

Научная статья
УДК 62-1/-9

МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ РАБОЧИХ ХАРАКТЕРИСТИК АСПИРАЦИОННЫХ УСТАНОВОК ДЕРЕВООБРАБАТЫВАЮЩИХ ПРОИЗВОДСТВ

Илья Евгеньевич Пестов¹, Сергей Владимирович Щепочкин²

^{1,2} Уральский государственный лесотехнический университет, Екатеринбург, Россия

¹ pestovie@m.usfeu.ru

² shchepochkinsv@m.usfeu.ru

Аннотация. Статья посвящена изучению зависимостей производительности аспирационной установки, мощности, развиваемой вентилятором, развиваемого напора, КПД аспирационной установки от частоты вращения рабочего колеса. Рассматривается возможность использования рабочих колес с разным числом рабочих лопастей.

Ключевые слова: аспирационные системы, вентилятор, деревообработка, эксперимент

Для цитирования: Пестов И. Е., Щепочкин С. В. Методика экспериментального исследования рабочих характеристик аспирационных установок деревообрабатывающих производств // Деревообработка: технологии, оборудование, менеджмент XXI века. 2023. С. 132–139.

Scientific article

METHOD OF EXPERIMENTAL STUDY OF THE PERFORMANCE CHARACTERISTICS OF SUSPENSION INSTALLATIONS IN WOODWORKING PRODUCTIONS

Ilya E. Pestov¹, Sergey V. Shchepochkin²

^{1,2} Ural State Forest Engineering University, Yekaterinburg, Russia

¹ pestovie@m.usfeu.ru

² shchepochkinsv@m.usfeu.ru

Abstract: The article is devoted to the study of the dependence of the performance of the suction unit, the power developed by the fan, the pressure developed, the efficiency of the suction unit on the speed of the impeller. The possibility of using impellers with a different number of impeller blades is being considered.

Keywords: aspiration systems, fan, woodworking, experiment

For citation: Pestov I. E., Shchepochkin S. V. Methods of experimental study of the performance characteristics of aspiration plants in woodworking industries // Woodworking: technologies, equipment, management of the XXI century. 2023. P. 132–139.

При проектировании центробежных вентиляторов аспирационных систем для деревообрабатывающих станков важно правильно выбрать рабочую частоту вращения рабочего колеса. Необходимо обеспечить требуемую производительность, напор, а также максимально возможный КПД [1]. Кроме того, на практике имеют место случаи, когда для увеличения производительности и напора электродвигатель привода вентилятора заменяют на двигатель большей частоты вращения. При этом не учитывают мощность электродвигателя и устанавливают двигатель той же мощности либо незначительно выше. С увеличением частоты вращения вентилятора потребляемая мощность возрастает не прямо пропорционально, а в степенной зависимости. Это приводит к быстрому перегреву электродвигателя и к аварийному отказу.

Целью исследований является выявление зависимости мощности, развиваемой вентилятором ($N_{пол}$, Вт), развиваемого напора (H , Па), КПД установки (η , %) и производительности (Q , м³/с) от частоты вращения рабочего колеса вентилятора. Схема экспериментальной установки показана на рис. 1, фотография установки – на рис. 2.

