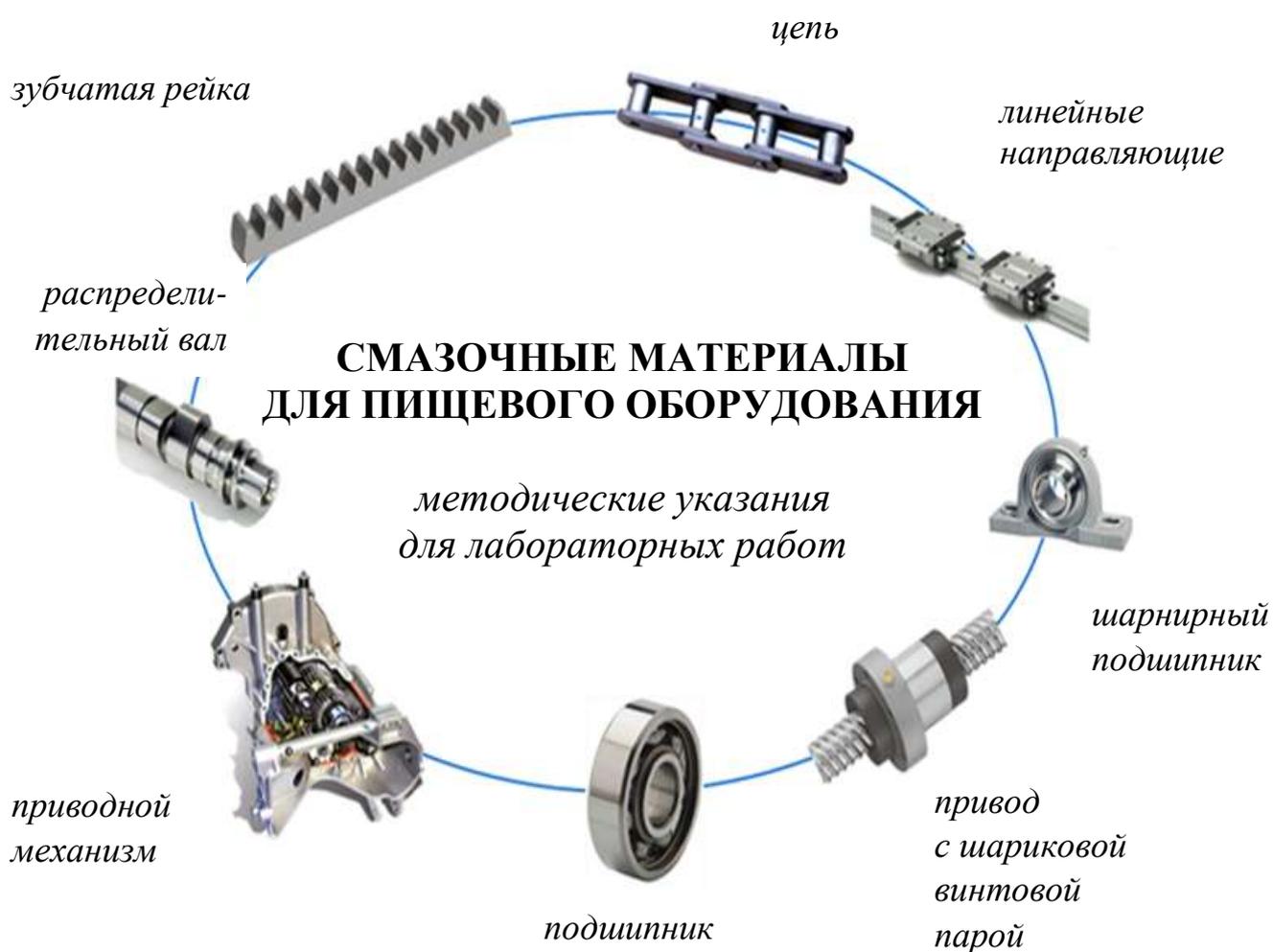


В.Н. Тепляшин, И.В. Мацкевич, В.Н. Невзоров



Электронное издание

Красноярск 2019

Рецензент

В.Н. Холопов, д-р техн. наук, проф. каф. автомобилей
и транспортно-технологических машин ФГБОУ ВО
«Сибирский государственный университет науки
и технологий им. акад. М.Ф. Решетнева»

Тепляшин, В.Н.

Смазочные материалы для пищевого оборудования [Электронный ресурс]: метод. указания для лабораторных работ / *В.Н. Тепляшин, И.В. Мацкевич, В.Н. Невзоров*; Краснояр. гос. аграр. ун-т. – Красноярск, 2019. – 76 с.

Представлена классификация смазочных материалов и техника безопасности, приведены сведения по составлению схемы и карты смазки пищевого оборудования в целом, а также отдельных его составных узлов и агрегатов с выбором смазочных материалов. Рассмотрены вопросы рациональной эксплуатации технологического оборудования пищевых производств. Рекомендованы методы расчета, схемы и карты смазки для основного технологического оборудования.

Предназначено для студентов направления подготовки 15.03.02 «Технологические машины и оборудование».

Печатается по решению редакционно-издательского совета
Красноярского государственного аграрного университета

© Тепляшин В.Н., Мацкевич И.В.,
Невзоров В.Н., 2019

© ФГБОУ ВО «Красноярский государственный
аграрный университет», 2019

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	4
1 Общие положения	5
2 Смазочные материалы технологического оборудования	7
Лабораторная работа № 1. Определение качества пластичной смазки	10
Лабораторная работа № 2. Составление карты смазки пищевого технологического оборудования	16
Лабораторная работа № 3. Смазка зубчатых цилиндрических и конических передач	23
Лабораторная работа № 4. Смазка червячных передач	27
Лабораторная работа № 5. Смазка подшипников качения	33
Лабораторная работа № 6. Смазка подшипников скольжения	39
Самостоятельная работа	60
Заключение	61
Литература	62
Основные понятия	63
Приложение	65

ВВЕДЕНИЕ

Цель методических указаний – дать общие рекомендации по выполнению работ и обработке результатов, рассмотреть устройство и принцип действия различных видов технологических машин и оборудования, что поможет студентам при плановом техническом обслуживании и ремонте узлов и механизмов технологического оборудования, овладении методами подбора вида смазки и составления карты смазки оборудования.

Основная цель изучения дисциплины заключается в подготовке студентов к производственно-технической деятельности в области эксплуатации технологических машин и холодильного оборудования в различных отраслях пищевой промышленности.

Задачи дисциплины:

- изучить смазочные материалы;
- изучить технические жидкости.

В результате освоения учебной дисциплины «Смазочные материалы для пищевого оборудования» согласно ФГОС ВО выпускник должен обладать следующими профессиональными компетенциями:

- ОК-7 (способность к самоорганизации и самообразованию);
- ПК-15 (умение выбирать основные и вспомогательные материалы, способы реализации технологических процессов, применять прогрессивные методы эксплуатации технологического оборудования при изготовлении технологических машин).

1 Общие положения

Методические указания состоят из введения, общих положений, лабораторного практикума (6 лабораторных работ), заключения, приложения и библиографического списка.

Каждая лабораторная работа составлена по единому плану: цель работы, теоретическая часть, порядок выполнения работы, протокол испытаний, расчетная и графическая части, контрольные вопросы.

Предварительно студенты должны изучить теоретический материал по предлагаемой литературе или лекциям, ознакомиться с предстоящей работой, оформить титульный лист, вычертить схему установки.

В процессе выполнения работы студенты делают необходимые замеры, заполняют протоколы испытаний (измерений), производят соответствующие расчеты. Окончив лабораторную работу, студенты должны выключить оборудование и предъявить преподавателю протокол испытаний.

Отчет о работе защищается студентом в конце текущего занятия или начале следующего.

К выполнению лабораторных работ допускаются студенты, прошедшие инструктаж по технике безопасности с регистрацией в специальном журнале. Перед началом лабораторных работ студенты должны ознакомиться с основными правилами по технике безопасности при работе со смазочными материалами:

– При соблюдении правил личной и производственной гигиены, а также при надлежащем использовании в рекомендуемых областях применения смазочных материалов, предназначенных для пищевого технологического оборудования, они не представляют угрозы для здоровья и опасности для окружающей среды.

– Избегайте попадания масла на кожу. При работе с отработанным маслом пользуйтесь защитными перчатками или рукавицами. При попадании масла на кожу его необходимо сразу смыть водой с мылом.

– При работе с горюче-смазочными материалами студент обязан выполнять только ту работу, которая определена рабочей инструкцией; выполнять правила внутреннего распорядка; правильно применять средства индивидуальной и коллективной защиты; соблюдать требования охраны труда; немедленно извещать своего преподавателя о любой ситуации, угрожающей жизни и здоровью людей, об

ухудшении состояния своего здоровья; проходить обучение безопасным методам и приемам выполнения работ и по оказанию первой помощи пострадавшим, инструктаж по охране труда, проверку знаний требований охраны труда.

– Обучающиеся должны выполнять требования по обеспечению пожаро- и взрывобезопасности (хранение материалов должно быть организовано с учетом их совместимости и обеспечения пожаробезопасности, взаимно реагирующие вещества следует хранить отдельно; не загромождать проходы, входы и выходы в помещения; средства пожаротушения должны находиться на видном месте).

2 Смазочные материалы технологического оборудования

Смазочные материалы (Lubricants) – это твердые, пластичные, жидкие и газообразные вещества, используемые в узлах трения автомобильной техники, промышленных машин и механизмов, а также в быту для снижения износа, вызванного трением.

Классификация смазочных материалов представлена на рисунке 1.

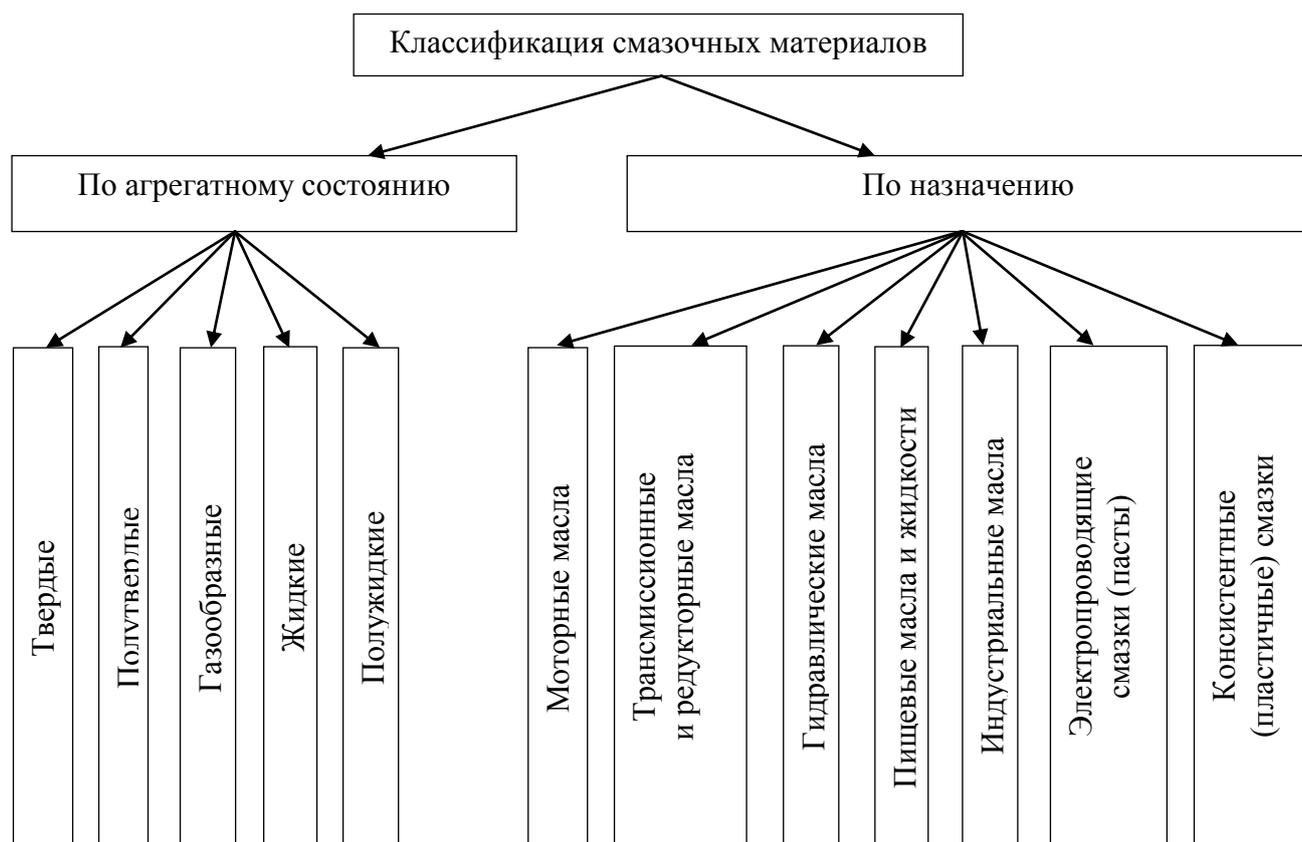


Рисунок 1 – Классификация смазочных материалов

Смазочные материалы подлежат обязательной стандартизации и сертификации в Российских и международных организациях.

Управление по контролю за качеством пищевых продуктов и лекарственных препаратов (Food and Drug Administration, FDA, US FDA) – Правительственное агентство, подчиненное министерству здравоохранения США FDA – Food and Drug Administration.

ISO 21469:2006 «Безопасность машин. Смазочные материалы, случайно контактирующие с продуктом. Гигиенические требования» – это международная норма, определяющая санитарно-гигиенические требования в отношении состава, условий производства и применения смазочных материалов категории NSF H1, используемых в пищевой и

фармацевтической промышленности, которые могут случайно войти в контакт с пищевыми продуктами и фармпрепаратами в процессе их производства.

На основе стандарта ISO 21469 NSF разработала процедуру сертификации, включая ежегодный необъявленный аудит заводов-производителей смазочных материалов для контроля строгого соблюдения требований гигиены и предотвращения загрязнения в процессе производства.

NATIONAL SANITATION FOUNDATION (NSF) – это международная некоммерческая организация, которая разрабатывает стандарты и производит сертификацию смазочных материалов пищевого класса.

Классификация пищевых допусков по NSF выделяет несколько различных типов, которые присваиваются смазочным материалам в зависимости от вероятности их контакта с продуктами питания в процессе производства. Смазочные материалы, прошедшие процедуру одобрения NSF, заносятся в так называемую «Белую книгу NSF».

Типы пищевых допусков по классификации NSF:

H1 – допускается случайный контакт с пищевыми продуктами. Самый распространенный стандарт для пищевых смазочных материалов.

H2 – контакт с пищевыми продуктами не допустим. Многие непищевые смазочные материалы подходят под категорию H2. Спецификация H2 гарантирует только то, что продукт не содержит таких высокотоксичных веществ, как свинец, кадмий, никель, сурьма, а также ароматизаторов.

H3 – допуском H3 обладают растворимые или пищевые масла для очистки и антикоррозионной обработки тележек, крюков и аналогичных устройств.

Материалы категории 3H, в отличие от H3, – это самые безопасные материалы. Они могут иметь непосредственный постоянный контакт с продуктами питания, не нанося при этом вреда здоровью человека.

Классификация смазок по NLGI представлена ниже.

Классификация смазок по NLGI

Класс консистенции	Число пенетрации при 25 °С, 0,1 мм	Консистенция	Область применения и условия работы
00	430–400	Жидкая	Зубчатые передачи, автоматические системы смазки
0	385–355	Полужирная	Слабонагруженные подшипники, автоматические системы смазки, низкие температуры
1	340–310	Очень мягкая	Легконагруженные подшипники, автоматические системы смазки, низкие температуры
2	300–265	Мягкая	Средне / тяжело нагруженные подшипники и направляющие, средние скорости, шприц-масленки
3	250–220	Полутвердая	Герметизированные подшипники и средне / тяжело нагруженные подшипники, повышенные скорости
4	205–175	Твердая	Высокоскоростные подшипники
5	160–130	Очень твердая	Открытые зубчатые передачи
6	115–85	Особо твердая	Открытые зубчатые передачи

Современные предприятия по производству продуктов питания при выборе сервисных материалов руководствуются программой «Системы управления безопасностью пищевых продуктов» (система НАССР – Hazard Analysis and Critical Control Points – анализ рисков и критические точки контроля). В соответствии с ее положениями каждая точка смазки должна быть оценена на предмет возможности контакта с продукцией.

Лабораторная работа № 1

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КАЧЕСТВА ПЛАСТИЧНОЙ СМАЗКИ

Цели работы:

1. Закрепление знаний марок пластичных смазок.
2. Знакомство с нормативно-технической документацией по качеству пластичных смазок (ГОСТами на показатели качества и методы их определения).
3. Изучение методов определения контрольного анализа пластичных смазок.
4. Приобретение навыков по контролю и оценке качества пластичных смазок.

Рекомендуемая литература: [1, 2, 6, 7].

Задание:

- I. Оценить испытуемый образец смазочного материала по внешним признакам.
- II. Определить растворимость смазочного материала в воде, бензине и химическом моющем средстве.
- III. Определить температуру каплепадения предложенных образцов смазочных материалов.
- IV. Составить отчет по работе.
- V. Ответить на контрольные вопросы.

Теоретическая часть

Пластичные смазки применяются для трущихся деталей механизмов, где по конструкционным особенностям не могут удерживаться или регулярно подаваться жидкие масла, т. е. когда использование минеральных масел невозможно или нерационально.

