

## ТЕХНИЧЕСКОЕ СОСТОЯНИЕ УПЛОТНИТЕЛЬНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ГИДРОУСИЛИТЕЛЕЙ РУЛЯ ТРАКТОРОВ СЕМЕЙСТВА МТЗ

Михаил Александрович Березин

Национальный исследовательский Мордовский государственный  
университет им. Н.П. Огарева

Надежность современных машинотракторных агрегатов в значительной мере определяется надежностью входящих в их состав гидросистем. В свою очередь, эффективная работа любой гидросистемы возможна только при условии ее полной герметичности. Наибольшее распространение в гидроприводах сельскохозяйственной техники получили эластомерные уплотнители контактного типа, наиболее массовыми из которых являются кольца круглого сечения. В то же время гидросистемы, укомплектованные указанным классом уплотнителей, весьма часто не обеспечивают требуемых ресурсов эксплуатации. Основная причина отказа большинства из них – нарушение герметичности вследствие выхода из строя уплотнительных соединений. Значительное большинство отказов обусловлено конструктивными причинами и связано с ошибками, допущенными на стадии проектирования уплотнительных узлов. Практический интерес, исходя из вышеизложенного, представляет оценка безотказности уплотнительных соединений гидроусилителей руля тракторов, выбор которых в качестве объекта продиктован их низкой надежностью. Исследованы неподвижные уплотнительные соединения корпуса гидроцилиндра, маслопровода и клапанной крышки гидрораспределителя. Уплотнительными элементами в данных соединениях являются резиновые кольца с диаметром сечения  $3 \pm 0,1$  мм различных типоразмеров. Измерение высоты поперечных сечений отработавших колец проводилось в направлении фактической деформации толщиномером ТН 1060Т. Всего было исследовано 60 уплотнительных соединений корпуса гидроцилиндра, 150 соединений маслопроводов и 120 соединений клапанной крышки. В качестве начальной принималась деформация нового резинового кольца в каждом посадочном месте. Согласно полученным данным неработоспособными по критерию накопления критической величины остаточной деформации были признаны 25,7% соединений маслопровода, 26,3% соединений клапанных крышек и 36,8% соединений корпуса гидроцилиндра.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: уплотнение, гидроусилитель руля, утечка, контактное напряжение, деформация, герметичность.

## HEALTH OF THE SEALING JOINTS OF HYDRALIC POWER STEERING OF THE MTZ FAMILY TRACTORS

Mikhail A. Berezin

National Research Ogarev Mordovia State University

The reliability of modern machine-tractor units is largely determined by the reliability of their constituent hydraulic systems. In its turn, efficient operation of any hydraulic system is possible only if it is completely sealed. The most commonly used in hydraulic power drives of agricultural machinery are point-type elastomer seals, and especially round cross-section rings. At the same time, hydraulic systems equipped with the mentioned seals very often don't provide the required service life. The main cause of failure of most of them is a break of tightness due to sealing compounds mortality. A considerable majority of failures are due to structural damage and are associated with errors made at the design stage of sealing units. Based on the foregoing, an assesment of the reliability of the sealing compounds of the hydraulic power steering tractors is of practical interest. The stationary sealing arrangements of the hydraulic cylinder body, oil pipeline and valve cover of the hydraulic control valve were investigated. Sealing elements in these joints are rubber rings with a cross-section diameter of  $3 \pm 0.1$  mm of different body sizes. Measurement of the depth of cross sections of the waste rings was carried out according to actual deformation by the TN 1060T thickness gauge. A total of 60 sealing joints of the hydraulic cylinder body, 150 oil line connections, 120 connections of the valve cover were investigated. As an initial the author considered

type of deformation of a new rubber ring in each seal housing. According to the data obtained, 25.7% of the oil line connections, 26.3% of the valve cover connections and 36.8% of the hydraulic cylinder body connections were classified unfit for duty upon criterion of development of critical value of residual deformation.

KEY WORDS: sealing joint, hydraulic power steering, leakage, bearing pressures, deformation, tightness.

