

**ИССЛЕДОВАНИЕ ТРЕЛЕВОЧНЫХ МАШИН МЕТОДАМИ
МНОГОМЕРНОГО АНАЛИЗА****INVESTIGATION OF SKIDDING MACHINES BY METHODS
MULTIDIMENSIONAL ANALYSIS**

Четверикова И.В., кандидат технических наук, доцент, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет им. Г.Ф. Морозова», Воронеж, Россия.

Chetverikova I.V., PhD in engineering, Docent, Associate Professor Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia.

Зимарин С.В., кандидат технических наук, доцент, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет им. Г.Ф. Морозова», Воронеж, Россия.

Zimarin S.V., PhD in engineering, Docent, Associate Professor Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia.

Пономарев П. И., магистрант ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет им. Г.Ф. Морозова», Воронеж, Россия

Ponomarev P. I., Master's student Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Voronezh, Russia.

Аннотация. В работе выполнен анализ трелевочной техники с целью наглядности и возможности быстрого выбора специализированных машин на предприятиях лесного комплекса и ее кластеризация, в основе которой лежит разделение исследуемых машин по грузовому моменту, грузоподъемности и максимальному трелеваемому пакету, мощности двигателя. Проведенные исследования позволят повысить производительность предприятий за счет правильно подобранных трелевочных машин под определенные условия эксплуатации.

Abstract. The paper analyzes skidding equipment for the purpose of clarity and the possibility of quickly selecting specialized machines at enterprises of the forestry complex, and its clusterization, which is based on the separation of the studied machines by load moment, load capacity and maximum treble package, engine power. The conducted research will make it possible to increase the productivity of enterprises due to properly selected skidding machines for certain operating conditions.

Ключевые слова: лесные машины, трелевка, многомерный анализ

Keywords: forest machines, skidding, multidimensional analysis

С целью вывозки древесины с лесосек применяются различные методы трелевки, самой распространенным из которых является тракторная. В зависимости от вида перемещаемых древесных материалов различают трелевку стволов, хлыстов и сортиментов.

Методы перемещения лесоматериалов включают трелевку волоком, в полупогруженном, полунавесном и полностью погруженном/подвешенном режимах. При

трелевке волоком древесина перемещается по земле, контактируя с ней на протяжении всей своей длины. Трелевку можно осуществлять за комли или за вершины хлыстов и деревьев, тракторным видом трелевки транспортируется почти 90% древесины. От выбора правильной машины для конкретных условий транспортировки древесины с мест лесозаготовок зависит и производительность, и возможность максимально оперативно завершить запланированный технологический процесс в целом. Для исследования трелевочных машин с целью визуализации и быстроты возможностей выбора к рассмотрению были отобраны наиболее часто используемые трелевочные машины, характеристики которых приведены в таблице 1.

Таблица 1. Основные характеристики лесных машин

Машина	Наибольший объем трелеваемого пакета деревьев, м ³	Мощность двигателя, кВт	Емкость топливного бака, л	Масса, кг	Дорожный просвет, мм	Грузовой момент манипулятора (среднее значение), кН*м
ОТЗ-330	10	88,2	140	13700	550	77,5
ЛП-18К	8,3	95,5	200	18100	537	100
ЛТ-187	10	95,5	200	16000	537	70
ВМ-4Б	8	95,5	135	17800	537	52
ЛТ-190	5	55	130	3600	465	50
К-703М-МЛ-56	7	184	320	18000	520	83
МЛ-30	6,5	230	320	16500	520	55
Форвардер Амкорд 2662	19,8	132	230	17400	540	95

После первоначальной нормализации параметров и кластерного анализа трелевочных машин в программе STATISTICA проведены разведочные анализы, в результате которых получены: дендрограмма наблюдений (рисунок 1 а); б) диаграмма рассеяния (рисунок 1 б).

