

Гребеньков Дмитрий Васильевич

**ВЛИЯНИЕ ВЯЗКОСТИ РАБОЧЕЙ ЖИДКОСТИ НА КПД ГИДРОДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОГО  
ВЫПРЯМИТЕЛЯ МОМЕНТА ИНЕРЦИОННОЙ АВТОМАТИЧЕСКОЙ ПЕРЕДАЧИ**

В статье представлены результаты исследования влияния вязкости рабочей жидкости на работоспособность гидродифференциального выпрямителя момента инерционной передачи, состоящего из дифференциального ряда и двух объемных гидромашин, выполняющих функции муфт свободного хода. Приведены расчетные зависимости для определения объемных потерь в гидромашине и вязкости гидравлических масел, с помощью которых возможно подобрать оптимальную рабочую жидкость для обеспечения максимального значения КПД передачи.

Адрес статьи: [www.gramota.net/materials/1/2016/12/9.html](http://www.gramota.net/materials/1/2016/12/9.html)

Статья опубликована в авторской редакции и отражает точку зрения автора(ов) по рассматриваемому вопросу.

Источник

**Альманах современной науки и образования**

Тамбов: Грамота, 2016. № 12 (114). С. 35-38. ISSN 1993-5552.

Адрес журнала: [www.gramota.net/editions/1.html](http://www.gramota.net/editions/1.html)

Содержание данного номера журнала: [www.gramota.net/materials/1/2016/12/](http://www.gramota.net/materials/1/2016/12/)

**© Издательство "Грамота"**

Информация о возможности публикации статей в журнале размещена на Интернет сайте издательства: [www.gramota.net](http://www.gramota.net)

Вопросы, связанные с публикациями научных материалов, редакция просит направлять на адрес: [almanac@gramota.net](mailto:almanac@gramota.net)

установок с концентраторами излучения наиболее эффективными являются параболический концентратор и солнечные башни, которые успешно показали себя на практике в некоторых странах мира. Для устройств со следящей системой продуктивнее применять схемы на базе микроконтроллеров, которые намного упрощают сборку и уже заранее запрограммированы на слежение за Солнцем.

Все описанные выше технологии имеют общую цель: повысить эффективность солнечных панелей, чтобы сделать их более конкурентоспособными и доступными, обеспечить эффективную окупаемость, уменьшить использование ископаемых источников топлива в пользу солнечной энергии, решить проблему дефицита ресурсов.

#### Список литературы

1. **Ахметшин А. Т.** Повышение эффективности автономных солнечных фотоэлектрических установок для электроснабжения сельскохозяйственных потребителей: дисс. ... к.т.н. Уфа, 2016. 172 с.
2. **Кашкаров А.** Солнечные батареи и модули как источники питания // Современная электроника. 2015. № 5. С. 8-15.
3. **Контроллеры для солнечных батарей с алгоритмом слежения за точной максимальной мощностью** [Электронный ресурс]. URL: <http://www.solarhome.ru/control/mppt/> (дата обращения: 03.01.2017).
4. **Слежение за солнцем: солнечный трекер, солнечный контроллер МРРТ** [Электронный ресурс]. URL: <https://alterativenergy.ru/solnechnaya-energetika/888-kak-poluchat-bolshe-energii-solntsa-solnechnyyi-treker-solnechnyyi-kontroller.html> (дата обращения: 03.01.2017).
5. **Солнечный концентратор: виды и конструктивные особенности** [Электронный ресурс]. URL: <http://ampersite.ru/sovetu-elektrika/solnechnyj-kontsentratore-vidy-i-konstruktivnye-osobennosti.html> (дата обращения: 03.01.2017).
6. **Шняков Ю. А., Шурыгин Ю. А., Аркатова О. Е.** Повышение энергетической эффективности автономных фотоэлектрических энергетических установок // Электроника, измерительная техника, радиотехника и связь. 2010. № 2. С. 102-107.
7. **The Other Kind of Solar Power** [Электронный ресурс]. URL: <http://www.economist.com/node/13725855> (дата обращения: 03.01.2017).
8. **Yinghao Chu.** Review and Comparison of Different Solar Energy Technologies [Электронный ресурс]. URL: <http://www.geni.org/globalenergy/research/review-and-comparison-of-solar-technologies/Review-and-Comparison-of-Different-Solar-Technologies.pdf> (дата обращения: 13.01.2017).