В качестве примера узлов механизма, используемых в пищевом технологическом оборудовании, можно назвать подшипники, шарниры различного рода привода и т. д.

Эксплуатационные требования к качеству смазочных материалов:

- смазки должны быть однородными;
- обладать определенными механическими свойствами;
- оказывать минимальное коррозионное воздействие на металлы;
- не должны содержать воды и механических примесей.

Оценка пластичной смазки по внешним признакам

При оценке пластичных смазочных материалов по внешним признакам обращается внимание на цвет, состояние ее поверхностного слоя и однородность.

Цвет зависит от состава смазки, назначения и технологии ее приготовления.

Смазки, в которых не содержатся специальные добавки, имеют цвет от светло-желтого до темно-коричневого. Наиболее ярко выраженный цвет имеют смазки графитная и № 158. Первая имеет черный цвет, вторая – синий.

Однородность – одно из важнейших требований, предъявляемых к пластичным смазкам. При внешнем осмотре определяется, прежде всего, отсутствие выделения из смазки жидкой фазы (масла). Затем однородность проверяется с помощью стеклянной пластинки, на которую наносится слой смазки толщиной 1–2 мм. При рассмотрении этого слоя невооруженным глазом в проходящем свете не должны обнаруживаться капли масла, комки загустителя, твердые включения.

Определение растворимости смазочных материалов в воде и бензине

Испытание пластичной смазки на растворимость в воде и бензине позволяет определить загуститель данной смазки, так как известно, что натриевые смазки обладают слабой водоустойчивостью, а кальциевые и литиевые не растворимы в воде и бензине, хотя с бензином они образуют тягучие, но непрозрачные системы. Поэтому отличить их друг от друга можно только по температурам каплепадения.

Полное же растворение пластичной смазки возможно в нагретой до кипения воде. При этом будет образован мутный (мыльный) раствор с плавающим на его поверхности слоем жидкого масла, что говорит о принадлежности данного образца к натриевым смазкам. Однако если после охлаждения вода станет прозрачной или слегка мутной, а на ее поверхности будет находиться слой смазки, то данная смазка считается нерастворимой в воде.

Чтобы проверить смазку на растворимость в бензине, надо смешать ее с ним в соотношении 1 : 4 при температуре 60 °С. Если при этом образуется совершенно прозрачный раствор, имеющий при просвечивании цвет испытуемого образца, то смазка считается растворимой в бензине. В бензине растворяются смазки с углеводородными загустителями.

Определение температуры каплепадения смазки

Одной из причин перехода пластичной смазки в жидкое состояние является чрезмерное ее нагревание.

Для определения температуры каплепадения смазки пользуются специальным прибором, схема которого показана на рисунке 2.

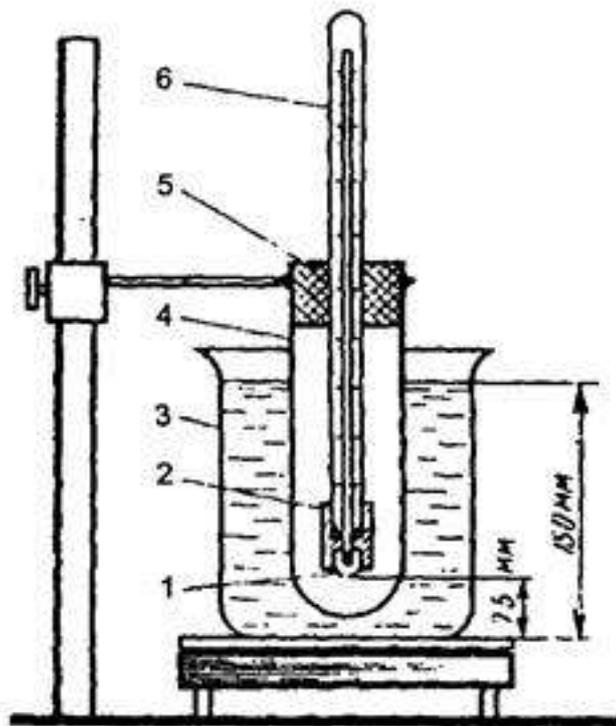


Рисунок 2 – Прибор для определения температуры каплепадения смазочных материалов: 1 – чашечка; 2 – гильза; 3 – стакан с жидкостью; 4 – стеклянная муфта; 5 – пробка; 6 – термометр

К нижней части термометра прикрепляется металлическая гильза 2, в которой за счет трения держится стеклянная чашечка 1 с калиброванным донным отверстием. Заполненная смазкой чашечка вставляется в гильзу, а собранный прибор (чашечка, гильза и термометр) вставляются в стеклянную муфту так, чтобы расстояние от ее дна до низа чашечки составляло 25 мм. Муфта погружается в стакан с водой или глицерином и закрепляется в штативе. При этом глубина погружения должна составлять 150 мм. Затем ведется нагрев жидкости в два этапа. На первом этапе скорость нагрева не нормируется, и он ведется до температур: 30 °С – для низкоплавких смазок; 60 °С – для среднеплавких; 110 °С – для натриевых и 150 °С – для литиевых. На втором этапе темп нагрева должен составлять 1 °С в минуту. На обоих этапах жидкость в стакане следует периодически помешивать.

Температура, при которой в процессе нагревания падает из чашечки первая капля испытуемой смазки, считается температурой каплепадения. Если смазка не образует капли, а вытягивается из чашечки в виде цилиндра, то за температуру каплепадения принимают ту, при которой выходящий столбик смазки коснется дна муфты.

Экспериментальная часть

I. Оценка пластичных смазочных материалов по внешним признакам

Оборудование:

- стеклянная пластинка;
- шпатель;
- образец испытуемой смазки.

Порядок выполнения работы

1. Смазку при помощи шпателя нанести на стеклянную пластинку слоем 1–2 мм. При этом допускается образование пузырьков воздуха.

2. Осмотреть слой смазки в проходящем свете и определить наличие или отсутствие в ней капель масла, комков загустителя, посторонние твердые включения.

3. Результаты оценки записать в отчет.

II. Определение растворимости смазочного материала в воде, бензине, химическом моющем растворе

Лабораторное оборудование и приборы:

- пробирки;
- стеклянная палочка;
- дистиллированная вода;
- бензин неэтилированный;
- химический моющий раствор;
- газовая горелка;
- водяная баня.

Порядок выполнения работы

1. Образец смазки в количестве примерно по 1 г при помощи стеклянной палочки поместить на самый низ двух пробирок.

2. В одну из пробирок добавить четырехкратное количество дистиллированной воды.

3. Во вторую пробирку добавить четырехкратное количество бензина.

4. Соблюдая осторожность, на газовой горелке довести до кипения воду в первой пробирке. При этом нагрев вести постепенно, внося пробирку в пламя горелки многократно на 2–3 с с одновременным вращением вокруг своей оси.

5. Определить растворимость смазки в воде и результат записать в отчет.

6. Подогреть вторую пробирку до температуры 60 °С (нагрев определить на ощупь).

7. Определить растворимость смазки в бензине и результат записать в отчет (табл. 1).

III. Определение температуры каплепадения смазочных материалов

Лабораторное оборудование и приборы:

- прибор для определения температуры каплепадения смазок;
- шпатель;
- секундомер;
- стеклянный термостойкий стакан;
- глицерин или вода;
- кольцевая металлическая мешалка.

Порядок выполнения работы

1. Вынуть чашечку 1 (см. рис. 2) из прибора и заполнить ее с помощью шпателя смазкой, которая подлежит испытанию, не допуская образования пузырьков воздуха в смазке.

2. Вставить чашечку обратно в металлическую гильзу 2 до упора и снять шпателем выдавленную термометром 6 смазку заподлицо с нижним обрезом чашечки.

3. Собранный прибор укрепить с помощью пробки 5 в стеклянной муфте 4 так, чтобы расстояние от ее дна до низа чашечки составляло 25 мм.

4. Муфту вместе с прибором погрузить в стакан 4 с водой или глицерином и закрепить в штативе так, чтобы глубина погружения составляла 150 мм.

5. Помешивая с помощью мешалки жидкость, на газовой горелке нагревать стакан до температур:

- 30 °С для низкоплавких смазок;
- 60 °С для среднеплавких;
- 110 °С для натриевых;
- 150 °С для литиевых.

6. После прохождения указанных температур скорость дальнейшего нагрева поддерживать в пределах 1 °С в минуту.

7. Зафиксировать температуру, при которой из чашечки упадет первая капля смазки или ее выползающий столбик коснется дна муфты.

8. Результат округлить до целых единиц и записать в отчет (табл. 1).

IV. Составление отчета по работе

По результатам анализов заполнить таблицу 1.

Таблица 1 – Отчет о лабораторной работе по оценке качества

Цель работы			
Задание			
Наименование и марка продукта			
Результаты оценки	Основные показатели качества оцениваемого образца		
	Наименование показателей	По ГОСТу	Полученные на основании проведенных анализов
	Цвет		
	Наличие капель масла, комков загустителя и посторонних твердых включений		
	Растворимость в воде		
	Растворимость в бензине		
	Температура каплепадения, °С		
Заключение о пригодности образца к применению			

Контрольные вопросы

1. Что такое пластичная смазка?
2. Дайте краткую характеристику важнейшим эксплуатационным показателям качества консистентной смазки.
3. Перечислите эксплуатационные требования к качеству пластичных смазок.
4. Перечислите марки смазок.
5. Чем определяется переход смазки из пластичного состояния в жидкое?
6. Что такое температура каплепадения смазочного материала?
7. Как определяется растворимость смазочного материала?

Лабораторная работа № 2

СОСТАВЛЕНИЕ КАРТЫ СМАЗКИ ПИЩЕВОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Цели работы:

1. Получить навыки в подборе смазочных материалов и способов смазки различных узлов и механизмов пищевого технологического оборудования.

2. Изучить устройство и принцип действия заданной машины, разрабатывать карту и схему смазки.

Рекомендуемая литература: [1, 2, 6, 7].

Задание:

1. Подобрать смазочный материал и способ смазки узлов и механизмов пищевого технологического оборудования.

2. Составить карту и схему смазки пищевого технологического оборудования по выданному преподавателем варианту задания.

Теоретическая часть

Периодическое пополнение смазочного материала или его замена с промывкой корпусов и систем входит в обязанности слесаря по межремонтному обслуживанию. Смазку оборудования ведут в соответствии с картой смазки, где указаны все смазываемые места, тип и марка масла, а также периодичность смазки.

Промывка оборудования состоит из следующих операций:

1) слив отработанного жидкого или удаление пластичного смазочного материала;

2) очистка системы от осадков, грязи и остатков смазочного материала;

3) протирка техническими салфетками корпусов и емкостей;

4) промывка системы в течение 10–15 мин керосином или промывочным маслом и их слив;

5) промывка в керосине или замена изношенных войлочных, фетровых или манжетных уплотнений;

6) заливка свежим жидким или наполнение пластичным смазочным материалом емкостей;

7) заполнение соответствующих емкостей ранее слитым отработанным маслом для его дальнейшей регенерации или утилизации.

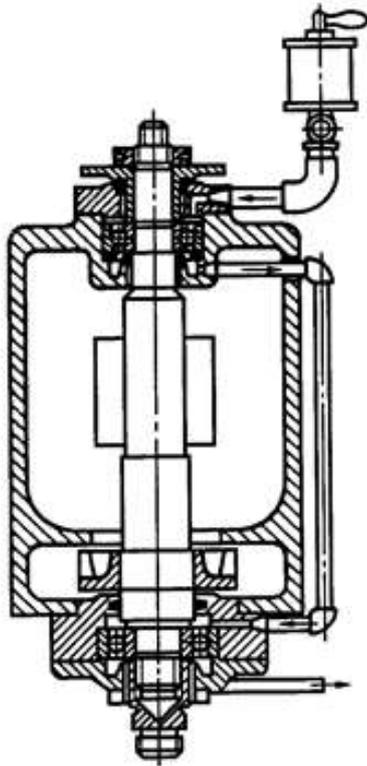
Смазка оборудования осуществляется жидкими минеральными маслами, пластичными смазками или твердыми смазочными материалами (графит, тальк, дисульфид молибдена и прочие вещества).

Минеральные масла по назначению можно разделить на промышленные, применяемые для смазки производственного технологического оборудования и в гидравлических системах, моторные (авиационные, автомобильные, дизельные и другие), масла для паровых турбин, машин и компрессоров (цилиндровые, турбинные, компрессорные), трансмиссионные и электроизоляционные (трансформаторные, конденсаторные). Основное свойство, характеризующее смазочное масло, – его вязкость. Измеряется вязкость в градусах (условная или относительная), пуазах (динамическая) и стоксах (кинематическая вязкость). Пластичные смазки по назначению делятся на антифрикционные, приборные и часовые, герметизирующие и защитные (консервационные). Смазки характеризуются температурой каплепадения ($^{\circ}\text{C}$), которая должна на 10–20 $^{\circ}\text{C}$ превышать рабочую температуру конкретного узла.

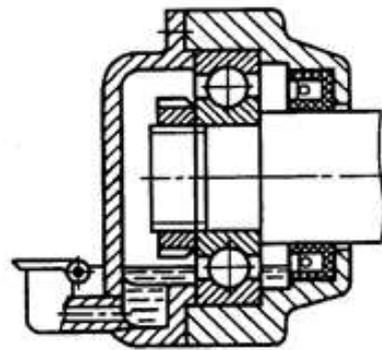
Системы для жидких смазочных материалов делятся на проточные, когда масло вытесняется с поверхности трения, не возвращаясь в систему, и циркуляционные, когда масло, смазав трущиеся поверхности, возвращается обратно в систему и непрерывно циркулирует в ней либо свободно (смазывание разбрызгиванием, погружением), либо принудительно (смазывание под давлением). Системы с пластичными смазками относятся к проточным, так как смазка вторично не используется.

В зависимости от того, подается ли масло только к одному или ко многим узлам трения, различают смазку индивидуальную и централизованную. Подача масла может быть периодической и непрерывной, а также ручной и автоматической.

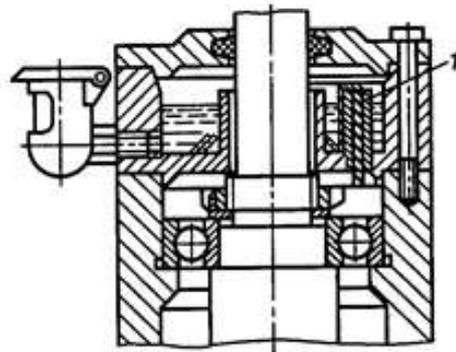
Способы смазки узлов и агрегатов пищевого технологического оборудования представлены на рисунке 3.



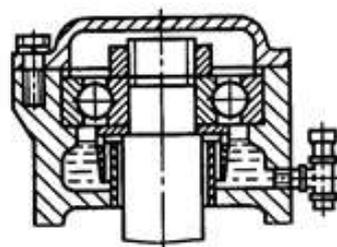
Смазка подшипников вертикального ряда с помощью масленки с запорной иглой



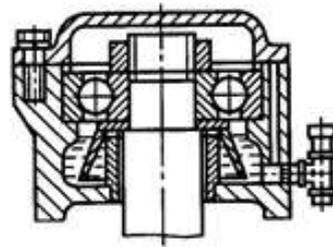
Смазка в масляной ванне



Фитильная смазка подшипников вертикального вала при верхнем расположении резервуара (1 – фильтр)



а



б

Центробежная смазка подшипника вертикального вала:
а – при расположении корпусной насадки основанием вверх;
б – при расположении корпусной насадки основанием вниз

Рисунок 3 – Способы смазки узлов и агрегатов пищевого технологического оборудования

Для пластичных смазок используют масленки: напорные и колпачковые. Для жидких масел используют напорные масленки под запрессовку, наливные фитильные с закрепительным колпачком и с откидной крышкой, наливные с поворотной крышкой и капельные с игольчатым дросселем (рис. 4).

