

**Санкт-Петербургский
политехнический университет
Петра Великого (СПбПУ)**

Научно-исследовательская работа

**«Лабораторные исследования триботехнических свойств
жидких и пластичных смазочных композиций,
содержащих диффузионно-восстановительный
состав «ТРЕНОЛ»**

Исполнитель:

А.Д.Бреки, к.т.н., заведующий лабораторией
«Масла, смазки и смазочные материалы» СПбПУ,
доцент кафедры «Машиноведение
и основы конструирования» СПбПУ,
старший научный сотрудник
лаборатории «Механика управляемых систем»
ИПМаш РАН.

Санкт-Петербург
2015 г.

ИП Бреки А.Д.

Индивидуальный предприниматель Бреки Александр Джалиульевич

УТВЕРЖДАЮ

Индивидуальный предприниматель

 А.Д. Бреки
«15» декабря 2015г.

**ОТЧЕТ О ВЫПОЛНЕНИИ
НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЫ**

по теме:

**«Лабораторные исследования триботехнических свойств жидких и
пластичных смазочных композиций, содержащих
диффузионно-восстановительный состав «ТРЕНОЛ»»**

Руководитель НИР, индивидуальный
предприниматель, к.т.н., доцент, зав.
лаб. «Масла, смазки и смазочные
материалы» ИММИТ ФГАОУ ВО
«СПбПУ Петра Великого»



А.Д. Бреки

Санкт-Петербург 2015

Исполнители

Канд. техн. наук, доцент,
заведующий лабораторией
«Масла, смазки и смазочные
материалы» ИММИТ ФГАОУ
ВО «Санкт-Петербургский
политехнический университет
Петра Великого»



А.Д. Бреки

2
М.П.



Бреки А.Д.

РЕФЕРАТ

Отчет 27 с., 10 источников, 19 ил., 4 табл.

ТРИБОТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ, ТРЕНИЕ, ИЗНОС, СМАЗОЧНОЕ МАСЛО, ВОССТАНОВЛЕНИЕ, ЧЕТЫРЁХШАРИКОВАЯ МАШИНА ТРЕНИЯ, ДИФФУЗИОННО-ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫЙ СОСТАВ «ТРЕНОЛ».

Цель НИР – оценка триботехнических свойств жидких и пластичных смазочных композиций, содержащих диффузионно-восстановительный состав «ТРЕНОЛ», предназначенный для восстановления ответственных узлов трения машин.

Задачи НИР:

1) разработка методик сравнительных исследований триботехнических характеристик смазочных композиций, содержащих диффузионно-восстановительный состав «ТРЕНОЛ», в лабораторных условиях;

2) исследование противоизносных свойств смазочных композиций, содержащих диффузионно-восстановительный состав «ТРЕНОЛ», в условиях трения скольжения по круговой траектории;

3) исследование противоизносных свойств смазочных композиций, содержащих состав «ТРЕНОЛ» в соответствии с ГОСТ9490-75 «Материалы смазочные жидкие и пластичные. Метод определения трибологических характеристик на четырехшариковой машине»;

4) оценка предельной нагрузочной способности смазочного слоя смазочных композиций, содержащих состав «ТРЕНОЛ» в условиях кратковременных испытаний при больших нагрузках;

В результате проведенных работ были получены следующие результаты:

-разработаны методики сравнительных исследований триботехнических характеристик смазочных композиций, содержащих состав «ТРЕНОЛ», в лабораторных условиях;



 Бреки А.Д.

-исследованы противоизносные свойства смазочных композиций, содержащих диффузионно-восстановительный состав «ТРЕНОЛ», в условиях трения скольжения по круговой траектории;

-исследованы противоизносные свойства смазочных композиций, содержащих состав «ТРЕНОЛ» в соответствии с ГОСТ9490-75 «Материалы смазочные жидкие и пластичные. Метод определения трибологических характеристик на четырехшариковой машине»;

-реализована оценка предельной нагрузочной способности смазочного слоя смазочных композиций, содержащих состав «ТРЕНОЛ» в условиях кратковременных испытаний при больших нагрузках;

-оптимизирована концентрация препарата «ТРЕНОЛ» в используемом для испытаний смазочном масле марки МС-20.



М.П.

Бреки А.Д.

Содержание

1. Смазочное масло для исследования свойств состава «ТРЕНОЛ».....	6
2. Исследование противоизносных свойств смазочных композиций с составом «ТРЕНОЛ» в условиях трения скольжения по круговой траектории	9
3. Противоизносные свойства смазочных композиций на основе масла МС-20 с составом «ТРЕНОЛ» в соответствии с ГОСТ9490-75.....	19
4. Оценка противоизносных свойств и предельной нагрузочной способности смазочного слоя смазочной композиции на основе пластичного смазочного материала.....	22
Заключение.....	25
Список литературы.....	26

5

М.П.



 Бреки А.Д.

1. Смазочное масло для исследования свойств диффузионно-восстановительного состава «ТРЕНОЛ»

В качестве дисперсионной среды для экспериментальных исследований диффузионно-восстановительного состава «ТРЕНОЛ» выбрано авиационное масло МС-20.

Стабильность против окисления нефтяного масла МС-20 при хранении поддерживается за счёт значительного количества естественных ингибиторов, которые не могут быть деактивированы небольшим количеством кислорода, растворённого в масле [1]. Данное свойство способствует повышению чистоты экспериментальных исследований различной направленности.

МС-20 является авиационным маслом селективной очистки, которое вырабатывается из малосернистых парафиновых и беспарафиновых нефтей.

По физико-химическим показателям МС-20 должно соответствовать требованиям и нормам, указанным в табл.3.1 [2].

Таблица 1

Наименование показателя	Значение	Метод испытания
Вязкость кинематическая при 100 ⁰ С, мм ² / с(сСт), не менее	20,5	ГОСТ 33
Индекс вязкости, не менее	80	ГОСТ 25371
Коксуемость, %, не более	0,29	ГОСТ 19932
Кислотное число, мг КОН на 1г масла, не более	0,03	ГОСТ 5985
Зольность, %, не более	0,003	ГОСТ 1461
Содержание селективных растворителей	—	ГОСТ 6350, ГОСТ 1057



 Бреки А.Д.

Таблица 1 (Продолжение)

Наименование показателя	Значение	Метод испытания
Содержание растворимых в воде кислот и щелочей	–	ГОСТ 6307
Содержание механических примесей	–	ГОСТ 6370
Содержание воды	–	ГОСТ 2477
Температура вспышки, в открытом тигле, °С, не ниже	265	ГОСТ 4333
Температура застывания, °С, не выше	-18	ГОСТ 20287
Цвет на колориметре ЦНТ, ед. ЦНТ, не более	7	ГОСТ 20284
Термоокислительная стабильность при 250°С, мин, не менее	18	ГОСТ 23175
Коррозионность на пластинках из свинца марок С-1 или С-2 по ГОСТ 3778, г/м ² , не более	18	ГОСТ 20502
Плотность при 20°С, г/см ³ , не более	0,897	ГОСТ 3900

График зависимости вязкости МС-20 от температуры, построенный в логарифмических координатах с использованием эмпирического уравнения Уббелюде - Вальтера [8, 9, 10], показан на рис.1, а. График зависимости относительной вязкости МС-20 от давления, в логарифмических координатах с использованием уравнения Баруса [8], показан на рис.1, б.

7

М.П.



Бреки А.Д.

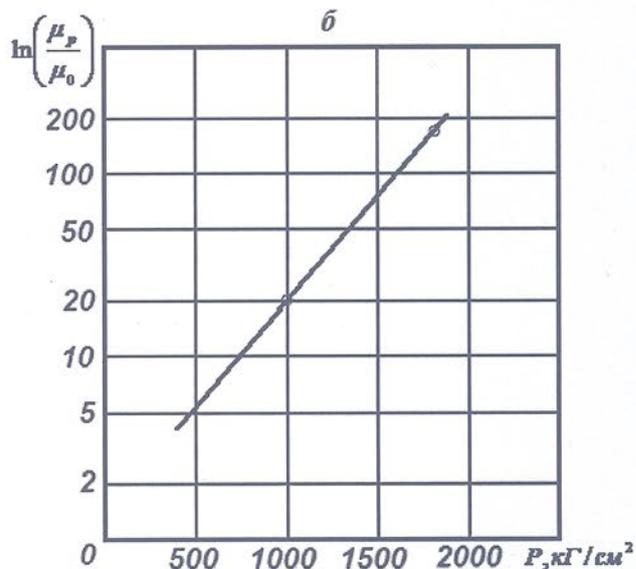
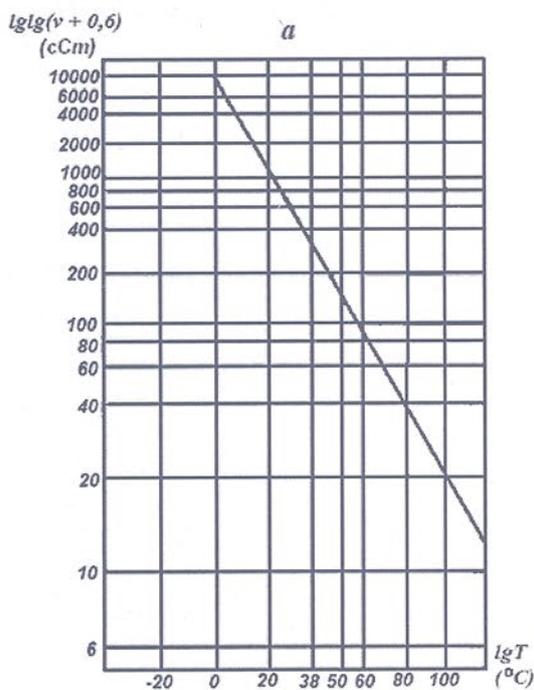


Рис.1. Зависимость вязкости масла МС-20 от температуры (а) и относительной вязкости МС-20 от давления (б) [8]

В качестве наполнителя для данного смазочного масла использовали только диффузионно-восстановительный состав «ТРЕНОЛ» в концентрациях: 1%, 2%, 3% и 6%.



