

ВЛИЯНИЕ АНТИФРИКЦИОННЫХ ПРИСАДОК В МАСЛЕ НА ТЕМПЕРАТУРУ В ТРИБОУЗЛЕ

Глуценко Андрей Анатольевич, кандидат технических наук, доцент кафедры «Эксплуатация мобильных машин и технологического оборудования»

Замальдинов Марат Миндехатович, кандидат технических наук, доцент кафедры «Материаловедение и технология машиностроения»

Салахутдинов Ильмас Рифкатович, кандидат технических наук, доцент кафедры «Эксплуатация мобильных машин и технологического оборудования»

ФГБОУ ВПО «Ульяновская ГСХА им. П.А. Столыпина»

432017, г. Ульяновск, бульвар Новый Венец, 1; тел.: 89374564933;

e-mail: oildel@yandex.ru.

Ключевые слова: трибоузел, антифрикционный наполнитель, температура, коэффициент трения.

Получена теоретическая зависимость температуры в трибоузле от коэффициента трения. Введение в моторное масло антифрикционных наполнителей позволяет снизить коэффициент трения и температуру в трибоузле.

Введение

Современные энергетические установки характеризуются высокими удельными нагрузками, температурами в узлах трения (трибоузлах) и скоростями относительного перемещения трущихся поверхностей. При хороших технико-эксплуатационных показателях надежность таких двигателей снижается вследствие повышенного износа трибоузлов.

Объекты и методы исследований

Одной из причин повышенного износа является переход одного вида нарушения

фрикционных связей к другому. Этот переход характеризуется увеличением внедрения и снижением прочности адгезионной связи одного из деформируемых материалов трибоузла. Как было установлено в результате исследований [1, 2], основными факторами, под воздействием которых начинается переход, являются нагрузка и температурный режим трибоузла. Увеличение нагрузки приводит к изменению адгезионной связи:

$$\tau = \tau_o + \beta P_c, \quad (1)$$

где τ – изменение адгезионной связи

при увеличении нагрузки, H/m^2 ; τ_0 - прочность адгезионной связи при отсутствии нагрузки, H/m^2 ; β - пьезокоэффициент, характеризующий увеличение прочности на срез от нормального давления; P_c - давление в трибоузле, H/m^2 .

Зависимость коэффициента трения от изменений температуры в трибоузле может быть представлена в виде [2]:

$$f_2 = f_1 e^{\pm \alpha(t_2 - t_1)}, \quad (2)$$

где f_2 - коэффициент трения при температуре t_2 в трибоузле; f_1 - коэффициент трения при температуре t_1 в трибоузле; e - основание натурального логарифма; α - температурный коэффициент.

С учетом нагрузочно-температурных факторов, коэффициент трения в трибоузле:

$$f_2 = \frac{\tau}{HB} + k \left(\frac{P_c}{HB} \right)^m, \quad (3)$$

где k и m - константы, зависящие от параметров поверхностей трения; HB - твердость материала по Бринелю.

С увеличением температуры изменяется удельная сила сопротивления относительно скольжению, что приводит к изменению молекулярной и деформационной составляющих контактирующих тел. С учетом этого коэффициент трения в трибоузле

$$f_2 = \frac{\tau}{HB} e^{\pm \alpha(t_2 - t_1)}. \quad (4)$$

Таким образом, температура оказывает влияние на адгезионный контакт в трибоузле. Причем, увеличение температуры в трибоузле до определенной величины практически не влияет на коэффициент трения, но при превышении этой температуры некоторого критического уровня наблюдается резкое увеличение коэффициента трения из-за нарушения граничной пленки и повреждения поверхностей трения. При этом возникающее температурное поле на поверхностях трения приводит к значительному снижению твердости материалов трущихся поверхностей. В процессе эксплуатации повышение температуры в трибоузле способствует созданию условия перехода от

ненасыщенного контакта к насыщенному и возникновению задиоров и схватываний трущихся поверхностей. Момент перехода характеризуется так называемой критической точкой перехода. Условия работы трибоузла до критической точки характеризуются низким износом деталей, длительным ресурсом их работы. При температуре выше критической наблюдается повышенный износ трущихся поверхностей трибоузла, задиры, схватывания и заклинивание.