#### SYSTEMS OF INCREASING SOLAR BATTERIES EFFICIENCY

**Galimullina Elina Emilevna**

**Abzalilova Yuliya Ramilevna**

*Ufa State Aviation Technical University*

*elinagalimullina@yandex.ru; abzalilova00@mail.ru*

The article discusses various methods of increasing solar panels efficiency: through the use of new materials, installation of solar concentrators and sun tracking technology. The paper reveals causes, why solar power is not yet able to compete with the main methods of electric power production. Each method is substantiated, analyzed in terms of its advantages and disadvantages. On this basis the authors make a general conclusion and select the most effective technologies known today.

*Key words and phrases:* solar panels; increasing efficiency; solar energy; radiation concentrator; Sun tracking system; solar power; photocell.

УДК 629.113

**Технические науки**

*В статье представлены результаты исследования влияния вязкости рабочей жидкости на работоспособность гидродифференциального выпрямителя момента инерционной передачи, состоящего из дифференциального ряда и двух объёмных гидромашин, выполняющих функции муфт свободного хода. Приведены расчетные зависимости для определения объёмных потерь в гидромашине и вязкости гидравлических масел, с помощью которых возможно подобрать оптимальную рабочую жидкость для обеспечения максимального значения КПД передачи.*

*Ключевые слова и фразы:* гидродифференциальный выпрямитель момента; инерционный трансформатор вращающего момента; гидромашинa; рабочая жидкость; гидравлическая муфта свободного хода; вязкость; утечки рабочей жидкости.

**Гребеньков Дмитрий Васильевич**, к.т.н., доцент

*Липецкий государственный технический университет*

*greben80@rambler.ru*

#### ВЛИЯНИЕ ВЯЗКОСТИ РАБОЧЕЙ ЖИДКОСТИ НА КПД ГИДРОДИФФЕРЕНЦИАЛЬНОГО ВЫПРЯМИТЕЛЯ МОМЕНТА ИНЕРЦИОННОЙ АВТОМАТИЧЕСКОЙ ПЕРЕДАЧИ

В автомобилестроении используют автоматический бесступенчатый привод от двигателя к ведущим колесам. С увеличением автомобильного парка и интенсивности движения простота и удобство управления,

улучшение тягово-скоростных и топливно-экономических характеристик автомобилей приобретают перво-степенное значение, как и повышение их эффективности и производительности при одновременном снижении удельной металлоёмкости и уменьшении габаритных размеров.

В связи с этим наблюдается постоянный интерес к применению инерционного трансформатора вращающего момента (ИТВМ) в автоматических приводах транспортных и тяговых машин (ТТМ). Потенциальные возможности таких передач, изначально заложенные физической сущностью протекающих процессов в ИТВМ, и маленький опыт их применения в автомобилестроении диктуют актуальность и значимость данной проблемы в перспективе, как с практической, так и с научной точки зрения [8, с. 3].

В настоящее время ИТВМ не получили массового применения в автомобилестроении по причине малой надёжности выпрямителя инерционного момента, состоящего из двух механизмов свободного хода (МСХ), в которых быстро изнашиваются и разрушаются тела заклинивания. С целью повышения надёжности ИТВМ разработан оригинальный гидродифференциальный выпрямитель момента (ГВМ), в конструкции которого в качестве МСХ используются шестеренные гидромашины, а телом заклинивания является гидравлическая жидкость [6, с. 26].

Специфика работы шестеренного насоса в качестве МСХ требует обеспечения постоянного присутствия рабочей жидкости во всасывающей и нагнетательной полостях для возможности нагружения прямым импульсом или «запирания» обратным клапаном при различных углах поворота ведущего вала инерционной передачи [12, с. 34]. Кроме того, гидропривод должен обладать механической жесткостью по отношению к нагрузке. Этот фактор возможно обеспечить высоким значением модуля упругости рабочей жидкости и герметичностью гидроагрегата. Наибольшее влияние на механическую жесткость гидроМСХ оказывает герметичность, определяющаяся наличием и величиной внутренних зазоров в гидромашине [11, с. 104].

