

your global specialist

Отраслевые знания

## Повышая скорость для Вашего успеха

Полезная информация по смазке зубчатых передач





Выбор правильного редукторного масла	4
Обзор редукторных масел Klüber	16
Выбор вязкости	18
Уровень масла, глубина погружения и количество масла	24
Замена масла: как это делается	26

# Редукторные масла Klüber Lubrication

## Растущие требования к механизмам и смазочным материалам

Изготовление редукторов всех классов мощности характеризуется сегодня требованиями повышения передаваемой мощности и крутящего момента при одновременном снижении размеров и веса зубчатых передач. Это требует разработки новых конструкций редукторов, новых производственных материалов, обеспечения более высокого качества обработки поверхности, внедрения передовых технологий производства и применения высокопроизводительных смазочных материалов на основе минеральных и синтетических масел.

Пропорционально улучшению параметра удельного веса редукторов повышаются и требования к смазочным материалам. Это особенно верно в отношении их характеристик защиты от износа и коррозии и стабильности в условиях работы при высоких температурах. Вследствие повышения компактности зубчатых передач теплоотвод редукторов приходится обеспечивать в условиях тенденции к постоянному уменьшению площади поверхности корпуса. Следствием этого процесса являются всё более высокие рабочие температуры в редукторах, которые отрицательно влияют на срок службы зубчатых передач и смазочных материалов.

## Мы готовы к новым испытаниям

Эксперты Klüber Lubrication подключились к решению новых задач и с учётом более чем 80-летнего опыта работы компании в области смазочных материалов разработали редукторные масла, которые соответствуют сегодняшним требованиям к смазочным материалам как к конструктивным элементам.

Разработка высокопроизводительных редукторных масел Klüber является ответом на такие технические проблемы в работе редукторов, как очень высокая степень износа и низкая эффективность работы редукторов, которые оказывают значительное влияние на увеличение общих производственных затрат. Высокопроизводительные смазочные материалы, эффективность работы которых значительно превышает характеристики обычных смазочных материалов, помогают удержать степень износа на минимальном уровне и повысить производительность работы зубчатых передач, тем самым снижая производственные издержки и затраты на техническое обслуживание.

Разработав технологию KlüberComp Lube Technology, компания Klüber Lubrication объединила все решения, удовлетворяющие высоким требованиям к современным зубчатым передачам, в единую концепцию. Мы рассматриваем конструктивные элементы, смазочные материалы и сервисные услуги не как отдельные элементы, а как составные части общего подхода к решению задач. Являетесь ли вы производителем оборудования или оператором этого оборудования, с помощью KlüberComp Lube Technology вы можете значительно повысить производительность работы ваших редукторов.

## Your global specialist!

Мы всегда с Вами, где бы Вы ни находились. Наши специалисты встретятся с Вами в любом удобном для Вас месте, независимо от того, идёт ли речь о выборе правильного смазочного материала или о разработке индивидуального решения с учетом Ваших требований.

«Сделано в Klüber Lubrication» - означает единый высокий стандарт качества по всему миру. Мы гарантируем Вам одинаковый уровень качества вне зависимости от того, где находятся предприятия по производству наших смазочных материалов, будь то Азия, Европа или Америка.

## Уже сегодня мы думаем о завтрашнем дне!

Выбор высокоэффективного смазочного материала в условиях развития экологического сознания способствует повышению эффективности, экономии энергии и, соответственно, снижению выбросов CO<sub>2</sub>.

Увеличение срока службы масла ведет к снижению общего расхода и меньшим расходам на утилизацию. Таким образом, в ещё большей степени повышается уровень защиты природных ресурсов, при этом расходы на эксплуатацию и утилизацию снижаются.

## Поддержка с первых шагов

Наша брошюра подготовлена для того, чтобы предоставить Вам ценную информацию по смазке зубчатых передач. Мы знаем, насколько сложной является эта тема. Поэтому с самого начала мы предлагаем Вам обоснованные советы наших специалистов. Вы можете положиться на нас.

# Выбор правильного редукторного масла

Для достижения оптимальной эксплуатационной надёжности редукторов в течение всего срока службы необходимо подходить к выбору смазочных материалов не только как к необходимому средству производства. Намного важнее, чтобы они рассматривались как равноценные конструктивные элементы редукторов. Поэтому в идеале выбор и одобрение соответствующего редукторного масла должны проводиться ещё на стадии конструктивной проработки нового редуктора.

Далее вы узнаете, как выбрать правильное редукторное масло. В особых случаях, например, когда предполагается достичь длительных интервалов технического обслуживания, или, например, когда редуктор должен эксплуатироваться в особом режиме работы, желательно предварительно проконсультироваться со специалистами Klüber Lubrication. Они помогут вам полностью раскрыть весь потенциал использования наиболее подходящего смазочного материала.

**Примечание:** чем больше информации о работе вашего оборудования мы будем иметь, тем больше возможностей у нас будет, чтобы подобрать для Вас наилучший смазочный материал.

Для правильного выбора редукторного масла необходимо учитывать такие параметры оборудования, как мощность, скорость вращения, влияние окружающей среды, а также особенные условия эксплуатации. На основе этой информации можно определить:

- тип масла
- защиту от износа
- вязкость масла

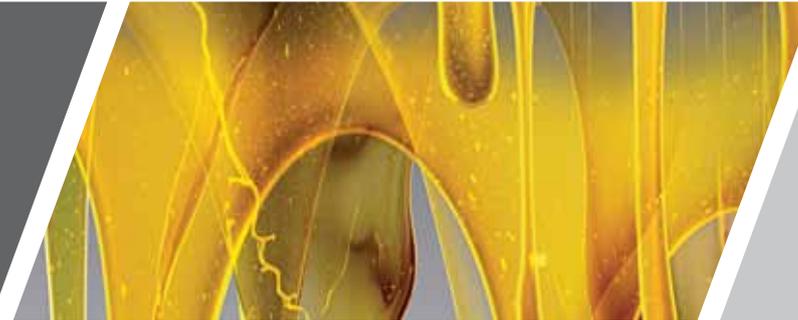
С учетом этих параметров редукторные масла в состоянии оптимально выполнять свои функциональные задачи, такие как:

- восприятие усилия
- уменьшение трения
- минимизация износа
- теплоотвод
- отвод продуктов износа и загрязнений

## Свойства редукторных масел

Свойства редукторных масел зависят от того, какое базовое масло и какие присадки используются при изготовлении конечного продукта. Основные требования к редукторным маслам, которые формулируются сегодня ведущими производителями зубчатых передач и отражаются в международных спецификациях и стандартах, это:

- Диапазон рабочих температур
- Вязкость
- Устойчивость к старению
- Характеристики при низких температурах
- Защита от коррозии стали / цветных металлов
- Вспенивание
- Совместимость с эластомерами
- Совместимость с внутренними лакокрасочными покрытиями
- Защита от износа – корродирование, точечное выкрашивание



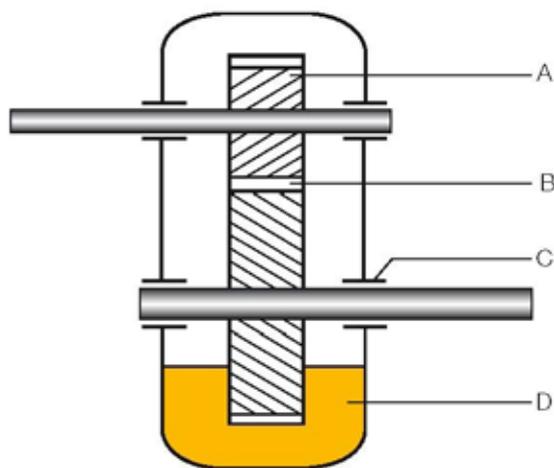
В зависимости от типа редуктора и условий эксплуатации температура масла в промышленных редукторах находится в диапазоне от 20 до 150 °С. Нагрев зубчатых передач, в особенности их шестерен, подшипников и смазочного материала, является самым важным показателем эффективности работы редуктора. Установившиеся температуры являются показателем потери мощности.