В реальных условиях трибоузел работает в режиме смазки, поэтому определение температурных режимов его работы должно осуществляться с учетом структуры контакта (металл - смазка - металл), а также коэффициента трения. То есть температура контакта трибоузла [2]

$$T = K \frac{f_2 \alpha_{np}^{0,5}}{\lambda_{np} (\alpha_{np}^{0,5} + \lambda_{np})}, \quad (5)$$

где K -

коэффициент пропорциональности, учитывающий распределение температурных полей в трибоузле; α_{np} - приведенная температуропроводность материалов трибоузла, m^2/c ; λ_{np} - приведенная теплопроводность материалов трибоузла, $Вт/(м \cdot К)$.

$$\alpha_{np} = \frac{\lambda_{np}}{C_{np} \rho_{np}}, \quad (6)$$

где C_{np} - приведенная теплоемкость элементов трибоузла, $Дж/(кг \cdot К)$; ρ_{np} - приведенная плотность элементов трибоузла, $кг/м^3$.

$$\lambda_{np} = \left(\frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_{cm}}{\lambda_{cm}} + \frac{\delta_2}{\lambda_2} \right)^{-1}, \quad (7)$$

где δ_1 , δ_2 - толщина трущихся поверхностей первой и второй деталей трибоузла, соответственно, $мм$; δ_{cm} - толщина слоя смазки, $мм$; λ_1 , λ_2 - теплопроводность материалов трибоузла, соответственно, $Вт/(м \cdot К)$; λ_{cm} - теплопроводность слоя смазки, $Вт/(м \cdot К)$.

Следовательно, на температуру трибоузла будут влиять приведенные значения температуропроводности и теплопроводности материалов деталей трибоузла. Сниже-

Таблица 1

Результаты исследований смазочных композиций с предполагаемыми антифрикционными наполнителями на машине трения СМТ-1

Показатель	Нагрузка, МПа	Моторное масло М-10Г ₂ к	Моторное масло М-10Г ₂ к с медьсодержащей присадкой МОФ
Интенсивность износа $I_{из}$, мкм/м	20	5,8	1,1
	30	8,4	1,2
	50	13	2,1
Коэффициент трения $f_{тр}$	20	0,08	0,062
	30	0,088	0,082
	50	0,097	0,083
Температура масла в узле трения, °С	20	102	74
	30	118	82
	50	125	94

ние температуропроводности деталей приведет к снижению температуры в трибоузле. В реальных условиях, при неизменной температуропроводности трущихся поверхностей, можно снизить температуропроводность масляной пленки. Это достигается введением в масло элементов, обеспечивающих снижение температуропроводности, например, присадок, в состав которых входят металлы, имеющие малую прочность на сдвиг [4, 5].

В качестве такого наполнителя возможно использование медьсодержащей присадки МОФ. Введение в смазочное масло меди, обладающей более высокой теплопроводностью, при неизменной толщине смазочного слоя в трибоузле, позволит снизить температуропроводность масляной пленки и, соответственно, приведенную теплопроводность элементов трибоузла (6). Исходя из формулы 5, снижение температуропроводности смазки должно обеспечить снижение температуры трибоузла.

Результаты исследований

Для определения эффективности работы предлагаемой смазочной композиции в узлах трения проведены исследования пары трения ст. 45 – чугуна, при скорости относительного перемещения образцов $v = 1$ м/с и

ступенчато изменяющимся усилием прижатия образцов от 20 МПа до 50 МПа, с шагом 10 МПа, на машине трения СМТ-1 (табл. 1) [3].

Определение интенсивности износа проводили на двух марках масел – штатном моторном масле М-10Г₂к и М-10Г₂к с введением медьсодержащей присадки МОФ. Одновременно с определением износа измеряли температуру масла цифровым мультиметром М-890 G.

Результаты исследований представлены в таблице. Интенсивность износа исследуемых образцов со штатным маслом М-10Г₂к составила при нагрузке на узел 20 МПа – 5,8 мкм/м, а при нагрузке 50 МПа – 13 мкм/м интенсивность износа образцов с