### **В**ведение

Тракторы семейства МТЗ являются самыми распространенными среди отечественных тракторов. По данным Минсельхоза Республики Мордовия, их доля достигает 53% от общего количества используемой техники.

В статистических исследованиях отмечается, что надежность эластомерных деталей на тракторах МТЗ-80/82 существенно ниже, чем на зарубежных аналогах [12]. Анализ опубликованных статистических данных показывает, что на зарубежных машинах наибольшее число отказов приходится на армированные манжеты [2, 3], в то время как на отечественных тракторах - на уплотнительные детали гидросистемы и рулевого управления. При этом отказы уплотнительных элементов при средней наработке 1500 мото-часов составляют до 55% всех отказов, связанных с эластомерными деталями (223 наименования). По ГОСТ 18829-73 («Кольца резиновые уплотнительные круглого сечения для гидравлических и пневматических устройств»)  $\gamma$ -процентный ресурс уплотнителей (при  $\gamma = 95\%$ ) должен быть равен межремонтному ресурсу узлов, то есть не менее 3000 часов [5].

Исходя из вышеизложенного огромный интерес представляет оценка безотказности уплотнительных соединений тракторов, эксплуатируемых в настоящее время. Выбор в качестве объекта исследования гидроусилителей руля (ГУР) продиктован низкой надежностью указанных агрегатов. Так, по данным работы [8], подавляющее большинство гидроусилителей не обеспечивает гарантированных ресурсов эксплуатации, а межремонтная наработка составляет 65–71% от требуемой. В качестве основных причин низкой надежности указаны выход из строя гидрораспределителя, гидроцилиндра (ГЦ), а также износ деталей некоторых сопряжений.

Известно, что работоспособность уплотнительного соединения определяется полнотой перекрытия имеющихся зазоров, заполнение которых обеспечивается созданием контактного напряжения в уплотнителе на его границе с металлической поверхностью. В работе [11] отмечается, что главной причиной снижения контактных напряжений в уплотнительных узлах является накопление уплотнителем остаточной деформации. При этом срок сохранения работоспособности неподвижных уплотнителей при старении определяется продолжительностью накопления 80% остаточной деформации сжатия от ее начального (монтажного) значения [9, 10]. Таким образом, для оценки работоспособности торцевых уплотнительных соединений необходимо проведение измерений глубины канавок и высоты отработавших колец, а радиальных – дополнительно зазора между сопряженными поверхностями.

### **Методика эксперимента**

В рамках работы [1] были исследованы неподвижные уплотнительные соединения корпуса гидроцилиндра, маслопровода и клапанной крышки гидрораспределителя. Уплотнительными элементами в данных соединениях являются резиновые кольца с диаметром сечения  $3 \pm 0,1$  мм типоразмеров (по ГОСТ 9833-73 [6]): 085-090-30-1-4 для уплотнения корпуса гидроцилиндра, 011-016-30-1-4 для уплотнения маслопровода и 020-025-30-1-5 для уплотнения клапанной крышки гидрораспределителя.