2. Исследование противоизносных свойств смазочных композиций с составом «ТРЕНОЛ» в условиях трения скольжения по круговой траектории

Для реализации сравнительного исследования противоизносных свойств смазочных композиций с составом «ТРЕНОЛ» в условиях трения скольжения по круговой траектории была использована универсальная машина трения 2070 СМТ-1 (рис.2, а). Данная установка позволяет проводить испытания по различным схемам: «ролик – ролик», «шар – ролик», «колодка – ролик», «вал – втулка», а при наличии дополнительных приспособлений возможны и другие варианты испытаний [3, 4].



Рис.2. Универсальная машина трения 2070 СМТ-1

Для исследования выбранных смазочных масел на износ и трение в условиях скольжения поверхностей реализовывалась схема испытаний «шар – ролик», описанная в ГОСТ Р 51860-2002 (рис.2, б)[5]. Подвижный образец состоял из стали Р6АМ5, неподвижный – из стали ШХ-15. Трущиеся образцы предварительно смазывались испытываемым смазочным маслом и приводились в контактное взаимодействие. Смазывание трибосистемы в процессе трения реализовывалось окунанием в исследуемый смазочный материал (рис.2, б). Вначале оценили динамику изнашивания при использовании смазочных композиций с составом «ТРЕНОЛ». При этом контактное взаимодействие

подвижного и неподвижного образцов реализовывалось с нормальной силой $W = 350H = const$. Частота вращения подвижного образца составляла $n = 230 \text{ мин}^{-1} = const$. Объём испытуемого жидкого смазочного материала в ёмкости $V_{ск} \approx 90 \text{ см}^3$. Диаметр сферического образца $D = 8 \text{ мм}$ (рис.2, б), диаметр ролика $d_p = 50 \text{ мм}$. Время одного полного испытания составляло 15 минут, замеры износа в процессе испытания производились через фиксированные интервалы времени.

Результаты исследования противоизносных и антифрикционных свойств смазочных композиций, содержащих 1,2,3 и 6% состава «ТРЕНОЛ», в условиях трения скольжения по круговой траектории приведены ниже.

График зависимости диаметра лунки износа от времени при испытании смазочного масла МС-20, со снимком итоговой лунки износа (сделанной посредством измерительного микроскопа) показан на рис.3.

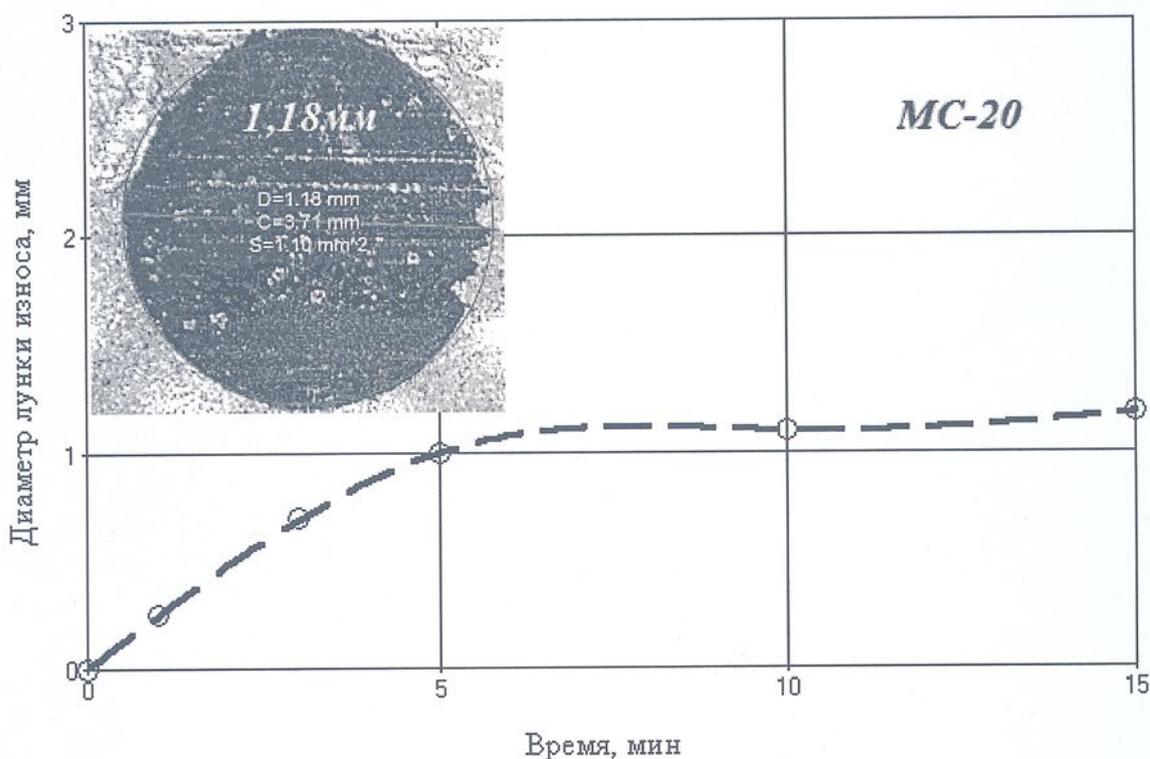


Рис.3. Зависимость для масла МС-20 без состава «ТРЕНОЛ»

График зависимости диаметра лунки износа от времени при испытании смазочной композиции МС-20 +1% «ТРЕНОЛ» показан на рис.4.

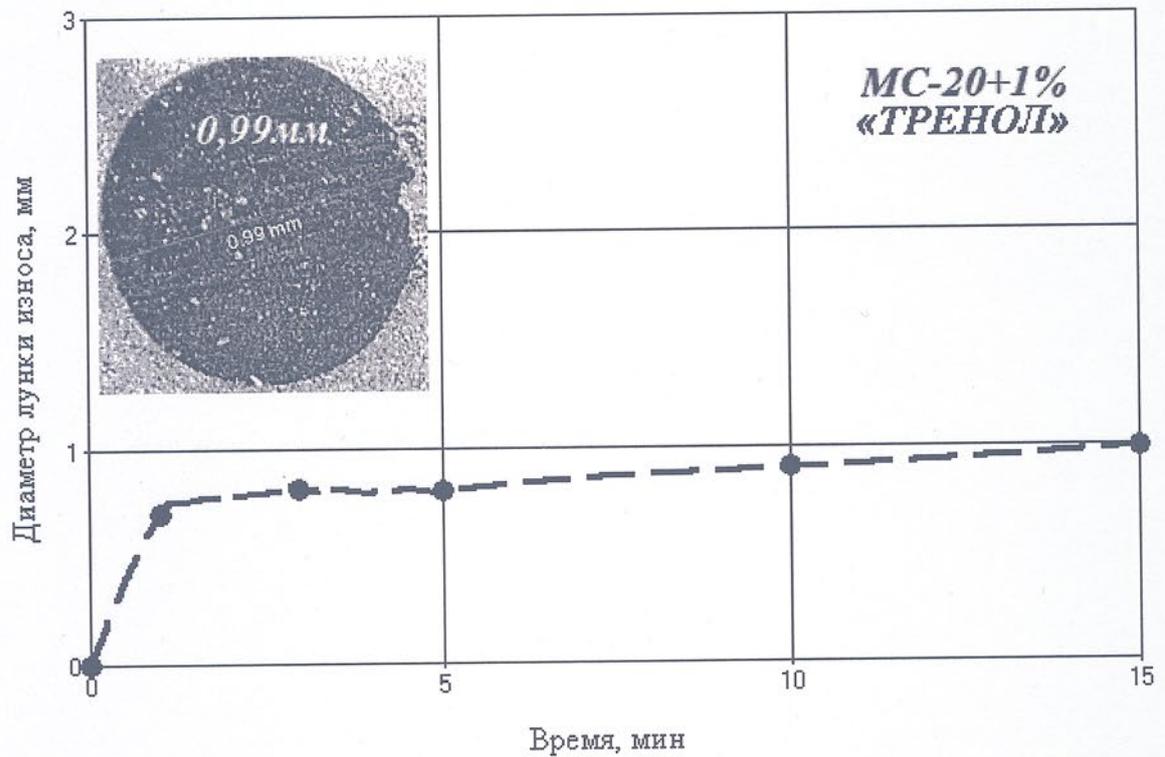


Рис.4. Зависимость для смазочной композиции MS-20+1% «ТРЕНОЛ»

График зависимости диаметра лунки износа от времени при испытании смазочной композиции MS-20 +2% «ТРЕНОЛ» показан на рис.5.