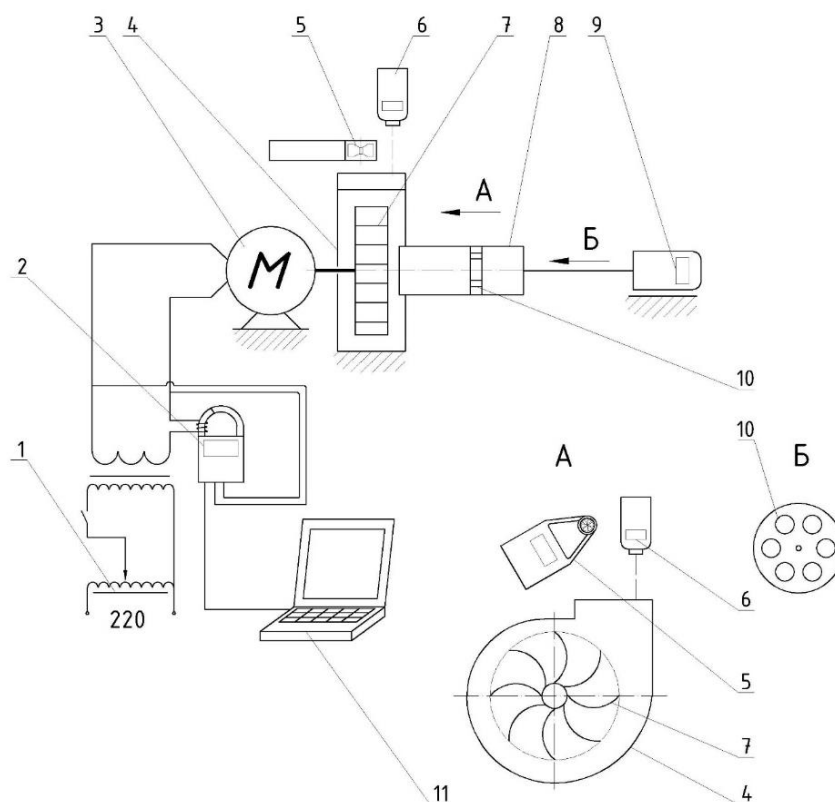


Рис. 1. Принципиальная схема экспериментальной установки

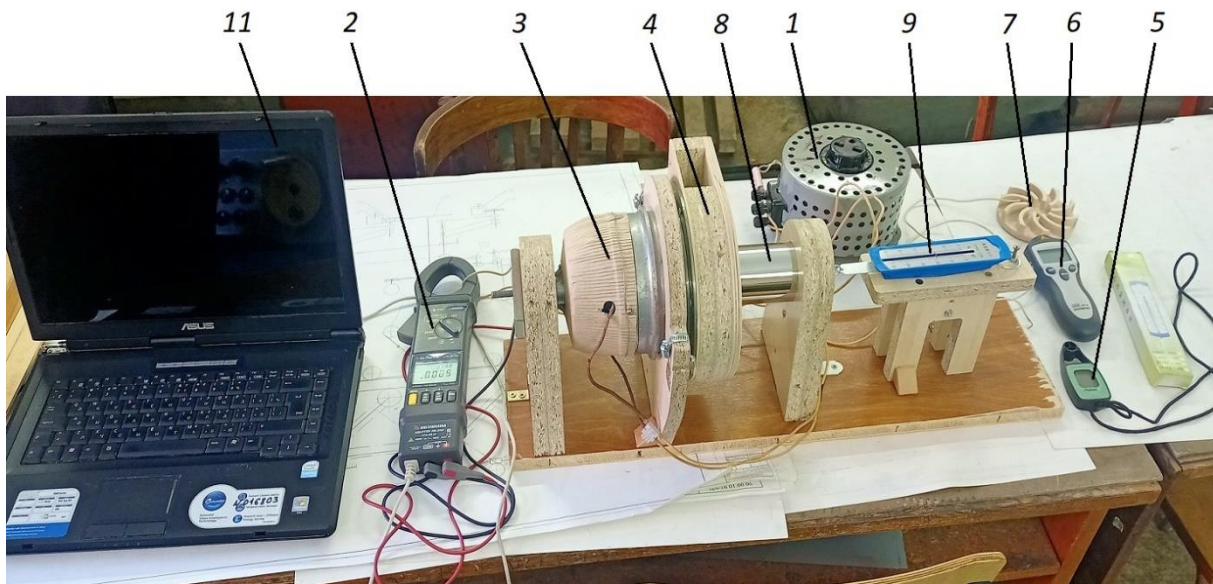


Рис. 2. Экспериментальная установка (общий вид установки)

На рис. 1 обозначено: 1 – лабораторный автотрансформатор (ЛАТР); 2 – токовые клещи АТК-21.04 (ваттметр); 3 – электродвигатель (привод вентилятора); 4 – корпус вентилятора; 5 – анемометр; 6 – тахометр АТ-8 (измерение частоты вращения); 7 – рабочее колесо вентилятора; 8 – воздуховод; 9 – динамометр; 10 – специальный клапан (рис. 3); 11 – персональный компьютер.

Описание экспериментальной установки и принцип ее работы представлены в работе [2]. На данной установке проведена серия пробных опытов с применением рабочего колеса с числом лопаток $Z = 7$. Опыты проводились на различной частоте вращения колеса. Каждый опыт дублировался 2 раза. Результаты эксперимента приведены в табл. 1.

