

## **ТҮЙІН**

Бұл мақалада қосымша жоғары технологиялық табиғи тағамдық қоспаларды пайдаланбай жасау мүмкін емес функционалды тамақ өнімдерінің болуын талап ететін заманауи тамақтану мәселелері қарастырылады. Мұндай қоспалардың жарқын өкілі-кептірілген шикізаттан алынған өсімдік материалдарының ұнтағы (көкөніс, жеміс, шөп, жидек). Өсімдік материалдарының ұнтақтарын қолдану Нан-тоқаш өндірісінде, шұжық, кондитерлік, макарон өндірісінде, мектеп өнімінде және т.

Өсімдік материалдарының тағамдық құндылығы дайын өнімнің тағамдық құндылығын арттырып қана қоймай, сонымен қатар стандартты технологиялық процестер мен дайын өнімдердің сапасын түбегейлі өзгерте алады, яғни ұнтақтардың физика-химиялық қасиеттерінен басқа, процестің барысына оның гранулометриялық құрамы әсер етеді, бұл белгілі бір дәрежеде айқын құрылымы мен дисперсиясы бар өнімдерді өндіруде өте маңызды. Шоколад массасының сапасы мен технологиялық қасиеттері күрделі құрылымдық жүйе ретінде оның тиімді тұтқырлығы мен дисперсті қатты фазасымен толық сипатталады.

Тегістеу кезінде көбінесе кездейсоқ болатын ілеспе процестер үлкен рөл атқарады. Бөлшектердің пішіні, геометриялық өлшемдері мен қасиеттері бүкіл көлемде біркелкі бөлінбейді, сондықтан бұл үлестірімдерді эксперименттік табу ең қиын міндет болып табылады және оны дұрыс орнату және ұйымдастыру мүмкін емес.

Нәтижесінде, ұнтақтау процесін зерттеудегі негізгі міндет-жұмсалған энергия мен қол жеткізілген материалдың дисперсиясы арасындағы байланысты орнату, зерттелетін процестің орташа сынақтарының нәтижелерін кейбір стандартты жағдайларда материалдың бір бөлігін тәжірибелік ұнтақтау нәтижелерімен салыстыру арқылы шешіледі.

УДК 633.863.2:633.2(574.1)

DOI 10.52578/2305-9397-2021-2-1-89-94

**Бралиев М.К.**, доцент ВАК, ORCID ID 0000-0001-5347-9420

НАО «Западно-Казахстанский аграрно-технический университет имени Жангир хана», 090009, ул. Жангир хана, 51, г. Уральск, Республика Казахстан», aigul073@mail.ru

**Braliev M.K.**, Associate Professor at the Higher Attestation Commission

«Zhangir Khan West Kazakhstan Agrarian-Technical University» NPJSC, 090009, 51 Zhangir Khan Str., Uralsk, Republic of Kazakhstan

## **ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ПЛАСТИЧНЫХ ВОССТАНОВИТЕЛЬНЫХ СМАЗОК THEORETICAL EVALUATION OF THE EFFECT OF PLASTIC REDUCING GREASES**

### **Аннотация**

В данной статье на основе анализа литературных источников указывается, что для повышения ресурса подшипников качения в условиях эксплуатации, целесообразным с экономической и экологической точки зрения, является применение в качестве смазочного материала пластичной восстановительной смазочной композиции, специально подготовленной и легированной присадками для получения необходимых физико-химических и трибологических свойств.

При применении пластичной восстановительной смазки осуществляется эффект избирательного переноса металла при трении, и образуется сервовитная пленка. Сервовитная пленка - это особая структура на поверхностях трения толщиной в несколько сотен нанометров, которая защищает трущиеся поверхности от изнашивания. Особенностью пленки является тот факт, что в ней реализуется особый механизм деформации, протекающий без накопления дефектов, свойственных усталостным процессам. Открытие этого явления, сделано советскими учеными Д.Н. Гаркуновым и И.В. Крагельским в 1956 году.

В статье разработана теоретическая оценка влияния пластичных восстановительных смазок и определены: условия реализации восстановления, описываемое коэффициентом

степени деформации  $K_B$  в зоне контакта; расчетная долговечность подшипника качения  $L$ ; расчетная эквивалентная нагрузка на подшипник Рэков; радиальная нагрузка  $F_r$  на подшипник; осевые силы  $S$  для радиально-упорных шариковых и для радиально- упорных роликовых подшипников.

#### ANNOTATION

In this article, based on the analysis of literature sources, it is indicated that in order to increase the service life of rolling bearings in operating conditions, it is advisable from an economic and environmental point of view to use as a lubricant a plastic reducing lubricant composition specially prepared and alloyed with additives to obtain the necessary physical, chemical and tribological properties.