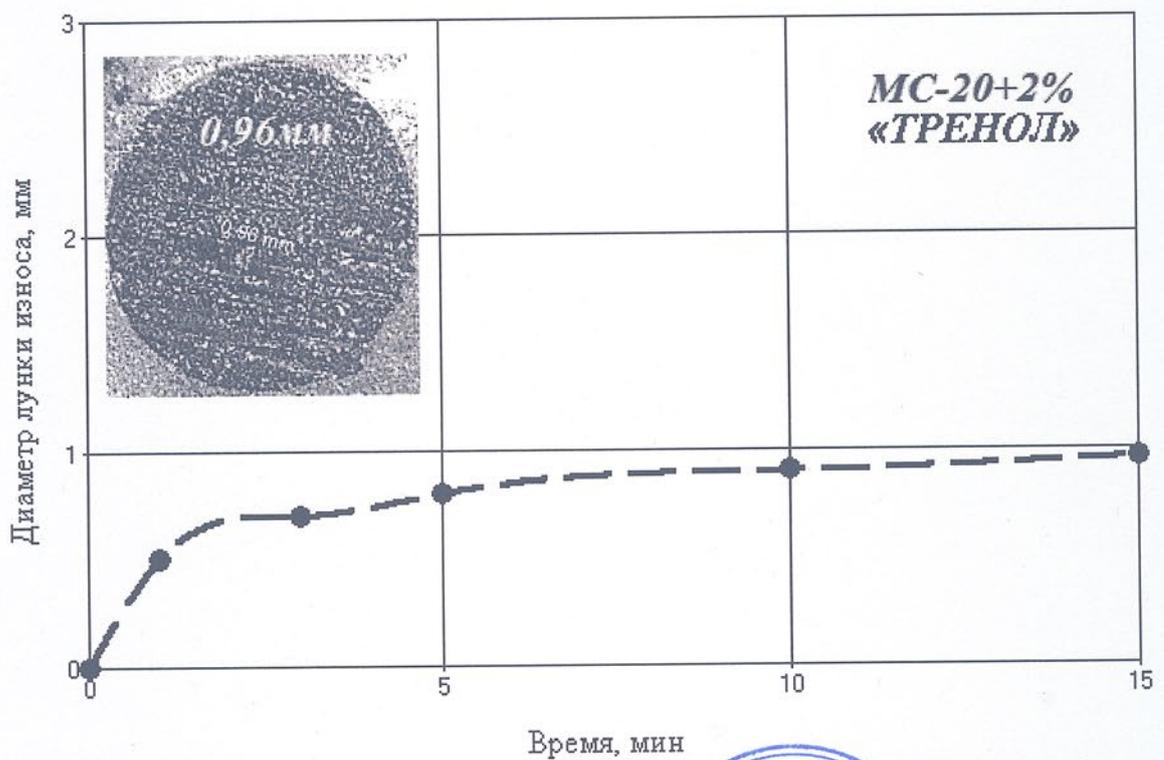


Рис.5. Зависимость для смазочной композиции MS-20+2% «ТРЕНОЛ»

График зависимости диаметра лунки износа от времени при испытании смазочной композиции МС-20 +3% «ТРЕНОЛ» показан на рис.6.

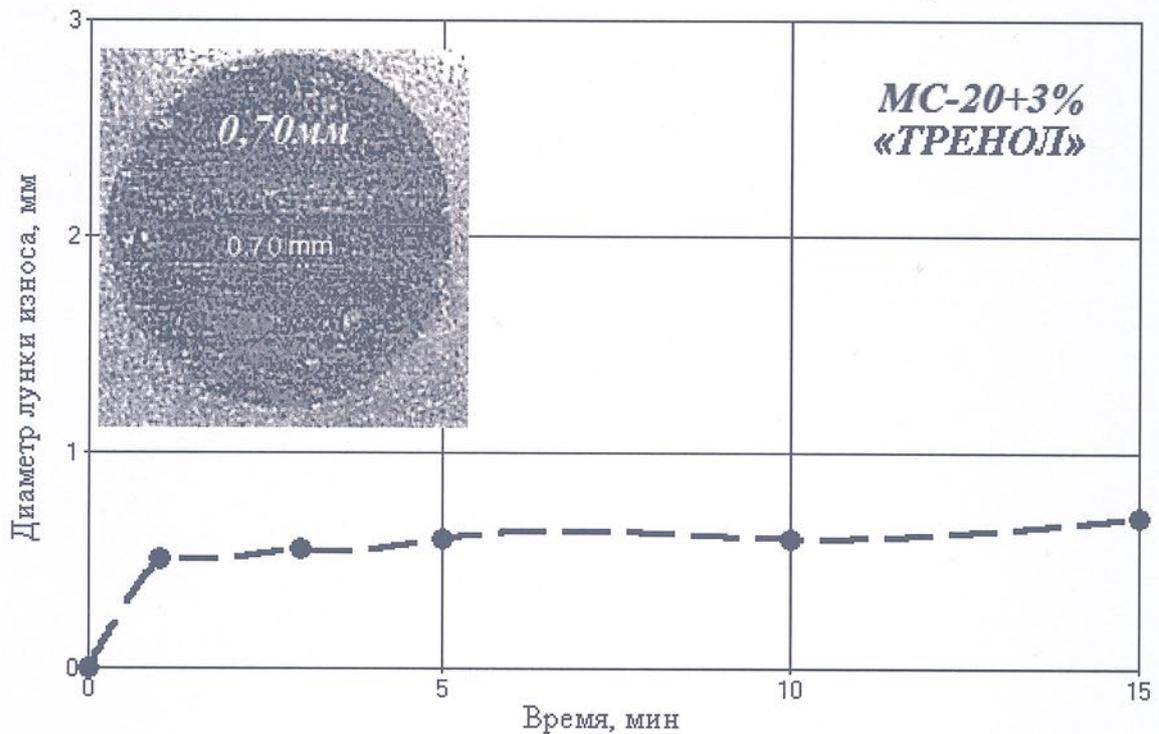


Рис.6. Зависимость для смазочной композиции МС-20+3% «ТРЕНОЛ»

График зависимости диаметра лунки износа от времени при испытании смазочной композиции МС-20 +6% «ТРЕНОЛ» показан на рис.7.

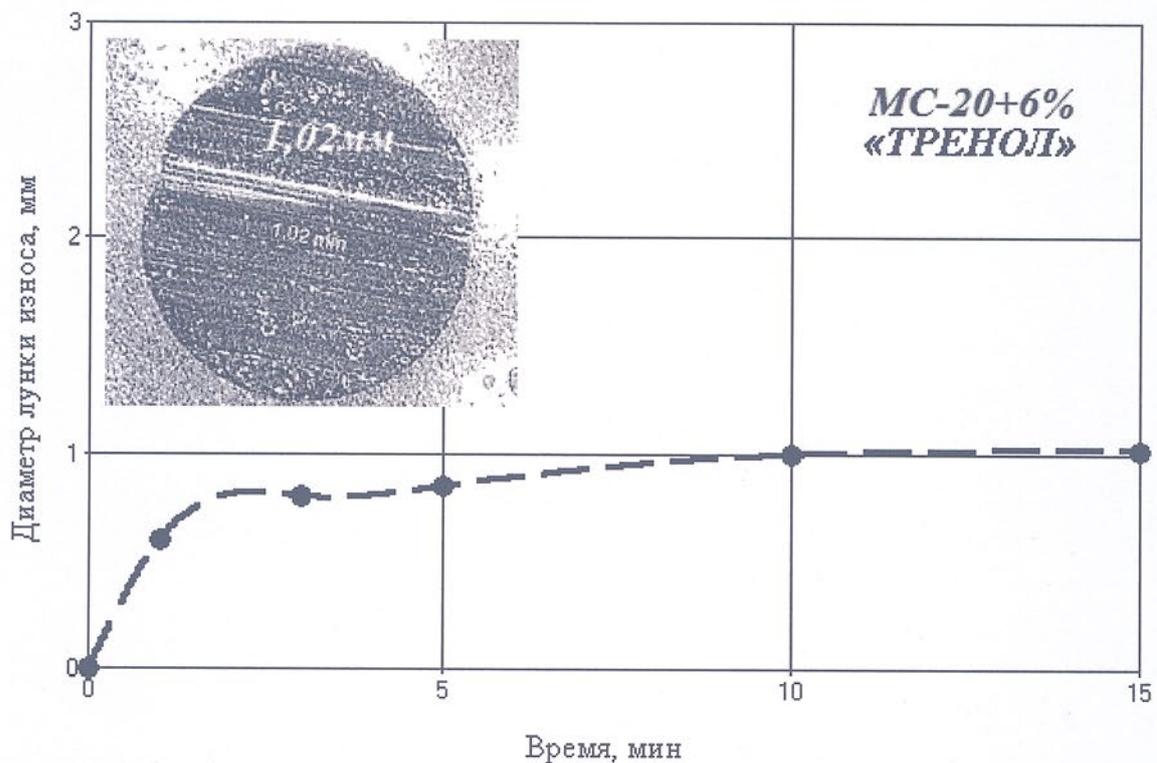


Рис.7. Зависимость для смазочной композиции МС-20+6% «ТРЕНОЛ»



На основе полученных экспериментальных результатов получен график зависимости итогового диаметра лунки износа от концентрации исследуемого диффузионно-восстановительного состава «ТРЕНОЛ» (рис.8).