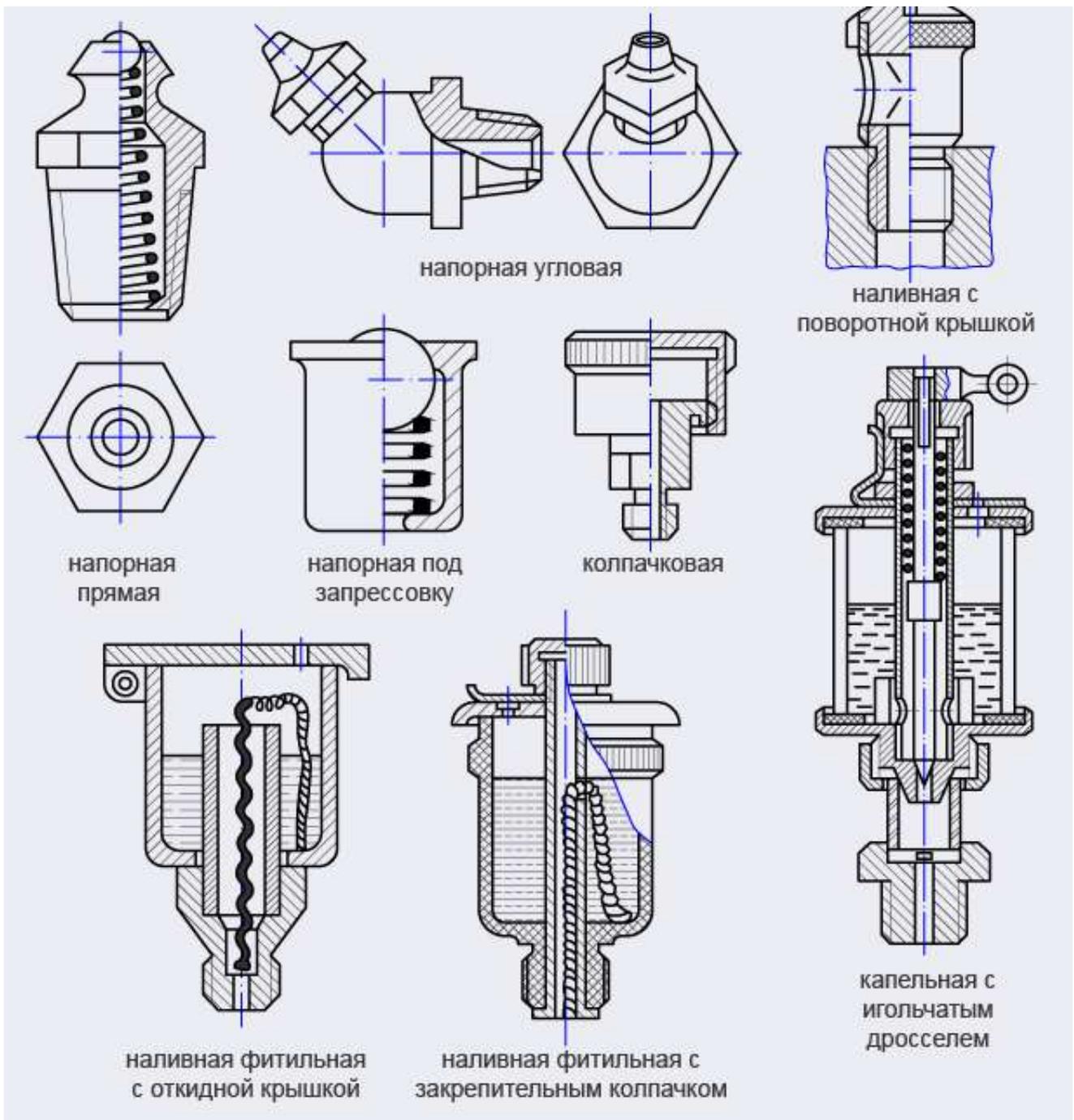


Рисунок 4 – Масленки

Уровень масла определяется с помощью маслоуказателей: удлиненного и круглого фонарного типов, трубчатого, жезлового (рис. 5).

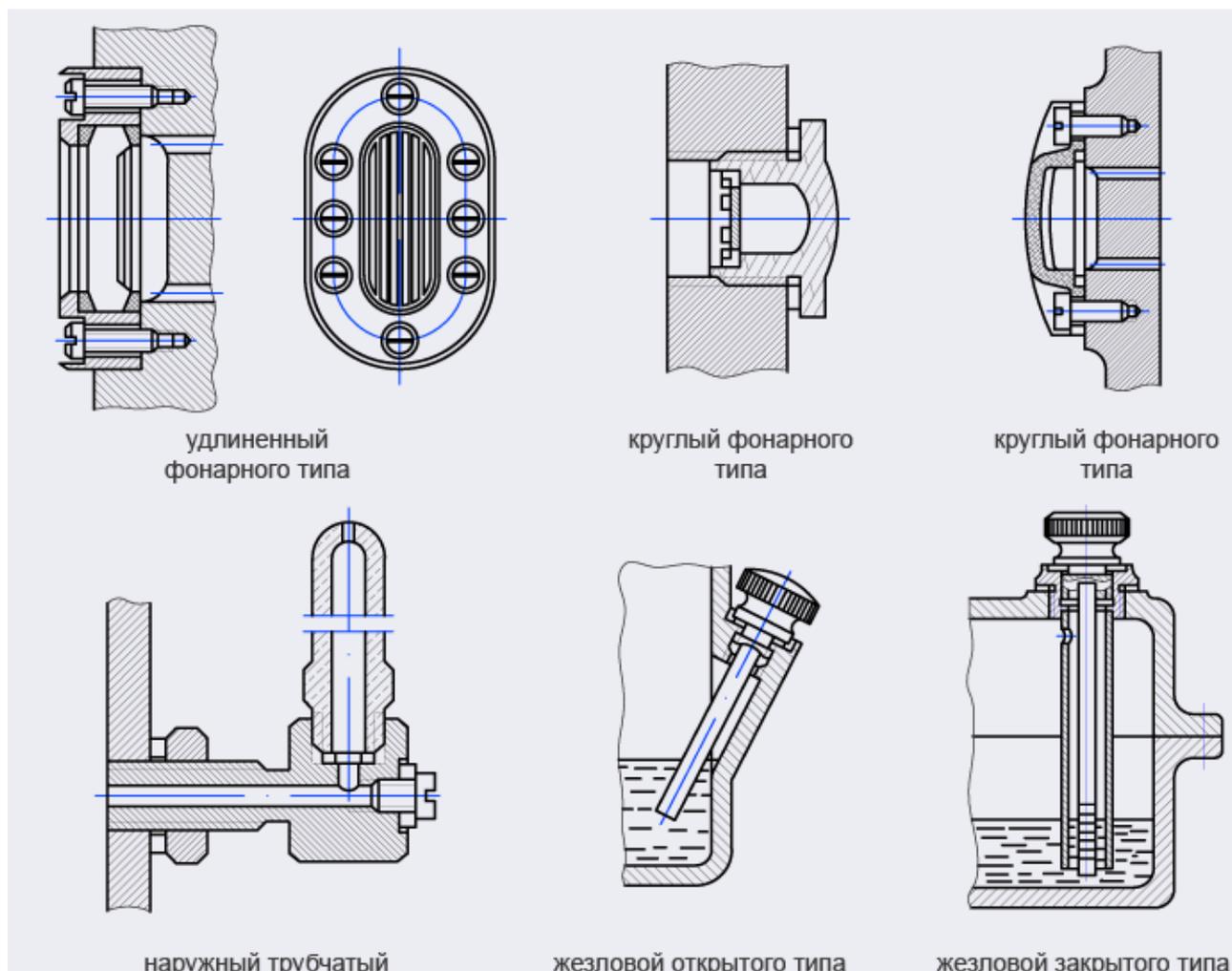


Рисунок 5 – Маслоуказатели

Порядок выполнения работы

1. Рассмотреть чертеж и модель заданной машины, определить узлы трения, требующие смазки.
2. Составить схему машины и проставить на ней номера позиций, характеризующих устройство машины и точки смазки.
3. Подобрать согласно таблице 2 смазочный материал для узлов и механизмов пищевого технологического оборудования.
4. Заполнить графы 1–6 подготовленной таблицы «Карта смазки».
5. Заполнить графу 8 карты смазки, используя данные задания.
6. Заполнить графы 7, 9, 10 карты смазки согласно данным, представленным в приложении (рис. П.2, табл. П.1–П.5).
7. Произвести расчет и заполнить графы 11–16 карты смазки согласно методике расчета.

Примечание:

1. При подаче смазки в подшипники и редуктор общим насосом в подшипники подается масло, предназначенное для редуктора.

2. Для смазывания зубчатых муфт применяется масло трансмиссионное автотракторное (нигрол) или цилиндрическое (вискозин). Периодичность долива – в пределах 5–10 дней работы, смена масла – не реже одного раза в 3–4 месяца (предварительно промывают керосином внутренние поверхности).

В зависимости от условий работы оборудования (удельных давлений, окружных скоростей, температуры, загрязненности окружающей среды и т. д.) выбираются смазочные материалы, устанавливается периодичность замены и доливки масел, определяется расход смазочных материалов.

По результатам анализов заполнить таблицу 2.

Схема смазки представляет собой схему машины, на которой римскими цифрами отмечаются места смазки и тип смазочного материала.

Таблица 2 – Карта смазки (коэффициент использования – 0,6)

Смазываемые узлы и детали	Кол-во точек смазки	Система смазки	Наименование смазочного материала, ГОСТ			Режим смазывания	Емкость смазочной системы, кг	Периодичность полной замены смазочного материала, мес.	Расход смазочного материала за 8 ч, кг	Расход смазочного материала за мес., кг	Годовой расход смазочных материалов			Коэффициент полноты сбора отработ. масла, кг	Кол-во отработ. собранного масла, кг/год
			4	5	6						На дозаправку	На полную замену	Всего		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16

Примечание: графа 11: $2,2 = 0,024 \cdot 3 \cdot 30$; графа 12: $26,4 = 2,2 \cdot 12$; графа 13: $32 = (12 : 3) \cdot 8$; графа 14: $35,04 = (26,4 + 32) \cdot 0,6$ ($K_u = 0,6$ – коэффициент использования оборудования); графа 15: $K_n = 0,5$ – для масляных ванн, $K_n = 0,7$ – для картерной смазки; графа 16: $13,5 = 32 \cdot 0,6 \cdot 0,7 = 13,44 = 13,5$.

Контрольные вопросы

1. Каким образом можно определить уровень масла?
2. Какие бывают масленки?
3. Как делятся системы для жидких смазочных материалов?
4. Назовите основные операции промывки оборудования.
5. Что указывается в карте смазки оборудования?

Лабораторная работа № 3

СМАЗКА ЗУБЧАТЫХ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ И КОНИЧЕСКИХ ПЕРЕДАЧ

Цель работы: изучить основы составления схемы и карты смазки зубчатых цилиндрических и конических передач.

Рекомендуемая литература: [1, 2, 6, 7].

Задание:

1. Разработать карту и схему смазки зубчатых цилиндрических и конических передач.

2. Выбрать тип смазочного материала для каждой точки смазки и обосновать данный выбор.

Теоретическая часть

Действие смазки на работу зубчатых цилиндрических и конических передач и выбор смазки во многом зависят от того, насколько надежно они защищены от влияния окружающей среды. Для смазки зубчатых передач применяется пластичная смазка или жидкий смазочный материал.

Ориентировочно выбор масла для смазки закрытых зубчатых передач можно производить по таблице 3.

Таблица 3 – Выбор смазочного материала для смазки закрытых зубчатых передач

Тип передачи	Характеристика передач	Рекомендуемый сорт масла
1	2	3
Цилиндрические	Тихоходные, межцентровое расстояние между осями параллельных валов: до 500 мм свыше 500 мм	Индустриальное 45, 50 Цилиндровое 11
	Тяжелые условия работы, рабочая температура более 55–60 °С	Цилиндровое 24

1	2	3
Конические	Дистанция корпуса: до 300 мм свыше 300 мм	Индустриальное 45, 50 Цилиндровое 11
Быстроходные всех типов	Число оборотов в минуту: 10 000 3 000 1 500	Велосит и индустриальное 12 Индустриальное 20 Индустриальное 30

При использовании жидких масел расход за 8 ч работы определяется замером картера (табл. 4). Пластичную смазку в картер добавляют один раз в месяц, а жидкий смазочный материал – один раз в 3–4 дня.

Таблица 4 – Вместимость картера редуктора

Вместимость картера, кг	Расход масла, г	Вместимость картера, кг	Расход масла, г
До 5	6	30–50	3,5
5–10	5,5	50–75	3
10–15	5	75–100	2,5
15–20	4,5	Свыше 100	2
20–30	4	-	-

У открытых зубчатых передач зубья колес смазываются вручную (лейкой или щеткой) или через обычные масленки.

Для ручной смазки применяется пластичная смазка, которая хорошо удерживается на металле. Расход масла и мази для открытых передач определяется по 0,5 г на 1 см диаметра шестерни при ее ширине 50 мм. Режим смазки: 1 раз в смену для масел и 1 раз в 5 дней для мазей.

Способ смазки погружением зубьев зубчатых колес в масло применяется при окружных скоростях до 12–15 м/с. Глубину погружения для цилиндрических зубчатых колес рекомендуется выбирать в пределах 0,75–2 от высоты зубьев, но не менее 10 мм. Колеса конических передач необходимо погружать в смазку на всю длину зуба.

Порядок выполнения работы

Группа студентов разбивается на подгруппы из 2–3 человек. Каждая подгруппа получает задание по выбору сорта смазки и составлению карты смазки узла, машины или аппарата.

Перед началом работы студенты должны ознакомиться с машиной по технической документации или по литературным источникам.

Порядок выполнения работы:

1. Выбрать сорт смазки для конкретной (по указанию преподавателя) пары трения.
2. Определить расход смазки для данного узла.
3. Составить схему и карту смазки.

При выполнении схемы смазки вычерчивается внешний вид машины в общих чертах с указанием мест смазки (маслоприемников) с помощью условных обозначений.

Для обозначения мест и способов смазки можно рекомендовать условные обозначения, применяемые заводами пищевого машиностроения (табл. 5).

Таблица 5 – Условные обозначения мест и способов смазки

Условные обозначения смазки	Место	Способ
1	В картере или ванне	При сборке
		Периодическая, пластичной смазкой
		Периодическая, маслом
2	Наливом в отверстие	Периодическая, маслом
3	Ручной	Периодическая, пластичной смазкой
4	Через наливную масленку	Периодическая, маслом
5	Через колпачковую масленку	Периодическая, пластичной смазкой
6	Через пресс-масленку	Периодическая, маслом и пластичной смазкой
7	*	Периодическая, пищевыми жирами

Примечание: (*) – указанный знак (способ) представляется как дополнительный ко всем остальным.

По результатам анализов заполнить таблицу 6.

Таблица 6 – Смазка зубчатых цилиндрических и конических передач
 Цех или отделение _____
 Наименование оборудования _____

Наименование деталей, узлов и механизмов, подлежащих смазке	Условное обозначение	Количество единиц	Сорт смазочного материала	Периодичность смазывания	Способ подачи смазочного материала	Норма расхода смазочного материала в смену, г	
						На единицу продукции	Всего

Контрольные вопросы

1. Действие смазки на работу зубчатых цилиндрических передач.
2. Действие смазки на работу зубчатых конических передач.
3. Выбор смазки для зубчатых цилиндрических передач.
4. Выбор смазки для зубчатых конических передач.
5. Какие смазочные материалы применяются для смазки зубчатых передач?
6. С помощью чего происходит смазка зубчатых передач?

Лабораторная работа № 4

СМАЗКА ЧЕРВЯЧНЫХ ПЕРЕДАЧ

Цели работы: изучить устройство червячных передач, разработать схему и карту смазки червячного редуктора.

Рекомендуемая литература: [1, 2, 6, 7].

Задание:

1. Изучить устройство червячного редуктора.
2. Разработать схему и карту смазки червячного редуктора.
3. Выбрать тип смазочного материала и обосновать данный выбор.

Теоретическая часть

Червячные редукторы применяют для передачи движения между валами, оси которых перекрещиваются.

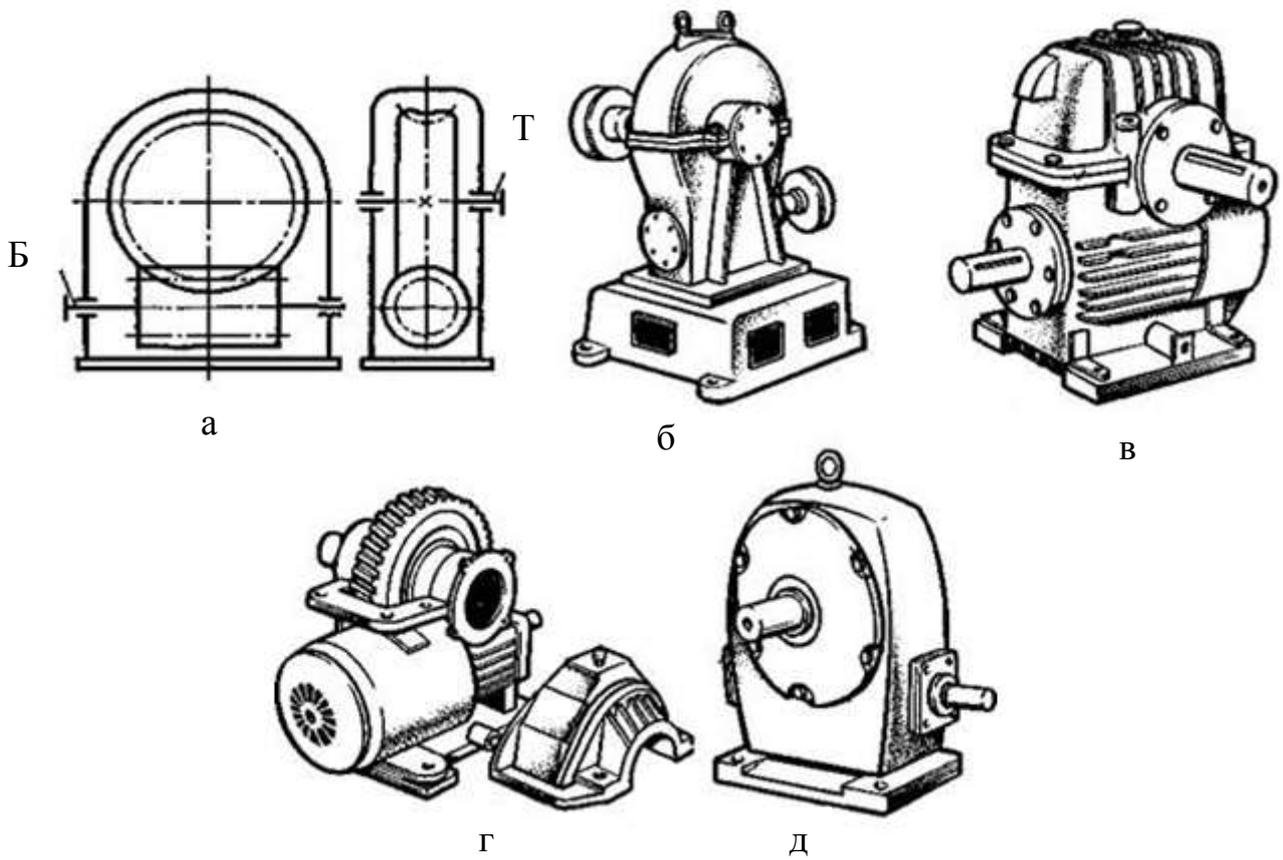
По относительному положению червяка и червячного колеса различают три основные схемы червячных редукторов: с нижним, верхним и боковым расположением червяка (рис. 6–8).

