

УДК/UDC 626.226

DOI: <https://doi.org/10.25206/2588-0373-2026-10-1-5-12>

EDN: PDTMEE

Научная статья/Original article

АНАЛИЗ И МЕТОДИКА РАСЧЕТА ЭЛЕКТРОГИДРОСТАТИЧЕСКОГО ПРИВОДА НАЗЕМНЫХ ТРАНСПОРТНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ

Н. С. Галдин, И. А. Семенова 

Сибирский государственный автомобильно-дорожный университет (СибАДИ),
Россия, 644080, г. Омск, пр. Мира, 5

 semenova_ia@mail.ru

Статья посвящена определению основных параметров (давления, мощности, крутящего момента, скорости с учетом температурного режима и при заданной нагрузке) электрогидростатического привода наземных транспортно-технологических комплексов, к которым относится дорожно-строительная техника.

На основе составленной методики расчета основных параметров гидравлических компонентов, входящих в состав электрогидростатического привода, разработан алгоритм проектирования и получены зависимости, характеризующие процесс работы указанного типа привода. Определены основные критерии его эффективной работы. К данным критериям относятся: способность привода точно обрабатывать входные сигналы; скорость перемещения штока при заданной нагрузке; общий коэффициент полезного действия; удельная мощность.

Целью создания методики расчета является разработка эффективного электрогидростатического привода дорожно-строительной машины, сочетающего преимущества гидравлики (высокая мощность, колоссальные усилия при малых габаритах, весе компонентов и простоте реверсирования) с гибкостью электроники, которая позволяет позиционировать рабочие органы данных машин (ковш, рукоять, стрела экскаватора, манипулятор, отвал автогрейдера или бульдозера, вращение вальцов дорожных катков) с точностью до миллиметра за доли секунды.

Сочетание аналитического и численного методов позволяет спроектировать сначала прототип (цифровую модель) данного привода с его основными характеристиками, а затем моделировать всю систему целиком с исследованием потоков внутри насоса и каналов, а также проводить тепловой анализ с оценкой нагрева жидкости и двигателя. Электрогидростатический привод — это сложная система, где необходимо учитывать множество факторов. В статье рассматривается оптимальный выбор гидравлических компонентов (насоса, гидродвигателя), которые выбираются в зависимости от параметров электродвигателя привода.

Основным результатом работы является создание основ для дальнейших экспериментальных методов исследования, которые проводятся для подтверждения теоретических (аналитических) данных и для разработки методов диагностики и мониторинга электрогидростатического привода. Экспериментальные методы проводятся с целью определения жесткости привода, снятия амплитудно-частотных характеристик, замера токов и давлений в различных режимах работы.

Ключевые слова: электрогидростатический, привод, моделирование, мощность, машины, проектирование

Для цитирования: Галдин Н. С., Семенова И. А. Анализ и методика расчета электрогидростатического привода наземных транспортно-технологических комплексов. *Омский научный вестник. Серия «Авиационно-ракетное и энергетическое машиностроение»*. 2026. Т. 10, № 1. С. 5–12. <https://doi.org/10.25206/2588-0373-2026-10-1-5-12>. EDN: PDTMEE.



ANALYSIS AND CALCULATION METHODOLOGY FOR ELECTROHYDROSTATIC DRIVES OF THE GROUND-BASED TRANSPORT AND TECHNOLOGICAL COMPLEXES

N. S. Galdin, I. A. Semenova 

Siberian State Automobile and Highway University, Mira Ave., 5, Omsk, 644080, Russia

 semenova_ia@mail.ru

The article is devoted to the analysis of the main parameters (pressure, power, torque, and speed) of the electrohydrostatic drive of ground-based transport and technological complexes, which include road-building equipment.

The authors develop a design algorithm and obtain dependencies characterized in the operation process of the specified drive type on the basis of a compiled method for calculating the basic parameters of hydraulic components that are part of an electrohydrostatic drive. These criteria include the drive's ability to precisely process input signals; speed of rod travel at a specified load; total operating coefficient; unit power.

The purpose of this calculation method is to develop an efficient electrohydrostatic drive for road construction machines that combines the advantages of hydraulics (high power, tremendous force with small components and easy reversing) with the flexibility of electronics, which allows positioning of the working parts of these machines (bucket, arm, excavator boom, manipulator, grader or bulldozer blade and the rotation of road roller rollers) with an accuracy of millimeter in fractions for a second.