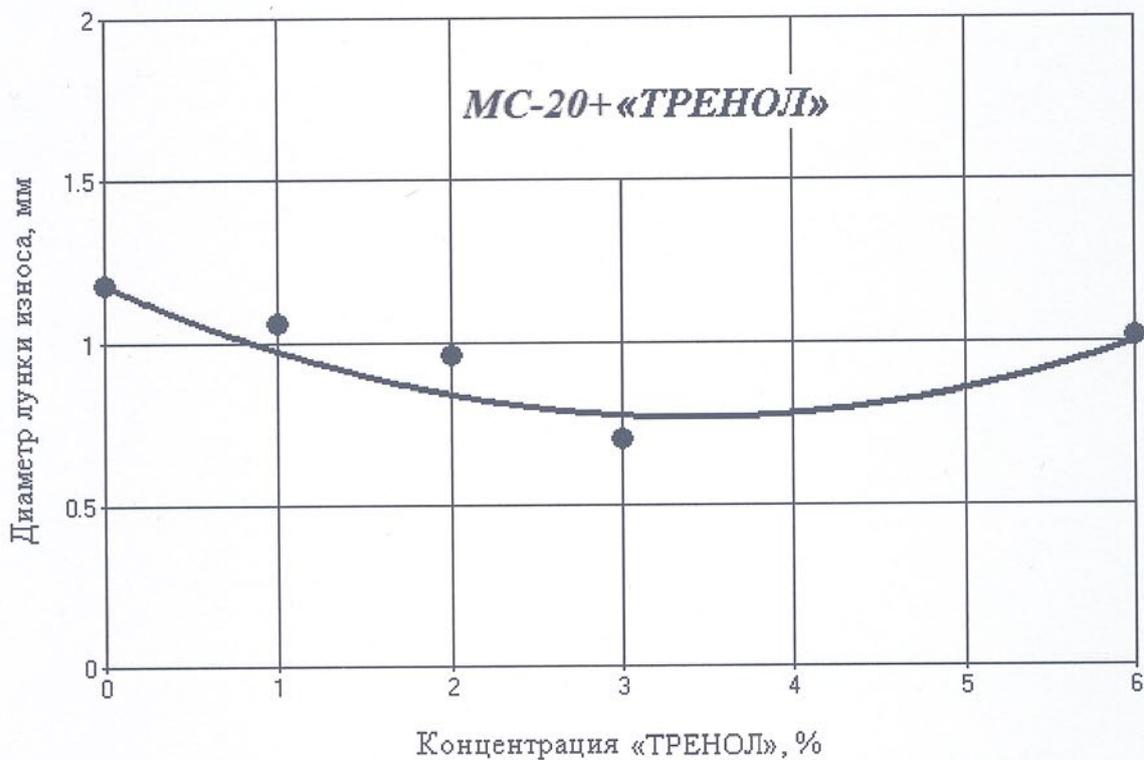


Рис.8. Зависимость износа от концентрации диффузионно-восстановительного состава «ТРЕНОЛ»

Из полученной зависимости диаметра лунки износа от концентрации состава «ТРЕНОЛ» видно, что:

- 1) введение в базовое смазочное масло МС-20 1-го % диффузионно-восстановительного состава «ТРЕНОЛ» способствует снижению диаметра лунки износа на 16% относительно масла без добавки;
- 2) введение в базовое смазочное масло МС-20 2-х % диффузионно-восстановительного состава «ТРЕНОЛ» способствует снижению диаметра лунки износа на $\approx 19\%$ относительно масла без добавки;
- 3) введение в базовое смазочное масло МС-20 3-х % диффузионно-восстановительного состава «ТРЕНОЛ» способствует снижению диаметра лунки износа на $\approx 41\%$ относительно масла без добавки;
- 4) введение в базовое смазочное масло МС-20 6-ти % диффузионно-восстановительного состава «ТРЕНОЛ» способствует снижению диаметра



лунки износа на $\approx 14\%$ относительно масла без добавки, что говорит о необходимости оптимизации концентрации препарата для конкретного смазочного материала. Для смазочного масла МС-20 данная концентрация не должна превышать 3%.

Далее провели исследование изнашивания в зависимости от нагрузки при использовании смазочных композиций с составом «ТРЕНОЛ». При этом, контактное взаимодействие подвижного и неподвижного образцов реализовывалось с нормальными нагрузками 150Н, 250Н, 350Н. Частота вращения подвижного образца составляла $n = 230 \text{ мин}^{-1} = \text{const}$. Объём испытуемого жидкого смазочного материала в ёмкости $V_{СК} \approx 90 \text{ см}^3$. Диаметр сферического образца $D = 8 \text{ мм}$ (рис.2, б), диаметр ролика $d_p = 50 \text{ мм}$. Время одного полного испытания составляло 5 минут.

График зависимости диаметра лунки износа от нагрузки при испытании смазочного масла МС-20, со снимком итоговой лунки износа (сделанной посредством измерительного микроскопа) показан на рис.9.

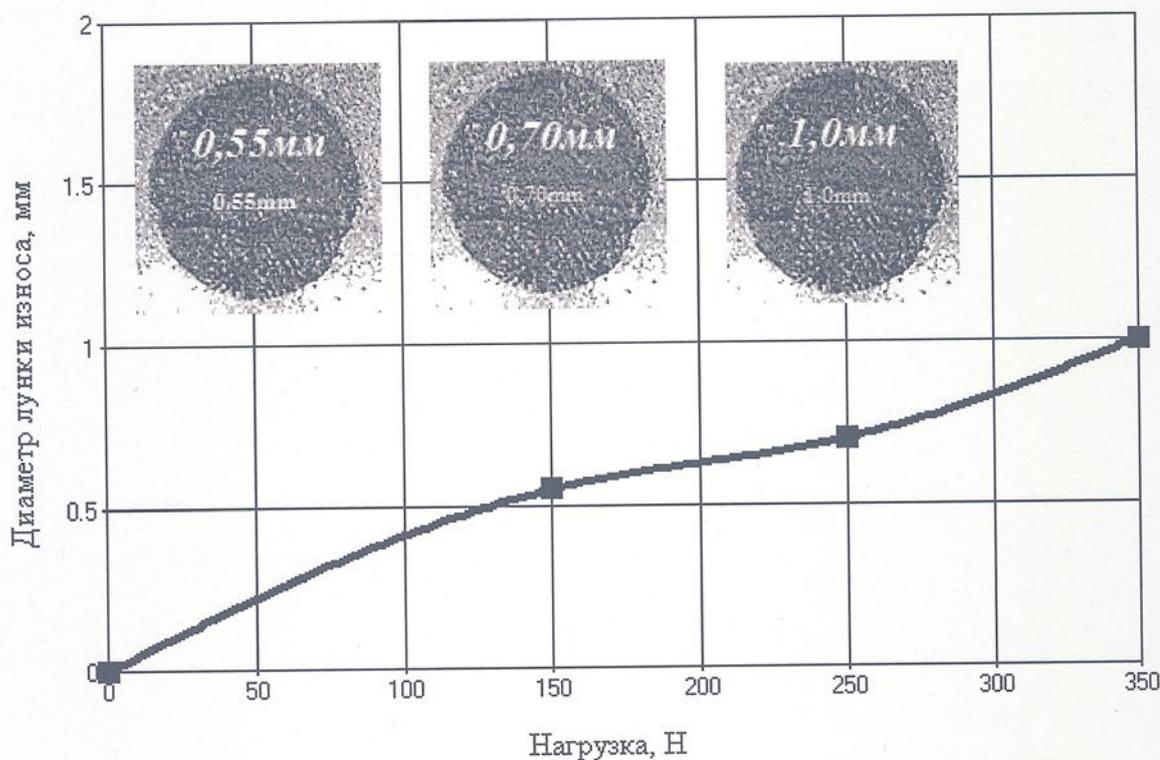


Рис.9. Зависимость для масла МС-20 без состава «ТРЕНОЛ»

График зависимости диаметра лунки износа от нагрузки при испытании смазочной композиции МС-20 +1% «ТРЕНОЛ» показан на рис.10.

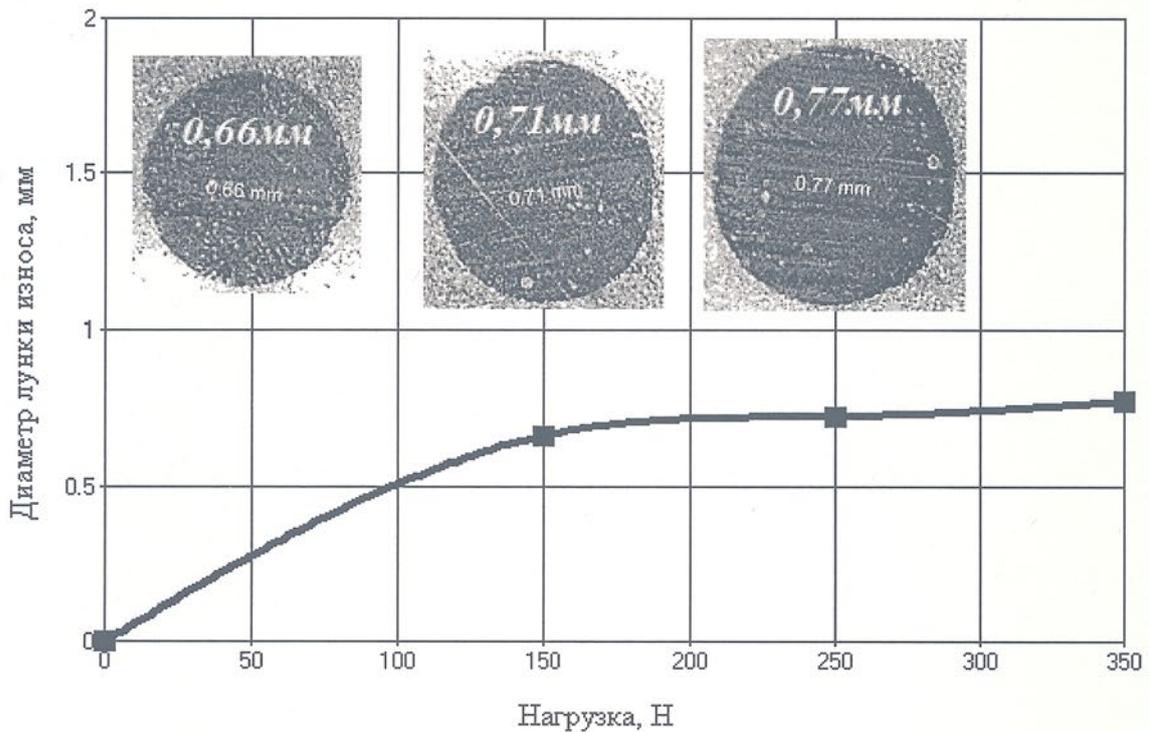


Рис.10. Зависимость для смазочной композиции МС-20+1% ТРЕНОЛ»

График зависимости диаметра лунки износа от нагрузки при испытании смазочной композиции МС-20 +2% «ТРЕНОЛ» показан на рис.11.

