times l = 60 \times 110$ мм при изменении глубины t ; 2 – распределительная канавка (уплотнительная канавка отсутствует) размером $b \times l = 30 \times 80$ мм при изменении глубины t ; 3 – распределительная канавка размером $b \times l \times t = 40 \times 90 \times 1,0$ мм и уплотнительная канавка размером $b_l \times l_l = 60 \times 110$ мм при изменении глубины t_1 ; 4 – распределительная канавка размером $b \times l \times t = 30 \times 80 \times 1,4$ мм и уплотнительная канавка размером $b_l \times l_l = 60 \times 110$ мм при изменении глубины t_1

Полученные значения величин зазоров для аэростатической опоры с уплотнительной канавкой были проанализированы с использованием программы Graph v. 4.3. Для них были определены эмпирические зависимости и найдены соответствующие значения экстремумов. Так, для аэростатической опоры, имеющей характеристики (размер $B \times L = 80 \times 130$ мм; размер распределительной канавки $b \times l = 30 \times 80$ мм; глубина распределительной канавки $t_1 = 1,4$ мм; размер уплотнительной канавки $b_l \times l_l = 60 \times 110$ мм; глубина уплотнительной канавки t_l) получена следующая функциональная зависимость:

$$y = -18,75x^2 + 31,5x + 33,975. \quad (2)$$

Значения экстремумов приведены в табл. 4.

Материалы исследований показывают, что большое влияние на величину зазора оказывает применение в аэростатических опорах уплотнительной канавки. При одинаковом зазоре h можно ожидать значительного роста грузоподъемности опоры и снижения расхода воздуха.

По результатам проведенных исследований сделаны следующие выводы.

1. Из табл. 2 и 3 видно, что при одинаковых параметрах распределительной канавки и размерах аэростатической опо-

ры, использование уплотнительной канавки позволяет увеличить зазор h до 56 %, а, следовательно, при постоянном зазоре увеличить грузоподъёмность аэростатической опоры и уменьшить расход воздуха.

2. Из графиков (рис. 2 и 3) следует, что максимальный зазор достигается при глубине уплотнительной канавки равной $t_1 = 0,8...0,9$ мм.

Таблица 4

Значения экстремумов функций, описывающих изменение величины зазора h от глубины уплотнительной микроканавки t_1

Размер распределительной канавки $b \times l$, мм	Размер аэростатической опоры			
	$B \times L = 80 \times 130$ мм		$B \times L = 100 \times 150$ мм	
	глубина t_1 , мм	зазор h , мм	глубина t_1 , мм	зазор h , мм
30×80	0,89	55,64	0,89	47,85
40×90	0,84	55,22	0,84	47,22

Библиографический список

1. Баласаньян, В. С. Плоская прямоугольная аэростатическая опора с микроканавкой [Текст] / В. С. Баласаньян // Известия АН СССР, Механика жидкости и газа. – 1973. – № 4. – С. 8-15.
2. Берлин, Э. П. О методах повышения устойчивости ленточных пил [Текст] / Э. П. Берлин // науч. тр. ЦНИИМОД. – Архангельск. – 1968. – С. 119-123.
3. Берлин, Э. П. Экспериментальные исследования силовых характеристик аэростатических направляющих для ленточных пил [Текст] / Э. П. Берлин // науч. тр. ЦНИИМОД. – Архангельск. – 1968. – С. 253-260.
4. Иванкин, И. И. Теоретические исследования плоских аэростатических опор [Текст] / И. И. Иванкин, Г. Ф. Прокофьев, Н. И. Дундин, А. А. Банников // Охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов : сб. науч. тр. – 1998. – Вып. 4. – С. 32-39.
5. Шейнберг, С. А. Опоры скольжения с газовой смазкой [Текст] / С. А. Шейнберг, В. П. Жедь, М. Д. Шишеев, В. С. Баласаньян, Н. Д. Заблоцкий / 2-е изд., перераб. и доп. – М. : Машиностроение, 1979. – 396 с.
6. Пижурин, А. А. Исследование процессов деревообработки [Текст] / А. А. Пижурин, М. С. Роземблит. – М. : Лесн. пром-сть. – 1984. – 232 с.

References

1. Balasanyan V.S. Flat rectangular aerostatic support with microgroove [Balasanyan V.S. Ploskaja prjamougol'naja ajerostaticheskaja opora s mikrokanavkoj]. *Izvestija AN SSSR, Mehanika zhidkosti i gaza – Proceedings of the Academy of Sciences of the USSR*, 1973, no. 4, pp. 8-15. (In Russian).
2. Berlin E.P. On the methods of improving the stability of band saws [Berlin E.P. O metodah povysheniya ustojchivosti lentochnyh pil. *nauch. tr. CNIIMOD*]. scientific. w. TSNIIMOD, Ark-

hangelsk, 1968, pp. 119-123. (In Russian).

3. Berlin E.P. Experimental studies of force characteristics of aerostatic runners for band saws [Berlin E.P. Jeksperimental'nye issledovanija silovyh harakteristik ajerostaticeskikh napravljajushih dlja lentochnyh pil. *nauch. tr. CNIMOD*]. scientific. w. TSNIIMOD, Arkhangelsk, 1968, pp. 253-260. (In Russian).

4. Ivankin I.I., Prokofiev G.F., Dundin N.I., Bannikov A.A. Theoretical studies of flat aerostatic supports [Ivankin I.I., Prokofiev G.F., Dundin N.I., Bannikov A.A. Teoreticheskie issledovanija ploskih ajerostaticeskikh opor. *Ohrana okruzhajushhej sredy i racional'noe ispol'zovanie prirodnyh resursov : sb. nauch. tr.*]. Environmental protection and rational use of natural resources: Coll. scientific. W, 1998, Issue 4, pp. 32–39. (In Russian).

5. Sheinberg S.A., Zhed V.P., Shishev M.D., Balasanyan V.S., Zablocki N.D. Sliding supports with gas lubrication [Sheinberg S.A., Zhed V.P., Shishev M.D., Balasanyan V.S., Zablocki N.D. Oporы skol'zhenija s gazovoj smazkoj]. Moscow, Engineering, 1979, 396 p. (In Russian).

6. Pizhurin A.A., Rozemblit M.S. Investigation of the processes of woodworking [Pizhurin A.A., Rozemblit M.S. Issledovanie processov derevoobrabotki]. Moscow, Foresry Engineering Industry, 1984, 232 p. (In Russian).

Сведения об авторах

Дербин Михаил Васильевич – старший преподаватель кафедры технологии лесопромышленных производств, «Северный (Арктический) федеральный университет имени М. В. Ломоносова», кандидат технических наук, г. Архангельск, Российская Федерация; e-mail: m.v.derbin@mail.ru.

Дербин Василий Михайлович – заведующий кафедрой технологии лесопромышленных производств, «Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова», кандидат технических наук, доцент, г. Архангельск, Российская Федерация; e-mail: v.derbin@mail.ru.

Information about authors

Derbin Mikhail Vasilyevich – Senior Lecture of the Department Technology of Timber Production of «Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov», Ph.D. in Engineering, Arkhangelsk, Russian Federation; e-mail: m.v.derbin@mail.ru.

Derbin Vasily Mikhailovich – Head of the Department Technology of Timber Production of «Northern (Arctic) Federal University named after M.V. Lomonosov», Ph.D. in Engineering, Associate Professor, Arkhangelsk, Russian Federation; e-mail: v.derbin@mail.ru.