The combination of analytical and numerical methods allows designing a prototype (the digital model) of this drive with its main characteristics, and then simulate the entire system, studying the flows inside the pump and channels, as well as conducting thermal analysis to assess the heating of the liquid and the motor. An electrohydrostatic drive is a complex system that requires consideration of many factors. The article focuses on the optimal selection of hydraulic components (pumps, hydraulic motor), which are selected depending on the parameters of the electric motor of the drive.

The research is aimed at establishing a basis for further experimental methods, which are conducted to validate theoretical (analytical) data and develop methods for diagnosing and monitoring electrohydrostatic drive. Experimental methods are used to determine the rigidity of the drive, the removal of amplitude-frequency characteristics and the measurement of currents and pressures in various operating modes.

Keywords: electrohydrostatic, drive, modeling, power, machines, design

For citation: Galdin N. S., Semenova I. A. Analysis and calculation methodology for electrohydrostatic drives of the ground-based transport and technological complexes. *Omsk Scientific Bulletin. Series Aviation-Rocket and Power Engineering*. 2026;10(1):5–12. <https://doi.org/10.25206/2588-0373-2026-10-1-5-12>. EDN: PDTMEE. (In Russ.).



© Galdin N. S., Semenova I. A., 2026.

The content is available under a Creative Commons Attribution 4.0 License.

Введение

В настоящее время существуют направления в проектировании и моделировании гидравлических систем наземных транспортно-технологических комплексов, которые позволяют перевести работу дорожно-строительных машин на более современный и качественный уровень.

Одним из них является применение электрогидростатического привода, сочетающего преимущества электрического управления и гидравлической мощности. Эффективная работа такого типа привода оценивается по ряду технических и эксплуатационных критериев, основными из которых являются:

- быстрдействие;
- максимальная скорость перемещения;
- энергоэффективность (общий КПД);
- компактность;
- тепловой режим;
- диагностируемость;
- жесткость привода [1–7].

Основным преимуществом применения электрогидростатического привода является его высокая энергоэффективность за счет устранения основных недостатков гидравлических приводов, так как электродвигатель потребляет энергию только в тот момент, когда нужно совершить работу, что позволяет снизить расход топлива и затраты на обслуживание [1–7].

На рис. 1 изображен пример электрогидростатического привода.

Конструкция данного типа привода представляет собой отдельный модуль без сложной системы распределителей, клапанов и огромных гидробаков. Данный тип привода широко используется в энергетическом машиностроении, в том числе в авиации и робототехнике, промышленном оборудовании, современной мобильной технике.

На экскаваторах, к примеру, электрогидростатический привод позволяет точно и плавно контролировать рабочие движения стрелы, рукояти, ков-

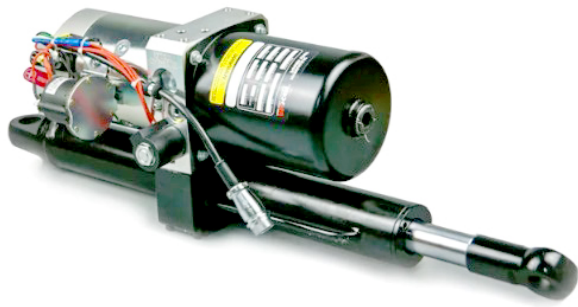


Рис. 1. Электрогидростатический привод
Fig. 1. Electrohydraulic drive

ша [8–14], что является важным при выполнении тонких работ, например, при ремонте или строительстве нефтегазопроводов. Данный тип привода позволяет реализовать различные режимы работы, оптимизировать производительность и снижать энергопотребление.

Для бульдозеров электрогидростатический привод позволяет точно контролировать тяговое усилие и скорость движения, дает возможность плавного реверсирования и автоматического регулирования мощности в зависимости от нагрузки, что улучшает управляемость и эффективность работы, особенно на сложных грунтах. Прецизионное управление отвалом позволяет создавать ровные поверхности с высокой точностью. Электрогидростатический привод обеспечивает плавное изменение угла наклона и положения отвала, что важно при профилировании дорог и других земляных работах.

Применение электрогидростатического привода в дорожных катках обеспечивает точное управление скоростью вращения валцов и прижимным усилием, что важно для качественного уплотнения. Также электрогидростатический привод позволяет обеспечить высокую точность выполнения земляных работ автогрейдером, что позволяет снизить вибрации и шума, улучшая комфорт оператора.

Однако нет научно обоснованных рекомендаций по проектированию и моделированию электрогидростатического привода для дорожно-строительной (мобильной) техники, что является весьма актуальной задачей.