When using a plastic reducing lubricant, the effect of selective metal transfer during friction is carried out, and a servovite film is formed. . Servovite film is a special structure on friction surfaces with a thickness of several hundred nanometers, which protects the rubbing surfaces from wear. A special feature of the film is the fact that it implements a special deformation mechanism that proceeds without the accumulation of defects inherent in fatigue processes. The discovery of this phenomenon was made by Russian scientists D. N. Garkunov and I. V. Kragelsky in 1956.

The article develops a theoretical assessment of the impact of plastic reconstructive lubricants and determined: the conditions of implementation of the recovery described by the coefficient of strain  $KV$  in the contact zone; the estimated longevity of the bearing  $L$ , the estimated equivalent load on pidshipniki; radial load  $F_r$  on the thrust bearing; the axial force  $S$  for angular contact ball and angular contact roller bearings.

*Ключевые слова:* ресурс подшипника, пластичная восстановительная смазка, сервовитная пленка, изнашивание, коэффициент восстановления, долговечность, эквивалентная нагрузка, радиальная нагрузка, осевая сила.

*Key words:* Bearing life, grease lubrication, servo film, wear, reduction factor, durability, equivalent load, radial load, axial force.

**Введение.** Анализ литературы показал, что для повышения ресурса подшипников качения в условиях эксплуатации, целесообразным с экономической и экологической точки зрения, является применение в качестве смазочного материала пластичной восстановительной смазочной композиции, специально подготовленной и легированной присадками для получения необходимых физико-химических и трибологических свойств [1].

При применении пластичной восстановительной смазки осуществляется эффект избирательного переноса металла при трении и образуется сервовитная пленка. Сервовитная пленка - это особая структура на поверхностях трения толщиной в несколько сотен нанометров, которая защищает трущиеся поверхности от изнашивания. Особенностью пленки является тот факт, что в ней реализуется особый механизм деформации, протекающий без накопления дефектов, свойственных усталостным процессам. Открытие этого явления, сделано советскими учеными Д.Н. Гаркуновым и И.В. Крагельским в 1956 году [2].

В соответствии с формулой открытия, избирательный перенос заключается в том, «... что при трении медных сплавов о сталь в условиях граничной смазки, исключающей окисление меди, происходит явление избирательного переноса меди из твердого раствора медного сплава на сталь и обратного ее переноса со стали на медной сплав, сопровождающееся уменьшением коэффициента трения до жидкостного и приводящее к значительному снижению износа пары трения...»

Для образования качественного покрытия (сервовитной пленки) за счет металлоплакирования компонентов из пластичной восстановительной смазки необходима одновременная активизации четырех факторов процесса нанесения: химического, механического, вакансионно-дислокационного и термического [3].

Химический фактор реализуется за счет введения в состав добавки солей пластичных металлов покрытия (таких, как медь, олово, никель и др.), а также применения в качестве активной среды жирных кислот, чем обеспечивается дополнительная активация частиц

порошкового материала, находящегося в пластичной смазке, и восстановление металлов на поверхностях трения из солей жирных кислот

Механический фактор срабатывает за счет нагрузок и деформаций, возникающих при работе подшипника качения, в результате фрикционного воздействия, способного частично или полностью разрушить оксидный слой с образованием ювенильных поверхностей, способных к образованию связей между атомами металлов

Термический фактор также связан с нагрузочно-скоростным режимом эксплуатации подшипника и определяется мощностью тепловыделения (или теплоотвода) в контактной области.

Вакансионно-дислокационный фактор связан с высвобождением энергии при выходе на поверхность структурных дефектов в результате микропластической деформации тел, что особенно важно в зоне контакта рабочих тел (роликов или шариков) подшипников качения

Условие реализации процесса восстановления (металлоплакирования) описывается коэффициентом степени деформации в зоне контакта (коэффициентом восстановления)

$$K_B = (\sigma_{0,2n} / \sigma_{0,2v}) = 0,71 \dots 0,95, \quad (1)$$

где  $\sigma_{0,2n}$  и  $\sigma_{0,2v}$  – физический предел текучести порошковых материалов восстановителя и предел текучести материала детали подшипника стали ШХ15, МПа.

При условии, что  $K_B > 0,95$  – наблюдается повышение интенсивности изнашивания подшипника, а условия  $K_B < 0,71$  деформационно-скоростные режимы подшипника не обеспечивают высокой производительности и качества покрытия.

Основным расчетом для подшипников качения при частоте вращения  $n > 10$  мин<sup>-1</sup> является расчет на долговечность (расчет по динамической грузоподъемности)

Паспортная динамическая грузоподъемность подшипника  $C_r$  – постоянная нагрузка, которую подшипник может выдержать в течение одного миллиона оборотов без проявления признаков усталости.