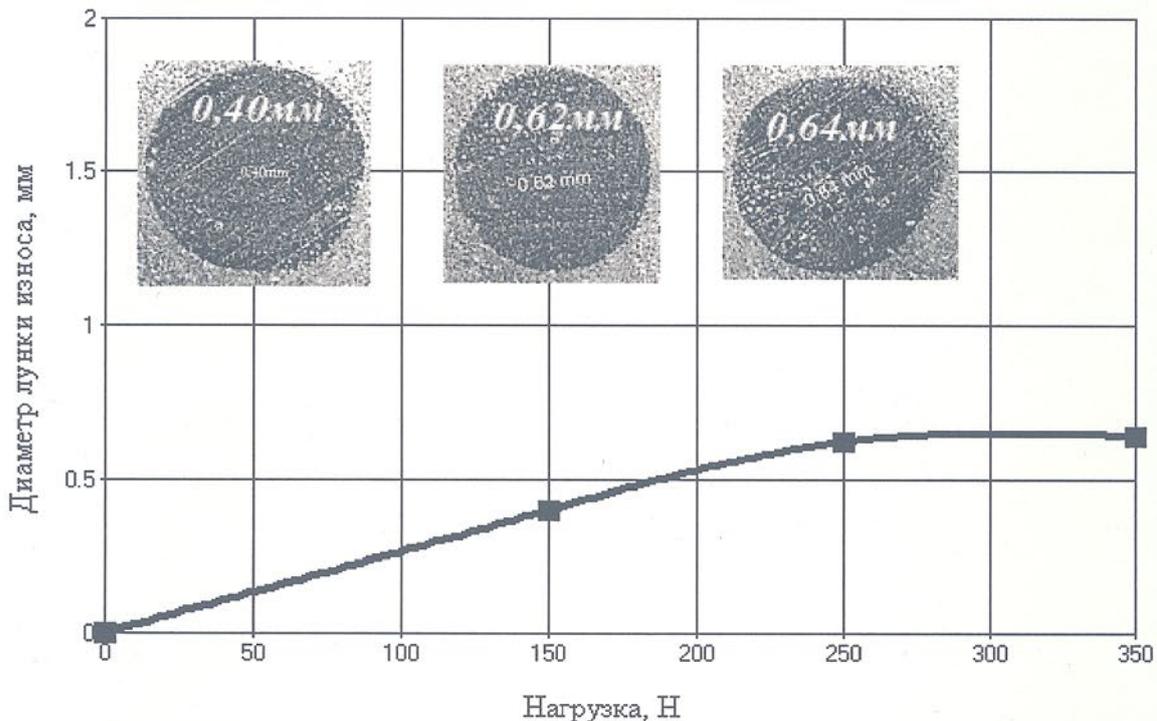


Рис.11. Зависимость для смазочной композиции МС-20+2% ТРЕНОЛ»

15

М.П.



Бреки А.Д.

График зависимости диаметра лунки износа от нагрузки при испытании смазочной композиции МС-20 +3% «ТРЕНОЛ» показан на рис.12.

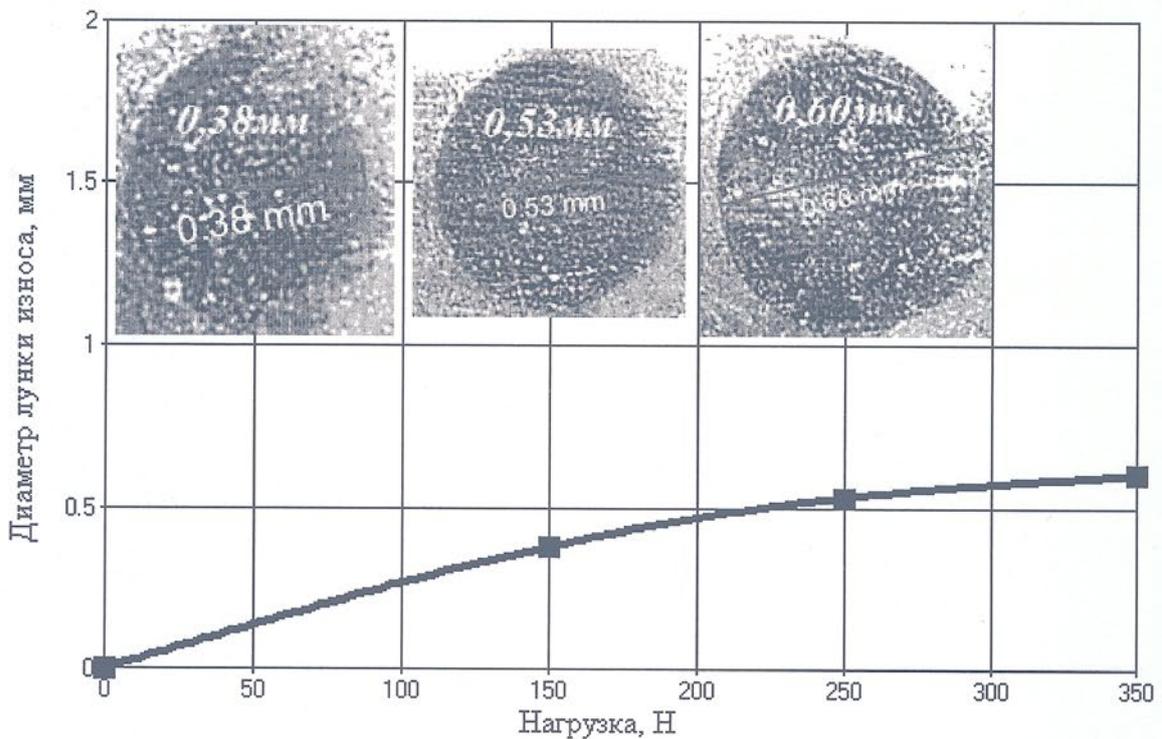


Рис.12. Зависимость для смазочной композиции МС-20+3%«ТРЕНОЛ»

График зависимости диаметра лунки износа от нагрузки при испытании смазочной композиции МС-20 +6% «ТРЕНОЛ» показан на рис.13.

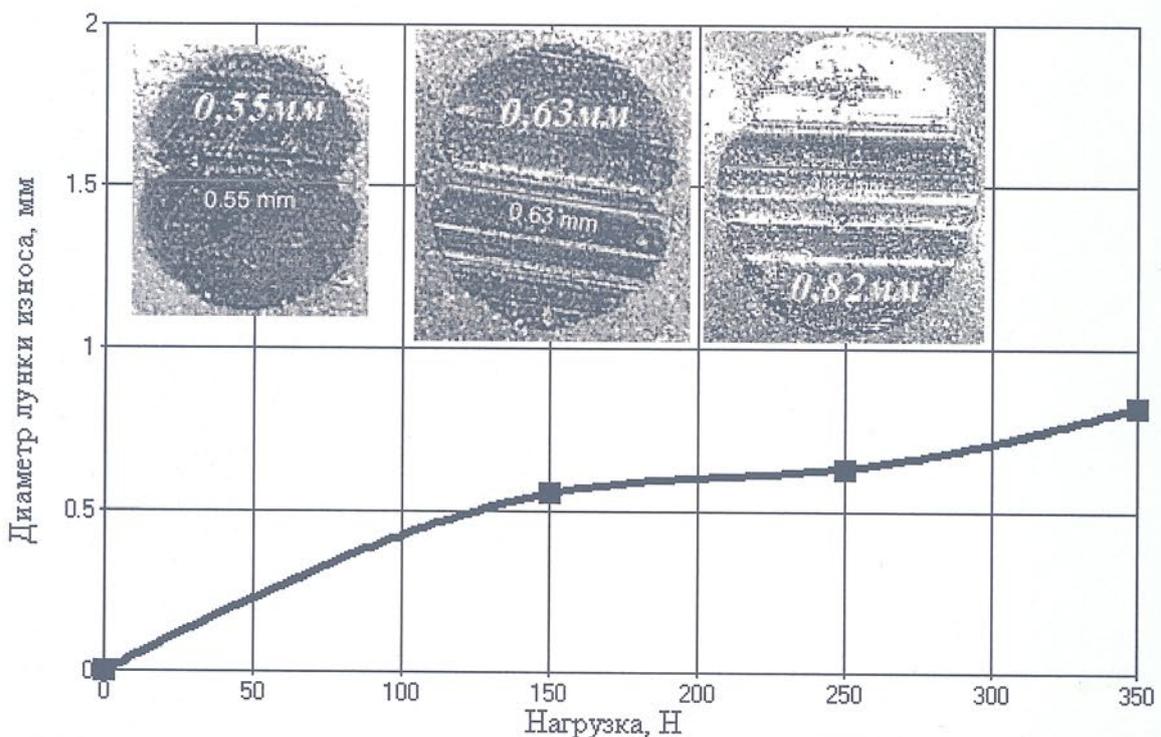


Рис.13. Зависимость для смазочной композиции МС-20+6%«ТРЕНОЛ»

На основе полученных экспериментальных результатов получены графики зависимости диаметра лунки износа от концентрации исследуемого диффузионно-восстановительного состава «ТРЕНОЛ» (рис.14).

