

УДК 629.1

05.20.01 – Технологии и средства механизации сельского хозяйства (технические науки)

**ИССЛЕДОВАНИЕ РАСХОДНО-ПЕРЕПАДНОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ ГИДРОРАСПРЕДЕЛИТЕЛЯ ЛЕСОЗАГОТОВИТЕЛЬНОЙ МАШИНЫ**

Карпачев Сергей Петрович

д.т.н., профессор

Scopus Author ID: 57193229015

WoS Researcher ID: AAH-8641-2019

РИНЦ SPIN-код: 1835-0669, AuthorID: 338819

[karpachev@mgul.ac.ru](mailto:karpachev@mgul.ac.ru)

*Мытищинский филиал МГТУ им. Н. Э. Баумана, Россия, 141005, Московская обл., г. Мытищи, ул. 1-я Институтская, д. 1*

Быковский Максим Анатольевич

к.т.н., доцент

Scopus Author ID: 57193226940

РИНЦ SPIN-код: 9939-5039

[bykovskiy@mgul.ac.ru](mailto:bykovskiy@mgul.ac.ru)

*Мытищинский филиал МГТУ им. Н. Э. Баумана, Россия, 141005, Московская обл., г. Мытищи, ул. 1-я Институтская, д. 1*

Клубничкин Владислав Евгеньевич

к.т.н., доцент

Scopus Author ID: 57203352852

РИНЦ SPIN-код: 6060-7794

[vklubnichkin@mgul.ac.ru](mailto:vklubnichkin@mgul.ac.ru)

*Мытищинский филиал МГТУ им. Н. Э. Баумана, Россия, 141005, Московская обл., г. Мытищи, ул. 1-я Институтская, д. 1*

Бадиков Иван Александрович

Магистр

[ibadik2000@gmail.com](mailto:ibadik2000@gmail.com)

*Мытищинский филиал МГТУ им. Н. Э. Баумана, Россия, 141005, Московская обл., г. Мытищи, ул. 1-я Институтская, д. 1*

Пикалов Никита Андреевич

заместитель директора НОЦ «КАМАЗ-БАУМАН»

РИНЦ SPIN-код: 1883-1177

[nikitapikalov@bmstu.ru](mailto:nikitapikalov@bmstu.ru)

*МГТУ им. Н. Э. Баумана, Россия, 105005, Москва, 2-я Бауманская ул., д. 5, стр. 1*

UDC 629.1

05.20.01 - Technologies and means of agricultural mechanization (technical sciences)

**INVESTIGATION OF THE FLOW-DROP CHARACTERISTICS OF THE HYDRAULIC DISTRIBUTOR OF A LOGGING MACHINE**

Karpachev Sergey Petrovich

Dr.Sci.Tech., professor

Scopus Author ID: 57193229015

WoS Researcher ID: AAH-8641-2019

RSCI SPIN-code:1835-0669, AuthorID: 338819

[karpachev@mgul.ac.ru](mailto:karpachev@mgul.ac.ru)

*Mytishchi branch Bauman Moscow State Technical University, Russia, 141005, Moscow region, Mytishchi, 1-ya Institutskaya, 1*

Bykovskiy Maxim Anatolyevich

Cand.Tech.Sci., assistant professor

Scopus Author ID: 57193226940

RSCI SPIN-code: 9939-5039

[bykovskiy@mgul.ac.ru](mailto:bykovskiy@mgul.ac.ru)

*Mytishchi branch Bauman Moscow State Technical University, Russia, 141005, Moscow region, Mytishchi, 1-ya Institutskaya, 1*

Klubnichkin Vladislav Evgenievich

Cand.Tech.Sci., assistant professor

Scopus Author ID: 57203352852

RSCI SPIN-code: 6060-7794

[vklubnichkin@mgul.ac.ru](mailto:vklubnichkin@mgul.ac.ru)

*Mytishchi branch Bauman Moscow State Technical University, Russia, 141005, Moscow region, Mytishchi, 1-ya Institutskaya, 1*

Badikov Ivan Aleksandrovich

Master student

[ibadik2000@gmail.com](mailto:ibadik2000@gmail.com)

*Mytishchi branch Bauman Moscow State Technical University, Russia, 141005, Moscow region, Mytishchi, 1-ya Institutskaya, 1*