Расчетная долговечность подшипника качения, выраженная в миллионах оборотов, находится по формуле:

$$L = \left( \frac{C_r}{P_{э\text{кв}}} \right)^m, \quad (2)$$

где  $C_r$  – паспортная динамическая грузоподъемность, Н;

$P_{э\text{кв}}$  – эквивалентная нагрузка, Н;

$m$  – показатель степени ( $m=3$  – для шарикоподшипников;  $m=10/3$  – для роликоподшипников).

Долговечность (ресурс) подшипника, выраженная в часах, находится из выражения:

$$L_h = \left( \frac{C_r}{P_{э\text{кв}}} \right)^m \cdot \frac{10^6}{60 \cdot n} \geq [L_h], \quad (3)$$

где  $L_h$  – долговечность (ресурс) подшипника, ч;

$n$  – число оборотов вала подшипника, мин<sup>-1</sup>;

$[L_h]$  – рекомендуемое значение долговечности, ч.

Для подшипников качения стандартных изделий рекомендуется принимать  $[L_h] \geq 10000$  ч.

Расчетная эквивалентная нагрузка определяется по формуле:

$$P_{экс} = (VXF_r + YF_a) K_B \cdot K_T, \quad (4)$$

где  $V$  – коэффициент вращения;

$F_r$  – радиальная нагрузка, равная радиальной реакции опоры;

$F_a$  – осевая нагрузка, равная осевой реакции опоры;

$X$  и  $Y$  – коэффициенты радиальной и осевой нагрузок;

$K_B$  – коэффициент безопасности, учитывает характер нагрузки;

$K_T$  – температурный коэффициент.

Для расчета долговечности подшипника качения в условиях применения пластичной восстановительной смазки в формулу вводим коэффициент восстановления:

$$P_{экс} = (VXF_r + YF_a) K_B \cdot K_T \cdot K_B, \quad (5)$$

Имеющиеся данные показывают, что распределение нагрузки между несущими телами качения неравномерно. В подшипниках качения нагрузку воспринимают только нижние тела качения, при этом наибольшую нагрузку несет центральный шарик или ролик, который воспринимает нагрузку в 4-6 раз большую средней, чем, если бы она распределялась поровну между всеми телами (рисунок 1) качения [4].

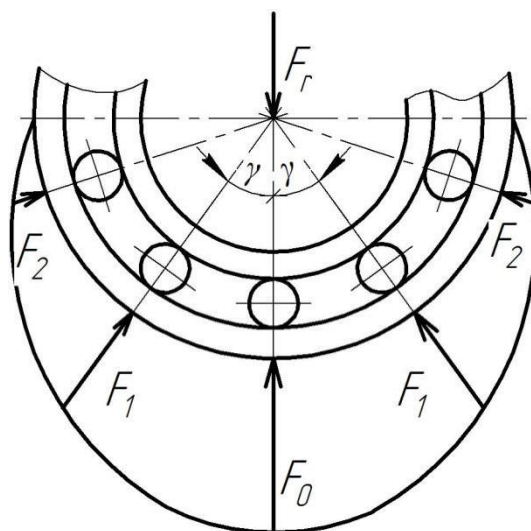


Рисунок 1 – Эпюра распределения нагрузки на тела качения

Центробежные силы инерции, действующие в подшипниках качения, определяются известным уравнением:

$$J_{ц} = mR\omega^2, \quad (6)$$

При малых и средних угловых скоростях они не очень велики, но сильно возрастают при высоких и сверхвысоких углах их скоростей, становясь главными нагрузками, которые и определяют предельное число оборотов подшипников этого типа.

Центробежные силы способствуют износу сепараторов, поэтому большую опасность составляют для упорных шариковых подшипников.

При этом коэффициент вращения  $V = 1$  – при вращении внутреннего кольца подшипника и  $V = 1,2$  – при вращении наружного кольца подшипника.

Коэффициент безопасности для редукторов общего назначения равен  $K_B = 1,3 \dots 1,5$ , а температурный коэффициент при  $t < 100$  °C будет составлять  $K_T = 1$ .

Радиальная нагрузка  $F_r$ , равная радиальной реакции опоры, определяется по следующей формуле:

$$F_r = \sqrt{R_z^2 + R_x^2}, \quad (7)$$

где  $R_y$  и  $R_x$  – реакции опор от различных нагрузок, действующих на подшипник качения. Осевая нагрузка  $F_a$  равна осевой реакции опоры.

Для радиальных подшипников сила  $F_a$  равна внешней осевой силе (осевой силе в зацеплении),  $F_a = F_A$ , а для радиально-упорных подшипников  $F_a$  – это результирующая осевая сила.