Наряду с воздействиями, обусловленными конструктивными характеристиками, температура масла в значительной степени зависит от условий эксплуатации. Кроме того, она повышается как с увеличением температуры окружающей среды, так и вследствие теплового излучения. По сравнению с режимом эксплуатации при полной нагрузке, температуры при частичной нагрузке и в прерывистом режиме ниже. Важно, чтобы во время нагрева отдельных компонентов зубчатых передач, смазки и запчастей (фильтрующих элементов, насосов и т.д.) не превышались допустимые пределы температуры. Для выбора вязкости масла уровень температуры в маслосборнике или температура впрыскиваемого масла являются важным фактором.

Если в процессе эксплуатации возникают высокие температуры, превышающие нормативные показатели, а так же, если температура периодически сильно повышается, то это, как правило, указывает на имеющиеся или возникающие неисправности.

**Примечание:** при смазке редукторов маслом на минеральной основе температура масла не должна превышать 75-80 °С.

#### Характерные температуры в редукторе



- A Температура шестерни
- B Температуры в зубчатом зацеплении
- C Температура подшипника
- D Температура в маслосборнике

# Выбор правильного редукторного масла

## Вязкость

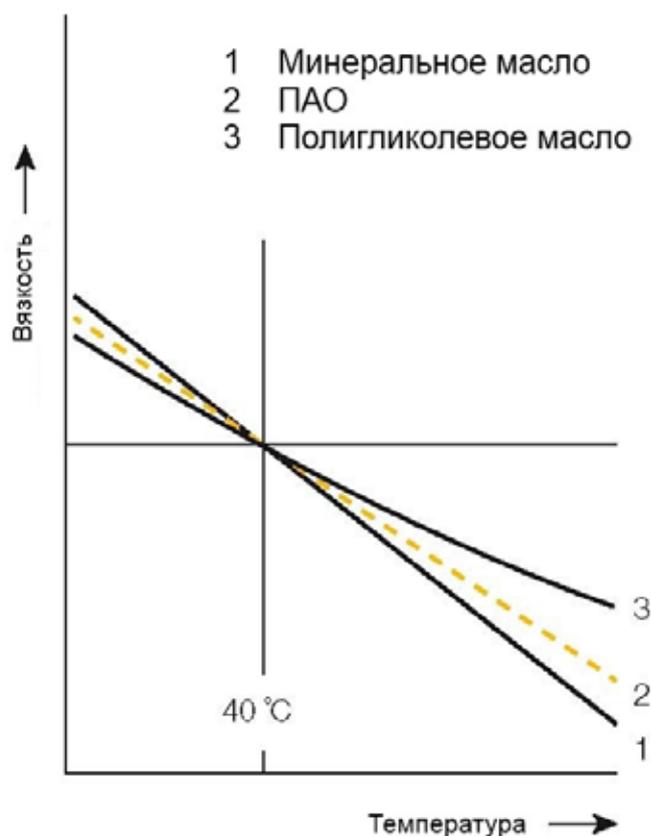
При выборе редукторного масла вязкость всегда имеет первостепенное значение, так как она имеет решающее влияние на процесс образования масляной плёнки. Увеличение вязкости масла вызывает образование большей толщины плёнки, что в свою очередь повышает уровень защиты от износа, улучшает демпфирующие свойства и характеристики несущей способности по задирам.

Вязкость уменьшается с ростом температуры и повышается с увеличением усилия сжатия. При этом слишком высокая вязкость может привести к чрезмерному нагреву вследствие возрастающих потерь от сдвигания и разбрызгивания масла, особенно при высоких окружных скоростях. С другой стороны, слишком низкая вязкость может привести к увеличению доли смешанного трения и повышению уровня износа.

Так как вязкость сильно меняется с температурой, то зависимость вязкости масла от температуры определяется, как правило, индексом вязкости (VI). Чем выше VI редукторного масла, тем меньше его вязкость меняется при изменении температуры и тем более плоской будет вязкостно-температурная характеристика на диаграмме зависимости вязкости от температуры.

Степень изменения вязкости под влиянием температуры зависит как от типа базового масла, например, минерального масла, полиальфаолефинов, сложных эфиров и полигликолей, так и от дополнительных присадок, улучшающих показатель VI.

## Вязкостно-температурные характеристики масел



## Индексы вязкости для сравнения:

Минеральное масло	VI	прибл. от 85 до 100
Полиальфаолефиновое масло	VI	прибл. от 130 до 160
Полигликолевое масло	VI	прибл. от 150 до 260

**Примечание:** при высоком индексе вязкости масла облегчается запуск оборудования при низких температурах, минимизируются потери мощности, а также это способствует образованию прочной смазочной плёнки, в том числе и при высоких температурах.



### Характеристики старения

Под влиянием высоких температур, турбулентности воздуха и контакта с металлическими катализаторами, такими как медь, железо и другими, редукторные масла подвергаются постоянным изменениям своей химической структуры, то есть они стареют. Скорость старения в значительной степени зависит от химического состава масла, а также от продолжительности воздействия и уровня температур, воздействующих на масло. Усиливают старение масла различные загрязнения, такие как вода, продукты износа, ржавчина и пыль. Путем добавления в состав масла необходимых присадок производитель смазочных материалов может эффективно воздействовать на замедление процесса старения.

Последствия старения проявляются в изменении вязкости масла, образовании коррозионно-агрессивных кислот и образовании отложений. Возникающие вследствие старения масла отложения могут быть твердыми как высохшая краска, мягкими как резина, вязкими, как грязь, и могут забивать маслопроводы, впрыскивающие сопла или фильтры. Вследствие старения масла ухудшаются демульгирующие и антипенные характеристики, снижается уровень защиты от износа и коррозии и, частично, ухудшаются свойства по сепарации воздуха.

Определение характеристики старения масла производится в соответствии с нормами ASTM D 2893.

**Примечание:** синтетические редукторные масла в сравнимых условиях эксплуатации оказываются значительно более устойчивыми к старению, чем минеральные масла, благодаря чему достигаются более длительные интервалы замены масла.

### Характеристики при низких температурах

В зависимости от типа базового масла редукторные масла загустевают при низких температурах либо вследствие всё более повышающейся вязкости, либо из-за кристаллизации воска парафиновой составляющей масла.

В качестве точки отсчёта для характеристики текучести масла при низких температурах служит температура застывания, которая определяется в соответствии с нормами ISO 3016. На основе этих нормативов определяется самая низкая температура, при которой масло ещё обладает текучестью, если оно охлаждается в определённых условиях испытания. Для обеспечения быстрого и достаточного количества смазки при холодном запуске оборудования самая низкая температура масла в редукторе, которая часто и есть температура при запуске, должна быть хотя бы на несколько градусов выше температуры застывания.

По сравнению с минеральными маслами синтетические редукторные масла показывают гораздо более высокие свойства текучести при низких температурах. Благодаря высоким индексам вязкости (VI) синтетические редукторные масла при низких температурах являются более текучими, чем минеральные масла при одинаковой номинальной вязкости. Их температура застывания находится значительно ниже, а в некоторых случаях достигает значений температуры ниже  $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

**Примечание:** синтетические редукторные масла вследствие высоких характеристик при холодном старте особенно хорошо подходят для применения в условиях очень низких температур.

### Сравнение характеристик минерального масла и синтетических редукторных масел при низких температурах

Продукт	Тип масла	ISO VG ISO 3448	Индекс вязкости ISO 2909	Точка застывания ISO 3016 [ $^{\circ}\text{C}$ ]
Klüberoil GEM 1-220 N	Минеральное масло	220	$\geq 90$	$\leq -10$
Klübersynth GEM 4-220 N	ПАО	220	$\geq 150$	$\leq -40$
Klübersynth GH 6-220 Klübersynth UH1 6-220	Полигликолевое масло	220	$\geq 220$	$\geq -35$

# Выбор правильного редукторного масла

## Защита от коррозии

При оценке характеристики защиты от коррозии редукторных масел производят сравнение между такими показателями, как:

- Защита от коррозии стали
- Защита от коррозии меди (совместимость с цветными металлами)

## Защита от коррозии стали

Проникающая в редуктор извне или конденсирующаяся из воздуха влага при соединении с кислородом воздуха приводит к образованию ржавчины на недостаточно защищённых от коррозии стальных поверхностях.

Коррозия поверхности работающих компонентов, а также переносимые маслом частицы ржавчины, которые снова поступают в места контакта зубьев шестерен или в подшипники и вызывают абразивное воздействие, способствуют увеличению износа. Кроме этого, образование ржавчины отрицательно влияет на устойчивость масла к старению, снижает демульгирующие свойства редукторных масел и может способствовать образованию шлама.