Постановка цели исследования

Цель исследования — повышение энергетической эффективности дорожно-строительных машин, относящихся к наземным транспортно-технологическим комплексам, путем разработки и обоснования характеристик (параметров) электрогидростатического привода, обеспечивающего снижение потерь при передаче энергии и точное позиционирование рабочих органов дорожно-строительных машин, а также упрощение их конструктивной схемы за счет перехода от традиционных централизованных объемных гидравлических систем к автономным узлам (объединяющим преимущества электроники и гидравлики).

Постановка задач

В связи с развитием гидропривода дорожно-строительных машин, а также, учитывая запрос на повышение эффективности, компактности, надежности и интеграции с цифровыми технологиями, одним из перспективных направлений



Рис. 2. Блок-схема прототипа электрогидростатического привода
Fig. 2. Block-diagram of the electrohydraulic drive

в их проектировании является создание и применение электрогидростатического (гибридного) привода, в котором комбинируют электрический двигатель и гидравлический насос/мотор (или гидроцилиндр) в одном компактном блоке.

В отличие от традиционных гидравлических систем, где насос постоянно работает от двигателя и возникают большие потери давления и тепла, электрогидростатический привод работает иначе. Он работает по принципу преобразования электрической энергии в механическую через замкнутый гидравлический контур. Электрогидростатический привод — это силовой блок, в котором все необходимое собрано в одном корпусе и отсутствует необходимость длинных гидролиний к исполнительным органам. К приводу подходят только электрические провода.

Для достижения поставленных целей исследования необходимо решить следующие задачи:

- провести анализ существующих систем приводов и возможность перехода на электрогидростатический привод, разработать его прототип;
- разработать методику расчета основных характеристик (оптимальных параметров) электрогидростатического привода при различных нагрузках;
- исследовать влияние вязкостно-температурных характеристик рабочей жидкости на работу привода в различных режимах;
- разработать алгоритм проектирования электрогидростатического привода, применяемого на дорожно-строительной технике.

Разработка блок-схемы

электрогидростатического привода

Каждый рабочий орган дорожно-строительной машины (стрела, рукоять и т. п.) оснащается отдельным модулем, который, в свою очередь, состоит из совокупности элементов для приведения рабочего органа в движение.

На основе проведенных исследований была разработана блок-схема электрогидростатического привода, которая представлена на рис. 2 [1, 2]. Блок-схема включает в себя модуль, содержащий силовую электронику, и гидравлическую систему.

Данная блок-схема — основа создания цифровой модели (прототипа), на которой обрабатываются алгоритмы, а затем аналитические результаты проверяются на физических стендах.

Преимуществом данного типа привода является то, что устраняется необходимость в обширной гидравлической системе, снижаются потери энергии и повышается общая эффективность.

Переход на электрогидростатический привод является перспективной технологией для дорожно-строительных машин, так как позволяет повысить точность и управляемость техники, но требует учета всех параметров. Более того, указанный привод чувствителен к перегрузкам, которые могут привести к выходу из строя электронных компонентов [1–7]. Следовательно, необходимо выбрать оптимальные параметры и режимы для работы гидравлических элементов, входящих в состав данного типа привода. Для этого необходимо разработать его методику расчета.

Методика расчета

гидравлических компонентов, входящих в состав электрогидростатического привода наземных транспортно-технологических комплексов

Математическая модель электрогидростатического привода представляет собой систему уравнений, описывающих преобразование энергии из электрической в механическую, а затем — в гидравлическую. Она позволяет описать объект (электрогидростатический привод) при помощи математических формул, включающих переменные и постоянные параметры, коэффициенты и допущения [8].

К допущениям относится определение потерь давления, так как они отсутствуют ввиду малости длин гидролиний и большого числа местных сопротивлений.

Для создания математической модели взаимодействия электрического двигателя и гидравлического привода в отдельно взятом замкнутом контуре воспользуемся формулами, приведенными ниже.

Гидравлическая потребляемая мощность для электрогидростатического привода определяется по формуле:

$$N = Q \cdot P_{\text{ном}} \cdot \eta_{\text{об}}, \quad (1)$$

где N — потребляемая мощность отдельного модуля, Вт; Q — действительная подача насоса, м³/с; $\eta_{\text{об}}$ — объемный КПД; $P_{\text{ном}}$ — номинальное давление, Па.