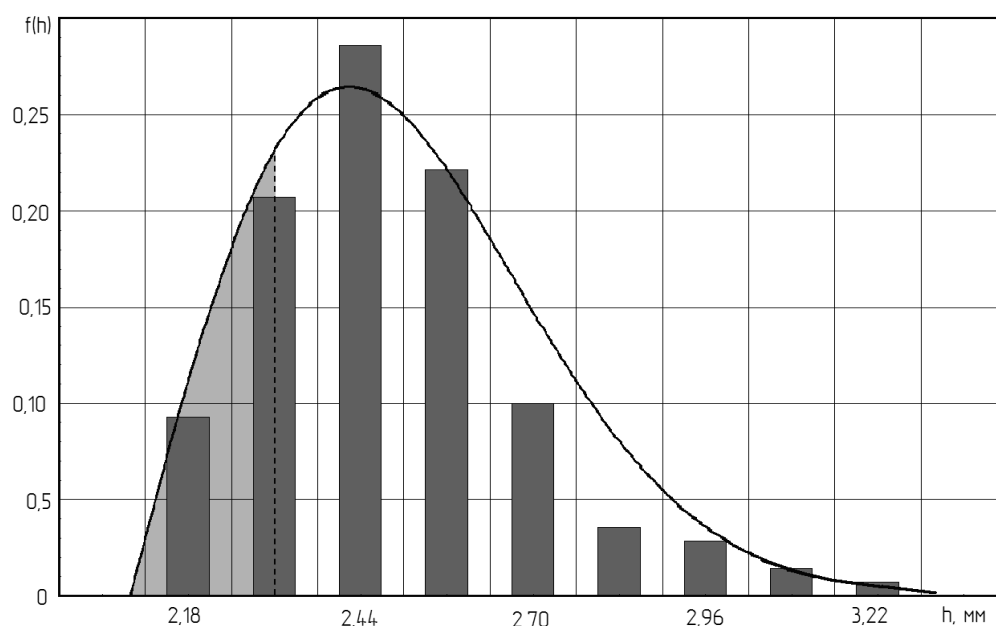
Измерение высоты поперечных сечений отработавших колец проводилось в четырех точках двух перпендикулярно расположенных сечений в направлении фактиче-

ской деформации толщиномером ТН 1060Т ГОСТ 11358-74 с ценой деления 0,01 мм [7]. Методика микрометричных исследований глубины канавок и статистической обработки результатов представлена в [4].

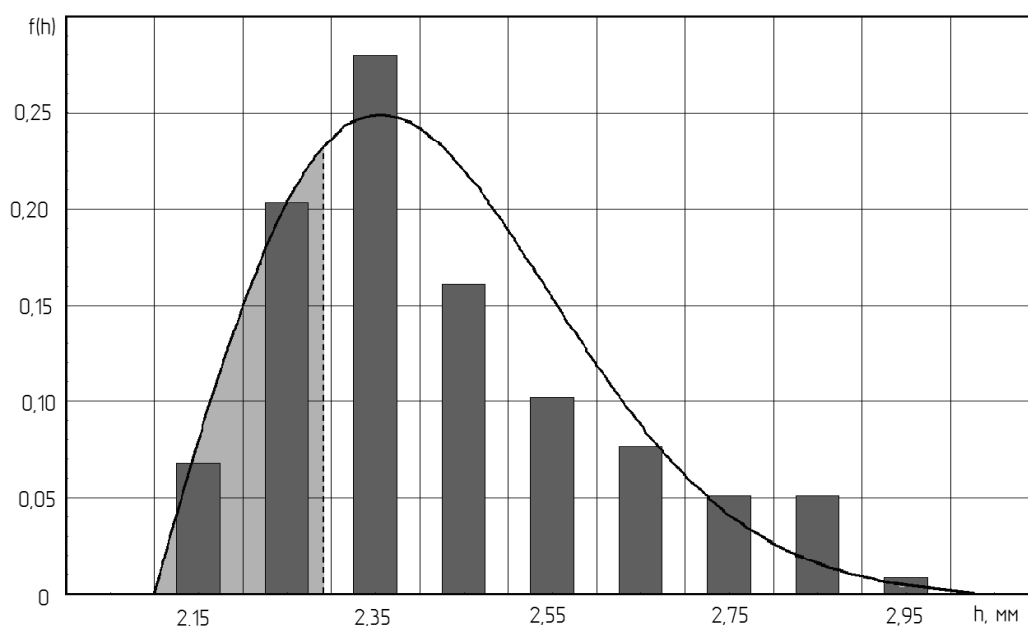
Всего было исследовано 60 уплотнительных соединений корпуса гидроцилиндра, 150 соединений маслопроводов и 120 соединений клапанной крышки. В качестве начальной принималась деформация нового резинового кольца в каждом посадочном месте. Наиболее вероятный размер новых колец каждого типа определен по результатам работы в соответствии с методикой, изложенной в [4].