Чтобы повысить антикоррозионные свойства, в состав редукторных масел добавляют ингибиторы коррозии в виде полярных присадок, которые благодаря плотному укрытию поверхности образуют надёжную водоотталкивающую плёнку, защищающую поверхность от коррозии. Проверка редукторных масел по защите стали от коррозии проводится в соответствии с нормами ISO 7120.

## Защита от коррозии меди (совместимость с цветными металлами)

При использовании противозадирных присадок редукторные масла также не должны вызывать коррозию рабочих поверхностей оборудования из цветных металлов, в особенности таких, как медь или медные сплавы, например бронза или латунь. Характеристики защиты от коррозии проверяются на медных пластинках в соответствии с нормами ISO 2160.

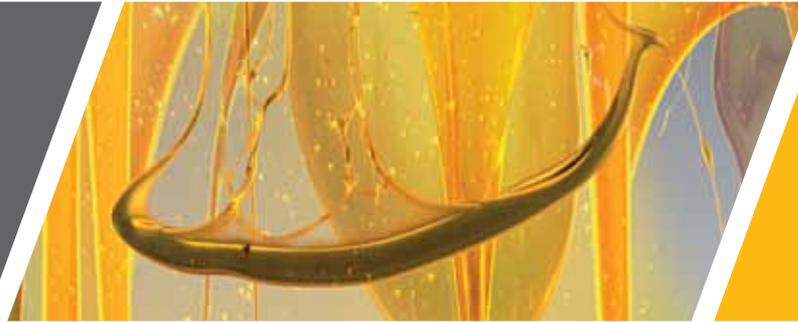
**Примечание:** при использовании меди или содержащих медь компонентов, таких как латунь или бронза, редукторное масло должно проходить тест по защите меди от коррозии по нормам ISO 2160 с оценкой 1a или 1b.

Все редукторные масла Klüber Lubrication, которые отвечают требованиям DIN 51517-3 для масел класса CLP, не приводят к коррозии меди и предотвращают коррозию стали.

## Совместимость с внутренними лакокрасочными покрытиями

Корпуса редукторов из серого чугуна или стали, как правило, покрываются изнутри лакокрасочными покрытиями, чтобы защитить редукторы от коррозии во время хранения, при транспортировке или при длительном простое оборудования.

Часто используемые грунтовочные составы устойчивы к воздействию редукторных масел на минеральной основе до температуры 100 °С. При более высоких температурах масла (> 100 °С) или при использовании синтетических редукторных масел – в особенности на полигликолевой основе – эти покрытия не всегда устойчивы к воздействию масла. Это может приводить к размягчению или растворению покрытий, а также образованию вздутий и, в конечном итоге, к отделению краски от поверхности оборудования. Следствием этого является возникновение повреждений оборудования или нарушение производственного процесса, например, вследствие закупоривания маслопроводов, фильтров или отверстий для удаления воздуха. Двухкомпонентные лакокрасочные покрытия на основе эпоксидных смол, напротив, в основном хорошо устойчивы к воздействию редукторных масел всех типов, также и при высоких рабочих температурах. Тем не менее, перед серийным применением рекомендуется проводить тесты на совместимость у производителя лакокрасочных покрытий.



## Вспенивание редукторных масел

Редукторные масла, с одной стороны, должны максимально быстро сепарировать пузырьки воздуха в масле, а с другой стороны, предотвращать образование стабильной поверхностной пены. Пена образуется вследствие роста воздушных пузырьков, выделяющихся из масла и двигающихся в направлении поверхности. Для удержания процесса пенообразования на минимальном уровне, воздушные пузырьки должны максимально быстро разрушаться.

Процесс пенообразования особенно характерен для редукторов со средней и высокой окружной скоростью, в которых смазывание шестерен производится погружением в масляную ванну. Склонность к пенообразованию повышается вследствие постоянного притока воздуха в масло. Попадающие в масло загрязнения, такие как вода, пыль, частицы ржавчины и продукты старения могут ещё больше увеличить вспенивание масла. Пенообразование значительно снижает смазочные свойства масла, такие как устойчивость к старению, теплоотвод и другие. Избыточное пенообразование может приводить к отводу пены в вентиляционные отверстия; при смазке циркуляцией под давлением существует опасность, что пена будет всасываться

масляным насосом, что может приводить к увеличению шума при работе насоса или его повреждению.

Снижение уровня пенообразования может достигаться путём добавления в состав масла противопенных присадок, которые, однако, при очень высоких концентрациях могут снижать свойства масла по сепарации воздуха. Определение характеристики вспенивания масел производится в соответствии с нормами ISO 6247 или ASTM D 892.

На сегодняшний день всё большее признание получает метод определения характеристики вспенивания по Флендеру в соответствии с нормами ISO 12152. В этом тесте пара шестерен вращается в масле, вследствие чего воздух смешивается с маслом. Затем масло проверяется по таким показателям, как восприятие воздуха, образование воздушно-масляной дисперсии, поверхностное вспенивание, а также последующее образование отложений.

Редукторные масла Klüber Lubrication также отвечают строгим требованиям теста на вспенивание масла по Флендеру.



# Выбор правильного редукторного масла

## Совместимость с эластомерами

Материалы радиальных уплотнений валов и статических уплотнений, таких как уплотнительные кольца круглого сечения, при характерных для работы редуктора температурах не должны повреждаться при контакте с маслом или находящимся в нём присадкам, т.е. становиться хрупкими или размягчаться, чтобы не снижать своих уплотняющих свойств. В противном случае преждевременный износ уплотнений ведёт к образованию протечек и возникающими отсюда затратами на очистку и потенциально дорогостоящий ремонт редуктора.

С ростом передаваемой редуктором мощности, который приводит к повышению рабочих температур, а также при переводе смазки редуктора с минерального на синтетическое масло, особенно необходимо учитывать вопросы совместимости масла с материалами уплотнений.

Для редукторных масел статическая совместимость с эластомерами проверяется в соответствии с нормами ISO 1817, а динамическая – по нормам DIN 3761.

В рамках проекта Lube & Seal в сотрудничестве с подразделением Freudenberg Sealing and Vibration Control Technology нам удалось достичь оптимального воздействия редукторных масел Klüber на радиальные уплотнения фирмы Freudenberg. Разработанные редукторные масла Klüber способствуют бесперебойной работе редукторов. С учётом целенаправленного выбора используемых материалов были достигнуты интервалы работы редукторов продолжительностью более 20 000 часов.

## Обзор характеристик совместимости редукторных масел с материалами уплотнений

	Сокращение	NBR	ACM	VQM	FKM	PTFE
	Тип	Акрилонитрил-бутадиен-каучук	Акрилат-каучук	Силикон-каучук	Фтор-каучук, напр. витон	Политетрафторэтилен
	Термическая устойчивость	до 100 °C	до 125 °C	до 125 °C	до 150 °C	до 150 °C
Klüberoil GEM 1 N	Минеральное масло	•	•	□	■	■
Klübersynth GEM 4 N	ПАО	•	•	□	•	•
Klübersynth GH 6 Klübersynth UH1 6	Полигликоль	•	x	□	■	•

• совместимо

■ условно совместимо

■ минеральные масла могут контактировать с уплотнениями только до температуры 125 °C

□ совместимо со всеми типами редукторных масел, но имеется влияние на способность к сепарации воздуха

x не совместимо

## Защита от износа

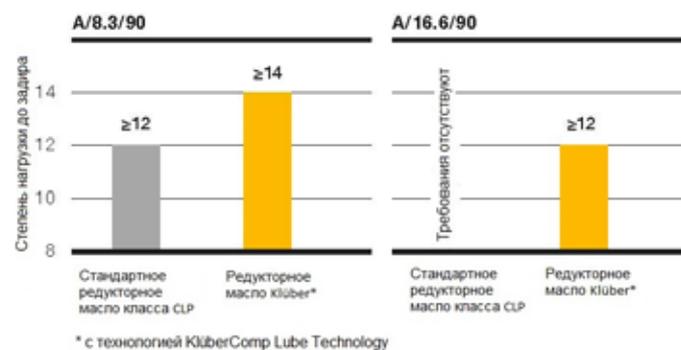
Одной из серьёзных задач в производстве редукторов сегодня является защита зубьев шестерен от коррозии и точечного выкрашивания, снижение уровня износа при высоких скользящих нагрузках, а также защита подшипников качения от износа и усталости металла.