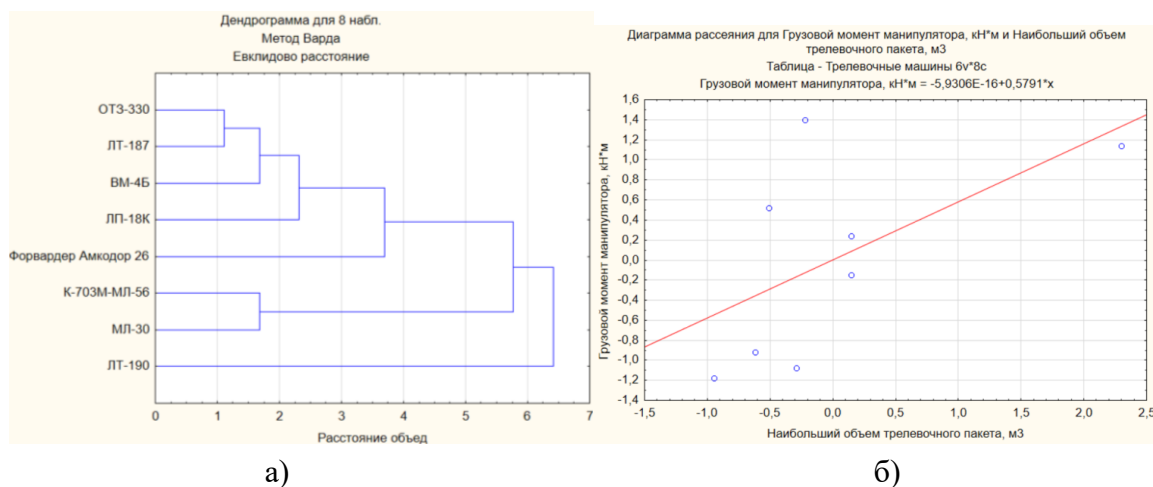


Рисунок 1 – а) дендрограмма наблюдений; б) диаграмма рассеяния.

Проведенный разведочный анализ дал возможность сформировать три кластера трелевочных машин. По этим данным далее проведен кластерный анализ k-средних, согласно которому получены евклидовы расстояния между выделенными кластерами (таблица 2). В итоге мы получили итоговую таблицу разделения машин на кластеры (таблица 3) и представили информацию графически, получив графики средних для каждого кластера (рисунок 2).

Таблица 2. Определение евклидовых расстояний между кластерами

Кластер Номер	Евклидовы расст. между кластерами (Таблица - Трелевочные машины) Расстояния под диагональю Квадраты расстояний над диагональю			
	Но. 1	Но. 2	Но. 3	
Но. 1	0,000000	1,210423	1,736460	
Но. 2	1,100192	0,000000	1,612302	
Но. 3	1,317748	1,269765	0,000000	

Таблица 3. Итог разделения машин на кластеры

	Таблица - Трелевочные машины							
	1 Наибольший объем трелевочного пакета, м3	2 Мощность двигателя, кВт	3 Емкость топливного бака, л	4 Масса, кг	5 Дорожный просвет, мм	6 Грузовой момент манипулятора, кН*м	7 НАБЛ_НО	8 КЛАСТЕР
ОТЗ-330	0,148036588	-0,584622753	-0,898607641	-0,294342	0,914002632	0,241557303	1	1
ЛП-18К	-0,224796301	-0,458217834	-0,121433465	0,6066005	0,42402184	1,40103236	2	2
ЛТ-187	0,148036588	-0,458217834	-0,121433465	0,1766052	0,42402184	-0,144934382	3	1
ВМ-4Б	-0,29059034	-0,458217834	-0,963372156	0,5451726	0,42402184	-1,07251443	4	1
ЛТ-190	-0,948530733	-1,1595054	-1,02813667	-2,362415	-2,28971793	-1,17557887	5	1
К-703М-МЛ-56	-0,509903804	1,07422537	1,43291489	0,5861246	-0,216722274	0,524984539	6	3
МЛ-30	-0,619560536	1,87074952	1,43291489	0,2789851	-0,216722274	-0,917917752	7	3
Форвардер Амкодор 2662	2,29730854	0,173806765	0,267153623	0,4632688	0,53709433	1,14337123	8	2