Значения коэффициентов  $X$  и  $Y$  радиальной и осевой нагрузок берутся из соответствующих таблиц и зависят от отношения  $F_a/VF_r$ , которое влияет на распределение нагрузки между телами качения. При малых значениях осевой силы  $F_a$  (или до некоторого отношения  $\frac{F_a}{VF_r} \leq e$ ) из-за радиального зазора в подшипнике возникает повышенная неравномерность распределения нагрузки между телами  $C$  с увеличением осевой силы (или при  $\frac{F_a}{VF_r} > e$ ) происходит выборка зазора, рабочая зона в подшипнике увеличивается и улучшается распределение нагрузки.

Поэтому при отношении  $\frac{F_a}{VF_r} \leq e$  осевую силу не учитывают (принимают  $X=1$  и  $Y=0$ ) и расчет проводится лишь по радиальной нагрузке. Значения параметра осевого нагружения  $e$  даны в таблицах и зависят от отношения  $\frac{F_a}{C_0}$ , где  $C_0$  статическая радиальная грузоподъемность подшипника.

Результирующая осевая нагрузка на подшипник качения зависит от величины и направления внешней осевой силы  $F_A$ , собственных осевых сил  $S$ , типа подшипника качения и его положения в опоре

При этом у радиально-упорных шариковых подшипников осевую силу  $S$  определяют по формуле:

$$S = e, \quad (8)$$

а для радиально-упорных роликовых подшипников качения:

$$S = 0,83 \cdot e \cdot F_r, \quad (9)$$

**Заключение.** В данной статье на основе анализа литературных источников указывается, что для повышения ресурса подшипников качения необходимо применение в качестве смазочного материала пластичной восстановительной смазочной композиции, специально подготовленной и легированной присадками для получения необходимых физико-химических и трибологических свойств.

В статье разработана теоретическая оценка влияния пластичных восстановительных смазок и определены: условия реализации восстановления, описываемое коэффициентом степени деформации  $K_B$  в зоне контакта; расчетная долговечность подшипника качения  $L$ ; расчетная эквивалентная нагрузка на подшипник  $R_{экв}$ ; радиальная нагрузка  $F_r$  на подшипник; осевые силы  $S$  для радиально-упорных шариковых и для радиально-упорных роликовых подшипников.

#### SPISOK LITERATURY

1. Grigorev, R.A. Klassifikatsiya remontno-vosstanovitelnyh plastichnyh smazok // Povysheniye effektivnosti ispolzovaniya resursov pri proizvodstve selskohozyaistvennoi produkcii – novyye tehnologii i tehnika novogo pokoleniya dlya rasteniyevodstva i zhivotnovodstva: sb. nauch. trudov g. Tambov – Tambov: Perşin R.N., 2017. – S.91 – 92.

2. Kuksenova L.İ., Polyakov A.A., Rybakova L.M. Smazochnye materialy i yavlenie izbiratel'nogo perenosa // Vestnik mašinostroeniya. - 1990. - № 1. - S. 35-40.
3. Trenie, iznos i smazka (tribologiya i tribotekhnika) / pod ob. red. A.V. Chichinadze – M.: Mašinostroenie, 2003. – 576 s.
4. Igsuk .L. Sostav, struktura i svoistva plastichnyh smazok. - Kiev: Nauk, dumka, 1996. - 512 s.
5. Nadejnost i remont mašin / pod red. V.V. Kurchatkina. – M.: Kolos, 2000. – 776 s.

### ТҮЙІН

Бұл мақалада әдеби көздерді талдау негізінде пайдалану жағдайында жылжымалы мойынтіректердің ресурсын арттыру үшін экономикалық және экологиялық тұрғыдан қолайлы, қажетті физика-химиялық және трибологиялық қасиеттерді алу үшін арнайы дайындалған және қоспаланған қоспалармен майлау материалы ретінде пластикалық қалпына келтіретін майлау құрамын қолдану болып табылады.

Пластикалық қалпына келтіретін майды қолданған кезде үйкеліс кезінде металды селективті беру әсері жүзеге асырылады және серво пленкасы пайда болады. Серво пленкасы- бұл үйкеліс беттеріндегі қалыңдығы бірнеше жүз нанометр болатын арнайы құрылым, ол ысқылайтын беттерді тозудан қорғайды. Фильмнің ерекшелігі-ол шаршау процестеріне тән ақаулардың жинақталуынсыз пайда болатын деформацияның арнайы механизмін жүзеге асырады. Бұл құбылыстың ашылуын 1956 жылы отандық ғалымдар Д. Н. Гаркунов пен И. В. Крагельский жасаған.

Мақалада Пластикалық қалпына келтіру майларының әсерін теориялық бағалау әзірленді және анықталды: байланыс аймағында Кв деформация дәрежесінің коэффициентімен сипатталған қалпына келтіруді жүзеге асыру шарттары; жылжымалы мойынтіректің есептелген беріктігі L; подшипникке-ге есептелген балама жүктеме; мойынтірекке Fg радиалды жүктеме; радиалды - тұрақты шарикті және радиалды-тұрақты роликті мойынтіректер үшін S осьтік күштері.