## Защита зубчатого зацепления

Высоконагруженные редукторы подвержены опасности коррозии поверхности зубьев и точечного выкрашивания. Это означает, что возникающие вследствие нагрузок в зубчатом зацеплении высокие давления и температуры могут приводить к повреждению зубьев шестерен, и, как следствие, к преждевременному выходу редуктора из строя. В особенности, если имеет место неоптимизированная геометрия зубчатого зацепления, ударные нагрузки, вибрация, большая доля трения скольжения, а также высокое удельное давление, все эти негативные факторы значительно повышают риск возникновения повреждений вследствие коррозии или точечного выкрашивания.

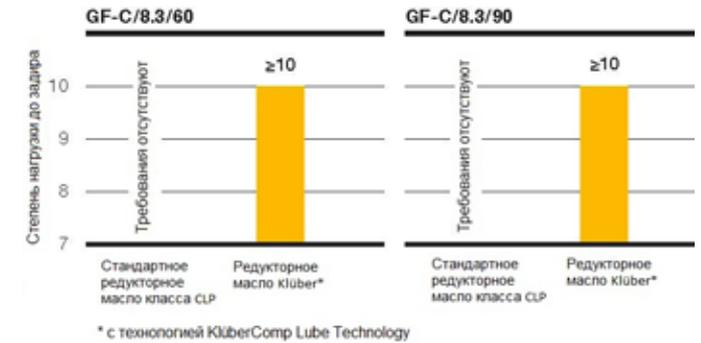
**Задиры:** на FZG-стенде в соответствии с нормами ISO 14635-1 проверяется способность масел защищать рабочие поверхности от возникновения задира. Степень нагрузки до задира 12, показываемая на этом тесте, является минимальным требованием для масел класса CLP по нормам DIN 51517-3 и масел с противозадирными присадками согласно норм AGMA 9005/E02. Редукторные масла Klüber с технологией KlüberComp Lube Technology превышают эти требования со значительно более высокими показателями степени нагрузки до задира и скоростями вращения. Таким образом, они обеспечивают превосходную защиту даже при экстремальных ударных нагрузках.

## Тест на устойчивость к задирам на FZG-стенде (результаты)



**Точечное выкрашивание:** тест на точечное выкрашивание по нормам FVA 54/7 является стандартным испытанием редукторного масла для определения степени защиты зубчатого зацепления от точечного выкрашивания. Результатом теста является способность масла выдерживать нагрузку до задира, которая классифицируется как низкая, средняя или высокая. Способность выдерживать нагрузку до задира редукторных масел Klüber с технологией KlüberComp Lube Technology оценивается как высокая, со степенью нагрузки до задира  $\geq$  KS 10.

## Тест на точечное выкрашивание на FZG-стенде (результаты)

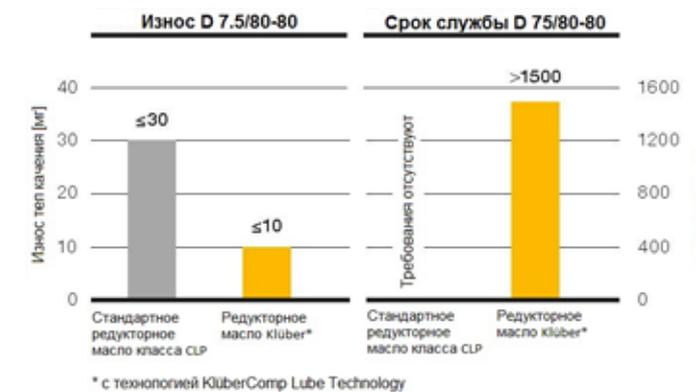


## Защита подшипников качения

Наряду с защитой зубьев шестерен требуют защиты от высокого износа и преждевременной усталости также и подшипники качения, так как выход из строя подшипников часто является причиной отказа всего редуктора. Влияние редукторных масел на износ подшипников проверяется в тесте FAG FE 8 в соответствии с нормами DIN 51819-3.

Редукторные масла Klüber превышают минимальные требования данного теста для смазочных масел класса CLP. Кроме этого, в тесте FE 8 по оценке возможности масла работать в течение всего срока службы подшипников они достигают двукратного расчётного значения. Таким образом, предусмотренный конструкторами срок службы подшипников будет гарантированно достигаться.

## Тест FE 8 защиты подшипников (результаты)



## Вывод:

Приводимые в нормах DIN 51517-3 или аналогичных им AGMA 9005 для редукторных масел указания по подтверждению гарантийных показателей часто не достаточны для обеспечения надёжной эксплуатации редукторов. Высокопроизводительные редукторные масла Klüber превышают эти показатели и поэтому даже в критических режимах работы редукторов обеспечивают надёжную защиту зубчатых передач и подшипников от возможных повреждений.

# Выбор правильного редукторного масла

## Минеральные или синтетические редукторные масла

Для смазки закрытых зубчатых передач и сегодня достаточно часто используются минеральные редукторные масла. Переход на смазывание редукторов синтетическими маслами производится в основном в том случае, если минеральные масла достигают пределов своих возможностей, например по диапазону рабочих температур. Для смазки зубчатых передач наибольшее применение получили следующие типы синтетических масел:

- полиальфаолефины (ПАО)
- полигликоли (ПГ)
- сложные эфиры (Э)

## Полиальфаолефины (ПАО)

По своей химической структуре полиальфаолефины близки к минеральным маслам. Поэтому они также общеизвестны как масла на основе синтетических углеводородов. Их совместимость с материалами уплотнений и красок соответствует совместимости минеральных масел, их утилизируют, либо регенерируют схожим образом, и они смешиваются с минеральными маслами. На основе специально отобранных базовых масел и соответствующих присадок редукторные масла могут использоваться в пищевой и фармацевтической промышленности, соответствуя требованиям пищевого законодательства (масла с пищевым допуском H1\*). Редукторные масла на основе ПАО характеризуются хорошей устойчивостью к старению, благодаря чему значительно увеличиваются интервалы замены масла. Кроме этого, они показывают очень хорошие характеристики при низких температурах.

## Полигликоли (ПГ)

При использовании полигликолей можно достичь очень низких коэффициентов трения. Поэтому они хорошо зарекомендовали себя для смазки узлов трения с высокой долей трения скольжения, например червячных и гипоидных передач. При добавлении в состав соответствующих присадок эти масла демонстрируют очень высокие показатели по защите от износа, что особенно хорошо проявляется при смазке червячных редукторов с парами трения сталь/бронза.

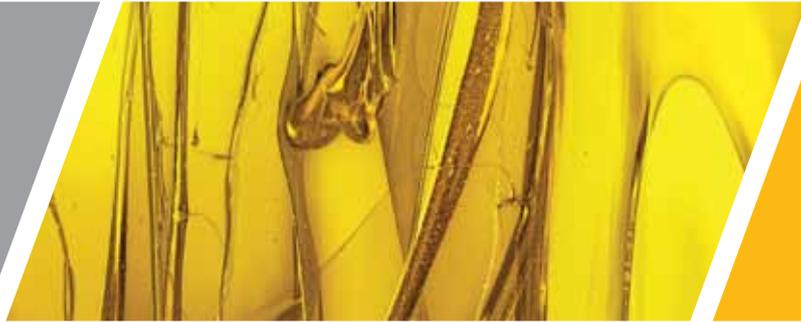
Наряду с маслами ПАО полигликолевые масла при добавлении в их состав определённых присадок также могут использоваться в пищевой и фармацевтической промышленности (масла с пищевым допуском H1\*).

Полигликолевые масла в основном не смешиваются с минеральными маслами, поэтому необходимо избегать такого смешивания. Вследствие хорошей устойчивости к старению полигликолевые масла также могут использоваться при экстремально высоких рабочих температурах.

\*) Эти смазочные материалы зарегистрированы по стандарту NSF H1 и поэтому соответствуют требованиям положения 21 CFR § 178.3570. Эти смазочные материалы разработаны для условий непредвиденного контакта с продуктами и упаковкой в пищевой, косметической и фармацевтической промышленности, а также производстве кормов для животных. Таким образом, использование этих смазочных материалов вносит свой вклад в повышение надежности Ваших производственных процессов. Тем не менее, мы рекомендуем дополнительно проводить анализ рисков, например в соответствии с рекомендациями HACCP.