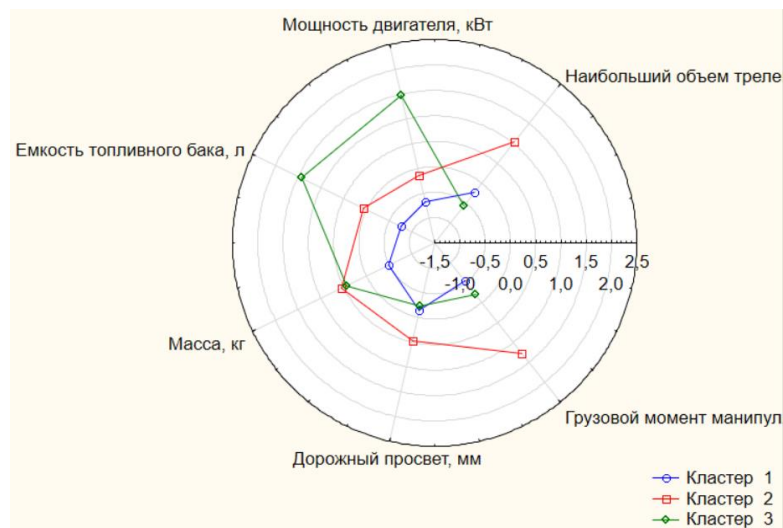


Рисунок 2 - Графики средних для каждого кластера

Графики средних значений для каждого кластера заметно отличаются друг от друга, что напрямую указывает на то, что разбиение на кластеры произведено успешно. Анализируя полученные результаты, в 1-ом кластере можно сгруппировать маломощные машины с небольшим грузовым моментом и объемом трелевочного пакета с наименьшим весом; во 2-ом – трелевочные машины средней мощности с существенным грузовым моментом манипулятора и максимальным объемом трелевочного пакета; в 3-ем – мощные машины с небольшим грузовым

моментом манипулятора и объемом трелевочного пакета. Проведенные исследования по разделению трелевочных машин на кластеры позволят предприятиям лесного комплекса обосновывать их правильный выбор без предварительного анализа.

Список литературы

1. Лесозаготовительная техника. – URL: <https://dolina-sdm.ru/information/833/> (дата обращения 15.03.2025 г.)
2. Zimarin, S.V. and all. Сравнительные исследования энергоэффективных машин на основе кластерного анализа / Zimarin Sergey V., Chetverikova Irina V., Uskov Alexey I.// Comparative studies of energy efficient machines based on cluster analysis Актуальные проблемы аграрной науки, производства и образования: материалы VIII международной научно-практической конференции молодых ученых и специалистов (на иностранных языках) (Россия, Воронеж, апрель 2022 г.) - Воронеж: ФГБОУ ВО Воронежский ГАУ, 2022. – 179-184с.
3. Типы лесозаготовительных машин. Трелевочная машина. – URL: <https://dolina-sdm.ru/information/1227/?ysclid=m8af1njbat23779736> (дата обращения 15.03.2025 г.)
4. Glushkov, S and all. 2020 Reduction of dynamic loads on the hydraulic drive of forest boom lifter / Glushkov S, Popikov P I, Chetverikova IV and Druchinin D Yu // IOP Conference Series Earth and Environmental Science International Forestry Forum Forest ecosystems as global resource of the bio-sphere: calls, threats, solutions From 012023.
5. Федченко, В. Б. Импортзамещение лесных машин в РФ / В. Б. Федченко, Э. Ф. Хакимов, М. М. Литвинова // Наука и образование: сохраняя прошлое, создаём будущее: XIX Международная научно-практической конференция: в 2 ч., Пенза, 05 февраля 2019 года. – Пенза: "Наука и Просвещение", 2019. – С. 82-85.
6. Евстегнеев, И. А. Новые модели лесозаготовительных машин 2016 года производства Онежского тракторного завода. Гусеничная техника / И. А. Евстегнеев, Е. В. Палкин // Лесной и химический комплексы - проблемы и решения: Материалы Всероссийской научно-практической конференции, Красноярск, 07 декабря 2017 года, Красноярск: ФГБОУ ВО "Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева", 2017. – С. 208-212.
7. Обоснование выбора схемы и моделирование устройства для бесчokerной трелевки леса с энергосберегающим гидроприводом / П.И. Попиков, В.И. Посметьев, А.С. Черных, Д.А. Канищев, В.В. Посметьев // Лесотехнический журнал. - 2016. - Т. 6, № 4 (24). - С. 216-224.
8. Chetverikova, I.V. and all. Improving the efficiency of manipulator-type machines with an improved hydraulic drive/ Chetverikova I.V., Popikov P.I., Glushkov S.// В сборнике: IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Сер. "International Forestry Forum "Forest Ecosystems as Global Resource of the Biosphere: Calls, Threats, Solutions"" 2021. С. 12055.