Потребляемая мощность зависит от номинального давления, которое является функцией внешнего сопротивления на рабочем органе (нагрузки) $P = f(F)$.

Действительная подача насоса зависит от частоты вращения электродвигателя $Q = f(n)$. Электродвигатель создает крутящий момент, который определяется с учетом электрических и гидравлических параметров. Так, крутящий момент для электропривода вычисляется по формуле:

$$M = \frac{N_{\text{эл}} \cdot \eta_{\text{эл}}}{\omega}, \quad (2)$$

где M — крутящий момент отдельного модуля, Н/м; $N_{\text{эл}}$ — электрическая мощность, Вт; $\eta_{\text{эл}}$ — КПД электродвигателя; ω — угловая скорость вращения, рад/с.

В электрогидростатических приводах рекомендуется использовать высокомоментные синхронные двигатели с постоянными магнитами. Крутящий момент для гидравлического привода определяется нагрузкой на исполнительный механизм [13, 14]:

$$M = \frac{\Delta P_m \cdot q \cdot \eta}{2\pi}, \quad (3)$$

где M — крутящий момент отдельного модуля, Н/м; ΔP_m — перепад давления на гидромоторе, Па; η — механический КПД; q — рабочий объем гидромотора, м³/об.

Нагрузка, скорость и энергоэффективность, номинальное давление определяют выбор гидравлических компонентов (насоса, гидромотора, управляющей гидроаппаратуры, рабочей жидкости) и схемы управления. Для выбора указанных компонентов необходимо определить их основные параметры. К ним относятся: потребляемая мощность, крутящий момент, рабочее давление, которые характеризуют процесс преобразования энергии.

Методика выбора гидравлических компонентов электрогидростатического привода основывается на выборе оптимальных параметров компонентов данного привода для различных нагрузок. Рабочее давление в гидравлической системе определяется мощностью и рабочим объемом насоса, выбор давления зависит от допустимых напряжений и нагрузки. Насос преобразует вращение электродвигателя в поток жидкости. Выбор насоса осуществляется по рабочему объему [13, 14]:

$$q_n = \frac{N_{\text{нп}}}{P_{\text{ном}} \cdot n_n}, \quad (4)$$

где q_n — рабочий объем насоса, дм³ (дм³/об); $N_{\text{нп}}$ — полезная мощность насоса, кВт; $P_{\text{ном}}$ — номинальное давление, МПа; n_n — частота вращения вала насоса, с⁻¹ (об/с).

Выбор насоса важен, так как он должен эффективно работать на высоких оборотах (с электродвигателем) и часто обеспечивать реверсивность. Подходят аксиально-поршневые, шестеренные, героторные насосы.

Гидродвигатель в составе электрогидростатического привода может быть как вращательного, так и поступательного действия. Гидродвигатель поступательного действия — гидроцилиндр, выступающий исполнительным механизмом, который совершает полезную работу, преобразуя энергию давления рабочей жидкости в линейное перемещение штока.

Диаметр гидроцилиндра входящего в состав электрогидростатического привода определяется по формуле [13, 14]:

$$D = \sqrt{\frac{4Q_{\text{на}}}{\pi V}}, \quad (5)$$

где D — диаметр поршня, м; $Q_{\text{на}}$ — действительная подача насоса, м³/с; V — скорость движения штока, м/с.

Анализ влияния вязкостно-температурных характеристик рабочей жидкости на работу привода в различных режимах является одной из задач исследования.

Выбор рабочей жидкости играет существенную роль в работе гидравлической системы, входящей

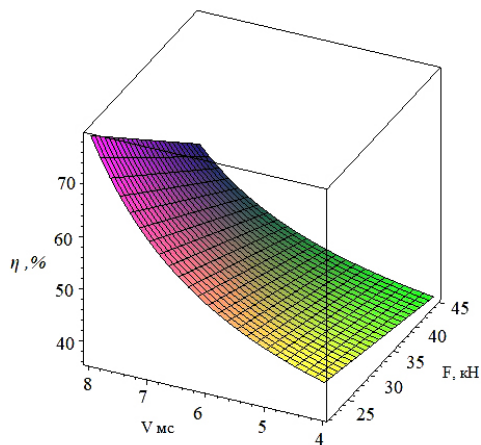


Рис. 3. График зависимости основных критериев эффективной работы электрогидростатического привода от нагрузки F , кН: η — общий КПД, %; V — скорость срабатывания, мс, миллисекунды
Fig. 3. Dependence of the main criteria for the efficient operation of the electrohydrostatic drive from the load F , kN: η — total efficiency, %; V — response speed, ms, milliseconds

в состав электрогидростатического привода, несмотря на то, что данная система является закрытой. Рабочая жидкость выбирается с учетом температуры и ее свойства (плотность, вязкость) зависят от того, в каких температурных диапазонах она будет использоваться [12].