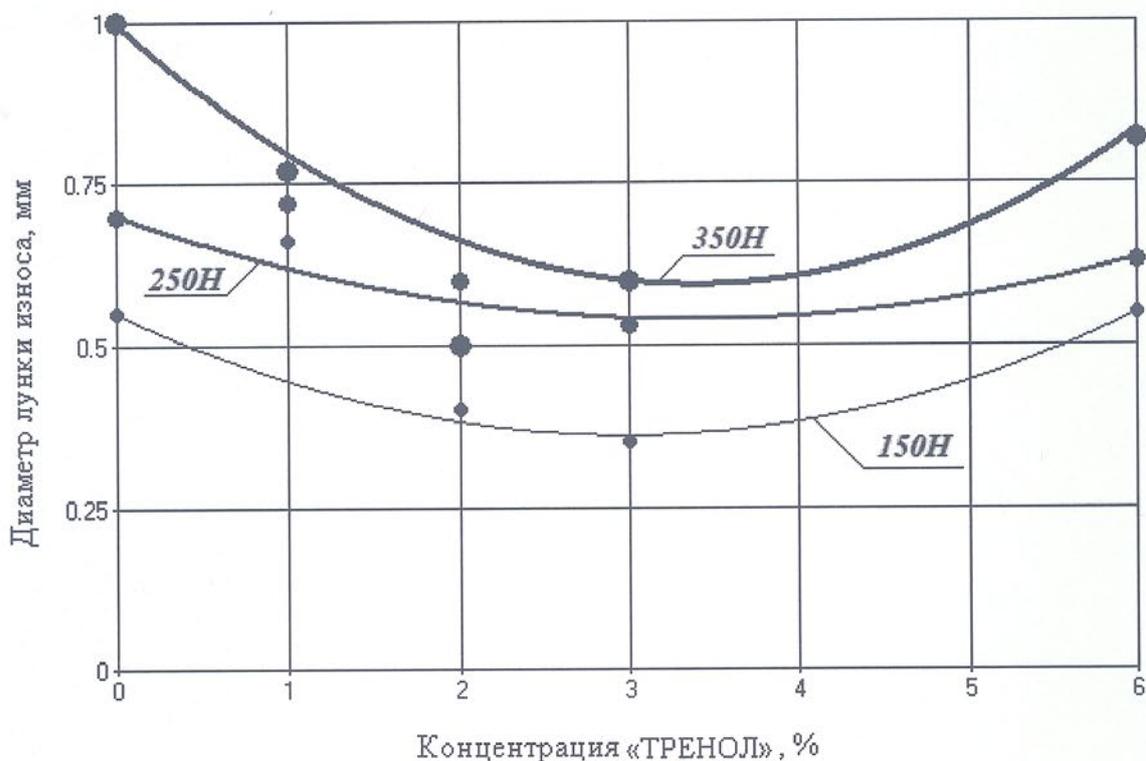


Рис.14. Зависимости износа от концентрации состава «ТРЕНОЛ»

На основании проведенного исследования изнашивания пары трения «шар-ролик» при смазывании смазочными композициями с различными концентрациями состава «ТРЕНОЛ» можно сделать следующие выводы:

1. Наилучший эффект диффузионно-восстановительный состав «ТРЕНОЛ» даёт при концентрации 3%, после которой происходит меньшее снижение износа.

2. При нагрузке на узел трения в 150Н состав «ТРЕНОЛ» снижает износ на 36% относительно базового масла МС-20 за счёт протекания восстановительных процессов в пятне контакта.

3. При нагрузке на узел трения в 250Н состав «ТРЕНОЛ» снижает износ на 24% относительно базового масла МС-20 за счёт протекания восстановительных процессов на фрикционном контакте.



4. При нагрузке на узел трения в 350Н состав «ТРЕНОЛ» снижает износ на 40% относительно базового масла МС-20 за счёт протекания восстановительных процессов на фрикционном контакте, что согласуется с данными более пятнадцатиминутных испытаний на исследование динамики изнашивания (рис.8).

5. При использовании диффузионно-восстановительного состава «ТРЕНОЛ» в различных концентрациях с увеличением нагрузки приращение износа происходит в меньшей степени, чем при использовании базового масла.

6. Увеличение лунки износа с увеличением концентрации препарата более 3% можно объяснить избыточной адсорбцией поверхностно активных компонентов МС-20 на дисперсную фазу из частиц состава «ТРЕНОЛ». Таким образом, с увеличением концентрации препарата уменьшается активная концентрация противоизносных присадок из базового пакета МС-20. В связи с этим, для данного смазочного масла оптимальной является концентрация препарата в 3%. Следует отметить, что для других смазочных масел оптимальная концентрация триботехнического состава может быть иной и зависит от базового пакета присадок.



3. Противоизносные свойства смазочных композиций на основе масла МС-20 с составом «ТРЕНОЛ» в соответствии с ГОСТ9490-75

Оценку противоизносных свойств смазочных композиций на основе масла МС-20 с составом «ТРЕНОЛ» осуществляли на четырёхшариковой машине трения ЧШМ-3,2 (рис.15.) в соответствии с ГОСТ 9490–75 [6] при трении скольжения [7].

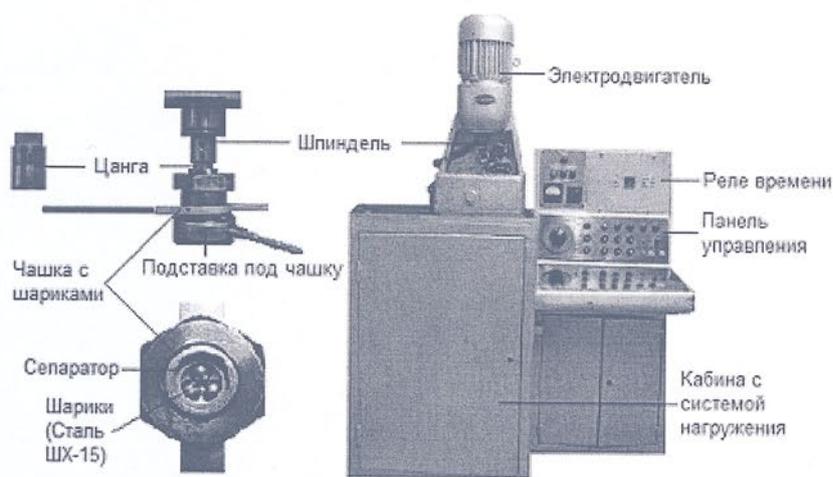


Рис.15.
Четырёхшариковая
машина трения
ЧШМ-3,2

Данная установка используется на начальном этапе трибологических испытаний для оценки способности смазочных материалов уменьшать износ пар трения и предотвращать их заедание. В этой лабораторной установке стандартный шарикоподшипниковый шарик из стали ШХ-15 диаметром $d_{ш} = 12,70 \text{ мм}$ зажат в шпинделе машины, вращающемся с частотой вращения $n_{ш} = 430 \text{ мин}^{-1}$. К этому шарiku под заданной нагрузкой $130 \text{ Н} \leq P \leq 10000 \text{ Н}$ прижимают три неподвижных шарика, сложенные треугольником в плоскости, перпендикулярной оси шпинделя, и помещают в чашку с исследуемым смазочным материалом. Вращающийся шарик вытирает на контактирующих с ним участках рабочих поверхностей неподвижных шаров лунки (пятна износа), по средней величине которых судят о влиянии смазочного материала на износ шаров при данной нагрузке, оцениваются противоизносные свойства смазочного материала. По нагрузке сваривания (нагрузка, при которой происходит сваривание шариков) оцени-

М.П.



Бреки А.Д.

вается предельная нагрузочная способность смазочного материала. Схема узла трения приведена на рис.16.

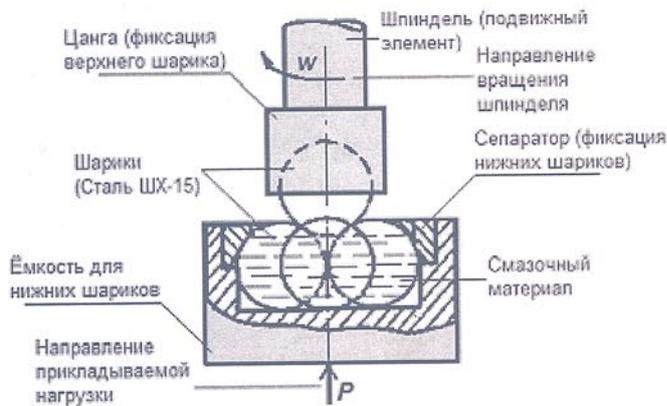


Рис.16. Схема элементов узла трения машины ЧШМ-3,2

Оценку противоизносных свойств смазочных композиций проводили при нагрузке 100 кгс ($\approx 1000\text{H}$) и времени одного испытания равного 10с. Концентрации препарата в масле были 1,2,3 и 6%.