По результатам измерений вычисляются следующие величины: развиваемый напор установки

$$H = \frac{F}{S}, \quad (1)$$

где F – усилие всасывания клапана (поршня), определяемая по динамометру, Н;

S – площадь сечения клапана (поршня), м^2 .

Специальный клапан (поршень) 10 выполнен в виде цилиндрического диска с шестью отверстиями, через которые проходит воздух. Площадь сечения клапана S (поршня) (рис. 3) определяется по формуле

$$S = \frac{\pi D^2}{4} - 6 \frac{\pi d^2}{4}, \quad (2)$$

где $D = 0,056$ м – диаметр клапана;

$d = 0,012$ м – диаметр отверстия клапана;
 6 – количество отверстий клапана.

$$S = \frac{3,14 \cdot 0,056^2}{4} - 6 \frac{3,14 \cdot 0,012^2}{4} = 0,0018 \text{ м}^2.$$

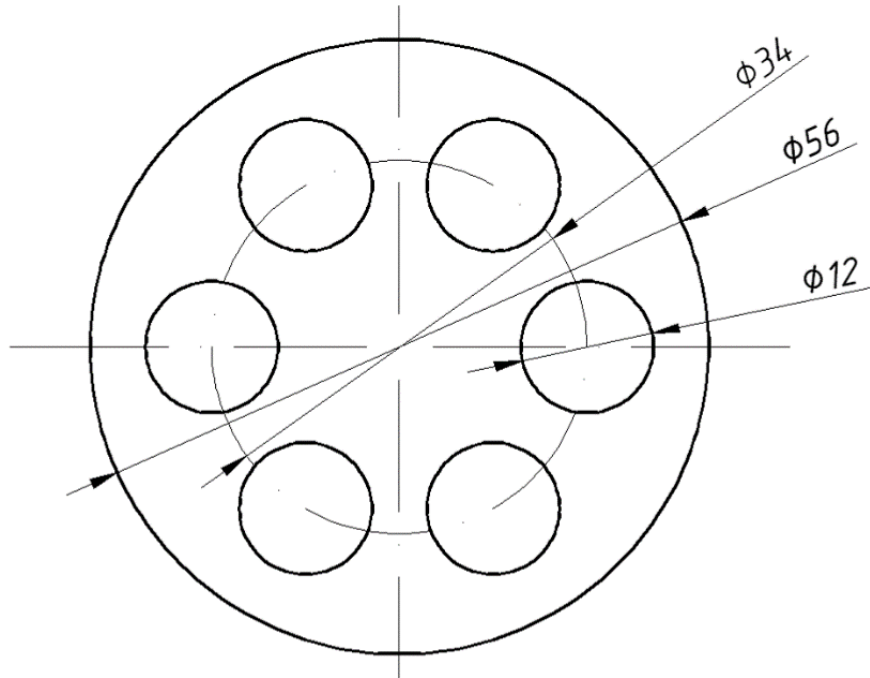


Рис. 3. Размеры клапана

Производительность установки определяется выражением

$$Q = S_{\text{вых}} V, \quad (3)$$

где V – скорость воздуха на выходе, м/с;

$S_{\text{вых}}$ – площадь поперечного сечения воздуховода на выходе, м².

Воздуховод на выходе имеет прямоугольное сечение размером 60×32 мм. Таким образом, $S_{\text{вых}} = 0,00192$ м².

Мощность, развиваемая вентилятором, определяется по формуле

$$N_{\text{пол}} = HQ, \quad (4)$$

$$\text{КПД вентилятора: } \eta = \frac{N_{\text{пол}}}{N} 100, \quad (5)$$

где N – потребляемая мощность привода вентилятора, Вт, определяемая в ходе эксперимента при помощи токовых клещей (поз. 2, рис. 1 и 2).