Сравнение верхнего уровня рабочей температуры минерального масла и синтетических редукторных масел

Продукт	Тип масла	ISO VG ISO 3448	Индекс вязкости ISO 2909	Верхний уровень рабочих температур (прибл.)
Klüberoil GEM 1 N	Минеральное масло	220	≥ 90	100 °C
Klübersynth GEM 4 N	ПАО	220	≥ 150	140 °C
Klübersynth GH 6 Klübersynth UH1 6	Полигликолевое масло	220	≥ 220	160 °C



## Сложные эфиры (Э)

Синтетические полиэфирные масла являются соединениями кислот и спиртов. Есть множество структур, которые влияют на физико-химические свойства, а, следовательно, и смазочные характеристики. В зависимости от типа полиэфирные масла характеризуются либо высокой термической устойчивостью, либо хорошей работоспособностью при низких температурах.

В промышленных редукторах используются преимущественно биологически быстро разлагаемые полиэфирные масла, которые по своему смазочному эффекту достигают уровня полиальфаолефинов и полигликолей.

Полиэфирные масла смешиваются с минеральными маслами и полиальфаолефинами. С полигликолями они могут смешиваться только при определённых условиях.

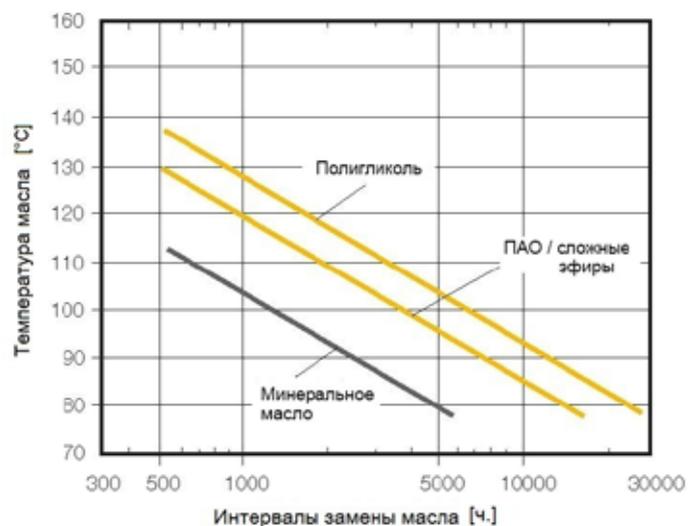
## Преимущества синтетических редукторных масел

Наряду с широким диапазоном температур синтетические редукторные масла в конструктивном плане предлагают множество преимуществ по сравнению с минеральными маслами:

- увеличение интервалов замены масла в 3-5 раз при одинаковых рабочих температурах
- более высокий уровень защиты от износа
- лучшие условия для холодного старта при одинаковой номинальной вязкости (ISO VG)
- возможная экономия на системе охлаждения вследствие снижения уровня рабочих температур в режиме максимальной нагрузки
- уменьшение потерь в зацеплении благодаря снижению трения ведет к экономии электроэнергии

## Срок службы масла

Увеличенный срок службы редукторного масла и связанные с этим более длительные интервалы замены масла способствуют снижению времени простоя и экономии ценных ресурсов. Кроме этого, при определённых условиях достигается смазывание на весь срок службы оборудования.



# Выбор правильного редукторного масла

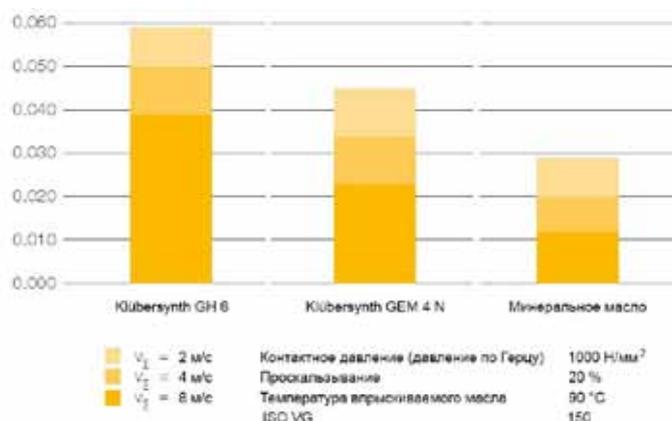
## Увеличение КПД благодаря снижению потерь в редукторе

Синтетические редукторные масла на основе ПАО, полиэфирных и полигликолевых масел вследствие их особенной молекулярной структуры показывают значительно меньшие коэффициенты трения в зоне зубчатого зацепления по сравнению с минеральными маслами.

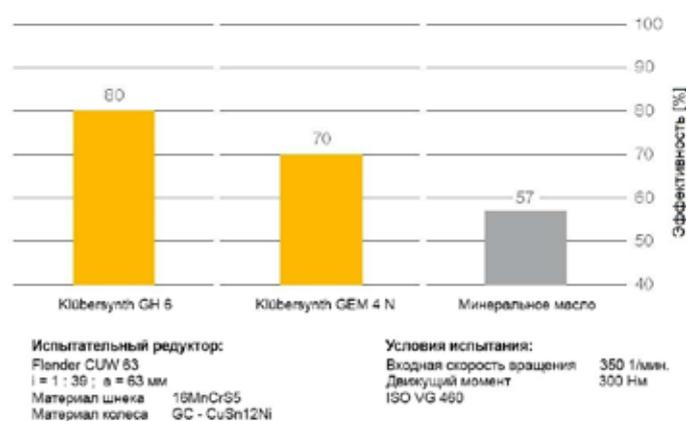
Фрикционные свойства синтетических редукторных масел могут быть более чем на 30% выше по сравнению с обычно применяемыми минеральными редукторными маслами с противозадирными присадками. Благодаря более низким коэффициентам трения синтетических редукторных масел теряемая мощность зубчатой передачи может быть значительно снижена, что приводит к повышению КПД редуктора.

Это особенно верно в отношении редукторов с высокой долей трения скольжения, характерных для червячных и гипоидных передач: при переходе с минерального редукторного масла на синтетическое увеличение КПД редуктора может достигать уровня свыше 20%.

## Коэффициенты трения различных редукторных масел, измеренные на двухдисковом испытательном стенде



## КПД, проверяемый на испытательном стенде червячного редуктора фирмы Klüber Lubrication



Повышение КПД для цилиндрических и конических зубчатых передач, которые уже имеют высокий КПД, также возможно до 1% при переводе смазки на синтетическое редукторное масло. В первом приближении это могло бы показаться несущественным, однако в зависимости от номинальной мощности одного редуктора или учитывая общее количество используемых редукторов это увеличение КПД может привести к значительной экономии

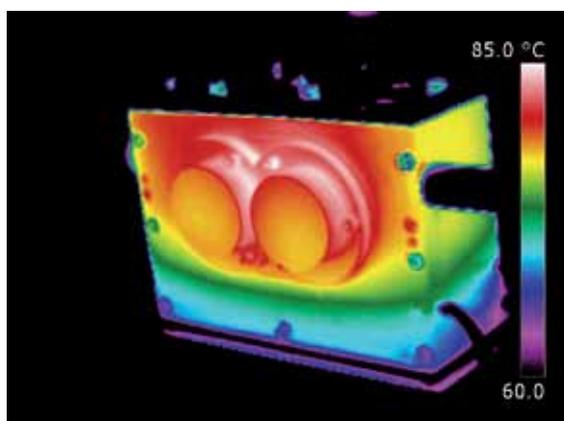
электроэнергии.

Достижимое увеличение КПД при переходе на смазку редукторов синтетическими редукторными маслами, особенно характерное для зубчатых передач с высокой долей зависящих от нагрузки потерь мощности при номинальной нагрузке, можно увидеть в следующей таблице.