Pikalov Nikita Andreevich

Deputy Director of REC "KAMAZ-BAUMAN"

RSCI SPIN code: 1883-1177

[nikitapikalov@bmstu.ru](mailto:nikitapikalov@bmstu.ru)

*Bauman Moscow State Technical University, Russia, 105005, Moscow, 2-ya Baumanskaya, 5, building 1*

Рассмотрена методика получения расходно-перепадной характеристики гидрораспределителя PVG 32 используемого в разрабатываемой лесозаготовительной машине. Представлены основные зависимости и гидравлическая схема для испытания гидравлического распределителя. По результатам стендовых испытаний получена расходно-перепадная характеристика распределителя PVG 32. Полученная зависимость близка к линейному закону, что указывает на близкий к ламинарному режиму течения жидкости по закону Пуазейля в рассматриваемом диапазоне изменения расходов. Точки опытов также хорошо описываются квадратичным законом. Таким образом, можно рассматривать закон течения жидкости через распределитель PVG 32, как турбулентный в зоне гидравлически гладких труб

Ключевые слова: ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬ, РАСХОДНО-ПЕРЕПАДНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА, ГИДРАВЛИЧЕСКИЙ СТЕНД

The article considers the technique of obtaining the flow-drop characteristics of the PVG32 hydraulic distributor used in the developed logging machine. The main dependencies and the hydraulic scheme for testing the hydraulic distributor are presented.

According to the results of bench tests, we have obtained the flow-drop characteristic of the PVG 32 distributor. The obtained dependence is close to the linear law, which indicates that the flow regime of the liquid is close to the laminar regime according to the Poiseuille law in the considered flow rate range. The points of experiments are also well described by the quadratic law. Thus, the law of fluid flow through the PVG 32 distributor can be considered as turbulent in the zone of hydraulically smooth pipes

Keywords: HYDRAULIC DISTRIBUTOR, FLOW-DROP CHARACTERISTIC, HYDRAULIC STAND

<http://dx.doi.org/10.21515/1990-4665-174-015>

## Введение

При прохождении через гидравлический распределитель (далее –  $Pn$ ) рабочей жидкости имеют место потери давления, т. е. часть энергии расходуется на преодоление гидравлических сопротивлений  $Pn$ . В связи с этим при выполнении расчетов гидравлических систем необходимо знать гидравлические характеристики  $Pn$ , к которым, в частности, относится расходно-перепадная характеристика. В работе рассматривается  $Pn$  PVG 32, который широко применяется для регулирования гидравлики различных транспортно-технологических машинах [1-5].

## Цель работы

Получить и проанализировать расходно-перепадную характеристику  $Pn$  PVG 32 по результатам его испытаний на гидравлическом стенде.

## Основные расчетные зависимости

Расходно-перепадные характеристики, представляют собой зависимости:

$$\Delta p_{pn} = f(Q_d), \quad (1)$$

<http://ej.kubagro.ru/2021/10/pdf/15.pdf>

где  $\Delta p_{pn}$  – перепад (потери) давления на  $Pn$ , Па;

$Q_o$  – действительный расход жидкости через  $Pn$ , м<sup>3</sup>/с.

Рабочая жидкость через  $Pn$  проходит дважды: в направлении к гидродвигателю и от гидродвигателя в гидробак. В настоящей работе рассматривается прохождение жидкости через  $Pn$  при его положении в одном направлении (положение 3 на рис. 1). В связи с этим расходно-перепадные характеристики будут определяться при одиночном прохождении жидкости через  $Pn$  (со входа P на выход A).

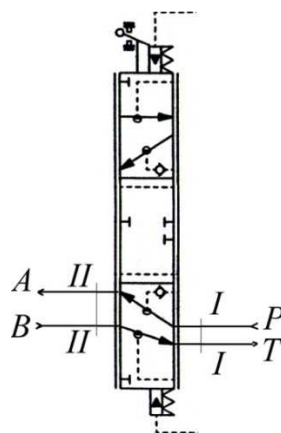


Рисунок 1– Схема работы  $Pn$  в положении 3

Величина  $\Delta p_{pn}$  зависит от вязкости рабочей жидкости. Поэтому расходно-перепадные характеристики в опытах нами определялись при фиксированных значениях коэффициента кинематической вязкости (температуре) рабочей жидкости (масло индустриальное 20А)  $\nu$ .

