

7. Керученко, Л. С. Изменение зазора в запорном сопряжении распылителя форсунки двигателя / Л. С. Керученко, Т. Ю. Гурин, Р. В. Даманский // Сельский механизатор. – 2017. – № 11. – С. 36-37. – EDN ZXMEGT.

УДК 631.33.024.2:633.1:631.559

## **ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗНАШИВАНИЯ ПРЕЦИЗИОННЫХ ПАР РАСПЫЛИТЕЛЕЙ ФОРСУНОК**

*Даманский Роман Викторович, научный сотрудник ФГБНУ «Омский аграрный научный центр», кандидат технических наук.*

***Аннотация:** Описана проблема потери работоспособности прецизионных сопряжений распылителей форсунок дизельных ДВС. Отмечены причины потери работоспособности, связанные с их износом в результате механической нагрузки и кавитации. Установлена необходимость в аналитической зависимости наработки от основных причин изнашивания прецизионных сопряжений распылителей. Приведена модель системы показателей, в которую входят параметры, характеризующие механические свойства и внешние воздействия на поверхностные слои деталей прецизионных пар. Установлена качественная связь между эксплуатационными параметрами двигателя, и процессом изнашивания деталей распылителей параметрами распылителей, позволяющей определить влияние величины зазора запирающего прецизионного сопряжения распылителя и наработку сопряжения распылителя.*

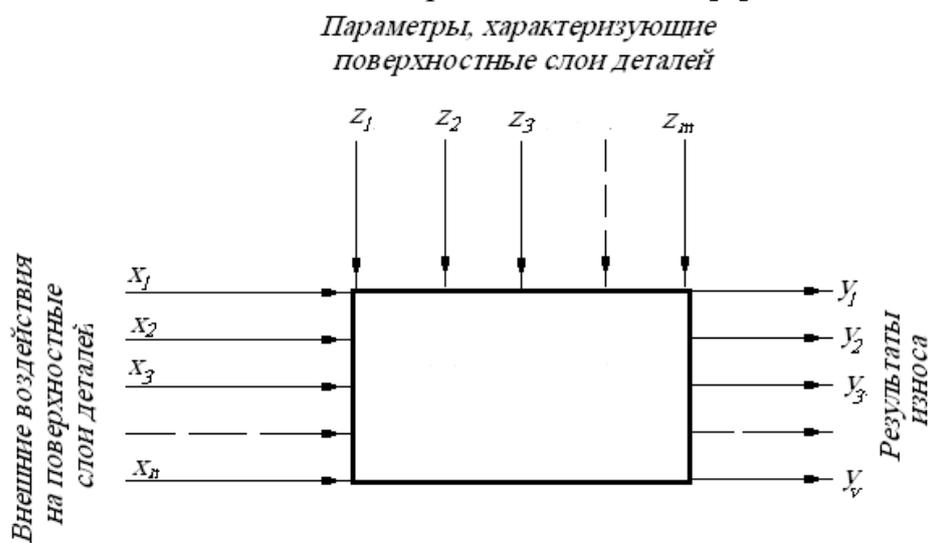
***Ключевые слова:** распылитель, форсунка, прецизионная пара, дизельное топливо.*

Ресурс штифтовых и бесштифтовых распылителей форсунок с гидравлически управляемым запирающим клапаном определяет прецизионная пара. При эксплуатации тракторов в условиях АПК наработка распылителей сравнительно ниже заявленного заводом изготовителей. В процессе эксплуатации прецизионные сопряжения распылителя теряют работоспособность, что оказывает влияние не только на надежность и долговечность работы форсунки, но и на эксплуатационные характеристики двигателя. Нарушение характеристик подачи топлива (давление впрыска, своевременность и продолжительность впрыска, размеры и форма факела распыленного топлива, дисперсность, образующихся в процессе впрыска капель топлива) определяет скорость испарения топлива и воспламенения, полноту сгорания и, как следствие, топливную экономичность.

Потеря работоспособности прецизионных сопряжений распылителя связана с их износом в результате механической нагрузки и кавитации. В этой связи возникает необходимость поиска аналитической зависимости,

позволяющей выполнять расчёты износа прецизионных сопряжений распылителей форсунок, связанных с рядом факторов [1,2,3].

Анализ теоретических исследований показывает, что имеющиеся модели износа не учитывают важнейшего фактора, такого как смазывающее свойство среды, которая оказывает существенное влияние на износ поверхностного слоя прецизионных деталей распылителя. При теоретическом исследовании износа прецизионных сопряжений используется модель (Рисунок 1), включающая систему показателей, в которую входят параметры, характеризующие внешние воздействия на поверхностные слои деталей, и механические свойства поверхностных слоев [4].