Внутренние утечки рабочей жидкости  $Q_{ут}$  – важная характеристика гидромашин с точки зрения ее применимости в качестве гидроМСХ в гидродифференциальном выпрямителе момента инерционной передачи. Это объясняется тем, что при «запирании» обратным клапаном вал шестеренного насоса продолжает вращаться с небольшой скоростью [3, с. 75]. Так как крутящий момент на валу гидроМСХ достигает больших значений (в стоповом режиме он в несколько раз больше максимального момента двигателя), то даже при небольшой скорости вращения мощность, расходуемая на дросселирование рабочей жидкости через внутренние зазоры в гидроМСХ, заметно снижает КПД ГВМ [5, с. 22].

Экспериментально установлено, что утечки рабочей жидкости через зазоры гидравлических машин изменяются практически прямо пропорционально средней скорости течения жидкости в зазоре, согласно чему выражение для определения утечек представим в виде [10, с. 90]:

$$Q_{ут} = v_{cp} S b, \quad (1)$$

где  $b$  – ширина зубчатого колеса, т.е. длина зазора в направлении, перпендикулярном движению потока жидкости;  $S$  – величина зазора;  $v_{cp}$  – средняя скорость течения жидкости в зазоре [2, с. 46]:

$$v_{cp} = \frac{S^2 \Delta p}{12 \mu l}, \quad (2)$$

где  $\Delta p$  – перепад давления в напорном узле гидромашин;  $\mu$  – вязкость жидкости;  $l$  – длина зазора в направлении движения жидкости.

Рабочая жидкость в гидроМСХ является телом заклинивания и поэтому к ней предъявляются жесткие требования.

Согласно выражению (2), чтобы снизить величину внутренних утечек рабочей жидкости в гидроМСХ и, как следствие, повысить КПД ГВМ, необходимо в качестве рабочей жидкости использовать гидравлическое масло с наибольшей вязкостью.

Вязкость рабочей жидкости, под которой понимается её свойство оказывать сопротивление деформации сдвига, является одной из наиболее важных характеристик для расчета и проектирования объёмных гидравлических машин и их применения в качестве гидроМСХ. От вязкости жидкости зависят объёмные потери в гидромашине, а также возможность сохранять работоспособность гидропривода при высоких и низких температурах.

Вязкость рабочей жидкости зависит от величины давления и температуры, а также от строения углеводородов и химического состава. К вязкости рабочей жидкости на разных этапах функционального цикла гидроМСХ предъявляются различные требования. При заклинивании вязкость должна быть наименьшей, что необходимо для быстрого закрытия обратного клапана ГВМ. В противном случае клапан под действием пружины не сможет преодолеть сопротивление вязкой жидкости и закроется с опозданием под действием обратного тока жидкости, когда вал гидромашин начинает вращаться в направлении, обратном холостому прокручиванию. При этом кинетическая энергия вращающихся масс, связанных с валом гидромашин, при закрытии клапана практически мгновенно поглощается сжимаемой рабочей жидкостью и упруго-скручивающимися элементами привода гидроМСХ, что вызывает многократное превышение максимального давления в гидросистеме и максимальных напряжений в механическом приводе. Таким образом, вязкость во избежание ударного включения гидроМСХ должна быть наименьшей.

При рабочем ходе, для уменьшения мощности, потерянной с утечками  $N_{ут}$  в гидромашине, вязкость жидкости, напротив, должна быть высокой [7, с. 20]:

$$N_{ут} = \frac{M_T Q_{ут}}{V}, \quad (3)$$

где  $M_T$  – тормозной момент на валу гидромашин.

Это объясняется снижением объемного КПД и соответствующим увеличением утечек  $Q_{ут}$  рабочей жидкости через зазоры в гидромашине при снижении вязкости последней [14, с. 75].

Так как в качестве базового узла гидроМСХ используется шестеренная гидромашин, вязкость рабочей жидкости при любой возможно высокой рабочей температуре последней не должна быть менее  $80 \text{ мм}^2/\text{с}$  (Рис. 1).

Для большинства известных жидкостей вязкость зависит от величины давления, увеличиваясь с повышением последнего, причем данная зависимость будет различной для разных температур.

Вязкость минеральных масел изменяется при увеличении или уменьшении давления в гидросистеме практически линейно в диапазоне небольших давлений (от 0 до 3-4 МПа).