Искусственный обдув ребристых корпусов обеспечивает более благоприятный тепловой режим работы редуктора (рис. 6, в, г).

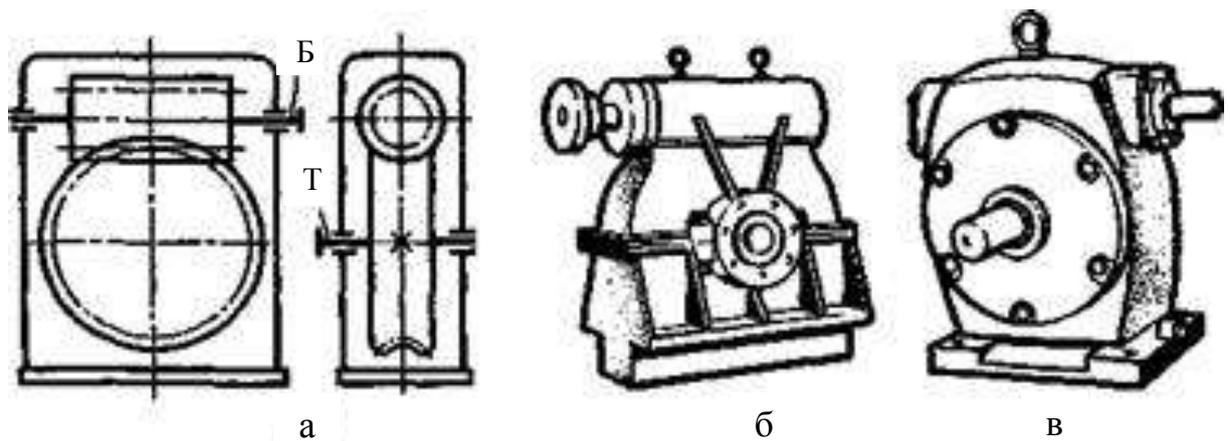
Выход вала колеса редуктора с боковым расположением червяка в зависимости от назначения и компоновки привода может быть сделан вверх (рис. 8, а) или вниз (рис. 8, б, в).

При нижнем расположении червяка условия смазывания зацепления лучше, при верхнем – хуже, но меньше вероятность попадания в зацепление металлических частиц – продуктов износа.

Выбор схемы редуктора обычно обусловлен удобством компоновки привода в целом: при окружных скоростях червяка до 4–6 м/с предпочтительно нижнее расположение червяка; при больших скоростях возрастают потери на перемешивание масла, и в этом случае следует располагать червяк над колесом.



*Рисунок 6 – Червячный редуктор с нижним расположением червяка:
 а – кинематическая схема; б – общий вид редуктора с разъемным корпусом;
 в – общий вид редуктора с ребристым разъемным корпусом и искусственным
 обдувом; г – то же, со снятой крышкой; д – общий вид редуктора
 с неразъемным корпусом*



*Рисунок 7 – Червячный редуктор с верхним расположением червяка:
 а – кинематическая схема; б – общий вид редуктора с разъемным корпусом;
 в – общий вид редуктора с неразъемным корпусом*

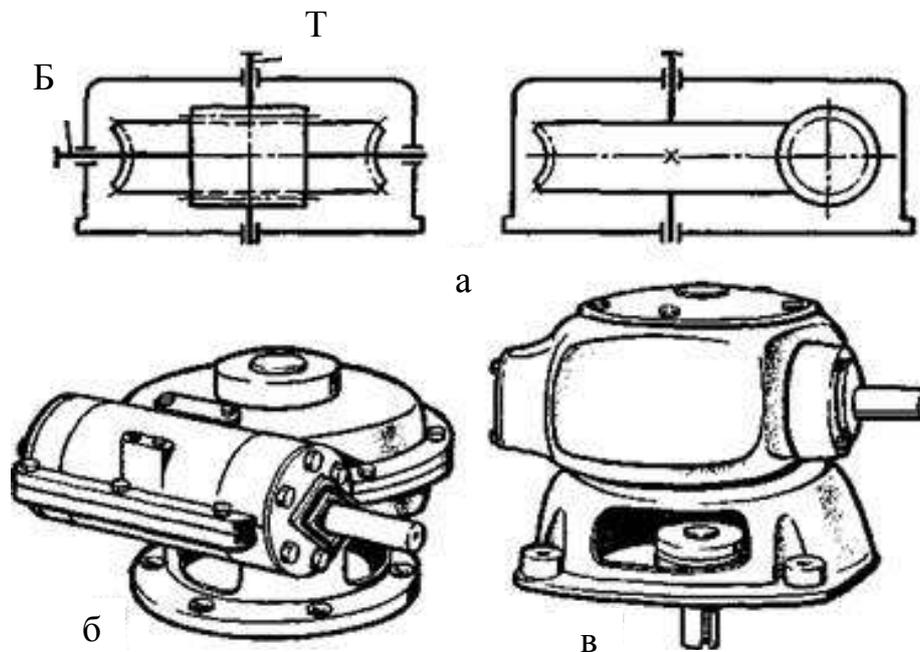


Рисунок 8 – Червячный редуктор с вертикальным валом червячного колеса: а – кинематическая схема; б – общий вид редуктора с разъемным корпусом; в – общий вид редуктора с неразъемным корпусом

В редукторах с верхним расположением червяка при включении движение обычно начинается при недостаточной смазке (за время остановки при редких включениях масло успевает стечь с зубьев колеса).

Передаточные числа червячных редукторов обычно колеблются в пределах $u = 8; 80$ (см. ГОСТ 2144-76).

Так как КПД червячных редукторов невысок, то для передачи больших мощностей и в установках, работающих непрерывно, проектировать их нецелесообразно. Практически червячные редукторы применяют для передачи мощности, как правило, до 45 кВт и в виде исключения до 150 кВт.

Червячные редукторы, как правило, смазываются жидкими маслами. Основным параметром при выборе смазочного материала является вязкость смазки, оно выбирается по удельной нагрузке на зуб и окружной скорости колеса, которые представлены в таблице 7.

Удельное давление на зуб рассчитывается по формуле

$$P = \frac{N}{WBl}, \quad (1)$$

где P – удельное давление, Н/м²; N – передаваемая мощность, Вт; W – окружная скорость, м/с; B, l – высота и длина зуба, мм.

Выбор сорта масла может быть произведен также ориентировочно по таблице 8.

Таблица 7 – Вязкость смазки

Окружная скорость колеса, м/с	Удельное давление, Н/м ²	Вязкость смазки V 50, мм ² /с
До 1,0	30	235
1,0–2,5	20–30	170
2,5–5,0	10–20	115
5,0–10,0	≤ 10	79
10,0–15,0		56
15,0–25,0		45
Свыше 25,0		45

Таблица 8 – Выбор сорта масла

Условия работы червячной пары	Рекомендуемый сорт масла при температуре масляной ванны	
	До 50 °С	50–70 °С
Периодическая работа при легкой нагрузке:		
до 10 с ⁻¹ червяка	Для тихоходных редукторов Т	Цилиндровое 11Д
двыше 10 с ⁻¹ червяка	Индустриальное 45, 50	Для тихоходных редукторов Т
Постоянная работа при тяжелой нагрузке:		
до 10 с ⁻¹ червяка	Цилиндровое 24 и трансмиссионное летнее	Для прокатных станков в марке П-28 и цилиндрическое 38, 52
свыше 10 с ⁻¹ червяка	Цилиндровое 11	Цилиндровое 24 и трансмиссионное летнее

Для червячных передач с цилиндрическим червяком (с окружной скоростью до 10 м/с) смазка погружением допустима независимо от того, окунается в смазку червяк или червячное колесо. В червячных передачах с нижним расположением червяка его следует погружать в смазку не глубже высоты витка, при верхнем расположении червяка глубина погружения должна быть не ниже высоты зуба коле-

са. Объем масляной ванны принимается таким, чтобы на 1 кВт передаваемой мощности приходилось 0,35–0,7 л масла. Периодичность смазки червячных редукторов такая же, как и у зубчатых.

Единовременный расход смазочного материала находится по таблице 9.

Таблица 9 – Единовременный расход смазочного материала

Диаметр червяка (винта), мм	Расход смазки (на 1 м длины), г	Диаметр червяка (винта), мм	Расход смазки (на 1 м длины), г
60	6,0	30	3,0
50	5,0	20	2,0
40	4,0	10	1,0

Для червячных редукторов нормы расхода определяются по данным таблицы 13.

Порядок выполнения работы

Группа студентов разбивается на подгруппы из 2–3 человек. Каждая подгруппа получает задание по выбору сорта смазки и составлению карты смазки узла, машины или аппарата.

Перед началом работы студенты должны ознакомиться с машиной по технической документации или по литературным источникам.

Выполнение работы студентами предусматривается в следующем порядке:

- 1) выбрать сорт смазки для конкретной (по указанию преподавателя) пары трения;
- 2) определить расход смазки для данного узла;
- 3) составить схему и карту смазки.

При выполнении схемы смазки вычерчивается внешний вид машины в общих чертах с указанием мест смазки (маслоприемников) с помощью условных обозначений.

Для обозначения мест и способов смазки можно рекомендовать условные обозначения, применяемые заводами пищевого машиностроения (см. табл. 5).

По результатам анализов заполнить таблицу 10.

Таблица 10 – Смазка червячных передач

Цех или отделение _____

Наименование оборудования _____

Наименование деталей, узлов и механизмов, подлежащих смазке	Условное обозначение	Количество единиц	Сорт смазочного материала	Периодичность смазывания	Способ подачи смазочного материала	Норма расхода смазочного материала в смену, г	
						На единицу продукции	Всего

Контрольные вопросы

1. Какими маслами смазываются червячные передачи?
2. Как выбирается вязкость масла для червячных передач?
3. Как определить объем масляной ванны для червячных передач?
4. Что влияет на КПД червячных передач?
5. Какие основные узлы и механизмы подлежат смазке в червячных передачах?

Лабораторная работа № 5

СМАЗКА ПОДШИПНИКОВ КАЧЕНИЯ

Цели работы:

1. Изучить устройство и принцип действия подшипников качения в зависимости от области применения.
2. Разработать схему и карту смазки подшипников качения согласно заданной технологической машине.
3. Подобрать смазочный материал для подшипников качения.

Рекомендуемая литература: [1, 2, 6, 7].

Задание: обоснованно выбрать вид смазки, разработать карту и схему смазки подшипников качения согласно варианту задания.

Теоретическая часть

В насосах применяются подшипники качения шариковые (рис. 9, а) и роликовые (рис. 9, б). Подшипник качения обычной конструкции состоит из наружного кольца 1, внутреннего кольца 2, сепаратора 3 и тел качения 4 (шариков или роликов). На наружной поверхности внутреннего кольца и внутренней поверхности наружного кольца имеются дорожки, по которым движутся тела качения. Сепаратор служит для удержания тел качения на равном расстоянии друг от друга. Имеются также двухрядные шарико- и роликоподшипники. В зависимости от рода воспринимаемой нагрузки подшипники качения делятся на три группы:

а) радиальные подшипники, которые воспринимают в основном нагрузки, действующие перпендикулярно оси вала;

б) упорные, предназначенные для восприятия нагрузки, действующей вдоль оси вала;

в) радиально-упорные, воспринимающие комбинированные нагрузки – радиальные и осевые.

Подшипники маркируют числами, цифры которых имеют строго определенное место и указывают типоразмер подшипника. Например, подшипник № 36204. Этот номер означает: внутренний диаметр подшипника 20 мм ($04 \cdot 5 = 20$), он легкой серии (цифра 2), шариковый радиально-упорный (цифра 6), цифра 3 обозначает его конструктивную особенность.

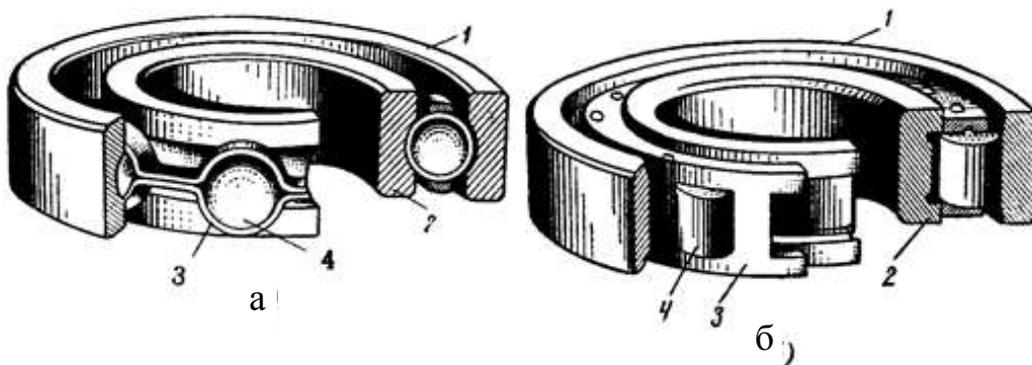


Рисунок 9 – Подшипники качения:
а – шариковый однорядный; *б* – роликовый однорядный

Основным назначением смазки для подшипников качения является:

- уменьшить трение скольжения между телами качения (шариками, роликами) и сепаратором, а также между бортами колец и торцами роликов;
- уменьшить трение скольжения между поверхностями качения, возникающее вследствие упругих контактных деформаций под действием нагрузки при работе подшипника;
- предохранить от коррозии высококачественную отделку поверхности тел качения и рабочих поверхностей колец;
- способствовать лучшему уплотнению корпуса с целью предохранения от проникновения посторонних абразивных и загрязняющих веществ;
- содействовать равномерному распределению тепла во всех частях подшипника и отвода от него тепла, развивающегося в результате работы трения.

На рисунке 10 представлена схема опоры с подшипником качения.

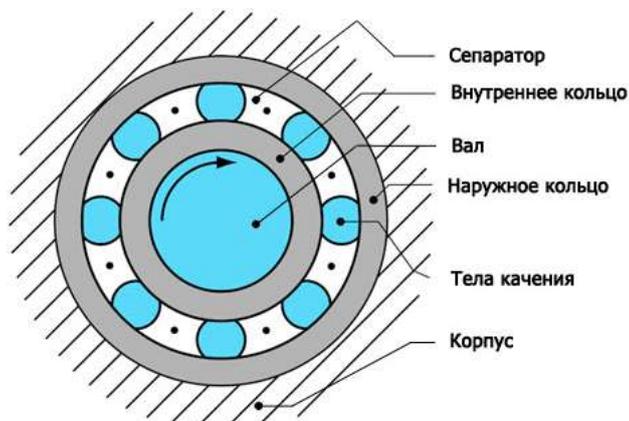


Рисунок 10 – Схема опоры с подшипником качения

Применяемые для шариковых и роликовых подшипников смазки должны удовлетворять следующим основным требованиям:

- обладать стабильностью как химической, так и физической;
- не содержать механических примесей и воды выше норм, установленных техническими нормативами (ГОСТ или ТУ);
- не вызывать коррозии и предохранять от нее, поэтому смазка не должна содержать свободных кислот или других корродирующих веществ.

- консистентные смазки должны обладать хорошими пластическими свойствами, позволяющими сопротивляться действию центробежных сил, стремящихся выбросить смазку из подшипника при его вращении. Смазки не должны расслаиваться на составные части и выделять мыло, которое, затвердевая, может привести подшипник к преждевременному выходу из строя или к аварии. Мазь во время работы должна сохранять начальную консистенцию, пластичность и неволокнистую структуру;

- жидкие минеральные масла в процессе работы не должны резко менять свою вязкость. Желательно, чтобы изменение вязкости в связи с изменением температуры не было резким. Масла должны быть хорошо очищенными, обладать хорошими смазочными свойствами и иметь наименьшее внутреннее трение.

Жидкая смазка – масла является наилучшей смазкой для подшипников качения, но ее применение часто требует некоторого усложнения конструкции подшипникового узла для достижения большей герметичности корпуса.

При выборе марки масла следует учитывать нагрузку, скорость и рабочую температуру в подшипнике. Чем больше нагрузка и выше температура, тем большей вязкостью должно обладать масло. При малых нагрузках, низких температурах и высоких скоростях применяют маловязкое масло.

Масла животного и растительного происхождения в чистом виде для смазки подшипников качения не рекомендуются, так как они содержат большое количество органических кислот, которые могут вызывать коррозию подшипника. Кроме того, масла этого типа в процессе работы могут изменять свои химические и физические свойства, особенно при повышенной температуре и перемешивании, что имеет место во время работы подшипника.

Масло в подшипники качения может подаваться:

- из капельных масленок, которые устанавливаются обычно на горизонтально расположенных валах, когда требуется определенная подача масла к подшипнику (несколько капель в минуту);

– при помощи фитильных масленок, когда подшипники установлены на вертикальных валах;

– масляной ванной путем погружения тел качения в масло или разбрызгивания масла другими деталями, погруженными в одну общую с подшипниками масляную ванну.