Примем плоскость отсчета проходящей через осевую линию гидролинии  $P-A$  (рис. 1), тогда для сечений I-I и II-II из уравнения Бернулли можно определить потерю статического давления на  $Pn$ :

$$p_1 - p_2 = \Delta p_{pn}, \quad (2)$$

Где  $p_1$  и  $p_2$  соответственно давление на входе  $P$  и выходе  $A$  (рис. 1). В опытах потери давления на  $Pn$  рассматривались как местные гидравлические сопротивления, определяемые по формуле Вейсбаха. Из этой формулы коэффициент местных потерь определится как:

$$\zeta = \Delta p_{pn} \cdot \frac{\pi^2 \cdot d^4}{8 \cdot \rho \cdot Q_0^2}, \quad (3)$$

где  $d$  – диаметр, эквивалентный условному проходному диаметру

$Pn$ , м;

$\rho$  - плотность жидкости, кг/м<sup>3</sup>.

### Гидравлический стенд

Схема испытательного стенда гидроустановки для исследования расходно-перепадной характеристики  $Pn$  PVG 32 показана на рис. 2. На этой схеме показан испытуемый  $Pn$  только с линиями, которые были задействованы в опытах. В комплект стенда, на котором проводились исследования характеристик  $Pn$ , входит ноутбук с программным обеспечением, подключаемый к разъему «USB PC» на передней панели стойки (рис. 3).

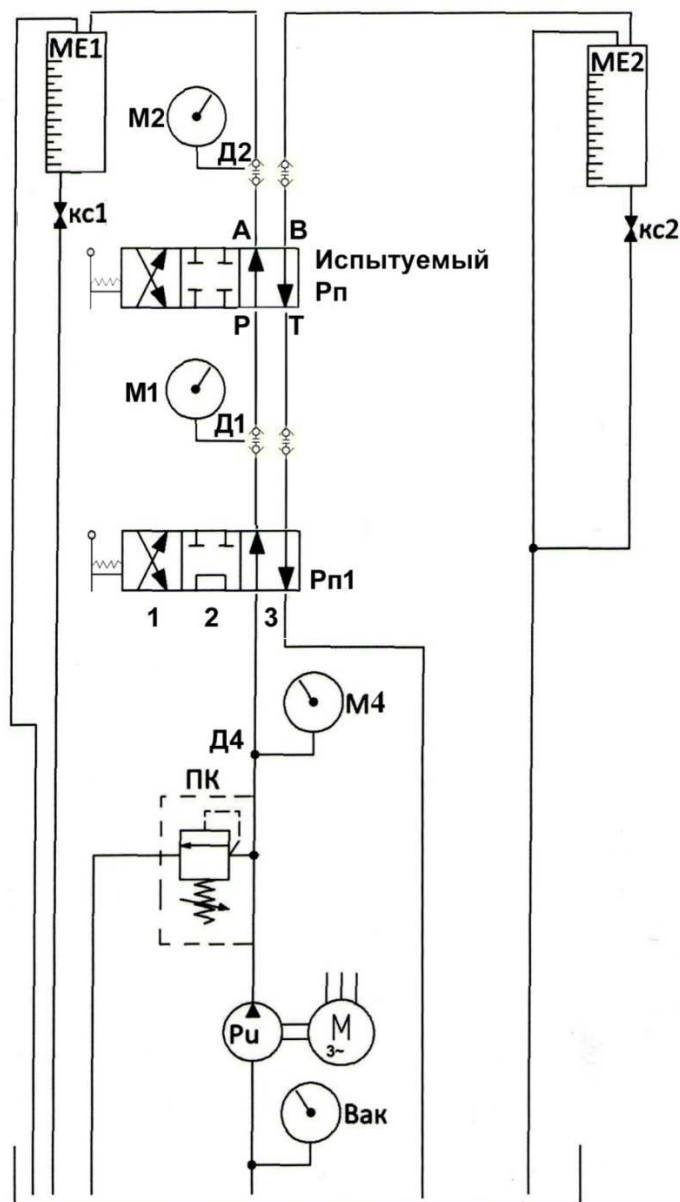


Рисунок 2 – Схема гидроустановки для исследования расходно-перепадной характеристики  $P_n$  PVG 32

На схеме обозначены: Вак – вакуумметр, М1, М2, М4 – манометры, Д1, Д2, Д4 – датчики давления, Р<sub>п</sub> – шестеренный насос, ПК – предохранительный клапан, Р<sub>п1</sub> – трехсекционный четырехлинейный  $P_n$  гидроустановки, МЕ1, МЕ2 – мерные емкости, кс1, кс2 – краны сливные, М – электродвигатель.