References

1. Logging equipment. – URL: <https://dolina-sdm.ru/information/833>
2. Zimarin, S.V. etc. Comparative studies of energy efficient machines based on cluster analysis /Zimarin Sergey V., Chetverikova Irina V., Uskov Alexey I.// Comparative studies of energy efficient

machines based on cluster analysis Actual problems of agricultural science, production and education: proceedings of the VIII International Scientific and practical conference of young scientists and specialists (in Russian (Russia, Voronezh, April 2022) - Voronezh: Voronezh State Agrarian University, 2022. – 179-184c.

3. Types of logging machines. Skidding machine <https://dolina-sdm.ru/information/1227/?ysclid=m8af1njbat23779736>

4. Glushkov, S and all. 2020 Reduction of dynamic loads on the hydraulic drive of forest boom lifter / Glushkov S, Popikov P I, Chetverikova IV and Druchinin D Yu // IOP Conference Series Earth and Environmental Science International Forestry Forum Forest ecosystems as global resource of the bio-sphere: calls, threats, solutions From 012023.

5. Fedchenko, V. B. Import substitution of forest machinery in the Russian Federation / V. B. Fedchenko, E. F. Hakimov, M. M. Litvinova // Science and education: preserving the past, creating the future: XIX International Scientific and Practical Conference: at 2 a.m., Penza, February 05, 2019. Penza: Nauka i Prosveshchenie, 2019. pp. 82-85.

6. Evstegneev, I. A. New models of logging machines manufactured by the Onega Tractor Plant in 2016. Tracked vehicles / I. A. Evstegneev, E. V. Palkin // Forestry and chemical complexes - problems and solutions: Proceedings of the All-Russian Scientific and Practical Conference, Krasnoyarsk, December 07, 2017, Krasnoyarsk: Siberian State University of Science and Technology named after Academician M.F. Reshetnev, 2017. – Pp. 208-212.

7. P.I. Popikov, V.I. Posmetyev, A.S. Chernykh, D.A. Kanishchev, V.V. Posmetyev, Substantiation of the choice of a scheme and modeling of a device for shockless skidding of forests with an energy-saving hydraulic drive // Forestry Engineering Journal, 2016, vol. 6, No. 4 (24), pp. 216-224.

8. Chetverikova, I.V. end all. Improving the efficiency of manipulator-type machines with an improved hydraulic drive/ Chetverikova I.V., Popikov P.I., Glushkov S.// In the collection: IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Ser. "International Forestry Forum "Forest Ecosystems as Global Resource of the Biosphere: Calls, Threats, Solutions"" 2021. P. 12055.