Для подшипников с окружной скоростью до 4–5 м/с могут применяться как жидкие, так и пластичные смазки. При больших окружных скоростях и малых нагрузках рекомендуются жидкие масла. Выбирать их по вязкости следует в зависимости от скорости: чем больше скорость, тем меньше должна быть вязкость масла. Для выбора сорта масла можно использовать справочный материал в такой последовательности – от таблицы 11 к таблице 15.

Таблица 11 – Выбор сорта масла

Зона	Рабочая температура, °С			
	До 0	0–60	60–100	Свыше 100
	Вязкость масла кинематическая V , мм ² /с			
1	2–2,2	2,8–4,5	5,5–8,5	18–25
2	2–2,2	2,8–4,5	5,5–8,5	15–18
3	2–2,2	2,2–3,2	4–4,5	9–12
4	2–2,2	2,2–3,2	2,8–3,2	9–12

Смазывание пластичной смазкой осуществляется первоначальным заполнением свободного пространства в подшипниковом узле на длительное время без применения каких-либо дополнительных устройств. Сорт пластичной смазки может быть выбран по таблице 20. Степень заполнения – не более $2/3$ свободного объема полости корпуса с забивкой.

Пополнение свежими дозами смазки производится не реже чем через 3 мес., а полная смена – через 3–6 мес. при трехсменной работе подшипника, через 6–8 мес. при двухсменной и через 8–12 мес. при односменной работе.

При использовании пластичной смазки расход определяется в зависимости от диаметра вала, исходя из объема смазочной ванны (табл. 12). При смазке жидким маслом расход в зависимости от диаметра вала приведен в таблице 13, а периодичность добавления масла – один раз в два–три дня.

Таблица 12 – Расход пластичной смазки

Диаметр вала, мм	Вместимость смазочной ванны, г	Расход смазки, г
До 10	135	0,25
10–15	200	0,35
15–20	275	0,5
20–30	400	0,7
30–40	550	0,9
40–50	675	1,2
50–60	825	1,5
60–70	930	1,7
70–80	1100	2,0

Таблица 13 – Расход жидкой смазки

Диаметр вала, мм	Расход масла, г	Диаметр вала, мм	Расход масла, г
До 30	0,5	50–60	2,0
30–40	1,0	60–70	2,5
40–50	1,5	70–80	3,0

Порядок выполнения работы

Группа студентов разбивается на подгруппы из 2–3 человек. Каждая подгруппа получает задание по выбору сорта смазки и составлению карты смазки узла, машины или аппарата.

Перед началом работы студенты должны ознакомиться с машиной по технической документации или по литературным источникам.

Выполнение работы студентами предусматривается в следующем порядке:

1. Выбрать сорт смазки для конкретной (по указанию преподавателя) пары трения.
2. Определить расход смазки для данного узла.
3. Составить схему и карту смазки.

При выполнении схемы смазки вычерчивается внешний вид машины в общих чертах с указанием мест смазки (маслоприемников) с помощью условных обозначений.

Для обозначения мест и способов смазки можно рекомендовать условные обозначения, применяемые заводами пищевого машиностроения (см. табл. 5).

По результатам анализов заполнить таблицу 14.

Таблица 14 – Смазка подшипников качения

Цех или отделение _____

Наименование оборудования _____

Наименование деталей, узлов и механизмов, подлежащих смазке	Условное обозначение	Количество единиц	Сорт смазочного материала	Периодичность смазывания	Способ подачи смазочного материала	Норма расхода смазочного материала в смену, г	
						На единицу продукции	Всего

Контрольные вопросы

1. Какие смазочные материалы применяют для смазки подшипников качения?
2. Что необходимо учитывать во время выбора смазочных материалов для подшипников качения?
3. Как определяется расход пластичной смазки при смазке подшипников качения?

Лабораторная работа № 6

СМАЗКА ПОДШИПНИКОВ СКОЛЬЖЕНИЯ

Цель работы:

1. Изучить устройство и принцип действия подшипников скольжения в зависимости от области применения.
2. Разработать схему и карту смазки подшипников скольжения согласно заданной технологической машине.
3. Подобрать смазочный материал для подшипников скольжения.

Рекомендуемая литература: [1, 2, 6, 7].

Задание: обоснованно выбрать вид смазки, разработать карту и схему смазки подшипников скольжения согласно варианту задания.

Теоретическая часть

Особенности конструкции подшипников скольжения.

В большинстве случаев подшипники скольжения состоят из корпуса, вкладышей и смазывающих устройств.

Конструкции подшипников скольжения разнообразны и зависят от конструкции машины. В простейшем виде подшипник скольжения представляет собой втулку (вкладыш), встроенную в станину машины (рис. 11).

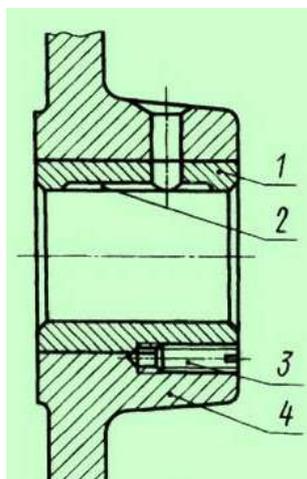


Рисунок 11 – Неразъемный подшипник, встроенный в станину машины:

1 – втулка; 2 – смазочная канавка; 3 – стопорный винт; 4 – станина машины

На рисунке 12 и 13 подшипники имеют отдельный корпус, который крепится к станине машины.

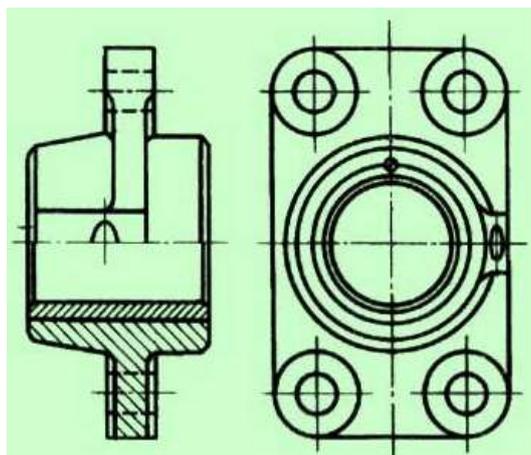


Рисунок 12 – Фланцевый (неразъемный) подшипник

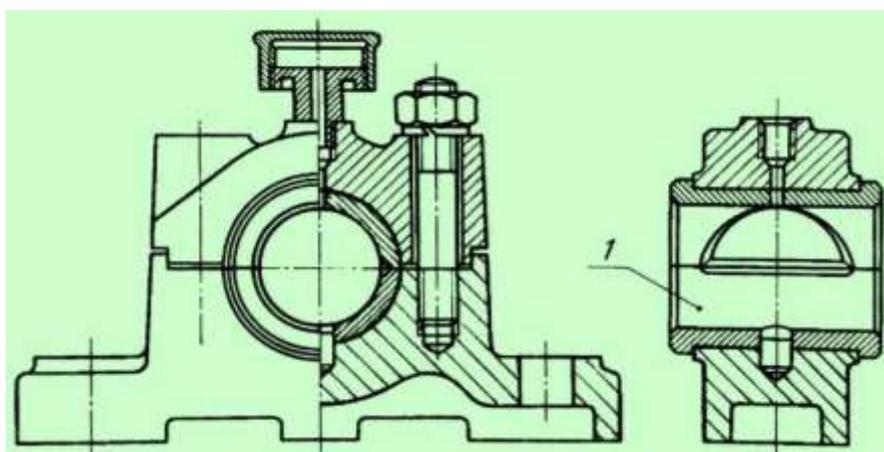


Рисунок 13 – Подшипник с разъемным корпусом и вкладышем: 1 – вкладыш

Основным элементом подшипника скольжения является вкладыш 1, который устанавливают в корпус подшипника (см. рис. 13) или непосредственно в станине или раме машины (см. рис. 11). Рабочая поверхность вкладыша в сочетании со смазочным материалом (или без него) обеспечивает минимальное трение между деталями, имеющими взаимное перемещение в механизме.

Подшипники скольжения делят на неразъемные (см. рис. 13) и разъемные (см. рис. 12).

Неразъемные (глухие) подшипники применяют при малой скорости скольжения и работе с перерывами (механизмы управления) в цапфах, где их монтаж не вызывает затруднений.

Разъемные подшипники имеют основное применение в общем машиностроении и особенно в тяжелом машиностроении. Их основное достоинство – удобство монтажа на цапфу и возможность установки в труднодоступных для сборки участках валов и осей.

При большой длине цапф, когда возможен существенный перекося осей при монтаже или во время работы машины, применяют самоустанавливающиеся подшипники (рис. 14). Сферические выступы вкладышей позволяют им самоустанавливаться, компенсируя тем самым перекося цапф от деформации вала или неточности монтажа, обеспечивая равномерное распределение нагрузки по длине вкладыша.

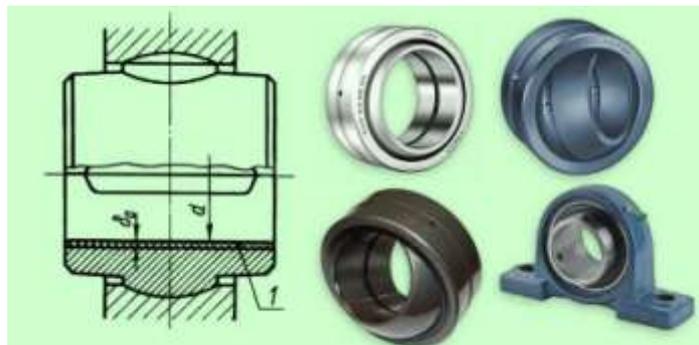


Рисунок 14 – Самоустанавливающиеся подшипники:
1 – баббитовая заливка

Подпятники (упорные подшипники) устанавливаются на цапфах с целью восприятия осевой нагрузки, действующей на вал. Пример конструкции подпятника (упорного подшипника скольжения) показан на рисунке 15.

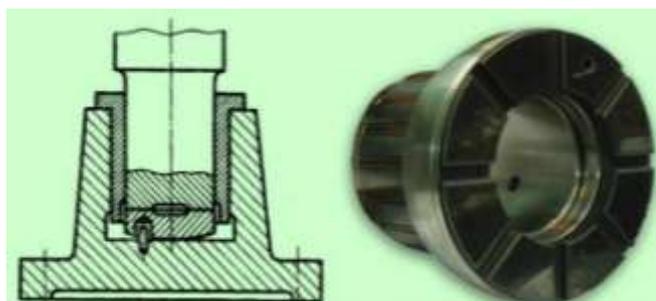


Рисунок 15 – Подпятник (упорный подшипник скольжения)

Достоинства и недостатки подшипников скольжения

К достоинствам подшипников скольжения можно отнести следующие свойства:

– простота конструкции (для тихоходных и малонагруженных машин подшипники скольжения выполняются в виде обычной втулки), относительно малая стоимость изготовления;

- надежная работа в высокоскоростных приводах (подшипники качения в этих устройствах имеют малую долговечность);
- способность воспринимать значительные динамические нагрузки (удары, вибрацию) вследствие больших размеров площади рабочей поверхности, воспринимающей нагрузку, и высокой демпфирующей способности масляного слоя между валом и вкладышем;
- низкий уровень шума во время работы (работают практически бесшумно на любой скорости);
- сравнительно малые радиальные размеры (см. рис. 11);
- разъемные подшипники скольжения допускают установку на шейки валов сложной конфигурации (например, коленчатых валов), при этом не требуется демонтаж деталей (шкивов, зубчатых колес и т. п.), размещенных на других цапфах вала.

Недостатки подшипников скольжения:

- в процессе работы требуют постоянного контроля из-за высоких требований к наличию смазочного материала и опасности перегрева, перерыв в подаче смазки может привести к отказу подшипника;
- имеют сравнительно большие осевые размеры для увеличения рабочей площади поверхности, воспринимающей нагрузку;
- значительные потери на трение в период пуска и при некачественной смазке;
- относительно высокие эксплуатационные расходы из-за большого расхода смазочного материала, необходимости его очистки и охлаждения;
- влияние на износ поверхности цапфы, особенно в период пуска или при некачественной смазке.

Область применения подшипников скольжения

Подшипники скольжения широко применяются в машиностроении и приборостроении, когда применение подшипников качения невозможно или нецелесообразно:

- для валов машин с ударными и вибрационными нагрузками (механические молоты и др.);
- для валов, когда по условиям монтажа необходимо использовать разъемные подшипники;
- для валов очень больших диаметров, для которых подшипники качения не изготавливают;
- для высокоскоростных валов, когда подшипники качения непригодны из-за малого ресурса (центрифуги и т. п.);

- при очень высоких требованиях к точности и равномерности вращения (шпиндели станков и т. п.);
- в тихоходных и малонагруженных машинах;
- при работе в агрессивных средах, в которых подшипники качения непригодны;
- при высоких требованиях к бесшумности работы машины.

Материал вкладышей подшипников скольжения

Материалы, используемые для изготовления вкладышей подшипников скольжения, должны обладать следующими свойствами:

- иметь достаточную износостойкость и высокую сопротивляемость заеданию при несовершенной смазке (периоды пуска, разгона, торможения);
- иметь высокую сопротивляемость хрупкому разрушению при действии ударных нагрузок и достаточное сопротивление усталости;
- иметь низкий коэффициент трения;
- обладать высокой теплопроводностью;
- иметь низкий коэффициент температурного расширения.

В процессе работы машины изнашиваться должны вкладыши, а не цапфы вала, поскольку замена или восстановление вала значительно дороже замены вкладышей. Подшипники скольжения работают тем надежнее, чем выше твердость поверхности цапфы, поэтому цапфы валов, как правило, закаливают и упрочняют.

Вкладыши подшипников скольжения бывают металлические, металлокерамические и неметаллические.

Металлические вкладыши выполняют из бронзы, баббитов, алюминиевых и цинковых сплавов, антифрикционных чугунов.

Бронзовые вкладыши широко используют при средних скоростях и больших нагрузках.

Наилучшими антифрикционными свойствами обладают оловянные бронзы марок БрО10Ф1, БрО4Ц4С17 и др.

Алюминиевые и свинцовые бронзы вызывают повышенный износ поверхностей цапф, поэтому их устанавливают только на закаленные цапфы. Свинцовые бронзы используют при знакопеременных ударных нагрузках.

Вкладыши с баббитовой заливкой используют для подшипников в ответственных конструкциях при тяжелых и средних режимах работы (дизели, компрессоры и т. п.).

Баббит – сплав на основе олова или свинца – является одним из лучших антифрикционных материалов для подшипников скольжения.

Он хорошо прирабатывается в узле, стоек против заедания, но имеет невысокую прочность. Поэтому баббит заливают лишь тонким слоем на рабочую поверхность вкладыша, выполненного из стали, чугуна или бронзы. Лучшими считаются высокооловянные баббиты марок Б88, Б83.

Чугунные вкладыши из антифрикционных чугунов (например марки АЧС-1 и др.) применяют в малоответственных тихоходных машинах и механизмах.

В массовом производстве вкладыши штампуют из стальной ленты, на которую наносится тонкий антифрикционный слой из баббитов, оловянных сплавов или неметаллов (фторопласт и др.).

Металлокерамические вкладыши изготавливают прессованием и последующим спеканием порошков меди или железа с добавлением графита, олова или свинца. Особенностью этих материалов является их пористость, которую используют для предварительного насыщения горячим маслом. Вкладыши, пропитанные маслом, могут долго работать без подвода смазочного материала.

Металлокерамические вкладыши применяют в тихоходных механизмах и местах, труднодоступных для подвода смазки.

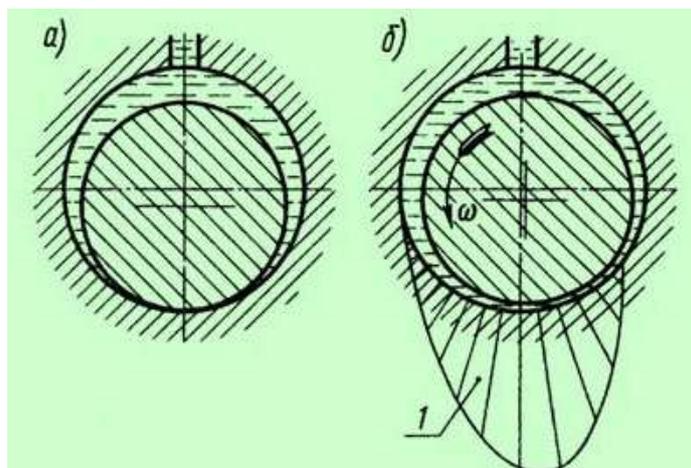
Для вкладышей из неметаллических материалов применяют антифрикционные пластмассы (марки АСП), древесно-слоистые пластики, резину и др. Эти материалы устойчивы против заедания, хорошо прирабатываются, неприхотливы к смазочному материалу (могут работать при смазывании водой), что имеет существенное значение для подшипников насосов, винтов, пищевых машин.

Режимы смазки

Подшипник скольжения работает при наличии смазочного материала в зазоре между цапфой вала и вкладышем.

Смазыванием называют подведение смазочного материала в зону трения, смазкой – действие смазочного материала.

При неподвижном вале жидкий смазочный материал в подшипнике из зоны контакта выдавлен (рис.16, а), но на поверхностях цапфы и вкладыша сохраняется его тонкая пленка толщиной порядка 0,1 мкм. Толщины этой пленки не хватает для полного разделения поверхностей трения в момент пуска и при малой угловой скорости. Работу подшипника скольжения в этот момент характеризует режим граничной смазки.