При расчете гидропривода температура окружающей среды оказывает существенное влияние на свойства рабочей жидкости. Зная коэффициент температурного расширения и плотность жидкости при 20 °С можно определить плотность жидкости ρ_t при другой температуре t_i :

$$\rho_t = \frac{\rho}{(1 + \beta(t_i - t))}, \quad (6)$$

где ρ_t — плотность при температуре t_i , кг/м³; ρ — плотность при 20 °С; β — коэффициент температурного расширения 1/°С; t — температура окружающей среды, °С.

Плотность напрямую связана с давлением и вязкостью жидкости, а значит, с другими динамическими характеристиками электрогидростатического привода [14, 15].

Тепловой анализ с оценкой нагрева жидкости и двигателя электрогидростатического привода является одним из самых важных, так как данный привод — закрытая система с малым объемом рабочей жидкости, перегрев которой может привести к выходу из строя уплотнений, изменению свойств рабочей жидкости и к потере точности позиционирования привода.

Тепловой расчет ведется на основе уравнения теплового баланса:

$$Q_{\text{выд}} = Q_{\text{отв}}, \quad (7)$$

где $Q_{\text{выд}}$ — количество тепла, выделяемого в единицу времени (тепловой поток), Вт; $Q_{\text{отв}}$ — количество тепла, отводимого в единицу времени, Вт.

Так как система является закрытой, в ней необходимо предусмотреть компенсационный бак — небольшой резервуар для хранения запаса масла

и компенсации температурных расширений. Для защиты от перегрузок в гидравлической системе необходим блок клапанов, а для управления двигателем используется электроника, которая имеет свои характеристики (частотные, скоростные).

Оптимальные параметры и характеристики гидравлической системы в разных диапазонах могут быть определены на базе приведенной методики расчета. Кроме того, можно определить критерии эффективной работы всего электрогидростатического привода.

Результаты

В основе разработанной методики расчета электрогидростатического привода лежит определение требований: необходимой мощности, крутящего момента, необходимого давления, теплового режима. В результате выявляются основные критерии эффективной работы указанного привода: предельная действительная скорость выхода штока (скорость срабатывания), КПД общий, удельная мощность привода.

Предельную действительную скорость выхода штока (скорость срабатывания) определяют по формуле:

$$V_A = \frac{Q_{\text{на}}}{S_{\text{эф}}}, \quad (8)$$

где V_A — предельная действительная скорость выхода штока, м/с; $Q_{\text{на}}$ — действительная подача насоса, $Q_{\text{на}} = f(n)$, м³/с, здесь n — частота вращения электродвигателя; $S_{\text{эф}}$ — эффективная площадь поршня, м², $S_{\text{эф}} = \pi \cdot D^2/4$ — для поршневой рабочей полости, $S_{\text{эф}} = \pi/4 \cdot (D^2 - d^2)$ — для штоковой рабочей полости, здесь D и d — стандартные значения диаметров поршня и штока гидроцилиндра соответственно.

Таким образом, управление скоростью идет через обороты электродвигателя.

Общий КПД определяется отношением полезной механической мощности на выходе к потребляемой электрической мощности и является функцией плотности и температуры $\eta = f(\rho, t)$:



Рис. 4. Блок-схема алгоритма проектирования электрогидростатического привода
Fig. 4. Block diagram of the electrohydrostatic drive design algorithm

$$\eta = \frac{N_m}{N}. \quad (9)$$

Потребляемая электрическая мощность зависит, в свою очередь, от КПД электродвигателя и от инерционных характеристик системы (затрат на переходные процессы и разгоны).

Удельная мощность — отношение развиваемой мощности к массе привода:

$$N_{\text{уд}} = \frac{N}{m}, \quad (10)$$

где N — мощность развиваемая, Вт; m — масса привода, кг.

Масса привода складывается из масс его отдельных элементов.

Таким образом, электрические и гидравлические параметры взаимосвязаны и могут регулироваться в зависимости от необходимых условий.

На рис. 3 приведен график зависимости основных критериев эффективной работы электрогидростатического привода: энергоэффективности (КПД) и скорости от заданной нагрузки.