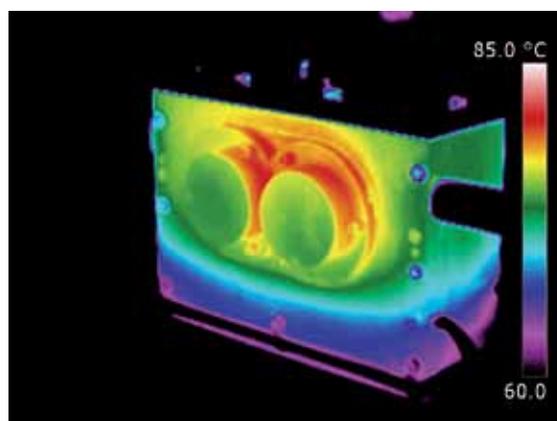
Тип редуктора ►	Червячные редукторы, гипoidные редукторы	Цилиндрические и конические редукторы без осевого смещения
<b>Эффект ▼</b>		
Общий снижаемый объем потерь	30% и больше	20% и больше
Увеличение КПД	20% и больше	до 1%
Снижение уровня рабочей температуры (температура в установившемся режиме)	20 °C и больше	5 °C и больше
Потенциальное снижение потерь при работе редуктора и увеличение КПД установки при использовании синтетического масла вместо минерального масла		

Синтетические редукторные масла Klüber способствуют значительному увеличению КПД по сравнению со стандартными редукторными маслами на минеральной основе. Кроме этого достигается более низкий уровень температуры масла, что можно наглядно увидеть на следующих термоизображениях.

**Стандартное редукторное масло**  
(Минеральное масло, ISO VG 220)



**Klübersynth GEM 4-220 N**  
**Klüberoil 4 UH1-220 N**



В цилиндрическом редукторе также возможно снижение температуры масла с 85 °C при смазке минеральным маслом до 80 °C при переходе на синтетическое редукторное масло Klüber на основе ПАО. Благодаря этому достигается снижение затрат на электроэнергию, увеличение срока службы оборудования, а также снижение затрат на техническое обслуживание.

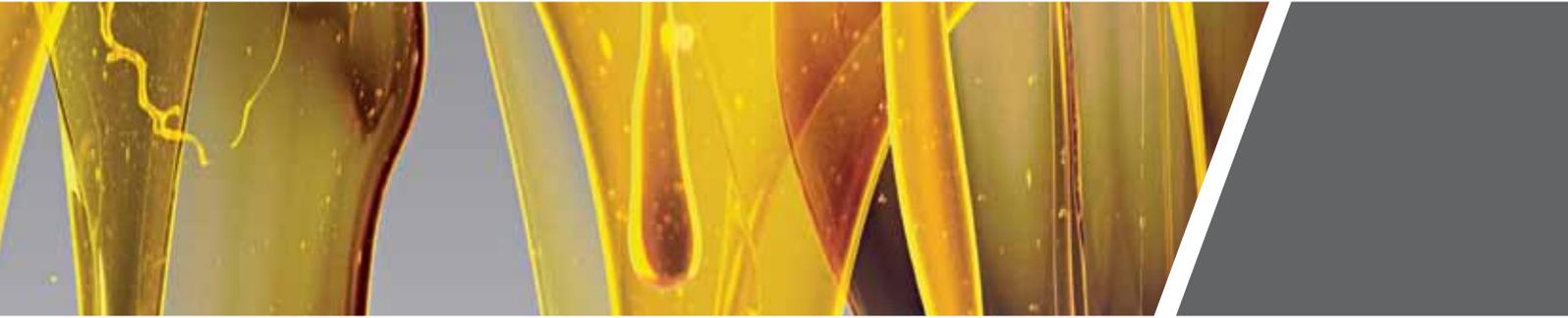
# Обзор редукторных масел Klüber

Редукторные масла Klüber	Базовое масло	Вязкость по ISO VG	Тип редуктора			Диапазон рабочих температур	
			Цилиндрические, конические, планетарные редукторы	Гипоидные редукторы	Червячные редукторы	Нижний уровень рабочих температур (прибл.)	Верхний уровень рабочих температур (прибл.)
Klüberoil GEM 1 N*	Минеральное	46...1000	+++	++	+	-15 °C	100 °C
Klübersynth GEM 4 N*	ПАО	32...680	+++	+	++	-50 °C	140 °C
Klübersynth GH 6*	ПГ	22...1500	++	+++	+++	-55 °C	160 °C
Klübersynth UH1 6**	ПГ	100...1000	++	+	+++	-35 °C	160 °C
Klüberoil 4 UH1 N**	ПАО	32...1500	++	+	+	-35 °C	120 °C
Klübersynth GEM 2	Сложноэфирное	220, 320	++	+	+	-30 °C	130 °C
Klübersynth G 4	ПАО	68...220	++	+	+	-40 °C	140 °C
Klübersynth EG 4	ПАО	150...1000	++	++	+	-35 °C	140 °C
Klübersynth GHE 6	ПГ	100, 460	+++	++	+	-35 °C	160 °C
Klübersynth GE 4 75 W 90	ПАО	—***	++	+++	+	-40 °C	150 °C
Klüberbio CA 2	Сложноэфирное	100, 460	++	+	+	-30 °C	110 °C
Klüberbio EG 2	Сложноэфирное	150	++	+	+	-25 °C	100 °C
Стандартное масло класса CLP	-	-	-	-	-	Требования отсутствуют	Требования отсутствуют

+++ Оптимальная производительность /выгоды

++ Повышенная производительность /выгоды

+ Стандартная производительность



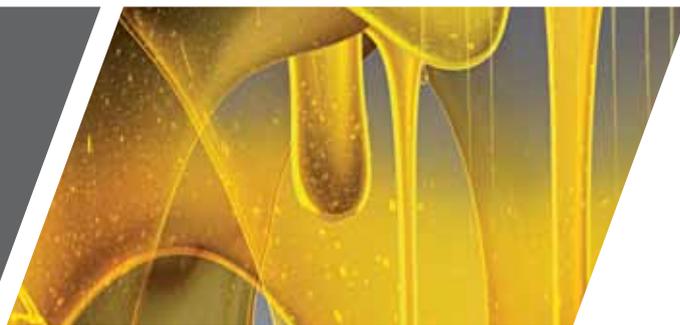
Параметры производительности				Обозначение по DIN 51517-3, AGMA 9005	Возможная экономия электроэнергии
Срок службы масла	Защита зубчатого зацепления (задиры, точечное выкрашивание, коррозионные язвы)	Защита подшипников качения (износ, коррозионные язвы)	Совместимость с эластомерами (радиальные уплотнения валов)		
+	+++	+++	+++	Масло класса CLP, с противозадирными присадками	+
++	+++	+++	+++	Масло класса CLP, с противозадирными присадками	++
+++	+++	+++	+++	Масло класса CLP, с противозадирными присадками	+++
+++	+++	+++	+++	Масло класса CLP, с противозадирными присадками	+++
++	++	+++	++	Масло класса CLP, с противозадирными присадками	++
++	+++	+++	+	-	++
++	+	+	+	-	++
++	+	+	+	Масло с противозадирными присадками	++
+++	++	++	++	Масло класса CLP, с противозадирными присадками	+++
++	++	++	+	-	++
++	+	++	+	Масло класса CLP, с противозадирными присадками	++
++	++	++	+(+)	Масло класса CLP, с противозадирными присадками	++
-	Минимальные требования	Минимальные требования	Минимальные требования	Масло класса CLP, с противозадирными присадками	Требования отсутствуют

\* С технологией KlüberComp Lube Technology

\*\* Сертифицировано по стандарту H1

\*\*\* SAE – класс вязкости 75 W 90

# Выбор вязкости



Требуемая вязкость редукторного масла зависит от геометрии редуктора и его нагрузки и может определяться в соответствии с нормами DIN 51509-1. При этом для редукторных ступеней рассчитывается параметр отношения нагрузки к скорости вращения  $k_S/v$ , который наряду с геометрическими размерами также учитывает влияние на выбор вязкости скорости вращения и уровня нагрузки. Расчёт фактора нагрузка-скорость различается с учётом типа редуктора.