*Рисунок 16 – Положение цапфы в подшипнике:
 а – в состоянии покоя; б – при вращении;
 1 – эюра давлений в масляном слое*

Вращающийся вал вовлекает смазочный материал в клиновидный зазор между цапфой и вкладышем (рис. 16, б), в результате чего возникает несущий масляный слой, характеризующийся большой гидродинамической подъемной силой, под действием которой вал всплывает в смазочном материале.

По мере увеличения скорости вращения толщина смазочного слоя увеличивается, но отдельные микроскопические выступы на трущихся поверхностях касаются друг друга при относительном перемещении.

Работу подшипника в этот момент характеризует режим полужидкостной смазки.

Граничную и полужидкостную смазку объединяют одним понятием – несовершенная смазка.

При дальнейшем возрастании угловой скорости возникает сплошной устойчивый слой масла, полностью разделяющий поверхности трения (рис. 17). Возникает режим жидкостной смазки, при котором изнашивания и заедания не происходит.

По способу образования масляного слоя различают гидродинамические и гидростатические подшипники скольжения.

Подшипники скольжения, в которых несущий масляный слой создается при вращении цапфы вала, называются гидродинамическими.

В гидростатических подшипниках режим жидкостной смазки создается за счет подвода масла под цапфу принудительно, от специального жидкостного насоса. Создаваемое давление должно быть таким, чтобы вал всплывал в масле. В гидростатических подшипниках создание несущего масляного слоя не зависит от угловой скорости вала.

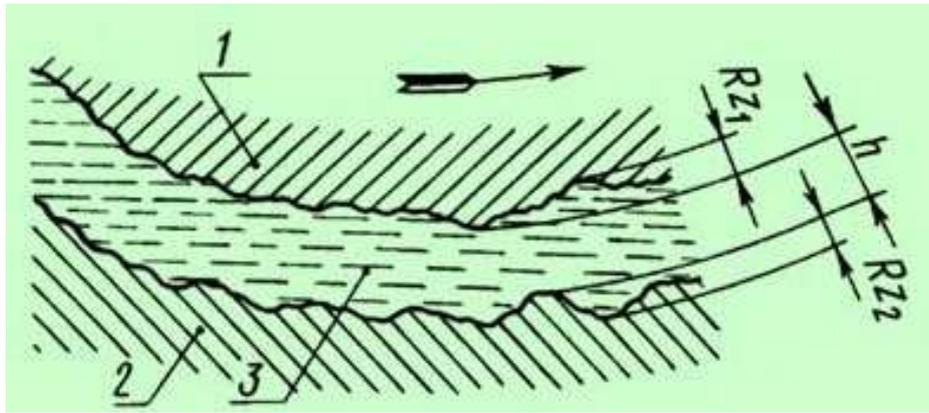


Рисунок 17 – Расположение поверхности трения в режиме жидкостной смазки: 1 – цапфа; 2 – вкладыш; 3 – слой масла

Смазочные материалы

В механизмах и агрегатах смазка служит для выполнения нескольких функций – уменьшение сил трения, охлаждение деталей и защита их от коррозии, смывание продуктов износа с поверхностей деталей, а также для демпфирования при динамических нагрузках.

Для уменьшения трения и изнашивания, охлаждения и очистки от продуктов износа, защиты от коррозии, повышения демпфирующей способности контакта подшипники скольжения смазывают материалами, обладающими вязкостью и маслянистостью.

Вязкость характеризует объемное свойство смазочного материала оказывать сопротивление относительному перемещению его слоев.

Вязкость является важнейшим свойством масел. В гидродинамических расчетах используют динамическую вязкость μ , измеряемую в Па·с. В технических характеристиках масел указывают кинематическую вязкость ν в мм²/с, равную динамической вязкости, деленной на плотность ρ масла.

Значения вязкости приводят для температур, близких к рабочим (50; 100 °С и т. п.).

Вязкость существенно зависит от температуры – с повышением температуры вязкость уменьшается, с понижением температуры вязкость увеличивается.

Маслянистость характеризует способность смазочного материала образовывать на поверхности трения устойчивые тонкие пленки, предотвращающие непосредственный контакт поверхностей.

Смазочные материалы могут быть жидкими (масла), пластичными (мази), твердыми (порошки, покрытия) и газообразными (газы).

Масла являются основным смазочным материалом. Они имеют низкий коэффициент внутреннего трения, хорошо очищают и охлаждают рабочие поверхности, их легко подводить в зоны смазывания, но требуются уплотняющие устройства, препятствующие вытеканию масла.

Различают масла: нефтяные (минеральные), синтетические и жировые.

Нефтяные масла – продукты перегонки нефти – наиболее часто применяют для подшипников скольжения. К ним относятся масла индустриальные (марок И-Л-А-22, И-Г-А-46 и др.), моторные масла (М8В, М10Г2 и др.), а также другие аналогичные типы масел, получаемых из нефти.

Синтетические масла получают искусственными методами из различных материалов и веществ.

Масла, получаемые в результате синтетических добавок в минеральные масла, – называют полусинтетическими. Синтетические масла обладают рядом существенных преимуществ перед минеральными – они стойки к разложению и потере свойств в агрессивной среде, а также изменению вязкости при изменении температуры. Однако в настоящее время технология получения синтетических масел относительно дорогая, поэтому они используются лишь в ответственных агрегатах и механизмах.

Жировые масла – растительные (касторовое и др.) и животные (костное и др.) – обладают высокими смазывающими свойствами, но дороги и дефицитны. Их применяют редко.

Воду как смазочный материал применяют для подшипников с вкладышами из дерева, резины и пластмасс. Во избежание коррозии вал выполняют с покрытием или из нержавеющей стали.

Пластичные смазочные материалы (мази) изготавливают загущением жидких масел мылами жирных кислот.

В зависимости от загустителя пластичные смазочные материалы делят на солидолы, литолы, консталины и др. Они хорошо заполняют зазоры, герметизируя узлы трения, стойки от вымывания водой. Вязкость пластичных смазочных материалов мало изменяется при изменении температуры.

Применяют мази в подшипниках, работающих при ударных нагрузках и малых скоростях.

Твердые смазочные материалы применяют в машинах, когда по условиям работы или производства невозможно применять масла и мази (автомобильные рессоры, ткацкие станки, продуктовые машины и др.).

Используют их в виде порошков (графит, дисульфиды и др.), мягких металлических покрытий (олово, серебро, золото), а также твердосмазывающих покрытий (ВНИИ НП-209 и др.).

Газообразные смазочные материалы – воздух, пары углеводородов и др. – применяют в малонагруженных подшипниках при очень высоких частотах вращения – до 250 тыс. оборотов в минуту (электро- и пневмошпиндели, центрифуги, турбины и т. п.).

Подвод смазочного материала

Смазочный материал подводится в подшипник по ходу вращения цапфы вала в зону максимального зазора, где отсутствует гидродинамическое давление (см. рис. 16, б). Распределение масла по длине вкладыша осуществляется смазочными канавками, которые располагаются в ненагруженной зоне. В местах стыка вкладышей делают неглубокие карманы-холодильники *1* (рис. 18), которые охлаждают смазочный материал, распределяют его по длине цапфы и собирают продукты изнашивания.

Жидкие масла подают в подшипники самотеком или, чаще всего, с помощью смазочных устройств, а также принудительно под давлением от жидкостных насосов (обычно шестеренчатых).

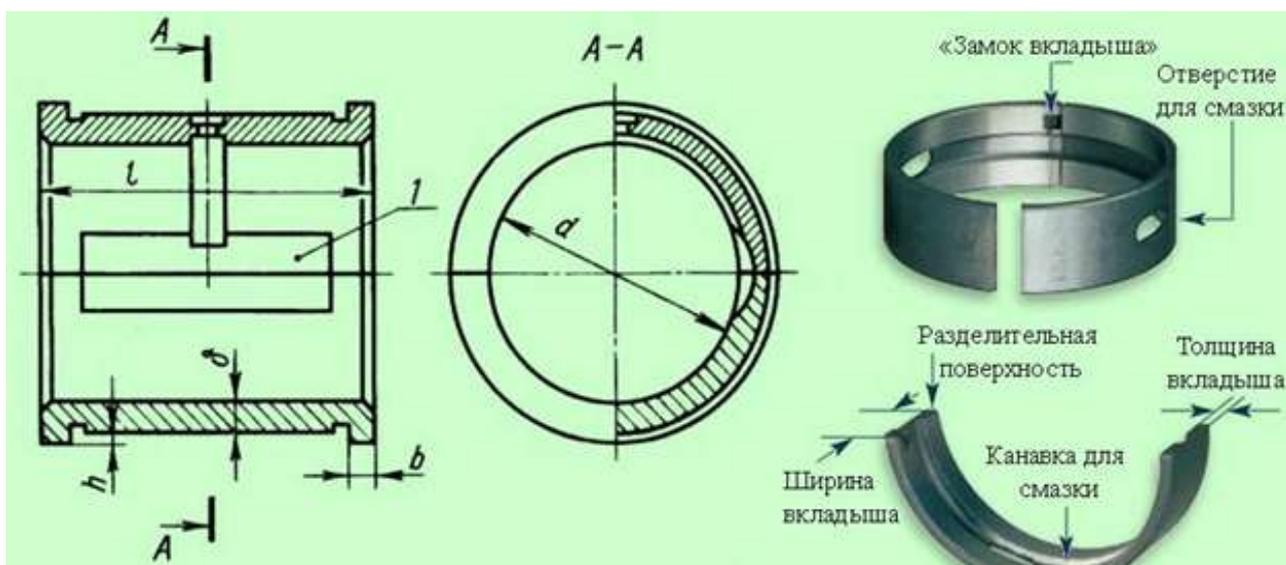


Рисунок 18 – Вкладыши из двух половин

Смазочные устройства по конструкции могут быть очень разнообразными. По характеру подачи смазочного материала различают устройства для периодического (рис. 19–21) и непрерывного (рис. 21, 22) смазывания, а в зависимости от вида смазочного материала – для пластичного (см. рис. 22) и жидкого (рис. 23) материала.

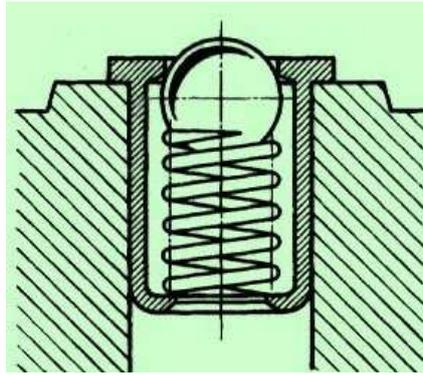


Рисунок 19 – Пресс-масленка под запрессовку

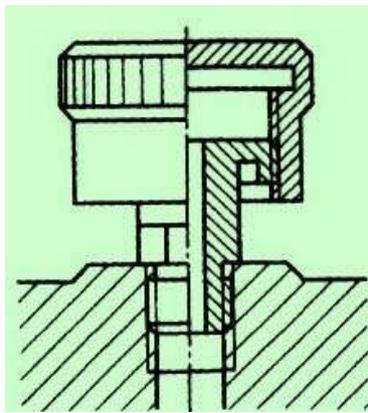


Рисунок 20 – Масленка колпачковая



Рисунок 21 – Пресс-масленки

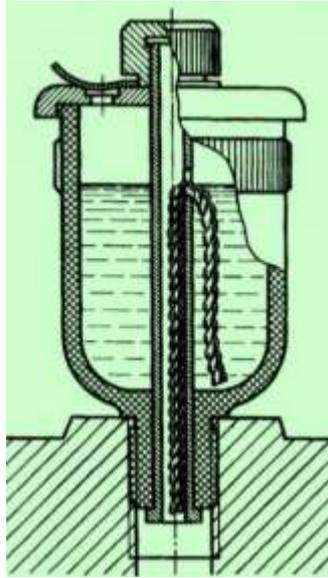


Рисунок 22 – Масленка фитильная

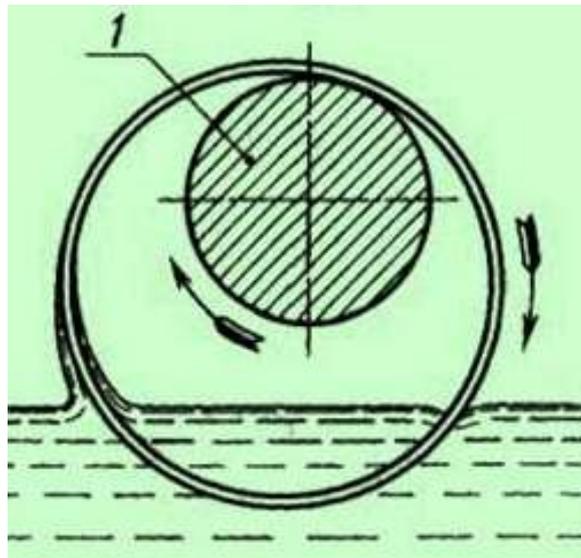


Рисунок 23 – Схема смазывания маслоподъемным кольцом: 1 – вал

Через пресс-масленки (см. рис. 19, 22) смазочный материал подают к трущимся поверхностям под давлением с помощью специального шприца-нагнетателя. Такие масленки малогабаритны, позволяют упростить подвод смазочного материала к труднодоступным узлам трения.

Колпачковые масленки (см. рис. 20) служат для подачи пластичного смазочного материала. Здесь мазь периодически выдавливают через канал масленки путем подвинчивания колпачка, заполненного мазью.

Фитильные масленки (см. рис. 21) обеспечивают непрерывность подачи масла, фильтруя его при прохождении через фитиль. Фитильное смазывание основано на принципе сифона, осуществляемого ка-

пиллярами хлопчатобумажного фитиля. Конец фитиля, вставленный в трубку масленки, должен быть ниже дна масляного резервуара. Недостатком таких масленок является зависимость подачи масла от его уровня в масленке, а также расход масла в нерабочий период.

Подвод масла кольцом, свободно висящим на цапфе (см. рис. 23). Вследствие трения между цапфой и кольцом последнее вращается, захватывает из ванны масло и подает его на цапфу. Отработавшее масло самотеком стекает в ванну и вновь захватывается кольцом. Обычно такие кольца называют маслоподъемными.

Смазывание разбрызгиванием применяют в герметически закрытых механизмах (редукторах), в которых подвижные и вращающиеся детали захватывают и разбрасывают масло в объеме корпуса механизма, создавая брызги и своеобразный масляный туман, оседающие на поверхностях, нуждающихся в смазке.

Наиболее совершенным является циркуляционное смазывание, когда к трущимся поверхностям непрерывно подводят свежее охлажденное и профильтрованное масло, а отработавшее масло непрерывно отводят для последующего охлаждения и очистки.

Необходимая вязкость смазки определяется исходя из закономерностей гидравлической теории смазки, согласно которой толщина минимального масляного клина

$$h_{min} = \frac{d_B \omega \mu_t d_n}{18,9 P S C}, \quad (2)$$

где h_{min} – наименьшая толщина слоя масла в клиновидной щели, м; d_B – диаметр шейки вала, м; μ_t – динамическая вязкость масла при рабочей температуре, Па · с; ω – угловая скорость, рад/с, $\omega = 0,105n$; P – удельное давление на подшипник, Па; S – зазор между отверстием и валом, мм, $S = d_n - d_B$; C – коэффициент, учитывающий длину подшипника, $C = 1 + d_B/l$; d_n – диаметр подшипника, м.

Для обеспечения режима жидкостного трения толщина слоя масла в 1,5–2 раза должна превышать сумму неровностей поверхностей подшипника и вала, что достигается при соблюдении условия

$$h_{min} > h_{кр} = \delta_n + \delta_B, \quad (3)$$

где δ_n, δ_B – наибольшие высоты неровностей (выступов) поверхностей подшипника и вала соответственно, мм.

Численные значения δ_n, δ_B зависят от шероховатости поверхности и находятся по таблице 15.

Таблица 15 – Наибольшие высоты неровностей (выступов) поверхностей подшипника и вала соответственно

Шероховатость поверхности R_z	Значение	Шероховатость поверхности R_z	Значение
20	0,026	0,63	0,0032
2,5	0,013	0,32	0,0016
1,25	0,0064	0,16	0,0008

Выбор класса чистоты сопрягаемых поверхностей в подшипниках производится по нормам машиностроения, представленным в таблице 16, где также приведены значения зазора в зависимости от посадки в системе отверстия.

Таблица 16 – Выбор класса чистоты сопрягаемых поверхностей в подшипниках

Диаметр, мм	Класс точности				Посадка	
	2-й		3-й		H7/f 7	H8/c8
	Вал	Отверстие	Вал	Отверстие		
От 3 до 6	9	8	8	7	0,01–0,032	0,015–0,051
6–10			7		7	0,013–0,043
10–18	8	7				0,016–0,052
18–30				0,02–0,063		0,04–0,093
30–50				0,025–0,077		0,05–0,112
50–80			0,03–0,09	0,065–0,135		
80–120			6	6	0,04–0,11	0,08–0,16
120–180	7	6			0,05–0,13	0,1–0,195

Поскольку с повышением температуры вязкость смазки понижается, для определения динамической вязкости при рабочей температуре t по известному значению M_{50} (при $t = 50$ °С) пользуются формулой

$$M_t = M_{50} (50/t)^m, \quad (4)$$

где $m = 2$ при $v < 20$ мм/с; $m = 2,5$ при $20 < v < 50$ мм /с; $m = 3$ при $v > 50$ мм/с.