Таблица 1

Результаты измерений по испытанию установки
при использовании рабочего колеса с числом лопаток $Z = 7$

№ опыта	Частота вращения рабочего колеса, мин ⁻¹			Скорость воздуха V_{cp} , м/с	Мощность привода вентилятора N , Вт	Сила всасывания на входе F , Н
	n_1	n_2	n_{cp}			
1	3731,4	3732,0	3731,70	6,50	16	0,25
2	4578,7	4571,9	4575,30	8,06	24	0,35
3	5345,6	5338,3	5341,95	9,61	32	0,50
4	6258,5	6251,4	6254,95	11,25	46	0,70
5	7013,8	7012,0	7012,90	12,58	60	0,90
6	7806,6	7806,2	7806,40	13,89	78	1,10
7	8318,9	8309,0	8313,95	15,00	92	1,25
8	9219,9	9212,4	9216,15	16,81	118	1,50
9	9647,7	9655,2	9651,45	17,78	152	1,70
10	10188,0	10185,0	10186,50	18,67	174	1,90
11	10730,0	10720,0	10725,00	19,78	194	2,10
12	11298,0	11279,0	11288,50	20,56	224	2,30
13	11730,0	11763,0	11746,50	21,67	254	2,50

По результатам измерений были рассчитаны по формулам (1)–(5) следующие величины: развиваемый напор H установки, производительность установки Q , мощность, развиваемая вентилятором $N_{пол}$, КПД вентилятора [3]. Данные расчетов приведены в табл. 2. По результатам эксперимента построены графики зависимости производительности (Q , м³/с), напора (H , Па), мощности, развиваемой вентилятором ($N_{пол}$, Вт), и КПД от частоты вращения рабочего колеса (рис. 4–7) для рабочего колеса с числом лопастей $Z = 7$.

Таблица 2

Результаты расчетов по испытанию установки
при использовании рабочего колеса с числом лопастей $Z = 7$

№ опыта	Частота вращения рабочего колеса n_{cp} , мин ⁻¹	Производительность установки, Q , м ³ /мин	Напор вентилятора, H , Па	Мощность привода вентилятора N , Вт	Мощность, развиваемая вентилятором $N_{пол}$, Вт	КПД, %
1	2	3	4	5	6	7
1	3731	0,75	140,1	16	1,7	10,9
2	4575	0,93	196,1	24	3,0	12,6
3	5341	1,11	280,2	32	5,2	16,2
4	6254	1,30	392,3	46	8,5	18,4
5	7012	1,45	504,4	60	12,2	20,3
6	7806	1,60	616,4	78	16,4	21,1

Окончание табл. 2

1	2	3	4	5	6	7
7	8313	1,73	700,5	92	20,2	21,9
8	9216	1,94	840,6	118	27,1	23,0
9	9651	2,05	952,7	152	32,5	21,4
10	10186	2,15	1064,8	174	38,2	21,9
11	10725	2,28	1176,8	194	44,7	23,0
12	11288	2,37	1288,9	224	50,9	22,7
13	11746	2,50	1401,0	254	58,3	22,9

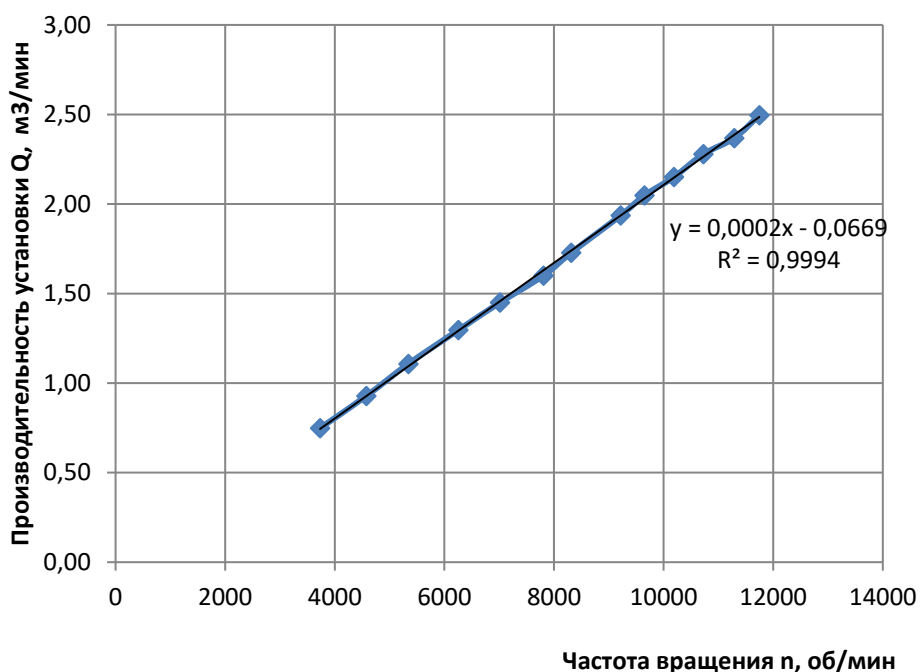


Рис. 4. График зависимости производительности установки от частоты вращения вентилятора