На рис. 4 изображена блок-схема алгоритма проектирования электрогидростатического привода, который отличается от проектирования классического гидропривода тем, что электрические и гидравлические компоненты в нем максимально интегрированы и взаимосвязаны.

Таким образом, на основе разработанной методики расчета был создан алгоритм проектирования электрогидростатического привода, который объединяет динамические параметры гидравлического и электрического приводов, систем управления, а также учитывает все необходимые требования.

Заключение

В результате проведенной работы были выявлены основные зависимости, влияющие на характеристики электрогидростатического привода наземных транспортно-технологических комплексов, к которым относятся дорожно-строительные машины. Цель исследования была достигнута, так как применение указанного типа привода позволит существенно повысить общую эффективность рабочих процессов дорожно-строительных машин.

Поставленные задачи были решены за счет разработки методики расчета электрогидростатического привода; выявления взаимосвязи между электрическими и гидравлическими параметрами электрогидростатического привода; исследования влияния вязкостно-температурных характеристик рабочей жидкости на работу привода; разработки алгоритма проектирования.

Проведенный сравнительный анализ приводов (электрогидравлического, гидравлического, электрического), их основных характеристик (скорости, энергоэффективности, нагрузки) доказывает то, что возможность перехода на электрогидростатический привод исключает недостатки гидравлического и электрического приводов, а также является наиболее перспективным благодаря высокой скорости срабатывания, точности позиционирования и высокой энергоэффективности.

Скорость срабатывания — очень быстрая в мс (гидравлическом и электрическом приводе в с); точность позиционирования — очень высокая

и не зависит от потерь. Использование цифровых гидравлических систем, интеграция датчиков, микроконтроллеров и программного обеспечения позволяют точно контролировать и регулировать параметры привода в реальном времени, что открывает возможности для оптимизации производительности и удаленного мониторинга дорожно-строительных машин.

Приведенные новые разработки в области гидропривода дорожно-строительных машин, а именно возможность применения электрогидростатического привода, направлены на повышение производительности, эффективности, надежности, экологичности дорожно-строительных машин и на расширение области их применения.

Более того, можно сделать вывод, что современному инженеру необходимы знания в области гидравлики, электротехники и автоматического управления, а также в области информационных технологий, так как проектирование, моделирование и создание дорожно-строительных машин основываются на цифровых технологиях, где необходимо учитывать области применения машин и условия их эксплуатации.

Список источников / References

1. Копачев П. Ю., Кузьменков С. М., Алексеев И. С. Автономные электрогидростатические приводы // Тезисы докладов 55-й Международной научно-технической конференции преподавателей и студентов. Витебск: Витебский государственный технологический университет, 2022. С. 237–238. EDN: KDRWQP.
2. Копачев П. Ю., Кузьменков С. М., Алексеев И. С. Autonomous electrohydrostatic drives. *Tezisy Dokladov 55-y Mezhdunarodnoy Nauchno-Tekhnicheskoy Konferentsii Prepodavateley i Studentov*. Vitebsk, 2022. P. 237–238. EDN: KDRWQP. (In Russ.).
3. Дони В. Автономные моноблочные электрогидростатические приводы как исполнительные модули полностью электрифицированных робототехнических комплексов // Новые научные исследования: сборник статей VII Международной научно-практической конференции. Пенза: Наука и Просвещение, 2022. С. 44–47. EDN: CMFYNX.
4. Doni V. Autonomous monoblock electrohydrostatic actuators as executive modules of fully electricized robotic complexes. *Novyye Nauchnyye Issledovaniya*. Penza, 2022. P. 44–47. EDN: CMFYNX. (In Russ.).
5. Полковников В. А., Селиванов А. М. Определение энергетических характеристик исполнительных механизмов электрогидростатических следящих приводов // Известия Российской академии наук. Теория и системы управления. 2003. № 6. С. 161–167. EDN: ONOAFN.
6. Polkovnikov V. A., Selivanov A. M. Determination of energetic characteristics of servo actuators of electric hydrostatic servo drives of aircraft. *Journal of Computer and Systems Sciences International*. 2003;6:161–167. EDN: ONOAFN. (In Russ.).
7. Селиванов А. М., Алексеенков А. С., Найденов А. В. Перспективы развития автономных электрогидравлических приводов // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2011. № 5-1. С. 359–364. EDN: PWNZWR.
8. Selivanov A. M., Alekseyenkov A. S., Naydenov A. V. Prospects of autonomous electrohydraulic drive. *News of the Tula State University. Technical Sciences*. 2011;5-1:359–364. EDN: PWNZWR. (In Russ.).
9. Desta A. B., Kovalev M. A. Development of a model of descriptive languages for recognizing the state of the working fluid of aircraft hydraulic systems. *Components of Scientific and Technological Progress*. 2022;7(73):11–16. EDN: HFFBLH.