Кинематическая вязкость смазочных материалов определяется по формуле

$$\nu = M/\rho, \quad (5)$$

где ρ – плотность смазки, кг/м³; ν – кинематическая вязкость, м²/с;

По найденному значению ν 50 выбирается сорт смазки по таблице 17 с учетом особенностей узла трения.

Подача смазки к трущимся поверхностям подшипника скольжения производится несколькими способами. Наиболее простыми смазками являются: непрерывная, циркуляционная; кольцевая, осуществляемая посредством кольца; ручная; капельная или фитильная.

Таблица 17 – Сорт смазки с учетом особенностей узла трения

Масло	Вязкость кинематическая ν 50, мм ² /с	Температура вспышки, °С	Температура застывания, °С	Основное назначение
1	2	3	4	5
Масло для высокоскоростных механизмов Л (велосит)	4–5,1	-	-25	Для точных механизмов с малой нагрузкой и при больших числах оборотов
Масло для высокоскоростных механизмов Т (вазелиновое)	5,1–8,5	-	-20	То же
Приборное (МВП)	6,3–8,5	-	-60	Для КИП, работающих при низких температурах (в холодильной камере)
Сепараторное Л	6,1–10	135	+5	Для подшипников центрифуг и легких сепараторов, автоматов для расфасовки пищевых продуктов

Продолжение табл. 17

1	2	3	4	5
Индустриальное 12 (веретенное 2)	10–14	165	–30	Для средних сепараторов, холодильных машин, подшипников быстросходных машин. Для подшипников с кольцевой смазкой с окружной скоростью до 3 м/с
Сепараторное Т	14–17	165	+5	Крупные сепараторы и скоростные машины с малыми нагрузками
Индустриальное 20 (веретенное 3)	17–23	170	–20	Для подшипников с кольцевой смазкой, электродвигателей мощностью 10 кВт, центробежных насосов, зубчатых передач, трансмиссии, подшипников средненагруженных
Индустриальное 30 (машинное Л)	27–33	180	–15	Для валов, зубчатых передач, центробежных насосов, металлорежущих станков с большой нагрузкой и малыми скоростями
Индустриальное 45	38–52	190	0	Для тяжелых машин
Индустриальное 50 (машинное СУ)	42–58	200	–20	То же при повышенных нагрузках и малых скоростях (назначается в особых случаях)

1	2	3	4	5
Цилиндровое 11 (цилиндровое 2)	9–13 при 100 °С	215	+5	Для червячных передач, редукторов большой мощности, тихоходных механизмов, паровых насосов с давлением до 0,5 МПа, для машин и арматуры, работающих на насыщенном паре
Цилиндровое 38 (цилиндровое 6)	32–44 при 100 °С	300	+17	Для машин и арматуры, работающих на перегретом паре, и механизмов, работающих при высоких температурах
Компрессорное М	8,5–14 при 100 °С			Для одноступенчатых компрессоров низкого давления и двухступенчатых среднего давления
Компрессорное Т	15–21 при 100 °С			Для многоступенчатых компрессоров повышенного давления
Трансформаторное	33			Для заливки трансформаторов, масляных выключателей и другой высоковольтной аппаратуры

Тяжело нагруженные подшипники скольжения необходимо обеспечивать обильной жидкой циркуляционной смазкой, подаваемой насосом под давлением от 0,05 до 0,35 МПа. Ручная смазка, а также капельная и фитильная применяются только в неответственных подшипниках, работающих с малой скоростью и большими перерывами, когда нецелесообразно использовать циркуляционную смазку.

Периодичность смазывания маслом – один-два раза в смену при ручной смазке.

В таблице 18 приведены нормы расхода масла в граммах для подшипников скольжения при капельной и фитильной смазке.

Таблица 18 – Нормы расхода масла в граммах для подшипников скольжения при капельной и фитильной смазке

Диаметр вала, мм	Скорость вращения вала, 1/с							
	1	1,5	2,5	4,0	6,0	8,0	11,0	15,0
	Расход масла за 8 ч работы, г							
30	1	1	3	6	7	10	14	20
40	1	2	6	9	12	18	24	34
50	3	5	9	14	20	29	40	68
60	5	10	14	22	31	45	62	90
70	7	13	19	32	44	63	88	127
80	9	17	26	42	59	84	118	168
90	11	22	33	54	76	108	152	216
100	14	28	42	72	96	140	196	280
110	18	34	52	88	120	172	240	344
120	22	42	62	104	144	208	288	-
130	26	51	77	128	180	256	360	-
140	30	61	91	152	212	304	-	-
150	35	70	106	176	246	352	-	-

Для тихоходных валов применяют пластичные смазки, которыми также целесообразно смазывать подшипники скольжения, установленные в труднодоступных для смазки местах или в открытых и пыльных помещениях.

Режим смазывания подшипников пластичной смазкой рекомендуется применять в соответствии с данными таблицы 19. Расход пластичной смазки за 8 ч работы при ручной набивке подшипника скольжения (втулки) равен 0,5 г.

Таблица 19 – Режим смазывания подшипников пластичной смазкой

Система смазки	Условия работы	Режим смазывания
1	2	3
Централизованная	Непрерывная работа деталей при тяжелых температурных условиях и с большой нагрузкой	2–3 раза в смену
	Непрерывная работа, но в нормальных температурных условиях	2 раза в смену (перед началом и в середине смены)

1	2	3
Смазка шприцем через пресс-масленку	Периодическая работа деталей при незначительной нагрузке	1 раз в смену перед началом работы
	Периодическая работа деталей при малой нагрузке	1 раз в 1–2 суток
Ручная смазка колпачковой масленкой	Кратковременная работа деталей	1–2 раза в неделю

Сорт пластичной смазки для подшипников скольжения выбирается из таблицы 20 и приложения с учетом особенностей узла трения.

Таблица 20 – Сорт пластичной смазки для подшипников скольжения

Смазка	Основное назначение
Универсальная низкоплавкая УН-1 (вазелин технический)	Для подшипников скольжения с малыми нагрузками при $t < 35$ °С. Для защиты от коррозии и для консервации деталей при хранении
Универсальная низкоплавкая УН-2 (вазелин технический высокоплавкий)	То же при $t < 45$ °С
Универсальная УН-3 (пушечная смазка)	Для защиты от коррозии при хранении
Универсальная среднеплавкая УС-2, УС-3, УС-М (солидол жировой марок Л и М)	Для подшипников скольжения и других пар трения, работающих при малых и средних нагрузках и скоростях при температуре 55–75 °С
Универсальная смазка УС-Т (солидол эмульсионный)	То же при $t < 75$ °С. Заменитель жирового солидола
Мазь графитная (смазка УС-А)	Для открытых зубчатых шестерен цепных передач (транспортёры, приводы открытые, поршневые насосы)
Универсальная тугоплавкая марок УТ-1, УТВ, УТс-1, УТ-2, УТс-2 (типа консталина)	Для шарико- и роликоподшипников и других узлов трения, работающих в условиях большой влажности при температуре до 90–130 °С
ЦИАТИМ-201	Для быстроходных подшипников и узлов трения до $t = 120$ °С

Порядок выполнения работы

Группа студентов разбивается на подгруппы из 2–3 человек. Каждая подгруппа получает задание по выбору сорта смазки и составлению карты смазки узла, машины или аппарата.

Перед началом работы студенты должны ознакомиться с машиной по технической документации или по литературным источникам.

Выполнение работы студентами предусматривается в следующем порядке:

1. Выбрать сорт смазки для конкретной (по указанию преподавателя) пары трения.
2. Определить расход смазки для данного узла.
3. Составить схему и карту смазки.

При выполнении схемы смазки вычерчивается внешний вид машины в общих чертах с указанием мест смазки (маслоприемников) с помощью условных обозначений.

Для обозначения мест и способов смазки можно рекомендовать условные обозначения, применяемые заводами пищевого машиностроения (см. табл. 5).

По результатам анализов заполнить таблицу 21.

Таблица 21 – Смазка подшипников скольжения

Цех или отделение _____

Наименование оборудования _____

Наименование деталей, узлов и механизмов, подлежащих смазке	Условное обозначение	Количество единиц	Сорт смазочного материала	Периодичность смазывания	Способ подачи смазочного материала	Норма расхода смазочного материала в смену, г	
						На единицу продукции	Всего

Контрольные вопросы

1. Чему равна необходимая вязкость смазки для подшипников скольжения?
2. От чего зависит наибольшая высота неровностей поверхностей подшипника?
3. Какими способами подается смазка к трущимся поверхностям подшипника скольжения?

САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА

Для выполнения самостоятельной работы студент должен составить карту смазки оборудования согласно варианту задания, представленного в таблице 22, и подобрать необходимый вид и марку для каждого смазывающего узла оборудования.

Таблица 22 – Варианты заданий для самостоятельной работы

Вариант	Оборудование и смазываемые узлы	Вместимость смазочной системы, кг
1	2	3
1	Шаровая мельница	
	Цапфовые подшипники	1620
	Главный редуктор	3150
	Вспомогательный редуктор	540
	Зубчатые муфты	22
2	Пластинчатый конвейер	
	Редуктор	210
	Зубчатая муфта	3
	Подшипники приводного и натяжного валов	1,2
	Подшипники опорных роликов	20,5
	Направляющие и винты натяжной станции	0,5
	Узел соединения звеньев цепи	10,6
3	Вращающаяся печь	
	Редуктор главного привода	400
	Подшипники подвенцовых шестерен	(общая)
	Подшипники гидроупоров	(общая)
	Зацепление венцовой и подвенцовой шестерни	1500
	Подшипники опорных роликов	2300
	Редуктор вспомогательного привода	10
	Универсальный шпиндель	2,0
4	Питатель пластинчатый	
	Редуктор	920
	Муфта зубчатая	10,3
	Подшипники натяжной станции	50
	Подшипники приводной станции	(общая)
	Подшипники поддерживающих опорных катков	-
	Винты и направляющие	1,0

1	2	3
5	Ленточный конвейер	
	Подшипники поддерживающего барабана	1,0
	Подшипники верхних и нижних роликов	3,2
	Подшипники приводного и концевого барабанов	1,5
	Винты натяжного устройства	0,5
	Редуктор	10
6	Сушильный барабан	
	Редуктор	120
	Шестеренчатая пара	20
	Опорные ролики	16
	Упорные ролики	18
	Подшипники подвенцовой шестерни	2,0

Порядок выполнения работы

После выполнения работы каждым студентом составляется индивидуальный отчет, который должен содержать следующие разделы:

- техническую характеристику машины или автомата с описанием особенностей эксплуатации;
- расчет требуемой вязкости смазочного материала;
- выбор смазочного материала;
- схему и карту смазки.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В методических указаниях к выполнению лабораторных работ по курсу «Смазочные материалы для пищевого оборудования» представлены лабораторные работы с содержанием характеристик смазочных материалов, рекомендаций по их использованию применительно к оборудованию, приведена форма карты смазки, даны рекомендации по ее заполнению и разработке схемы смазки.

Изложенная информация актуальна для всех технических специальностей, и предназначена для студентов направления подготовки 15.03.02 «Технологические машины и оборудование».

ЛИТЕРАТУРА

1. *Анурьев, В.И.* Справочник конструктора-машиностроителя: в 3 т. / *В.И. Анурьев.* – М.: Машиностроение, 2002.
2. *Дунаев, П.Ф.* Конструирование узлов и деталей машин / *П.Ф. Дунаев, О.П. Леликов.* – М.: Высш. шк., 2000.
3. *Дунаев, П.Ф.* Конструирование узлов и деталей машин: учеб. пособие для вузов / *П.Ф. Дунаев, О.П. Леликов.* – 8-е изд., перераб. и доп. – М.: Академия, 2003. – 496 с.
4. *Радкевич, Я.М.* Метрология, стандартизация и сертификация: учеб. для вузов / *Я.М. Радкевич, А.Г. Схиртладзе, Б.И. Лактионов.* – М.: Высш. шк., 2004. – 767 с.
5. *Решетов, Д.Н.* Детали машин: атлас конструкций / *Д.Н. Решетов.* – М.: Машиностроение, 2006.
6. Индустриальные масла и смазки [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.total-oil.ru/reference/presentation/ceran>.
7. Масла и смазки Shell [Электронный ресурс]. – URL: <https://www.shell.com.ru>.

ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ

Плѳтнѳсть – скалярная физическая величина, определяемая как отношение массы тела к занимаемому этим телом объему.

Плотность вещества – это плотность однородного или равномерно неоднородного тела, состоящего из этого вещества.

Вязкость – свойство текучих тел (жидкостей и газов) оказывать сопротивление перемещению одной их части относительно другой.

Индекс вязкости (ИВ) – это относительная величина, показывающая степень изменения вязкости масла в зависимости от температуры в градусах Цельсия и определяющая пологость кривой кинематической вязкости от температуры.

Температура вспышки – наименьшая температура летучего конденсированного вещества, при которой пары над поверхностью вещества способны вспыхивать в воздухе под воздействием источника зажигания, однако устойчивое горение после удаления источника зажигания не возникает.

Вспышка – быстрое сгорание смеси паров летучего вещества с воздухом, сопровождающееся кратковременным видимым свечением. Температуру вспышки следует отличать как от температуры воспламенения, при которой горючее вещество способно самостоятельно гореть после прекращения действия источника зажигания, так и от температуры самовоспламенения, при которой для инициирования горения или взрыва не требуется внешний источник зажигания.

Температура воспламенения – наименьшая температура вещества, при которой пары над поверхностью горючего вещества выделяются с такой скоростью, что при воздействии на них источника зажигания наблюдается воспламенение.

Воспламенение – пламенное горение вещества, инициированное источником зажигания и продолжающееся после его удаления, то есть возникает устойчивое горение.

Температурой застывания – такая температура, при которой нефтепродукт в строго стандартных условиях испытания теряет свою подвижность. Потеря подвижности нефтепродуктов может быть вызвана либо выделением твердых парафиновых углеводородов, либо повышением их вязкости при низких температурах. Температура застывания нефтепродуктов имеет большое значение как для транспортировки, так и для их применения.

Щелочное число – это показатель способности масла противостоять кислотам (заодно и окислям), которые образуются в результате сгорания топлива и окисления (можно сказать, «старения») масла.

Пасты – вид смазок, в которых в большой концентрации присутствуют твердосмазочные вещества.

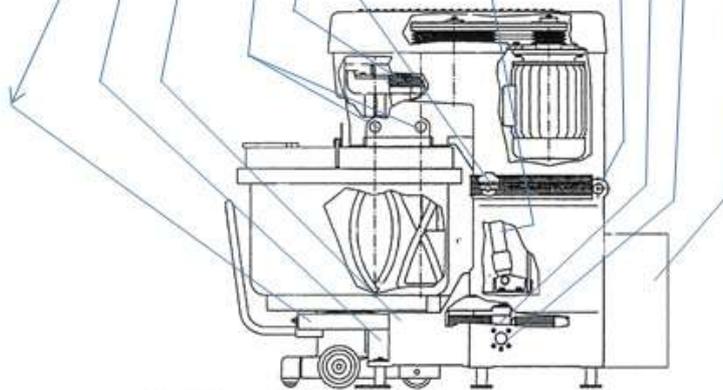
Пластичные и полужидкие смазки – это, по сути, коллоидные системы, в состав которых входят дисперсионная среда, дисперсная фаза и присадки.

ПРИЛОЖЕНИЕ

План технического обслуживания месителя (линия Diosna).

Работы по техническому обслуживанию следует проводить в соответствии с планом технического обслуживания для работы.