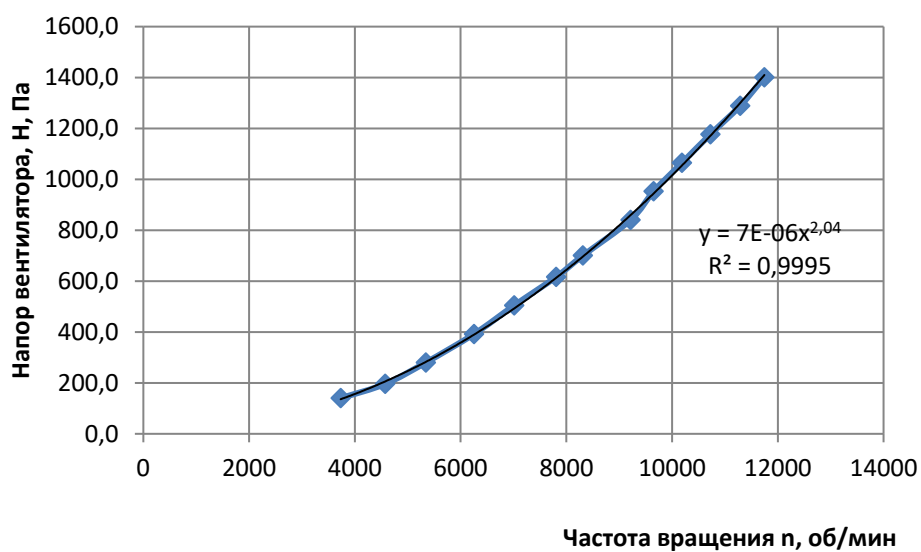


Рис. 5. График зависимости напора вентилятора от частоты вращения

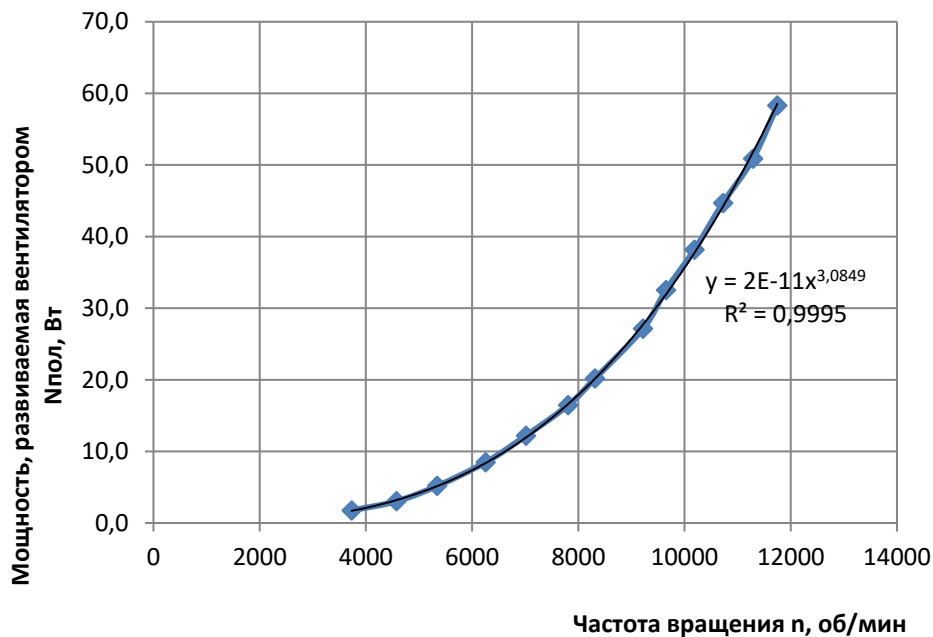


Рис. 6. График зависимости мощности, развиваемой вентилятором, от частоты вращения