6. Смирнов С. А., Горшкова Н. А. Методика проектирования гидроприводов на примере гидропривода подъемно-мачтового устройства // Системный анализ и прикладная информатика. 2017. № 4. С. 21 – 26. EDN: YUZQYJ.

Smirnov S. A., Gorshkova N. A. The method of designing hydraulic drives on the example of a hydraulic drive of a lifting-mast device. *System Analysis and Applied Information Science*. 2017;4:21 – 26. EDN: YUZQYJ. (In Russ.).

7. Тихонов Н. Ф., Надеждина О. А. Применение электрогидростатического привода в мехатронных системах сельскохозяйственной техники // Высокие технологии и инновации в науке: сборник избранных статей международной научной конференции. Санкт-Петербург: ГНИИ «Нацразвитие», 2020. С. 90 – 93. EDN: IDXUBJ.

Tikhonov N. F., Nadezhdina O. A. Application of an electrohydrostatic drive in mechatronic systems of agricultural machinery. *High Technologies and Innovations in Science*. Saint Petersburg, 2020. P. 90 – 93. EDN: IDXUBJ. (In Russ.).

8. Маслов Н. А. Имитационное моделирование следящих систем управления гидроприводами путевых, горных, строительных и дорожных машин // Фундаментальные и прикладные вопросы транспорта. 2021. № 2 (3). С. 38 – 43. https://doi.org/10.52170/2712-9195/2021_3_38. EDN: EBXCSQ.

Maslov N. A. Simulation modeling of tracking control systems for hydraulic actuators of tracked, mining, construction, and road machines. *Fundamental and Applied Issues in Transportation*. 2021;2(3):38 – 43. https://doi.org/10.52170/2712-9195/2021_3_38. EDN: EBXCSQ. (In Russ.).

9. Gusentsova Ya. A., Vysotskaya N. D. The method of characteristics for investigation of dynamics of hydraulic drive. *Vestnik Lugansk Vladimir Dahl State University*. 2022; 5(59):66 – 68. EDN: ILXAWQ.

10. Чистоклетов А. А., Пугин К. Г. Оценка технического состояния элементов гидропривода дорожно-строительных машин с использованием современных подходов // Химия. Экология. Урбанистика. 2023. Т. 2. С. 336 – 340. EDN: FVIXGX.

Chistokletov A. A., Pugin K. G. Assessment of the technical condition of the hydraulic drive elements of road construction machines using modern approaches. *Chemistry. Ecology. Urbanistics*. 2023;2:336 – 340. EDN: FVIXGX. (In Russ.).

11. Бурлаченко О. В., Алексиков С. В., Фоменко Н. А. Повышение эффективности защиты гидропривода строительно-дорожных машин // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2016. № 45(64). С. 76 – 85. EDN: WWBOXR.

Burlachenko O. V., Aleksikov S. V., Fomenko N. A. Reliability improvement of the protection system of hydraulic gear of construction and road cars. *Bulletin of the Volgograd State University of Architecture and Civil Engineering. Series "Construction and Architecture"*. 2016;45(64):76 – 85. EDN: WWBOXR. (In Russ.).

12. Гринчар Н. Г., Шилияев Н. А. Влияние низких температур на эксплуатационные характеристики гидропривода // Энерго-ресурсосберегающие технологии и оборудование в дорожной и строительной отраслях: материалы международной научно-практической конференции. Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В. Г. Шухова, 2021. С. 50 – 55. EDN: FPZFAH.

Grinchar N. G., Shilyaev N. A. The influence of low temperatures on the performance characteristics of a hydraulic drive. *Energy-Resource-Saving Technologies and Equipment in the Road and Construction Industries*. Belgorod, 2021. P. 50 – 55. EDN: FPZFAH. (In Russ.).

13. Галдин Н. С., Семенова И. А., Галдин В. Н. Разработка и исследование математических моделей гидравлических рабочих органов экскаваторов: монография. Омск: СибАДИ, 2025. 170 с. ISBN 978-5-00113-261-5. EDN: IQYEZL.