8760 ч. р. (1 раз в год)											(9)	8760 ч. р. (1 раз в год)	
1752 ч. р. (2 раза в год)				(5)								(11)	1752 ч. р. (2 раза в год)
720 ч. р. (1 раз в месяц)	(2)	(3)	(4)		(6)	(7)		(8)	(10)				720 ч. р. (1 раз в месяц)
12 ч. р. (1 раз в сутки)	(1)												12 ч. р. (1 раз в сутки)



№	Назначение	Смазочный материал	Расход масла и смазки
1	Поверхность гидравлических захватов	Смазка Nevastane HD2 T	2-3 x 3 см ³ (два-три качка)
2	Болты гидравлических захватов	Смазка Nevastane HD2 T	2-3 x 3 см ³ (два-три качка)
3	Цилиндр гидравлики	Смазка Nevastane HD2 T	2-3 x 3 см ³ (два-три качка)
4	Подшипник рабочего органа	Смазка Nevastane XMF 1	2-3 x 3 см ³ (два-три качка)
5	Редуктор рабочего органа	Масло Nevastane SY 460	15л
6	Поверхность пригнанного болта	Смазка Nevastane HD2 T	2-3 x 3 см ³ (два-три качка)
7	Подшипник гидравлического цилиндра	Смазка Nevastane HD2 T	2-3 x 3 см ³ (два-три качка)
8	Болт	Смазка Specis CU	Нанести необходимое кол-во кисточкой
9	Редуктор дежи	Масло Nevastane XSH 680	3,8л
10	Подшипник редуктора дежи	Смазка Nevastane HD2 T	2-3 x 3 см ³ (два-три качка)
11	Гидравлический агрегат	Масло Nevastane SH 46	4,8л

Для чистки пресс-масленок, подшипников, цепей и т. д. используйте:
 - Finasol FPI – очиститель для пищевой промышленности, одобрен NSF

Рисунок П.1 – Карта смазки технологической машины

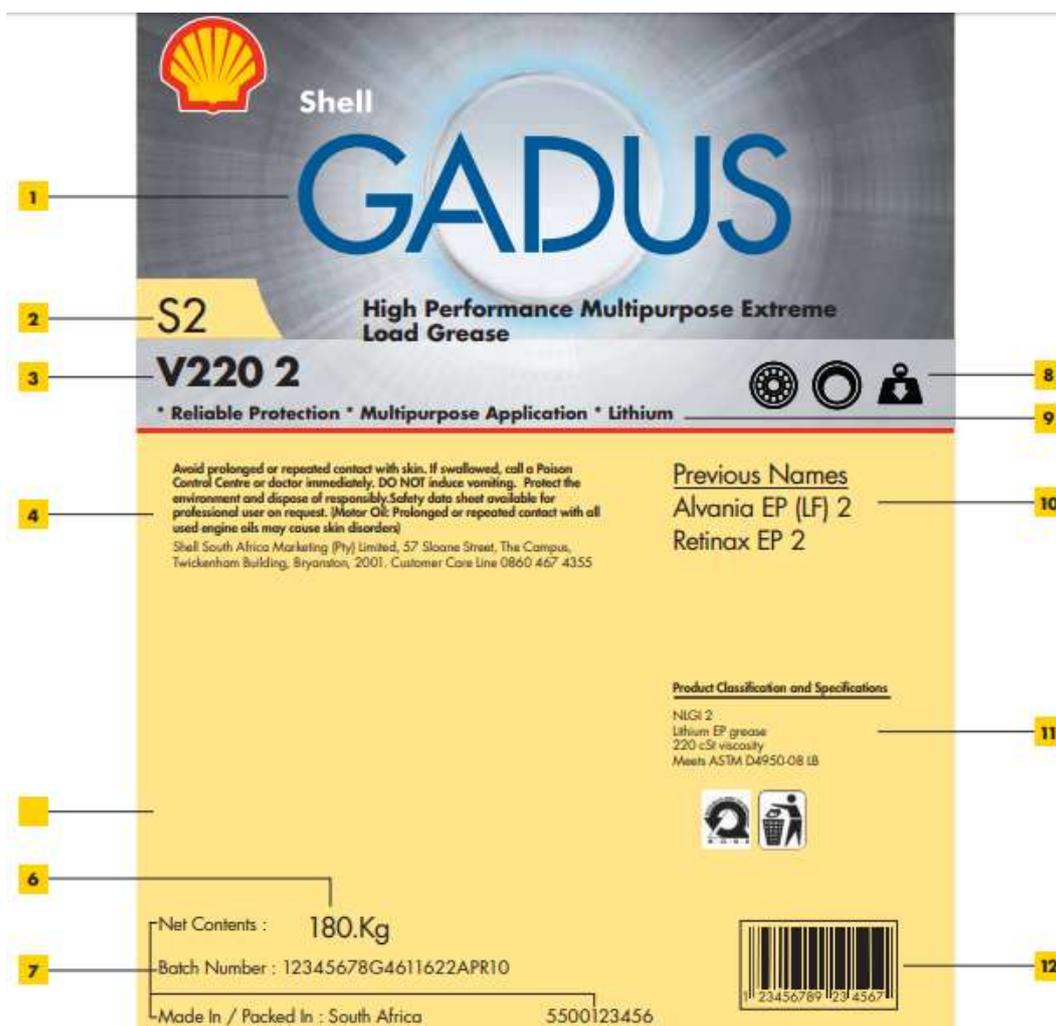


Рисунок П.2 – Ключ-определитель этикеток: 1 – наименование смазки (семейство бренда); 2 – наименование смазки (класс (S1–S5: выше – лучше)); 3 – наименование смазки (суффикс из 3 частей (первой буквой обозначается загуститель, затем идет вязкость базового масла, особые условия (если таковые имеются)) и класс NLGI; 4 – обязательная информация «Шелл» об охране труда, технике безопасности и защите окружающей среды; 5 – дополнительные местные законодательные требования, если это необходимо; 6 – содержание (вес); 7 – номер партии и местонахождение производителя; 8 – пиктограммы, помогающие определить область применения; 9 – основные преимущества (последнее преимущество – это всегда тип загустителя); 10 – предыдущее наименование (наименования); 11 – в глобальном профиле эффективности обязательно указаны класс NLGI; тип смазки (включая загуститель), вязкость базового масла; 12 – штрих-код

Таблица П.1 – Краткая характеристика и применение некоторых консистентных смазок

Смазка	ГОСТ, ТУ	Число пенетрации при 25 °С	Температура каплепадения, °С	Название
1	2	3	4	5
Универсальное среднеплавкая				
УС-1 (прес-солидол «С»)	ГОСТ 4366-91	330–335	75	В централизованных системах смазки обслуживающих узлы трения при средних нагрузках и в условиях повышенной влажности, особенно в холодное время года
УС-2 (солидол Л)	ГОСТ 4366-91	230–290	75	Для узлов трения при температуре не выше 60 °С и частоте вращения 1500 мин ¹ (при -25°С не применяется, т.к. плохо продавливается)
УС-3 (солидол Т)	ГОСТ 4366-91	150–220	90	Для трущихся поверхностей, работающих с высокой нагрузкой в условиях высокой влажности при температуре не выше 80 °С
Индустриальные ИП-1				
ИП-1-П летняя	ТУ 38.101820-80	280–310	85	Для подшипников колосниковых холодильников и конвейерных подшипников при централизованной подачи смазки
ИП-1-3	ТУ 38.101820-80	310–360	80	То же

Окончание табл. П.1

1	2	3	4	5
Универсальная тугоплавкая, водо-, морозоустойчивая				
ЦИАТИ М-20Л	ГОСТ 6267-90	270–320	175 не ниже 200	Для подшипников качения закрытого, смазываемых одновременно при сборке механизмов, работающих в интервале температур от –60 до +250 °С
Графитная				
УССА	ГОСТ 3333-90	Не менее 250	Не ниже 77	Для тяжело нагруженных открытых зубчатых передач, лебедок, рессор и тросов, ходовых частей тракторов

Таблица П.2 – Рекомендации по применению смазочных материалов для вращающихся печей, мельниц, сушильных барабанов и другого оборудования

Узлы оборудования	Рекомендуемые масла	
	Летом	Зимой
1	2	3
Вращающиеся печи		
Редукторы вращающихся печей	Автотракторное АК-15 (автол 18) или 11-28 при повышении температуры подшипников	АК-10 или АКЗп-10
Зубчатый венец и подвенцовая шестерня: – при смазке от насоса – при смазке в ванне	50 % индустриального 40А, 50 % автотракторного трансмиссионного «Л» Отстоявшееся отработанное масло	50 % индустриального АО А, 50 % автотракторного трансмиссионного «З»

Продолжение табл. П.2

1	2	3
Контрольные ролики: – при смазке от насоса – при консистентной смазке	50 % индустриального АО А, 50 % автотракторного трансмиссионного «Л» Солидол УС-3	50 % индустриального 40А, 50 % автотракторного трансмиссионного «З» Солидол УС-2
Подшипники опорных роликов: – холодного конца печи – горячего конца печи	Автотракторное трансмиссионное «Л» То же	50 % автотракторного трансмиссионного «З», 50 % индустриального 50А Автотракторное трансмиссионное «Л»
Подшипники вала подвенцовой шестерни	50 % индустриального 40А, 50 % автотракторного трансмиссионного «Л»	Индустриальное 50А
Редукторы сырьевых, цементных и угольных мельниц	АКП-10 или АКЗп-10	Индустриальное 50А
Цапфовые подшипники: – сырьевых мельниц (мокрый способ) – Цементных, угольных и сырьевых мельниц (сухой способ)	Индустриальное 40А Автотракторное АК-15 (автол 18) или 11-28	Индустриальное 40А АК или АКЗп-10, АКП-10
Зубчатый венец и подвенцовая шестерня	Автотракторное трансмиссионное «Л»	Автотракторное трансмиссионное «З»
Подшипники приводных валов	Индустриальное 40А	Индустриальное 40А
Редукторы сушильных барабанов и барабанных холодильников	Индустриальное 50А	Индустриальное 50А

Окончание табл. П.2

1	2	3
Зубчатый венец и под-венцовая шестерня	Отработанное отстоявшееся масло	-
Контрольные ролики при консистентной смазке	Солидол УС-3	Солидол УС-2
Редукторы сушильных барабанов и барабанных холодильников	Индустриальное 50А	Индустриальное 50А
Зубчатый венец и под-венцовая шестерня	Отработанное отстоявшееся масло	-
Контрольные ролики при консистентной смазке	Солидол УС-3	Солидол УС-2
Подшипники опорных роликов	Автотракторное транс-миссионное «Л»	Автотракторное транс-миссионное «З»
То же при консистент-ной смазке	Солидол УС-3	Солидол УС-2
Подшипники вала под-венцовых шестерен	Индустриальное 40А	Индустриальное 40А

Таблица П.3 – Периодичность замены и долива масла в емкостных системах оборудования

Вместимость масляной системы, кг	Периодичность долива масла, сут	Периодичность полной смены масла при условиях эксплуатации, мес.	
		Нормальные условия	При повышенной температуре или в пыльной среде
До 50	5	6–12	3
50–250	5	6–12	3
250–1000	10	6–12	3
1000–3000	15	12–36	6
Свыше 3000	30	12–36	9

Таблица П.4 – Периодичность замены и долива масла в редукторы

Вместимость масляной ванны, кг	Периодичность замены масла (сут) при условиях эксплуатации		Периодичность долива масла (сут) при состоянии уплотнения в условиях эксплуатации			
			хорошее		удовлетворительное	
	нормально	тяжелое	нормально	тяжелое	нормально	тяжелое
До 5	90	60	15	10	7	5
5–10	90	60	18	10	8	6
10–15	90	60	20	12	9	7
15–20	120	90	25	15	10	8
20–30	120	90	25	15	11	9
30–50	120	90	30	20	12	10
50–75	180	120	30	20	14	11
75–100	180	120	40	25	17	14
100–500	180	120	50	30	20	16
500–1000	180	120	60	40	30	20
Более 1000	240	180	80	60	40	30

Таблица П.5 – Расход масел на долив в редукторе (на 1 кг масла, заливаемого в систему)

Вместимость масляной ванны, кг	Расход масла за 8 ч работы, г	Вместимость масляной ванны, кг	Расход масла за 8 ч работы, г	Вместимость масляной ванны, кг	Расход масла за 8 ч работы, г
До 3	0,8	60–80	0,35	530–700	0,22
3–5	0,7	95–115	0,3	740–900	0,21
6–10	0,6	125–150	0,28	950–1200	0,2
12–20	0,35	165–200	0,26	1200–1600	0,19
22–25	0,5	210–300	0,25	1700 и более	0,18
28–32	0,45	320–400	0,24		
36–50	0,4	420–500	0,23		

Таблица П.6 – Расход масел на долив в подшипники скольжения с кольцевыми или циркуляционными системами смазки

Диаметр вала, мм	Расход за 8 ч работы, г	Диаметр, вала, мм	Расход масла за 8 ч работы, г	Диаметр, вала, мм	Расход масла за 8 ч работы, г	Диаметр, вала, мм	Расход масла за 8 ч работы, г
40	0,6	140	9	260	32	1000	440
50	1	150	10	280	31	1100	520
60	1,5	160	12	300	42	1200	640
70	2	170	13	400	70	1300	750
80	2,6	180	15	500	110	1400	860
90	3,4	190	17	600	160	1500	1060
100	4,3	200	19	700	215	1600	1160
120	6,3	220	23	800	280		
130	7,5	240	27	900	360		

Таблица П.7 – Пластичные смазки с пищевым допуском

Физико-химические характеристики	TOTAL				Shell	
	Ceran XS 320	Ceran XS 80	NEVAS-TANE		Gadus_	
			SFG-1	SFG-2	S2_V220_1	S2_V220_2
1	2	3	4	5	6	7
Тип мыла	Комплекс сульфоната кальция	Сульфонат кальция	Комплекс сульфоната кальция		Литиевое	
Класс NLGI	1,5	1,2	1	2	1	2
Цвет	Коричневый	Коричневый	Светло-коричневый			
Внешний вид	Однородный	Однородный	Гладкая и однородная		Однородный	Однородный
Диапазон рабочих температур, °С	-30+160	-55+150	-40+180		-25+100	-20+100
Кинематическая вязкость базового масла при 40 °С, мм ² /с	320	80	41-52		220	220

Окончание табл. П.7

1	2	3	4	5	6	7
Пенетрация при 25 °С, 0,1 мм	280–310	280–310	310–340	265–295	310–340	265–295
Температура каплепадения, °С	> 300	> 300	> 270		180	180
Спецификация	NSF-H1; FDA; ISO 6743	NSF-H1; FDA; ISO 6743	NSF-H1; FDA		NSF-H1; FDA; ISO 21469; USDA H1; Kosher; Halal	NSF-H1; FDA; ISO 21469; USDA H1; Kosher; Halal
Применение	Высокие нагрузки, высокие температуры, вода, пыль	Высокие нагрузки, высокие температуры, вода, пыль, щелочь, кислота	Смазка подшипников работающих при высоких или низких температурах в присутствии влаги		Тяжелонагруженные подшипники; зубчатые передачи; смазывания в условиях низких температур и повышенной влажности	Подшипники качения и скольжения, шарниры и поверхности скольжения; при повышенной влажности

Таблица П.8 – Гидравлическое масло с пищевым допуском

Характеристика	TOTAL								Shell				
	NEVASTANE AW				NEVASTANE SH				Cassida Fluid HF				
	22	32	46	68	32	46	68	100	15	32	46	68	100
Внешний вид	Прозрачная жидкость												
Плотность при 15 °С, кг/м ³	865	868	869	871	835	837	848	849	891	832	833	840	841
Вязкость при 40°С, мм ² /с	22	32	46	68	32	46	68	100	15	32	46	68	100
Вязкость при 100 °С, мм ² /с	4	6	7	9	6,1	7,9	10,8	14,7	3,6	6,1	7,9	10,6	14,1
Индекс вязкости	86	95	110	100	135	135	140	145	125	140	142	>140	>143
Температура вспышки, °С	118	210	220	220	260	260	260	260	200	222	248	258	268
Температура застывания, °С	-21	-18	-12	-12	-51	-48	-42	-39	< -60			-60	-57
Спецификация	NSF (H-1); US FDA; Kosher; ISO 21925-1; ISO 21469				NSF (H-1); US FDA; Kosher; ISO 21925-1; ISO 21469; Halal				NSF H1; NSF ISO 21469; Kosher; Halal; DIN 51524 HLP; DIN 51524 HVLP				

Таблица П. – Смазочный материал TOTAL
для редукторов с пищевым допуском

Характеристика	TOTAL													
	NEVASTANE XSH				NEVASTANE SY			NEVASTANE EP						
	150	220	320	150	220	320	460	680	150	220	320	460	680	1000
Внешний вид	Прозрачная жидкость				Жидкость желтого цвета			Прозрачная жидкость						
Плотность при 15 °С, кг/м ³	840	842	845	1076	1074	1069	1072	1070	875	878	878	877	884	880
Вязкость при 40 °С, мм ² /с	150	220	320	136	222	321	460	664	150	220	320	460	680	1000
Вязкость при 100 °С, мм ² /с	19	26	36	22.5	34.4	230	239	259	14,5	19,5	26,3	29,0	51	60
Индекс вязкости	152	156	161	188	203	230	239	259	90	100	110	100	125	110
Температура вспышки, °С	264	272	276	302	298	286	308	296	216	227	215	218	240	206
Температура застывания, °С	-51	-45	-42	-42	-39	-39	-36	-39	-9	-9	-9	-9	-9	-9
Применение	Зубчатые передачи; подшипники качения и скольжения; цепи и конвейерные ленты				Редуктора, печные высокотемпературные цепи; высоконагруженные узлы при присутствии влаги			Промышленные редукторы; конвейеры и цепи; подшипники скольжения и качения						
Спецификация	NSF (H-1); US FDA; Kosher; ISO 21925-1 CKD; ISO 21469; Halal				NSF (H-1); US FDA;			NSF (H-1); US FDA; Kosher; ISO 21469; ISO 6743-4 CKC						

Таблица П. – Смазочный материал Shell
для редукторов с пищевым допуском

Характеристика	Shell												
	Omala S4 WE					Omala S2 G							
	150	220	320	460	680	68	100	150	220	320	460	680	1000
Внешний вид													
Плотность при 15 °С, кг/м ³	1076	1074	1069	1072	1070	887	891	897	899	903	904	912	931
Вязкость при 40 °С, мм ² /с	136	222	321	460	664	99	100	100	100	100	97	92	85
Вязкость при 100 °С, мм ² /с	225	344	230	239	259	68	100	150	220	320	460	680	1000
Индекс вязкости	188	203	230	239	259	8,7	11,4	15,0	19,4	25,0	30,8	38,0	45,4
Температура вспышки, °С	302	298	286	308	296	236	240	240	240	255	260	272	290
Температура застывания, °С	-42	-39	-39	-36	-39	-24	-24	-24	-18	-15	-12	-9	-9

СМАЗОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПИЩЕВОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Методические указания для лабораторных работ

**Тепляшин Василий Николаевич
Мацкевич Игорь Викторович
Невзоров Виктор Николаевич**

Электронное издание

Редактор О.Ю. Потапова

Подписано в свет 10.10.2019. Регистрационный номер 310
Редакционно-издательский центр Красноярского государственного аграрного университета
660017, Красноярск, ул. Ленина, 117
e-mail: rio@kgau.ru