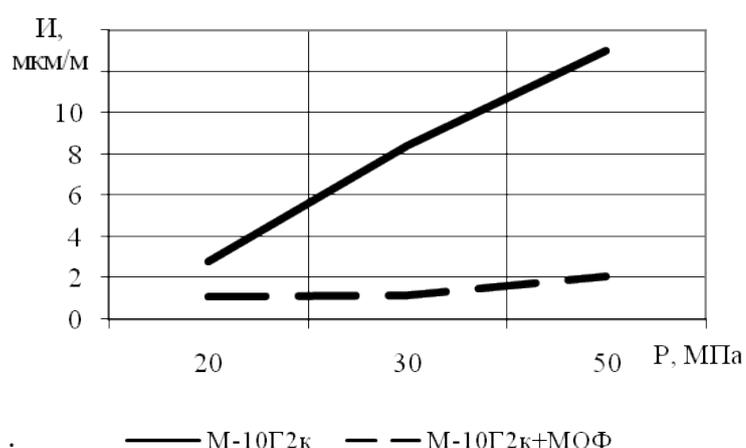


Рис. 1 – Зависимость интенсивности износа I от нагрузки на трибоузел P

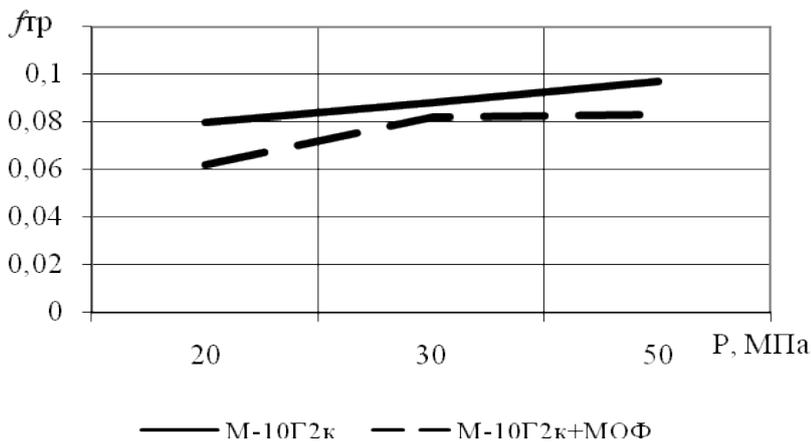


Рис. 2 – Зависимость коэффициента трения $f_{тр}$ от нагрузки на трибузел P

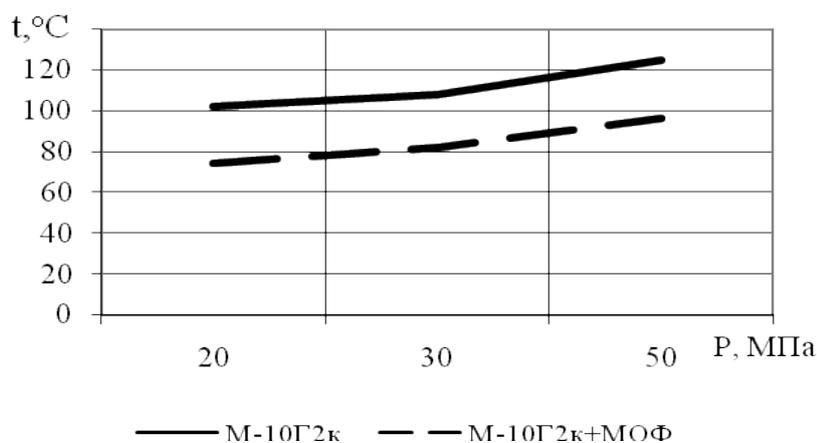


Рис. 3 – Зависимость температуры образцов t от нагрузки на трибузел P

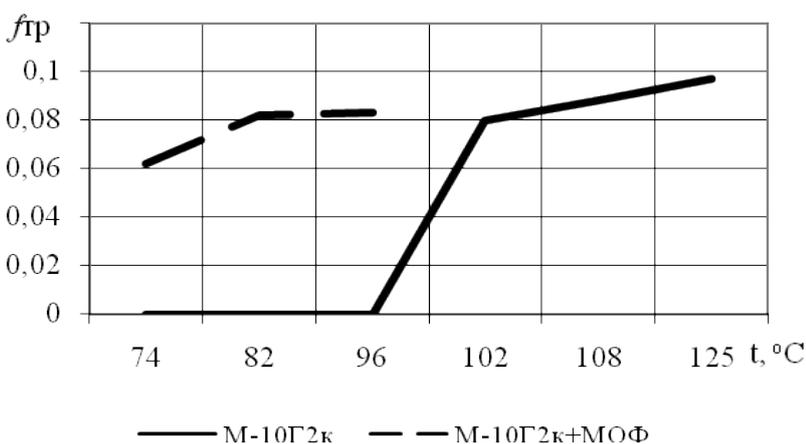


Рис. 4 – Зависимость коэффициента трения $f_{тр}$ от температуры образцов t

медьсодержащей присадкой составила соответственно 1,1 мкм/м и 2,1 мкм/м (табл., рис. 1).

Введение в штатное масло М-10Г₂к медьсодержащей присадки МОФ позволи-

ло снизить интенсивность износа при нагрузке 20 МПа в 5 раз, а при нагрузке 50 МПа – в 6 раз.