## Цилиндрические и конические зубчатые передачи

$$\frac{k_S}{v} = \left[ \frac{F_t}{b \cdot d_1} \cdot \frac{u+1}{u} \cdot Z_H^2 \cdot Z_\epsilon^2 \cdot K_A \right] / v$$

$v$	Скорость вращения	[м/с]
$F_t$	Окружная сила	[Н]
$b$	Ширина зуба	[мм]
$d_1$	Делительный диаметр	[мм]
$u$	Отношение параметров ( $= z_2/z_1; z_2 > z_1$ )	[-]
$K_A$	Фактор использования	[-]
$Z_H$	Зональный фактор	[-]
$Z_\epsilon$	Фактор перекрытия	[-]

## Червячные передачи

$$\frac{k_S}{v} = \frac{T_2}{a^3 \cdot n_s} \cdot K_A$$

$T_2$	Крутящий момент привода	[Нм]
$a$	Межосевое расстояние	[м]
$n_s$	Скорость вращения шнека	[мин <sup>-1</sup> ]
$K_A$	Фактор использования	[-]

Дополнительные формулы:

$$F_t = 2000 \cdot T_1 / d_1$$

(где  $T_1$  – крутящий момент привода [Нм],  
 $d_1$  – делительный диаметр [мм])

$$v = \pi \cdot d_1 \cdot n_1 / 60000$$

(где  $d_1$  – делительный диаметр [мм],  
 $n_1$  – скорость вращения привода [мин<sup>-1</sup>])

$$\text{Допущение: } Z_H^2 \cdot Z_\epsilon^2 = 3$$

Примечание: ориентировочные данные для  $K_A$  могут быть взяты из норм DIN 3990-6.

## Определение фактора использования $K_A$

Режим работы привода	Режим работы приводных механизмов			
	Равномерный	Умеренное биение	Среднее биение	Сильное биение
Равномерный	1	1.25	1.5	1.75
Лёгкое биение	1.1	1.35	1.6	1.85
Умеренное биение	1.25	1.5	1.75	2
Сильное биение	1.5	1.75	2	2.25 или выше

Эти значения считаются действительными для номинального момента рабочей машины, или номинального момента приводного двигателя, если он соответствует моменту рабочей машины. Эти значения считаются действительными только для такого оборудования, которое не работает в резонансной области и только для режима равномерной потребляемой мощности. В условиях эксплуатации с повышенными нагрузками, при использовании двигателей с высоким начальным пусковым моментом, прерывистой работой, при экстремальных повторяющихся ударных нагрузках необходимо проверять редуктор на статическую устойчивость и усталостную прочность. Смотрите примеры в нормах DIN 3990 ч.6, стр. 9

## Примеры работы приводов в различных режимах работы

Режим работы	Тип привода
Равномерный	Электродвигатель (напр. электродвигатель постоянного тока), паровые и газовые турбины в равномерном режиме эксплуатации*) (при низких, редко возникающих начальных пусковых моментах)**)
Лёгкое биение	Паровые турбины, газовые турбины, гидравлические и электрические двигатели (достаточно большие, часто возникающие начальные пусковые моменты)**)
Умеренное биение	Многоцилиндровые двигатели внутреннего сгорания
Сильное биение	Одноцилиндровые двигатели внутреннего сгорания

\*) подтверждается исследованиями вибрации или имеющимся опытом работы с аналогичными установками

\*\*\*) сравнимые кривые срока службы ZNT; YNT материала по нормам DIN 3990 ч.2 и ч.3. Учёт влияния кратковременно действующих моментов при перегрузке

## Примеры режимов работы приводных механизмов

Режим работы	Типы приводных механизмов
Равномерный	Электродвигатели; равномерно нагруженные ленточные или пластинчатые конвейеры; шнековые транспортёры, лёгкие подъёмники; упаковочные машины; подающие механизмы металлообрабатывающих станков; вентиляторы; лёгкие центрифуги; центробежные насосы; мешалки и смесители для лёгких жидкостей или составов с одинаковой плотностью; ножницы; прессы; штамповочные прессы <sup>1)</sup> ; поворотные механизмы; ходовые механизмы <sup>2)</sup>
Умеренное биение	Неравномерно нагруженные ленточные или пластинчатые конвейеры (напр. штучный груз); главный привод металлообрабатывающих станков; грузовые подъёмники; поворотные механизмы кранов; промышленные и рудничные вентиляторы; тяжёлые центрифуги; центробежные насосы; мешалки и смесители для вязких жидкостей или веществ с неравномерной плотностью; поршневые насосы с несколькими цилиндрами; дозировочные насосы; экструдеры; каландры; вращающиеся печи; прокатные станы <sup>3)</sup> (непрерывные прокатные станы цинковой и алюминиевой ленты, проволоки и сортовой стали)
Среднее биение	Экструдеры для резины; смесители прерывистого режима для резины и пластмассы; шаровые мельницы (лёгкие); деревообрабатывающие станки (лесопильные рамы; токарные станки); обжимные станы <sup>3), 4)</sup> ; подъёмники; одноцилиндровые поршневые насосы
Сильное биение	Экскаваторы; (лопастные приводы); приводы ковшовых цепей; приводы грохотов; одноковшовые экскаваторы; шаровые мельницы (тяжёлые); резиносмесители; дробилки (камень, руда); доменные машины; тяжёлые дозировочные насосы; роторные буровые установки; кирпичные прессы; окорочные барабаны; луцильные станки; станы холодной прокатки полос <sup>3), 5)</sup> ; прессы для брикетирования; процеживающие фильтры

1) Номинальный момент = максимальный режущий, прессовый и штамповочный момент

2) Номинальный момент = максимальный пусковой момент

3) Номинальный момент = максимальный вальцовочный момент

4) Крутящий момент при ограничении тока

5)  $K_A$  до 2,0 вследствие интенсивных обрывов ленты

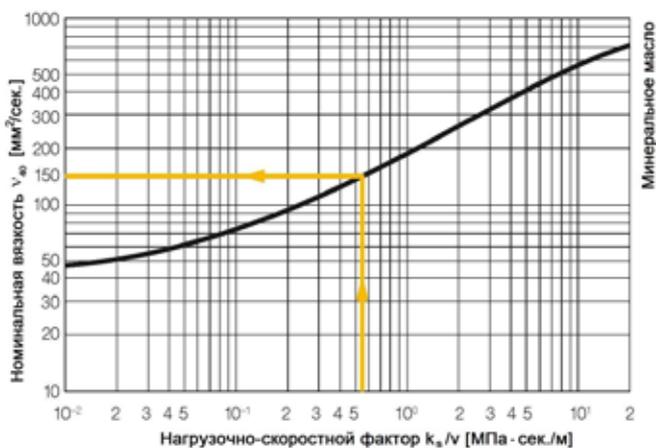
# Выбор вязкости

## Минеральные масла

После определения критического для работы редуктора фактора нагрузка-скорость  $k_s/v$  переходят к графическому расчёту необходимой номинальной вязкости минерального масла по нормам DIN 51509-1. Существуют графики определения номинальной вязкости для различных типов редукторов.

Касательно двухступенчатых редукторов определяющей является более критическая в отношении нагрузки редуктора ступень, то есть ступень редуктора с более высоким фактором нагрузка-скорость  $k_s/v$ . Если речь идёт о трёхступенчатых редукторах, то проводят интерполяцию между двумя наиболее критическими в отношении нагрузки редуктора ступенями.

### Выбор вязкости масла для цилиндрических и конических редукторов



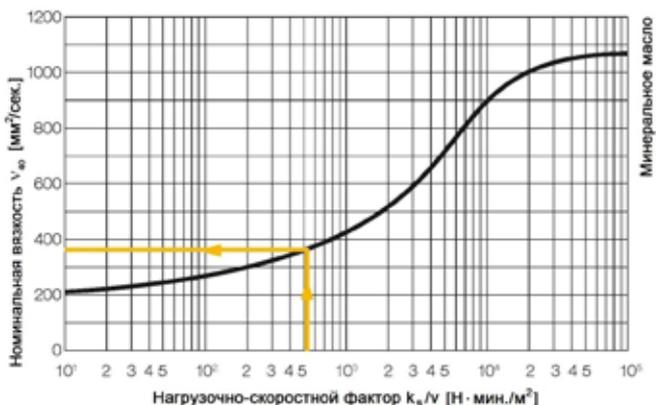
### Примечание:

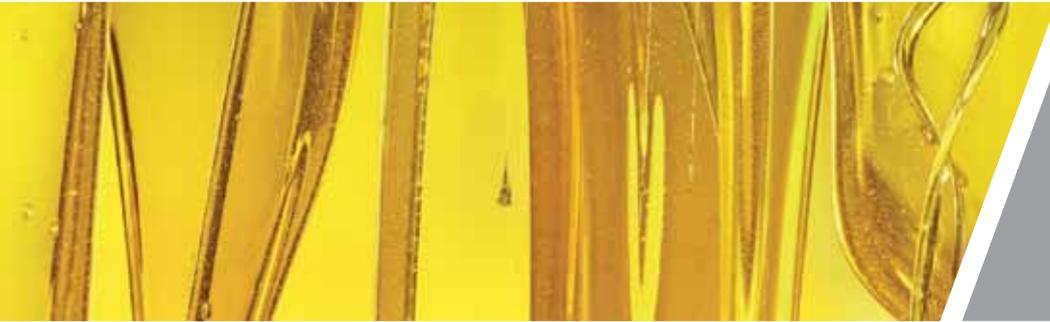
Приведённые в графиках выбора вязкости минерального масла кривые считаются действительными для температуры окружающей среды 20 °С и рабочей температуры масла 70 °С.