Изменение подачи насоса осуществлялось регулированием частоты вращения вала насоса с помощью электронных устройств, преобразующих сетевой переменный ток частотой 50 (60) Гц.

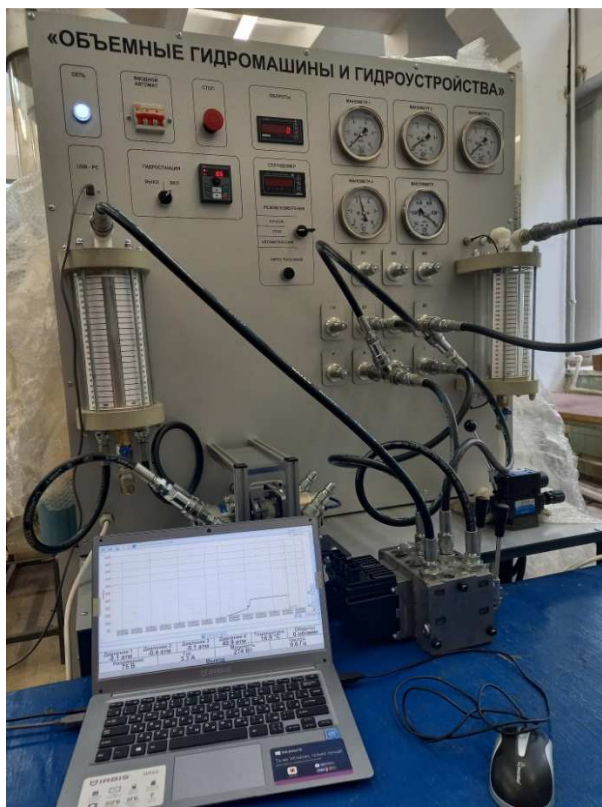


Рисунок 3 – Стенд с  $P_n$  PVG 32 и ноутбуком с программным обеспечением

Расход через  $P_n$  определяли по формуле:

$$Q = \frac{(V_1 - V_2)}{t}; \quad (4)$$

где  $t$  - время наполнения МЕ, с;

$V_1$  и  $V_2$ - объемы жидкости в МЕ, при которых происходит срабатывание находящихся внутри поплавковых датчиков, мл.

### Результаты исследований

Исследования расходно-перепадной характеристики  $P_n$  PVG 32 проводились для разных расходов, которые регулировались числом оборотов вала насоса за счет изменения частоты тока, подаваемого на электродвигатель. Частота тока менялась в диапазоне от 10 до 50Гц с интервалом 10Гц.

Для каждой частоты регистрировались значения давления на входе (манометр М1 и датчик давления Д1) в  $P_n$  и на выходе (манометр М2 и датчик давления Д2) из  $P_n$  (рис. 2).

Для каждого опыта были получены графики изменения частоты и давлений в процессе проведения опытов. Пример графика для всех частот для всей серии опытов №1 приведен на рис. 4.