Коэффициент трения в исследуемой паре трения со штатным маслом М-10Г₂к составил при нагрузке 20 МПа - 0,08, а при нагрузке 50 МПа – 0,097. При применении масла с МОФ соответственно – 0,062 и 0,083 (рис. 2). Введение наполнителя снизило коэффициент трения на 14,5 %.

Температура образцов при исследовании составила: при использовании штатного масла М-10Г₂к и нагрузке 20 МПа – 102 °С, а при нагрузке 50 МПа – 125 °С. При использовании масла М-10Г₂к с присадкой МОФ соответственно - 74 °С и 94 °С (рис. 3).

Таким образом, снижение коэффициента трения приводит к снижению температуры в трибуэле (рис. 4).

Как следует из результатов исследований, возникновение перехода от ненасыщенного контакта к насыщенному при использовании штатного моторного масла М-10Г₂к осуществляется в критической точке, соответствующей 74 °С. При введении в масло антифрикционной присадки МОФ критической точкой перехода является 94 °С.

Выводы

Введение в штатное масло антифрикционной присадки позволит повысить критическую температуру в трибуэле, соответствующую переходу ненасыщенного контакта в насыщенный, с 74 °С до 94 °С. Снижение коэффициента трения исследуемых трущихся поверхностей при исполь-

зовании медьсодержащей присадки позволит снизить общую температуру в трибуэле при рядовой эксплуатации на 20 °С и 23 °С и, тем самым, снизить интенсивность износа поверхностей трения в 5...6 раз.

Библиографический список

1. Крагельский, И.В. Основы расчетов на трение и износ / И.В. Крагельский, М.Н. Добычин, В.С. Комбалов - М.: Машиностроение, 1977. - 526 с.
2. Чичинадзе, А.В. Основы трибологии (трение, износ, смазка) / А.В. Чичинадзе, Э.Д. Браун. - М.: Машиностроение, 2001. - 664 с.
3. Методы экспериментальной оценки фрикционной совместимости материалов трущихся сопряжений РД 50-662-88 / Государственный комитет СССР по стандартам. - М.: Издательство стандартов, 1988. - 8 с.
4. Глущенко, А.А. Экологически безопасные технологии для восстановления эксплуатационных свойств отработанного моторного масла с использованием гидроциклона: монография / А.А. Глущенко. - Ульяновск: УГСХА, 2011. - 185 с.
5. Глущенко, А.А. Показатели и технические средства для оценки и восстановления эксплуатационных свойств моторного масла / А.А. Глущенко // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета, № 12. - Санкт-Петербург, 2008. - С. 258-262.

УДК 631.363.7

DOI 10.18286/1816-4501-2015-2-161-165

ОПТИМИЗАЦИЯ КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ НАПРАВЛЕТЕЛЯ ПРЕСС-ЭКСТРУДЕРА ПО НЕРАВНОМЕРНОСТИ ДАВЛЕНИЯ В ЗОНЕ ЗАГРУЗКИ

Коновалов Владимир Викторович, доктор технических наук, профессор кафедры «Теоретическая и прикладная механика»¹

Орси́к Илья Леонидович, соискатель кафедры «Сельскохозяйственные машины и механизация животноводства»²

Успенская Ирина Владимировна, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры «Сельскохозяйственные машины и механизация животноводства»²

¹ФГБОУ ВПО «Пензенский государственный технологический университет»
440039 Пензенская область, г. Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, 1а/11;
тел.: 8 (8412) 49-54-41

²ФГБОУ ВПО «Самарская государственная сельскохозяйственная академия»
446442, Самарская область, г.о. Кинель, п.г.т. Усть-Кинельский, ул. Учебная, 2;
тел.: (84663) 46-1-31

Ключевые слова: Экструдер, неравномерность давления, зона загрузки, влажность экструдата, загрузное устройство, конический направлятель, фильера.

В настоящее время при производстве кормов особое место занимает экструзионная переработка мясорыбных отходов. Такая технология наилучшим образом решает как вопросы утилизации мясорыбных отходов, так и получения кормовой добавки с высокой степенью усвояемости и бактериальной чистоты. Введение в зерновую смесь мясорыбных отходов позволяет повысить эффективность использования кормов. В статье представлены результаты исследований неравномерности давления в зоне загрузки шнека пресс-экструдера.

Введение

Экструдированные корма широко используют для различных животных. При экструдировании корм обеззараживается, по-

вышается его усвояемость. Рыбно-мясные отходы обеспечивают готовый корм необходимым количеством белка, а отруби – углеводами и клетчаткой [1, 2].