### Результаты и их обсуждение

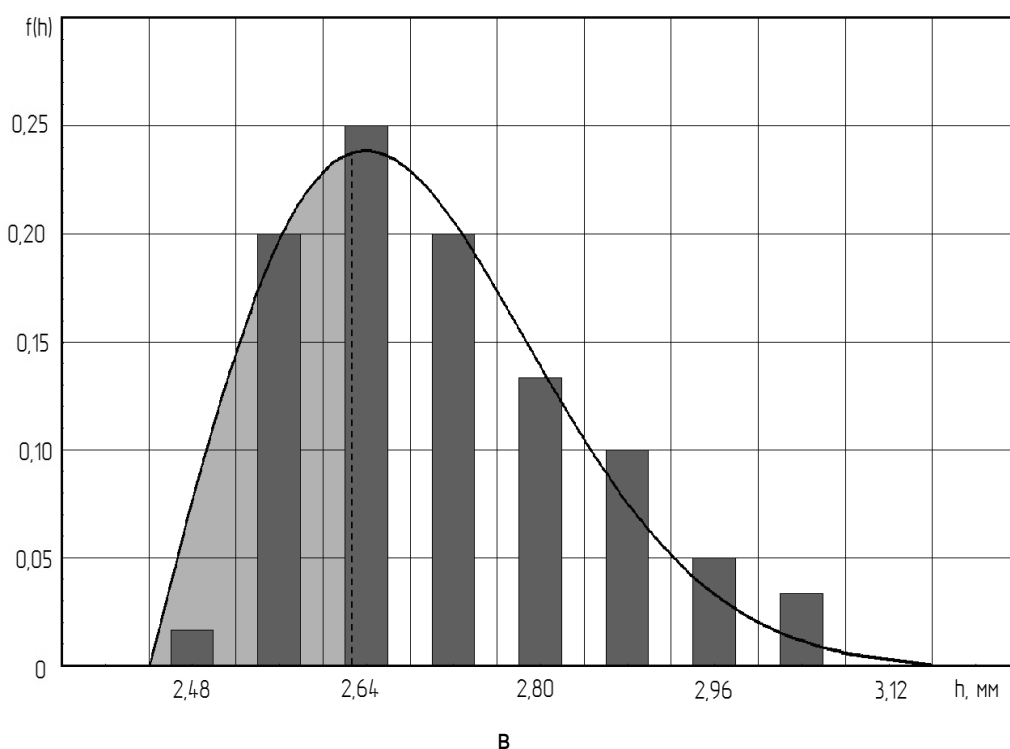
Результаты исследований представлены на рисунке.



а



б



**Дифференциальные функции распределения высоты сечения бывших в эксплуатации уплотнительных колец маслопровода (а), клапанной крышки (б) и корпуса гидроцилиндра (в) (затемненная область слева от пунктирной линии – доля неработоспособных соединений)**

Согласно полученным распределениям неработоспособными по критерию накопления критической величины остаточной деформации следует признать 25,7% соединений маслопровода, 26,3% соединений клапанных крышек и 36,8% соединений корпуса ГЦ. Полученные данные коррелируют с вышеописанными результатами исследований авторов работы [12] с поправкой на то, что в их исследованиях проводилась комплексная оценка безотказности как неподвижных, так и менее долговечных подвижных соединений.

Таким образом, установлено, что в гидроагрегатах, не выработавших межремонтный ресурс, около 30% уплотнительных соединений являются неработоспособными. Следует отметить, что из-за образования адгезионных связей между неподвижным уплотнителем и контртелами такие соединения могут обеспечивать видимую герметичность при отсутствии гидродинамических ударов и значительной пульсации давления рабочей жидкости. Появление таковых в системе неминуемо должно приводить к разрушению указанных связей и тем самым разгерметизации соединений.

### **Выводы**

Причиной относительно быстрого накопления пластических деформаций уплотнителями может быть негативное изменение физико-механических характеристик эластомера (в частности, модуля упругости и времени релаксации) в течение времени эксплуатации, связанное с агрессивностью рабочей жидкости или наличием высоких температур. Изучение указанных изменений для определения закономерностей процессов старения является чрезвычайно актуальной задачей с точки зрения построения корректных математических моделей прогнозирования работоспособности как неподвижных, так и подвижных уплотнительных соединений.