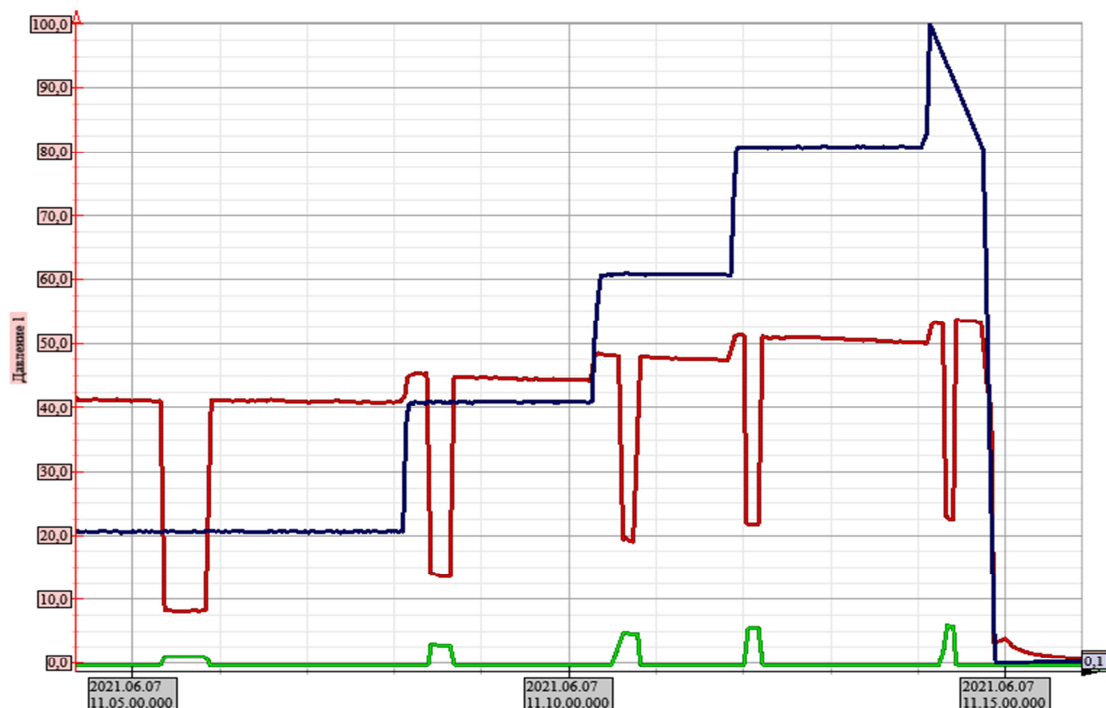


Рисунок 4 – Общая диаграмма изменения давлений  $P_n$  PVG 32 при частоте тока от 10 до 50 Гц с шагом 10 Гцм в серии опытов №1

Осредненная расходно-перепадная характеристика  $P_n$  PVG 32 для всех серий опытов приведена на рис. 5.