Galdin N. S., Semenova I. A., Galdin V. N. *Razrabotka i issledovaniye matematicheskikh modeley gidravlicheskih*

rabochikh organov ekskavatorov [Development and research of mathematical models of hydraulic excavator working elements]. Омск, 2025. 170 p. ISBN 978-5-00113-261-5. EDN: IQYEZL. (In Russ.).

14. Галдин Н. С., Семенова И. А. Специальное навесное гидравлическое оборудование экскаваторов // Образование. Транспорт. Инновации. Строительство: сборник материалов V Национальной научно-практической конференции. Омск: СибАДИ, 2022. С. 49 – 53. EDN: CXLBIZ.

Galdin N. S., Semenova I. A. Special mounted hydraulic equipment for excavators. *Education. Transport. Innovations. Construction*. Омск, 2022. P. 49 – 53. EDN: CXLBIZ. (In Russ.).

15. Машрапова М. Ә., Тілеуберді Н., Абделі Д. Ж. [және басқалар]. Мұнайдың қайнау температурасы жоғары фракциясын жару сұйықтығы ретінде қолданып қабатты гидравликалық жару // Қазақстанның мұнай-газ саласының хабаршысы. 2023. Т. 5, № 2. Б. 69 – 80. <https://doi.org/10.54859/kjogi108652>. EDN: VRYTBE.

Mashrapova M. A., Tileuberdi N., Abdeli D. Zh. [et al.]. Hydraulic fracturing using highboiling fraction of oil as a fracturing fluid. *Kazakhstan Journal for Oil & Gas Industry*. 2023;5(2):69 – 80. <https://doi.org/10.54859/kjogi108652>. EDN: VRYTBE. (In Kazakh).

Вклад авторов:

Н. С. Галдин. Постановка целей и задач исследования, анализ состояния вопроса, расчет гидравлических компонентов электрогидростатического привода дорожно-строительных машин, оценка результатов разработанной методики расчета и составленного на ее основе алгоритма проектирования данного типа привода.

И. А. Семенова. Проведение обзора существующих электрогидростатических приводов, определение его преимуществ при использовании на дорожно-строительных машинах, формулирование выводов, подготовка текста статьи.

Authors' contribution:

Nikolay S. Galdin. Setting the goals and objectives of the research, analyzing the state of the issue, calculating the hydraulic components of the electrohydrostatic drive for road construction machines, evaluating the results of the developed calculation methodology and the design algorithm for this type of drive.

Irina A. Semenova. Review of existing electrohydrostatic drives, determination of their advantages for road construction machines, formulation of conclusions, preparation of the text.

Информация об авторах:

ГАЛДИН Николай Семенович, доктор технических наук, профессор (Россия), профессор кафедры «Строительная подъемно-транспортная нефтегазовая техника» Сибирского государственного автомобильно-дорожного университета (СибАДИ), г. Омск. SPIN-код: 5739-0183

AuthorID (РИНЦ): 293924

ORCID: 0000-0001-8945-1542

e-mail: galdin_ns@sibadi.org

СЕМЕНОВА Ирина Анатольевна, кандидат технических наук, доцент (Россия), доцент кафедры «Строительная подъемно-транспортная нефтегазовая техника» СибАДИ, г. Омск. SPIN-код: 1617-7725

AuthorID (РИНЦ): 664140

e-mail: semenova_ia@mail.ru

Прозрачность финансовой деятельности: авторы не имеют финансовой заинтересованности в пред-

ставленных материалах и методах. Конфликт интересов отсутствует.

Авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

Статья поступила в редакцию 04.02.2026; одобрена после рецензирования 20.02.2026; принята к публикации 06.03.2026.

Information about the authors:

GALDIN Nikolay Semenovich, Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of the Construction, Lifting and Transport, Oil and Gas Equipment Department, Siberian State Automobile and Highway University, Omsk.

SPIN-code: 5739-0183

AuthorID (RSCI): 293924

ORCID: 0000-0001-8945-1542

e-mail: galdin_ns@sibadi.org

SEMENOVA Irina Anatol'yevna, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Construction, Lifting and Transport, Oil and Gas Equipment Department, Siberian State Automobile and Highway University, Omsk.

SPIN-code: 1617-7725

AuthorID (RSCI): 664140

e-mail: semenova_ia@mail.ru

Financial transparency: the authors have no financial interest in the presented materials or methods. There is no conflict of interest.

The authors have read and approved the final manuscript.

The article was submitted 04.02.2026; approved after reviewing 20.02.2026; accepted for publication 06.03.2026.