---

## Библиографический список

1. Березин М.А. Повышение долговечности уплотнительных соединений совершенствованием условий контактного взаимодействия в системе «уплотнитель – контртело» : дис. ... канд. техн. наук : 05.20.03 / М.А. Березин. – Саранск, 2006. – 215 с.
2. Буренин В.В. Контактные уплотнения для герметизации подвижных уплотнений гидроцилиндров / В.В. Буренин // Строительные и дорожные машины. – 1997. – № 8. – С. 34.
3. Буренин В.В. Уплотнительные кольца и манжеты для соединений пар вращательного движения / В.В. Буренин // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – 2000. – № 9. – С. 32.
4. Водяков В.Н. Микрометражные исследования элементов уплотнительных узлов агрегатов гидросистем автотракторной техники / В.Н. Водяков, М.А. Березин // Энергоресурсосберегающие технологии и системы в АПК : межвуз. сб. науч. тр. – Саранск : Изд-во «Рузаевский печатник», 2005. – С. 23–27.
5. ГОСТ 18829-73. Кольца резиновые уплотнительные круглого сечения для гидравлических и пневматических устройств. Технические условия (с Изменениями № 1, 2, 3, 4). – Введ. 1975–01–01. – Москва : Изд-во стандартов, 1990. – 28 с.
6. ГОСТ 9833-73. Кольца резиновые уплотнительные круглого сечения для гидравлических и пневматических устройств. Конструкция и размеры (с Изменениями № 1, 2, 3). – Введ. 1978–01–01. – Москва : Изд-во стандартов, 1998. – 60 с.
7. ГОСТ 11358-89. Толщиномеры и стенкомеры индикаторные с ценой деления 0,01 и 0,1 мм. Технические условия (с Изменением № 1). – Введ. 1990–01–01. – Москва : Стандартинформ, 1989. – 7 с.
8. Давыдкин А.М. Методические предпосылки исследования технического состояния золотниковых пар гидроусилителей руля / А.М. Давыдкин // Повышение эффективности функционирования механических и энергетических систем : сб. науч. тр. Международ. науч.-техн. конф. – Саранск : Типография «Красный Октябрь», 2004. – С. 105–109.
9. Изучение свойств уплотнительных резин при длительном старении в контакте с металлом / Т.Г. Дегтева, И.М. Грановская, В.М. Гудкова, А.А. Донцов // Каучук и резина. – 1979. – № 4. – С. 26–30.
10. Исследование работоспособности уплотнителей при одновременном воздействии вакуума и воздуха повышенного давления / А.А. Сачко, В.Н. Савойский, А.С. Кузьминский, Н.В. Васильев // Каучук и резина. – 1981. – № 2. – С. 41–44.
11. Косенкова А.С. Прогнозирование сроков сохранения работоспособности уплотнительных резиновых деталей / А.С. Косенкова, А.И. Кузнецова, Н.Н. Юрцев // Каучук и резина. – 1980. – № 4. – С. 25–28.
12. Надежность резиновых изделий в эксплуатации / В.В. Борисова, Р.С. Булка, С.И. Быстрова и др. – Москва : ЦНИИТЭНефтехим, 1977. – 84 с.

## СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ

### Принадлежность к организации

Михаил Александрович Березин – кандидат технических наук, доцент кафедры механизации переработки сельскохозяйственной продукции ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарева», Российская Федерация, г. Саранск, e-mail: berezin\_ma@mail.ru.

Дата поступления в редакцию 18.05.2018

Дата принятия к печати 08.06.2018

## AUTHOR CREDENTIALS

### Affiliations

Mikhail A. Berezin – Candidate of Engineering Sciences, Docent, the Dept. of Processing of Agricultural Production, National Research Ogarev Mordovia State University, Russian Federation, Saransk, e-mail: berezin\_ma@mail.ru.

Received May 18, 2018

Accepted June 08, 2018