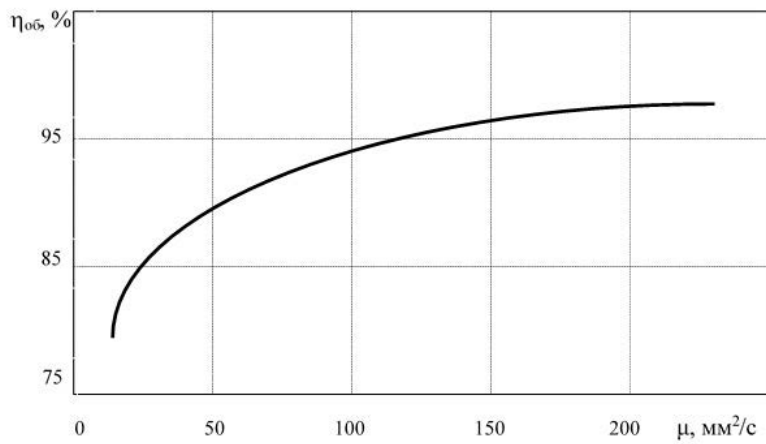


Рис. 1. Зависимость объемного КПД гидроМСХ от вязкости масла

В практических расчетах для определения зависимости вязкости рабочих жидкостей, применяемых в гидротопередачах, от давления (от 0 до 5 МПа) можно воспользоваться эмпирическим уравнением [9, с. 78]:

$$\mu_p = (1 + 0,003p) \mu, \quad (4)$$

где  $\mu_p$  и  $\mu$  – вязкость жидкости соответственно при давлении  $p$  и атмосферном;  $p$  – давление рабочей жидкости.

При расчете утечек рабочей жидкости через конструктивные зазоры гидроМСХ следует учитывать изменение вязкости при изменении величины давления, так как данный фактор в некоторых случаях может полностью компенсировать увеличение утечек, обусловленных увеличением под давлением конструктивных зазоров [13, с. 12].

Для разных по составу рабочих жидкостей зависимость вязкости от температуры различна. Вязкостно-температурная зависимость для рабочих жидкостей на нефтяной основе в диапазоне от  $+50^\circ\text{C}$  до температуры начала застывания имеет следующий эмпирический вид [1, с. 89]:

$$\mu_{ж} = \mu_{50} \exp\left(\frac{A}{T_{ж}^a}\right), \quad (5)$$

где  $\mu_{ж}$  – среднее значение кинематической вязкости при температуре  $T_{ж}$  (К);  $\mu_{50}$  – кинематическая вязкость жидкости при  $+50^\circ\text{C}$ ;  $A$  и  $a$  – коэффициенты аппроксимирующих кривых.

Таблица 1.

Данные для расчета вязкости гидравлических масел

Рабочая жидкость	ВМГЗ	АМГ-10	МГ-20	МГ-30
$A \cdot 10^{-8}$	10,98	10,82	40	94
$a$	3,06	3,06	3,77	3,91
$\mu_{50}$ , $\text{мм}^2/\text{с}$	10	11	21	28

Анализируя выражение (5) и данные Таблицы 1, становится очевидно, что при температуре  $T_{ж} = 50^{\circ}\text{C}$  применение в гидродифференциальном выпрямителе момента приведенных гидравлических масел наибольшее падение объемного КПД гидроМСХ, вызванное большими утечками в качающем узле из-за низкой вязкости рабочей жидкости, будет наблюдаться при использовании ВМГЗ, а наименьшее – при МГ-30. С другой стороны, при повышении вязкости рабочей жидкости увеличивается гидравлическое сопротивление всасывающей магистрали и обратного клапана, что также отрицательным образом сказывается на работоспособности ГВМ [4, с. 190].

Таким образом, выбирать рабочую жидкость необходимо с учетом максимально возможного значения объемного КПД шестеренного насоса и обеспечения минимального гидравлического сопротивления магистрали с учетом интервала изменений рабочей температуры в гидросистеме выпрямителя момента.

По результатам теоретических и экспериментальных исследований представлены выражения, позволяющие определить вязкость различных гидравлических масел, а также подобрать оптимальную рабочую жидкость для обеспечения максимального значения КПД ГВМ и всей передачи в целом.