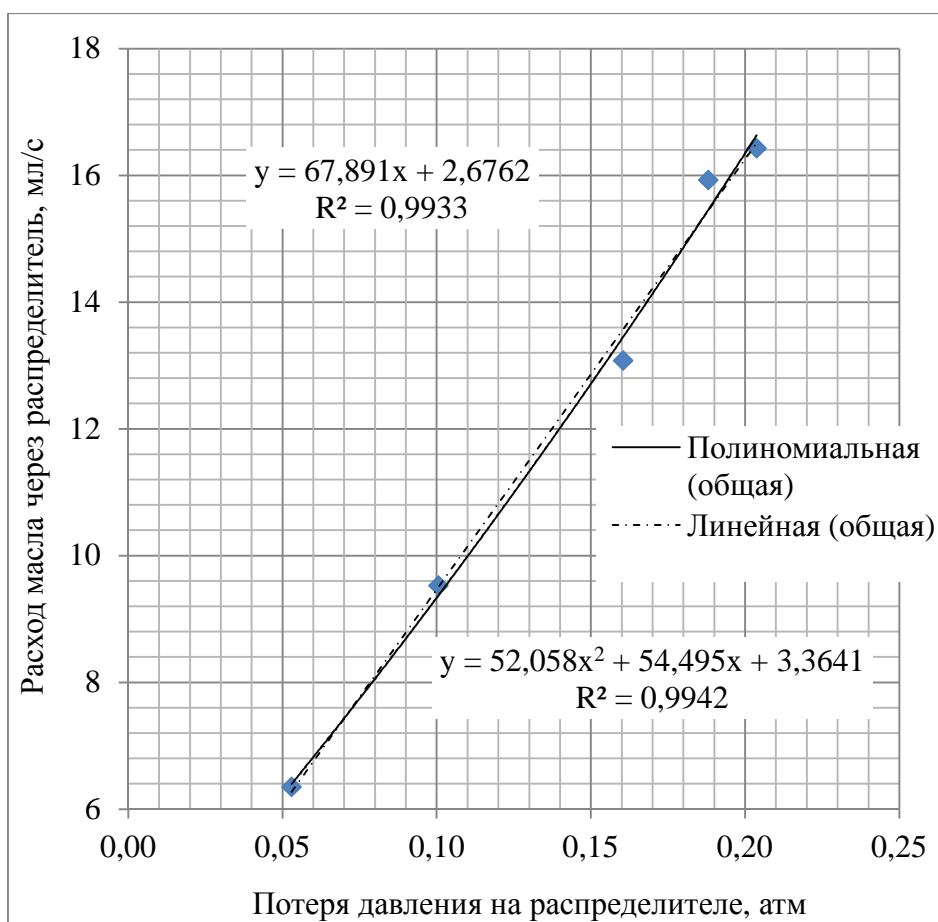


Рисунок 5 – Расходно-перепадная характеристика  $P_n$  PVG 32

### Выводы

Анализ графика зависимости потерь давления на  $P_n$  PVG 32 от расхода для всех серий опытов (расходно-перепадная характеристика) (рис. 5) показывает, что она хорошо описывается как полиномиальной кривой в степени 2, так и линейной. Для полиномиальной кривой величина достоверности аппроксимации близка к 1 (коэффициент детерминации  $R^2 = 0,9942$ ). Линейная аппроксимация также близка к 1 (коэффициент детерминации  $R^2 = 0,9933$ ).

Близкий к линейному характер зависимости на рис. 5 указывает на близкий к ламинарному режиму течения жидкости по закону Пуазейля в рассматриваемом диапазоне изменения расходов. Точки опытов также хорошо описываются квадратичным законом. Таким образом, можно



рассматривать закон течения жидкости через  $Pn$  PVG 32, как турбулентный в зоне гидравлически гладких труб.

**Благодарности:** *Работа выполнена в МГТУ им. Н.Э. Баумана при финансовой поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации в рамках соглашения №075-11-2019-030 от 22 ноября 2019 г.*

### Литература

1. Karpachev, S.P. Simulation of Salix Harvesting and Processing Technology Using Soft Containers (2020) E3S Web of Conferences, 161, art. no. 01047. [www.e3s-conferences.org/doi: 10.1051/e3sconf/202016101047](http://www.e3s-conferences.org/doi:10.1051/e3sconf/202016101047)
2. Karpachev, S.P., Bykovskiy, M.A. Selecting a harvester head using digital modeling 2021 IOP Conference Series: Earth and Environmental Science 806(1),012015
3. Клубничкин, В.Е. Краткий анализ тенденций развития лесозаготовительных машин/ В.Е. Клубничкин, Е.Е. Клубничкин, А.Б. Карташов // Труды НГТУ им. Р.Е. Алексеева. – 2020. – № 3 (130). – С. 93–102.
4. Клубничкин, В.Е. Разработка узла сочленения лесной погрузочно-транспортной машины / В.Е. Клубничкин, Е.Е. Клубничкин, А.Ю. Горбунов, Д.Ю. Дручинин // Лесотехнический журнал. 2020. Т. 10. № 4 (40). С. 217-226.
5. Котиков, В.М. Лесозаготовительные и трелевочные машины / В.М. Котиков, Н.С. Еремеев, А.В. Ерхов. - М.: Лесная промышленность, 2004. - 336 с.

### References

1. Karpachev, S.P. Simulation of Salix Harvesting and Processing Technology Using Soft Containers (2020) E3S Web of Conferences, 161, art. no. 01047. [www.e3s-conferences.org/doi: 10.1051/e3sconf/202016101047](http://www.e3s-conferences.org/doi:10.1051/e3sconf/202016101047)
2. Karpachev, S.P., Bykovskiy, M.A. Selecting a harvester head using digital modeling 2021 IOP Conference Series: Earth and Environmental Science 806(1),012015
3. Klubnichkin, V.E. Kratkij analiz tendencij razvitija lesozagotovitel'nyh mashin/ V.E. Klubnichkin, E.E. Klubnichkin, A.B. Kartashov // Trudy NGTU im. R.E. Alekseeva. – 2020. – № 3 (130). – S. 93–102.
4. Klubnichkin, V.E. Razrabotka uzla sochlenenija lesnoj pogruzochno-transportnoj mashiny / V.E. Klubnichkin, E.E. Klubnichkin, A.Ju. Gorbunov, D.Ju. Druchinin // Lesotekhnicheskij zhurnal. 2020. T. 10. № 4 (40). S. 217-226.
5. Kotikov, V.M. Lesozagotovitel'nye i trelevochnye mashiny / V.M. Kotikov, N.S. Eremeev, A.V. Erhov. - M.: Lesnaja promyshlennost', 2004. - 336 s.