График зависимости диаметра лунки износа от концентрации состава «ТРЕНОЛ» в базовом масле МС-20 показан на рис.17.

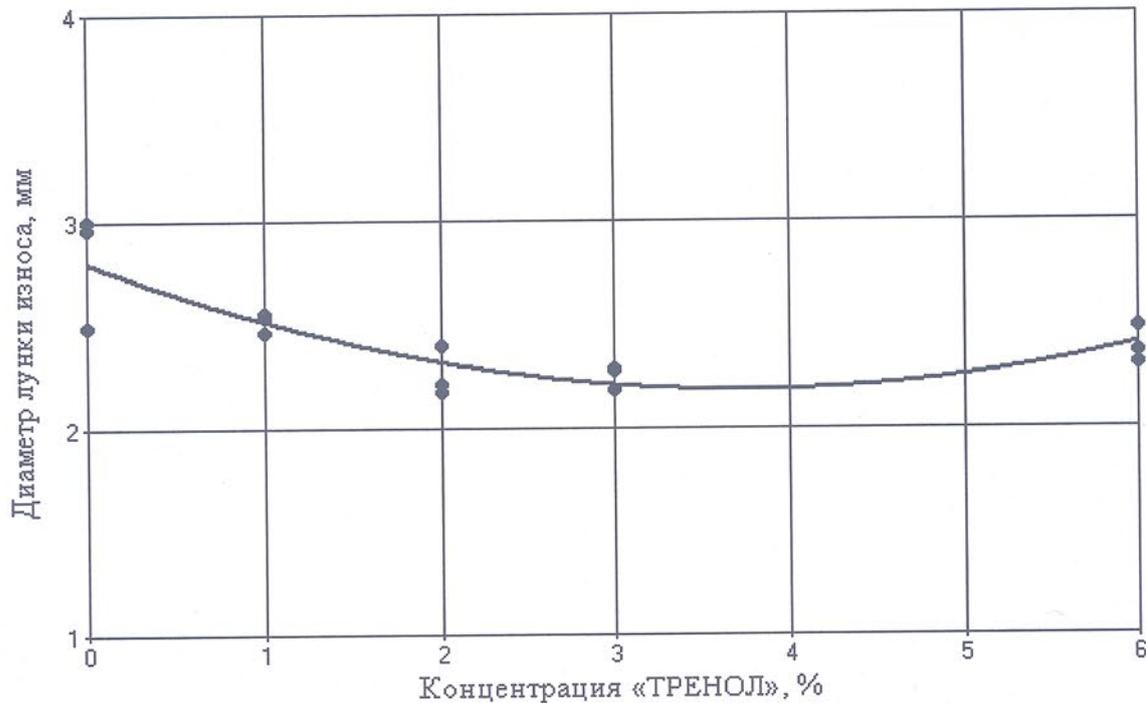


Рис.17. Зависимость износа от концентрации препарата «ТРЕНОЛ»

В целом, из полученной зависимости видно, что концентрация состава «ТРЕНОЛ» равная 3% также является оптимальной в случае использования узла трения в виде пирамиды из четырёх шариков. Данный результат

20
М.П.



Бреки А.Д.

указывает на достоверность данных, полученных в ходе испытаний смазочных композиций на универсальной машине трения 2070 СМТ-1. В жёстких условиях испытаний (более тяжёлых, чем на машине трения 2070 СМТ-1) смазочная композиция с 3% препарата позволила уменьшить диаметр лунки износа в среднем на 22% относительно базового масла МС-20. Результаты замеров диаметров лунок износа с помощью измерительного микроскопа сведены в таблицу 2.

Таблица 2

№	1.1	1.2	1.3
МС-20			
МС-20+1% «ТРЕНОЛ»			
МС-20+2% «ТРЕНОЛ»			
МС-20+3% «ТРЕНОЛ»			
МС-20+6% «ТРЕНОЛ»			



4. Оценка предельной нагрузочной способности и противоизносных свойств смазочного слоя смазочной композиции на основе пластичного смазочного материала

Оценку предельной нагрузочной способности смазочного слоя чистого пластичного смазочного материала (ПСМ) и смазочной композиции с добавкой «ТРЕНОЛ» (ПСМ+«ТРЕНОЛ») осуществляли на четырёхшариковой машине трения ЧШМ-3,2 (рис.15.) в соответствии с ГОСТ 9490–75 [6] при трении скольжения [7].

Характеристикой предельной нагрузочной способности является нагрузка сваривания шариков.

Время одного испытания составляло 10 секунд, нагрузка повышалась ступенчато от испытания к испытанию до величины, при которой происходил процесс сваривания шариков.

Нагрузки сваривания исследуемых смазочных композиций ПСМ и ПСМ+«ТРЕНОЛ» приведены на рисунке 18.

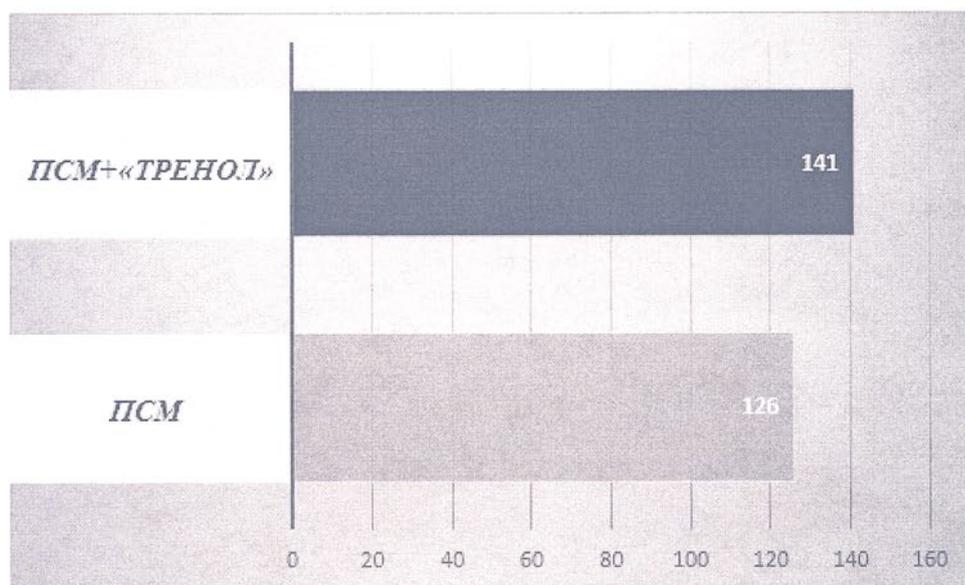


Рис.18. Значения нагрузки сваривания для испытуемых пластичных смазочных материалов



В результате испытания установлено, что нагрузка сваривания у смазочного материала ПСМ на 11% меньше, чем у ПСМ+«ТРЕНОЛ». Таким образом, смазочный слой материала ПСМ+«ТРЕНОЛ» обладает большей предельной нагрузочной способностью.

Далее исследовали противоизносные свойства данных пластичных смазочных материалов в жёстких условиях изнашивания. Условия испытаний: нагрузка 100кгс (1000Н), время одного определения 10с (установлено для определения индекса задира по ГОСТ 9490–75).

Диаметры образованных в указанных условиях лунок износа показаны на гистограмме (рис.19).

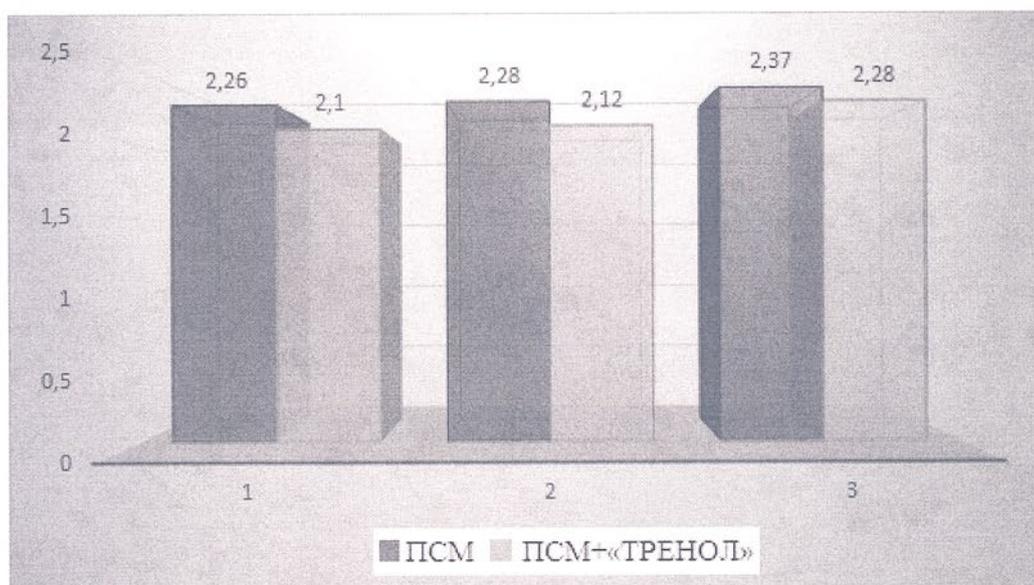


Рис.19. Диаметры лунок износа для ПСМ и ПСМ+«ТРЕНОЛ»

Из полученных результатов видно, что в жёстких кратковременных испытаниях препарат не успевает полноценно сработать как восстановитель поверхности трения. Вместе с тем, даже в таких кратковременных испытаниях небольшой восстановительный эффект проявляется: пятна износа при испытании смазочной композиции меньше в диапазоне 1-12%, чем у чистого пластичного смазочного материала.