**Рис. 1 – Схема системы «игла – корпус распылителя» форсунки**

Входные параметры, характеризующие износ пары «игла – корпус распылителя» обозначены через  $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$ , параметры, характеризующие внутреннюю структуру поверхностного слоя деталей обозначены индексами  $z_1, z_2, z_3, \dots, z_m$  и выходные параметры, характеризующие износ обозначены индексами  $y_1, y_2, y_3, \dots, y_v$ .

Входными параметрами, воздействующими на поверхностный слой деталей, являются следующие параметры: силовые, кинематические, параметры окружающей среды, параметры топлива и т.д. [5]

Параметры, характеризующие структуру поверхностных слоев деталей: пластичность и твердость материала, наличие неровностей различного масштаба: волнистость, микрошероховатость и субмикрошероховатость, высотные характеристики которых охватывают диапазон 0,001...400 мкм дислокации и другие микроскопические дефекты поверхностного слоя, материал деталей.

В процессе эксплуатации форсунок контролируется гидравлическая плотность распылителя, определяемая согласно ГОСТ 10579-2017. Гидравлическая плотность является главным критерием, характеризующим техническое состояние прецизионных пар. Гидроплотность распылителей штифтовых и бесштифтовых с наибольшим диаметром корпуса 17 мм согласно ГОСТ 10579-2017 должна быть не менее 5-7 с при снижении давления от 19,6 до 17,6 МПа (от 200 до 180 кгс/см<sup>2</sup>), и зависит от величины

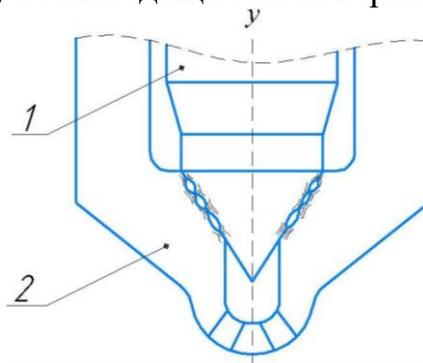
зазора между запирающим устройством и седлом. При оценке долговечности распылителя форсунки, необходимо иметь методику расчёта износа распылителя [6].

Наибольшее влияние на изменение гидравлической плотности распылителя оказывает износ прецизионных сопряжений уплотняющей и направляющей частей распылителя. При эксплуатации сопряжений, их износ зависит от ряда факторов, закономерности износа которых необходимо рассматривать индивидуально.

С целью установления качественной связи между эксплуатационными параметрами двигателя и процессом изнашивания деталей распылителей, в соответствии с известными положениями теории износа, необходимо найти аналитическое решение задачи изменения в процессе износа величины зазора запорного прецизионного сопряжения распылителя, существенно влияющего на процессы тепловыделения в дизельном двигателе, и определить наработку сопряжения распылителя.

Интенсивность износа определяется числом дискретных, случайно расположенных площадок по линии фактического контакта и зависит от приложенной нагрузки. Фактическая поверхность контакта деталей новых распылителей составляет сотые доли от геометрической поверхности контакта запорного пояса, и зависит от вида механической обработки деталей. В точках контакта поверхностного слоя детали распылителя толщиной  $H_y = 20 \dots 60$  мкм возникают напряжения растяжения и сжатия [7].

Таким образом в поверхностном слое деталей распылителя преобладают усталостные напряжения. При многократном ударном воздействии запирающего клапана (иглы) о корпус распылителя форсунки в местах контакта образуются напряжения растяжения и сжатия с образованием микротрещин, не выходящие на поверхность деталей.



1 – игла; 2 – седло корпуса распылителя форсунки.

**Рис. 2 – Схема процесса формирования микротрещин в поверхностном слое сопряжения «игла-корпус распылителя форсунки»**

Представленная на рисунке 2 физическая модель ударного износа с изменением микрогеометрии поверхности деталей распылителя на этапе аварийного изнашивания схематично отображает процесс износа клапана (иглы) и седла корпуса распылителя.

При рассмотрении этапов изнашивания сопряжений распылителя установлено, что износ и изменение проходного сечения на каждом из этапов

зависит от микрогеометрии поверхностного слоя детали, материала детали и действующих напряжений.

Каждый из этапов изнашивания имеет различный характер, и влияет на изменение проходного сечения распылителя.

Качественная связь между эксплуатационными параметрами двигателя, и процессом изнашивания деталей распылителей параметрами окружающей среды позволяет найти аналитическое решение задачи снижения изнашивания сопряжений распылителей, величины зазора запирающего прецизионного сопряжения распылителя, и определить наработку сопряжения распылителя.