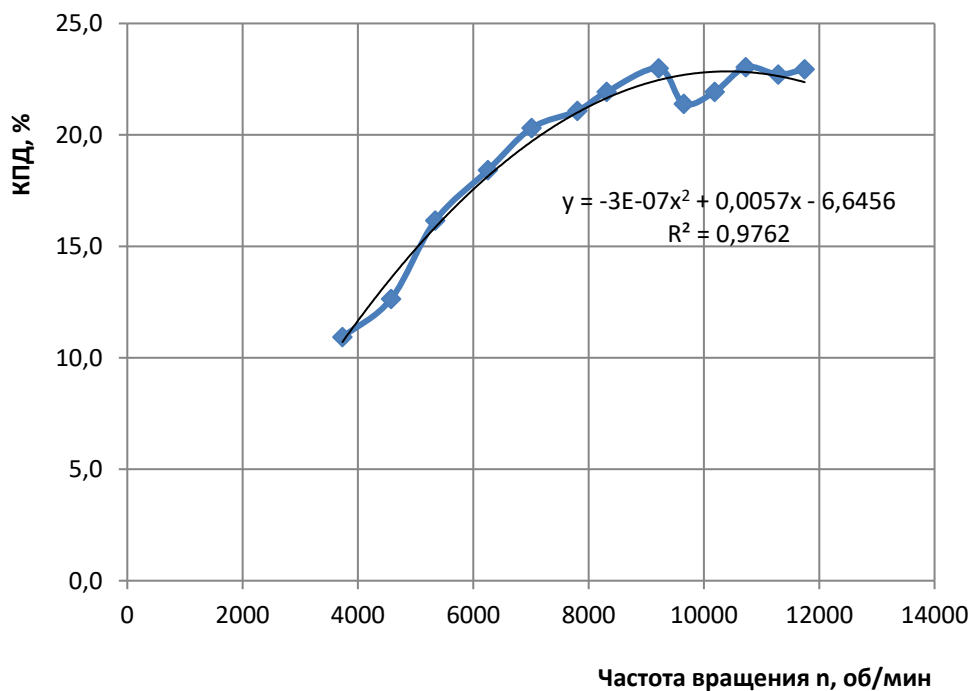


Рис. 7. График зависимости КПД установки от частоты вращения

По результатам эксперимента можно сделать следующие выводы.

1. С увеличением частоты вращения производительность вентилятора аспирационной установки возрастает прямо пропорционально частоте вращения рабочего колеса, а развиваемый напор вентилятора от частоты вращения находится в квадратичной зависимости.

2. КПД установки во время проведения эксперимента изменялся в пределах от 11 до 23 % и с увеличением частоты вращения рабочего колеса возрастал до определенного предела, а затем начинал снижаться.

3. Данная методика экспериментального исследования рабочих характеристик аспирационных установок деревообрабатывающих производств позволяет проводить ряд экспериментов с другим числом лопастей рабочего колеса, например $Z = 3$, $Z = 5$, $Z = 9$, а также получать рабочие характеристики с другой формой лопаток рабочего колеса.

Список источников

1. Глебов И. Т., Сулинов В. И., Хакимова С. Я. Пневмотранспорт деревообрабатывающих предприятий : учебное пособие. Екатеринбург : Урал. гос. лесотехн. акад., 2000. 156 с.

2. Пестов И. Е., Щепочкин С. В. Аспирационная установка для исследования рабочих характеристик центробежных вентиляторов для деревообрабатывающих производств // Научное творчество молодежи – лесному комплексу России. Екатеринбург, 2023. С. 459–463.

3. Щепочкин С. В. Испытание аспирационных автономных установок для деревообрабатывающих станков : метод. указ. для лабораторных занятий с обучающимися направления «Технология лесозаготовительных и деревоперерабатывающих производств» / Урал. гос. лесотехн. ун-т. Екатеринбург, 2019. 11 с.

References

1. Glebov I. T., Sulinov V. I., Khakimova S. Ya. Pneumatic transport of wood-working enterprises : Tutorial. Yekaterinburg : Ural. state forest engineering acad.; LLC firm "TELSI", 2000. 156 p.

2. Pestov I. E., Shchepochkin S. V. Aspiration unit for studying the performance characteristics of centrifugal fans for woodworking industries // Scientific creativity of youth – the forest complex of Russia // Ural State Forest Engineering University. Yekaterinburg, 2023. P. 459–463. (in Russ.)

3. Shchepochkin S. V. Testing autonomous aspiration units for woodworking machines: guidelines for laboratory classes with students in the direction "Technology of logging and wood processing industries" / Ural State Forest Engineering University. Yekaterinburg, 2019. 11 p.