#### Список литературы

1. **Баженов С. П., Гребеньков Д. В.** Анализ показателей и характеристик объёмных гидромашин с точки зрения применимости в инерционном гидродифференциальном трансформаторе вращающего момента // “TRANS & MOTAUTO’04”: тез. докл. междунар. конф. Пловдив, 2004. С. 88-92.
2. **Баженов С. П., Гребеньков Д. В.** Обоснование параметров гидросистемы выпрямителя момента инерционной бесступенчатой автоматической передачи // Современные наукоемкие технологии. 2004. № 1.
3. **Баженов С. П., Гребеньков Д. В.** Объёмные утечки в гидравлических механизмах свободного хода // Успехи современного естествознания. 2003. № 4. С. 74-75.
4. **Баженов С. П., Новожилов Б. А., Гребеньков Д. В.** Экспериментальное исследование характеристик гидродифференциального выпрямителя момента инерционной бесступенчатой автоматической передачи // Механика и процессы управления моторно-трансмиссионных систем транспортных машин: тез. докл. Всероссийск. науч.-техн. конф. Курган, 2003. С. 189-191.
5. **Гребеньков Д. В.** Влияние точности изготовления шестеренных насосов на величину внутренней утечки в инерционном гидродифференциальном выпрямителе момента // Вестник современной науки. 2016. № 3-1. С. 21-24.
6. **Гребеньков Д. В.** Выбор объёмных гидромашин для гидродифференциального выпрямителя момента инерционной автоматической передачи // Альманах современной науки и образования. 2016. № 9 (111). С. 26-28.
7. **Гребеньков Д. В.** Исследование влияния параметров износа на КПД инерционного гидродифференциального трансформатора вращающего момента // Вестник машиностроения. 2016. № 4. С. 18-22.
8. **Гребеньков Д. В.** Метод прогнозирования технического ресурса инерционной гидродифференциальной автоматической передачи мобильных машин: автореф. дисс. ... к.т.н. М., 2005. 18 с.
9. **Гребеньков Д. В.** Метод прогнозирования технического ресурса инерционной гидродифференциальной автоматической передачи мобильных машин: дисс. ... к.т.н. М., 2005. 167 с.
10. **Гребеньков Д. В.** Параметры, влияющие на величину рабочего давления в гидросистеме инерционного гидродифференциального трансформатора вращающего момента // Новое слово в науке и практике: гипотезы и апробация результатов исследований. 2016. № 22. С. 88-92.
11. **Гребеньков Д. В.** Параметры, влияющие на объёмные утечки в гидравлических муфтах свободного хода инерционного гидродифференциального трансформатора вращающего момента // Наука и современность. 2012. № 15-1. С. 102-107.
12. **Гребеньков Д. В.** Прогнозирование ресурса инерционного гидродифференциального выпрямителя момента мобильной машины // Вестник машиностроения. 2013. № 2. С. 33-36.
13. **Гребеньков Д. В.** Расчет параметров гидросистемы инерционного гидродифференциального выпрямителя момента // Приоритетные научные направления: от теории к практике. 2016. № 24-2. С. 10-15.
14. **Гребеньков Д. В., Баженов С. П.** Влияние износа шестеренных гидромашин на КПД инерционной гидродифференциальной автоматической передачи // Проблемы и достижения автотранспортного комплекса: сборник материалов VIII Всероссийской научно-технической конференции. Екатеринбург: УГТУ – УПИ, 2008. С. 73-75.

#### INFLUENCE OF HYDRAULIC FLUID VISCOSITY ON EFFICIENCY OF THE HYDRO-DIFFERENTIAL MOMENT RECTIFIER OF INERTIA AUTOMATIC TRANSFER

**Greben'kov Dmitrii Vasil'evich**, Ph. D. in Technical Sciences, Associate Professor  
*Lipetsk State Technical University*  
*greben80@rambler.ru*

The article presents the results of the study of influence of hydraulic fluid viscosity on efficiency of the hydro-differential moment rectifier of inertia transfer consisting of the differential range and two volume hydraulic machines that perform the functions of freewheels. The paper provides calculated dependencies for determining bulk losses in hydraulic machines and viscosity of hydraulic oils, with the help of which it is possible to choose optimal hydraulic fluid to ensure maximum transfer efficiency.

*Key words and phrases:* hydro-differential moment rectifier; inertial torque transformer; hydraulic machine; hydraulic fluid; hydraulic freewheel; viscosity; leakage of hydraulic fluid.