Результаты замеров диаметров лунок износа с помощью измерительного микроскопа сведены в таблицу.

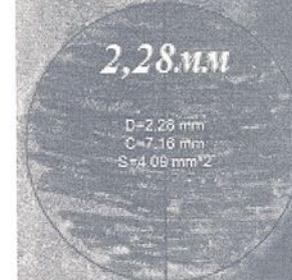
23

М.П.



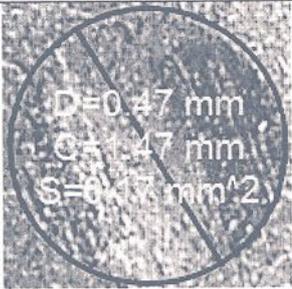
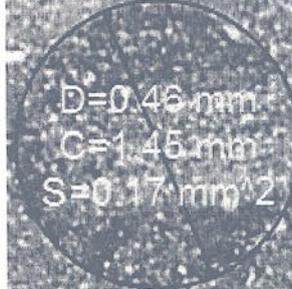
Бреки А.Д.

Таблица 3

№	1.1	1.2	1.3
ПСМ	 2,26 мм	 2,28 мм	 2,37 мм
ПСМ+«ТРЕНОЛ»	 2,10 мм D=2,10 mm C=6,60 mm S=3,47 mm ²	 2,12 мм D=2,12 mm C=6,67 mm S=3,54 mm ²	 2,28 мм D=2,28 mm C=7,18 mm S=4,09 mm ²

Далее провели оценку противоизносных свойств смазочного слоя чистого пластичного смазочного материала (ПСМ) и смазочной композиции с добавкой «ТРЕНОЛ» (ПСМ+«ТРЕНОЛ») в соответствии с ГОСТ 9490–75 [6] при трении скольжения [7] в более лёгких условиях нагружения. Время одного испытания составляло 1 час, нагрузка на узел трения составляла 20 кгс (200 Н). В результате испытания ПСМ были обнаружены лунки износа диаметрами 0,46 мм, 0,47 мм, 0,46 мм. В результате испытания ПСМ+ «ТРЕНОЛ» лунок износа обнаружено не было. Результаты замеров диаметров лунок износа с помощью измерительного микроскопа сведены в таблицу 4.

Таблица 4

№	1.1	1.2	1.3
ПСМ	 D=0,47 mm C=1,47 mm S=0,17 mm ²	 D=0,46 mm C=1,45 mm S=0,17 mm ²	 D=0,46 mm C=1,45 mm S=0,17 mm ²
ПСМ+«ТРЕНОЛ»	 0,00 мм	 0,00 мм	 0,00 мм



Заключение

На основании проведенных лабораторных исследований триботехнических свойств жидких и пластичных смазочных композиций, содержащих диффузионно-восстановительный состав «ТРЕНОЛ» можно сделать следующие основные выводы:

1. При нагрузке на узел трения в 150-350Н состав «ТРЕНОЛ» снижает износ на 24-41% относительно базового масла МС-20 за счёт протекания восстановительных процессов на фрикционном контакте.

2. При использовании состава «ТРЕНОЛ» в различных концентрациях с увеличением нагрузки приращение износа происходит в меньшей степени, чем при использовании базового масла МС-20.

4. Оптимальная концентрация состава «ТРЕНОЛ» в 3% подтверждается при различных схемах трения, что говорит в пользу достоверности полученного результата.

5. В результате испытания установлено, что нагрузка сваривания у пластичного смазочного материала без добавки на 11% меньше, чем у смазочного материала с добавкой состава «ТРЕНОЛ». Таким образом, смазочный слой с составом «ТРЕНОЛ» обладает большей предельной нагрузочной способностью.

6. При исследованиях противоизносных свойств пластичного смазочного материала с составом «ТРЕНОЛ» в соответствии с ГОСТ 9490–75, при нагрузке 20 кгс и времени испытания 1 час, лунок износа обнаружено не было, что возможно говорит о равенстве скоростей изнашивания и восстановления поверхностей трения. Таким образом, можно предположить, что при малых нагрузках восстановительные процессы за счёт компонентов диффузионно-восстановительного состава «ТРЕНОЛ» перекрывают процесс изнашивания.



Бреки А.Д.

Список литературы

1. Теоретические основы химмотологии [Текст] / под ред. А.А. Браткова. – М.: Химия, 1985. – 320 с.
2. ГОСТ 21743-76. Масла авиационные. Технические условия [Текст]. М.: Изд-во стандартов, 1976 – 4 с.
3. Чулкин С.Г. Разработка новых самосмазывающихся полимерных композиционных материалов / С.Г. Чулкин, А.Д. Бреки, И.В. Соловьёва // Машиностроение в условиях инновационного развития экономики: сборник тезисов и докладов научно-методической конференции. – СПб.: Изд-во Политехн. Ун-та, 2009. С. 142 – 147.
4. Чулкин С.Г. Оценка влияния смазочных материалов на триботехнические характеристики пар трения / С.Г. Чулкин, И.В. Соловьёва, А.Д. Бреки, Р. Качиньски // Материалы, технологии и оборудование в производстве, эксплуатации, ремонте и модернизации машин: сб. науч. Трудов 7-й Междунар. науч.-техн. конф. В 3-х т. Т.2 / под общ. Ред. П.А. Витязя, С.А. Астапчика. – Новополюцк: ПГУ, 2009. – С. 19 – 22.
5. ГОСТ Р 51860-2002. Обеспечение износостойкости изделий. Оценка противоизносных свойств смазочных материалов методом «шар – цилиндр» [Текст]. – М.: Изд-во стандартов, 2002. – 8 с.
6. ГОСТ 9490-75. Материалы смазочные жидкие и пластичные. Метод определения трибологических характеристик на четырёхшариковой машине [Текст]. – М.: Изд-во стандартов, 1975. – 14 с.
7. Бреки А.Д. Исследование модернизированных конструкционных смазочных материалов, содержащих мелкодисперсные частицы модификаторов трения / А.Д. Бреки, С.Г. Чулкин, Е.С. Васильева, О.В. Толочко, М.Ю. Максимов; Санкт-Петербургский государственный политехнический университет // Научно-технические ведомости СПбГПУ. Сер.: Машиностроение – 2010. – 2-2(100). – С. 92 – 97.



8. Розенберг Ю.А. Влияние смазочных масел на долговечность и надёжность деталей машин / Ю.А. Розенберг. – М.: Машиностроение, 1970. – 304 с.

9. Рыбак Б.М. Анализ нефтей и нефтепродуктов [Текст] / Б.М. Рыбак. – М.: Гостоптехиздат, 1962. – 880 с.

10. Трение, изнашивание и смазка: справочник. В 2-х кн. [Текст] / под ред. И.В. Крагельского, В.В. Алисина. – М.: Машиностроение, 1978. – Кн. 1., 1978. – 400 с.



 Бреки А.Д.



ИНДИВИДУАЛЬНЫЙ ПРЕДПРИНИМАТЕЛЬ
КАНДИДАТ ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК, ДОЦЕНТ
БРЕКИ АЛЕКСАНДР ДЖАЛЮЛЬЕВИЧ
ИП БРЕКИ А.Д.

Санкт-Петербург
Тел.: 8(962)723-79-51
Факс: 8(812)301-55-57

ИНН: 710406498311
ОГРН: 314784733500056
Расчётный счёт: 40802810800000009020
В ПАО "Балтийский Банк"
к/с: 30101810100000000804
БИК: 044030804

15.12.2015г. № 01 - 12 - 2015

на N _____ от _____

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

о лабораторных испытаниях диффузионно-восстановительного состава «ТРЕНОЛ»

Диффузионно-восстановительный состав «ТРЕНОЛ» позволяют улучшать противоизносные свойства жидких и пластичных смазочных композиций, а также увеличивать несущую способность смазочного слоя.

При нагрузке на узел трения в 150-350Н препарат «ТРЕНОЛ» снижает износ на 24-41% относительно базового масла МС-20 за счёт протекания восстановительных процессов на фрикционном контакте.

В результате испытания установлено, что нагрузка сваривания у пластичного смазочного материала без добавки на 11% меньше, чем у смазочного материала с добавкой препарата «ТРЕНОЛ». Таким образом, смазочный слой с препаратом «ТРЕНОЛ» обладает большей предельной нагрузочной способностью.

При исследованиях противоизносных свойств пластичного смазочного материала с диффузионно-восстановительным составом «ТРЕНОЛ» в соответствии с ГОСТ 9490-75, при нагрузке 20 кгс и времени испытания 1 час, лунок износа обнаружено не было, что возможно говорит о равенстве скоростей изнашивания и восстановления поверхностей трения. Таким образом, можно предположить, что при малых нагрузках восстановительные процессы за счёт компонентов препарата «ТРЕНОЛ» перекрывают процесс изнашивания.

Индивидуальный предприниматель,
к.т.н., доцент, старший научный
сотрудник ФГБУН «Институт
проблем машиноведения Российской
академии наук»



Бреки А.Д.