Таким образом в поверхностном слое деталей распылителя преобладают усталостные напряжения. При многократном ударном воздействии запирающего клапана (иглы) о корпус распылителя форсунки в местах контакта образуются напряжения растяжения и сжатия с образованием микротрещин, не выходящие на поверхность деталей.

### **Библиографический список**

1. Тракторы и комбайны в сельском хозяйстве Омской области / М. С. Чекусов, Е. М. Михальцов, А. А. Кем [и др.] // Вестник Омского государственного аграрного университета. – 2021. – № 4(44). – С. 251-260. – DOI 10.48136/2222-0364\_2021\_4\_251.

2. Керученко, Л. С. Влияние добавок рапсового масла на противоизносные свойства дизельного топлива / Л. С. Керученко, Р. В. Даманский // Инновационные технологии в АПК, как фактор развития науки в современных условиях : сборник Всероссийской (национальной) научно-практической конференции, Омск, 29 ноября 2019 года. – Омск: Омский государственный аграрный университет имени П.А. Столыпина, 2019. – С. 145-149.

3. Михальцов, Е. М. О целесообразности апробации системы точного земледелия в условиях опытно-производственных хозяйств / Е. М. Михальцов, Р. В. Даманский, А. Н. Шмидт // Информационные технологии, системы и приборы в АПК. АГРОИНФО-2021 : Материалы 8-й Международной научно-практической конференции, р.п. Краснообск, 21–22 октября 2021 года / под ред. В.В. Альта. – Новосибирск - Краснообск: Сибирский федеральный научный центр агробιοтехнологий Российской академии наук, 2021. – С. 304-305. – DOI 10.26898/agroinfo-2021-304-305.

4. Керученко, Л. С. Изменение зазора в запорном сопряжении распылителя форсунки двигателя / Л. С. Керученко, Т. Ю. Гурин, Р. В. Даманский // Сельский механизатор. – 2017. – № 11. – С. 36-37. – EDN ZXMEGT.

5. Keruchenko, L. S. Improvement of antiwear properties of diesel fuels by compounding with additive based on tall and linseed oil / L. S. Keruchenko, R. V. Damanskiy // International Journal of Engineering and Advanced Technology. – 2019. – Vol. 8, No. 5. – P. 2174-2177.

6. Даманский, Р. В. Производство биодизельного топлива / Р. В. Даманский, Л. С. Керученко // Инновационные пути развития животноводства XXI века : Материалы научно-практической (заочной) конференции с международным участием, Омск, 11 декабря 2015 года. – Омск: ИП Макшеевой Е.А., 2015. – С. 73-78.

7. Даманский, Р. В. Исследование параметров износа уплотняющего пояса запорного конуса иглы распылителя форсунки ФД-22 при работе на дизельном топливе с добавкой / Р. В. Даманский, Л. С. Керученко, А. Е. Немцев // Вестник Омского государственного аграрного университета. – 2020. – № 4(40). – С. 118-124.

УДК 631.145

## ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА РАБОТЫ БОРОЗДООБРАЗУЮЩИХ РАБОЧИХ ОРГАНОВ КАТКОВОГО ТИПА

*Габаеа З.Х.* магистрант второго года обучения направления «Агроинженерия», кафедры «Механизация сельского хозяйства». Кабардино-Балкарский ГАУ, г. Нальчик, Россия

Научный руководитель: *Мишхожев В.Х.* к.т.н., зав. кафедрой «Механизация сельского хозяйства». Кабардино-Балкарский ГАУ, г. Нальчик, Россия  
mvkkkk@mail.ru

**Аннотация:** Работа посвящена исследованию процесса работы бороздообразующих рабочих органов посевных машин в работе также рассмотрены вопросы улучшения качества работы посевных машин путем модернизации бороздообразующих рабочих органов в условиях повышенной влажности и засоренности пожнивными остатками почв. Получены аналитические зависимости предлагаемой технологии формирования бороздки для семян.

**Ключевые слова:** сошник, борозда, диск почва.

На основе проведенного анализа существующих технологий заделки семян в почву нами предложена новая технология, для осуществления которой изготовлен новый заделывающий рабочий орган (патент РФ №2511237) [3]. Заделка семян осуществляется в борозду с уплотненными дном и стенками. Борозда клиновидной формы выполняется путем смятия почвы на определенную глубину, так как образуется уплотненное дно, имеющее необходимую ширину для хорошего контакта семян с почвой и уплотненные стенки, наклоненные под заданным углом к дну борозды [1].

Уплотнение дна борозды вызывает подток влаги и питательных веществ к семенам, что увеличивает их всхожесть. Уплотнение стенок борозды не позволяет почве преждевременно осыпаться и закрывает дно борозды. Закрывание семян сверху препятствует испарению влаги и, вместе с тем,