Если температура окружающей среды постоянно превышает уровень 25 °С, то соответствующее увеличение номинальной вязкости масла составляет прибл. 10% на каждые 10 °С увеличения температуры, отсчитывая от уровня 20 °С.

Если температура окружающей среды постоянно ниже уровня 10 °С, то соответствующее уменьшение номинальной вязкости масла составляет прибл. 10% на каждые 3 °С снижения температуры, отсчитывая от уровня 20 °С.

### Выбор вязкости масла для червячных редукторов





## Синтетические редукторные масла

Для синтетических редукторных масел Klüber необходимая номинальная вязкость масла может рассчитываться при помощи граничной вязкости Klüber (KVZ) и ожидаемой рабочей температуры масла. При этом фактор нагрузка-скорость  $k_s/v$  также рассчитывается для каждой ступени редуктора и определяется граничная вязкость (KVZ). Определение этих параметров зависит также от типа редуктора.

После определения граничной вязкости (KVZ) можно определять необходимую номинальную вязкость синтетических редукторных масел Klüber, которые представлены во многих классах вязкости ISO VG. Номинальная вязкость определяется графически на диаграммах на стр. 22 в зависимости от ожидаемой рабочей температуры масла.

**Примечание:** Под рабочей температурой масла понимается температура масляной ванны или же температура впрыскиваемого масла.

Цилиндрические и конические редукторы	
$k_s/v$	$\left[ \frac{\text{МПа} \cdot \text{сек.}}{\text{м}} \right]$
$\leq 0.02$	1
$> 0.02 - 0.08$	2
$> 0.08 - 0.3$	3
$> 0.3 - 0.8$	4
$> 0.8 - 1.8$	5
$> 1.8 - 3.5$	6
$> 3.5 - 7.0$	7
$> 7.0$	8

Пример 1

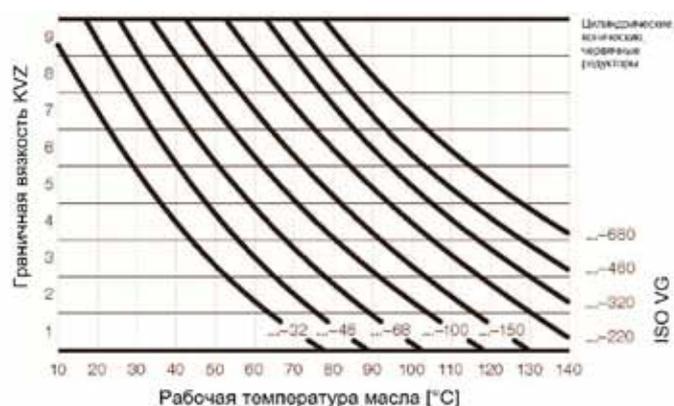
Червячные редукторы	
$k_s/v$	$\left[ \frac{\text{МПа} \cdot \text{сек.}}{\text{м}} \right]$
$\leq 60$	5
$\leq 60$	6
$> 400 - 1800$	7
$> 1800 - 6000$	8
$> 6000$	9

Пример 2

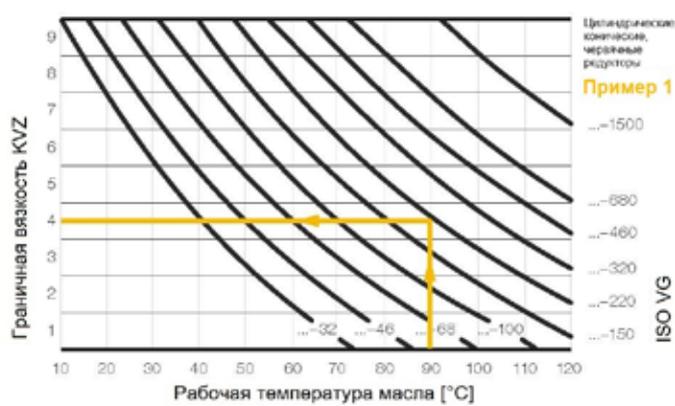
# Выбор вязкости



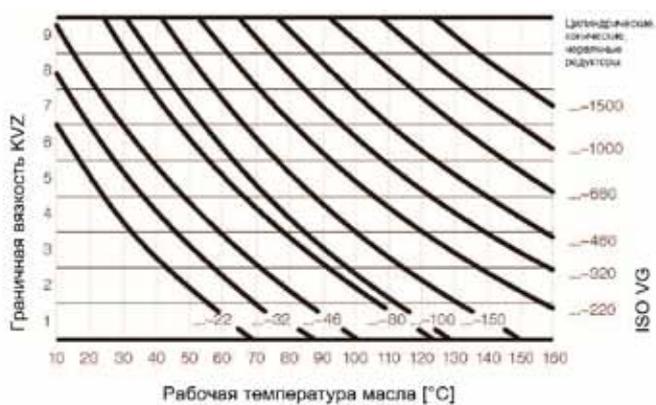
Выбор вязкости (ISO VG) для Klübersynth GEM 4 N



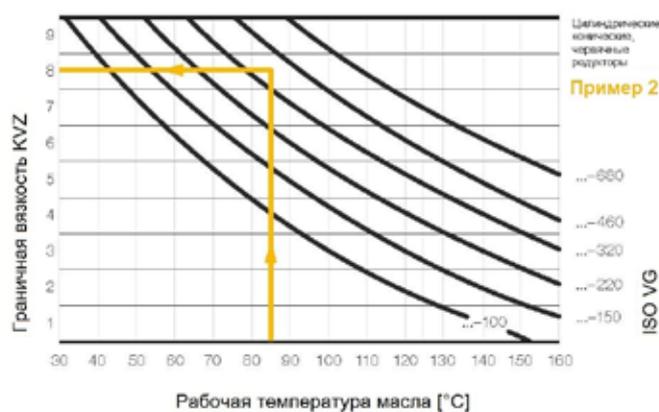
Выбор вязкости для Klüberoil 4 UH1 N



Выбор вязкости для Klübersynth GH 6



Выбор вязкости для Klübersynth UH1 6



**Примечание:** В пограничных ситуациях нужно всегда выбирать следующий больший класс вязкости. При низких температурах нужно учитывать границы текучести редукторного масла!

**Примечание:** После определения необходимой вязкости масла также необходимо рассматривать вопросы защиты от задиров зубчатого зацепления. Кроме этого, необходимо согласовывать с требованиями по вязкости дополнительные узлы трения в редукторе, такие как подшипники качения, подшипники скольжения, муфты, масляные насосы и другие.



### Пример 1:

Одноступенчатый цилиндрический редуктор для привода вентилятора в индустрии розлива напитков

Привод:	Электродвигатель
Номинальное окружное усилие:	$F_t = 3000 \text{ Н}$
Ширина зубьев:	$b = 25 \text{ мм}$
Делительный диаметр:	$d_1 = 230 \text{ мм}$
Соотношение количества зубьев:	$u = 2.5$
$Z_H^2 \cdot Z_\epsilon^2$ :	$\approx 3$
Фактор использования:	$K_A = 1$
Окружная скорость:	$v = 4 \text{ м/сек.}$
Контактное напряжение сжатия по Штрибеку:	$k_s = 2.2 \text{ МПа}$
Фактор нагрузка-скорость:	$k_s/v = 0.55 \frac{\text{МПа} \cdot \text{сек.}}{\text{м}}$
Из таблицы на стр. 21 выбираем граничную вязкость:	$KVZ = 4$
Ожидаемая температура масляной ванны:	$\approx 90 \text{ }^\circ\text{C}$

**Выбранное редукторное масло с пищевым допуском H1:**  
**Küberoil 4 UH1-220 N с вязкостью ISO VG 220**

### Пример 2:

Ступень червячного редуктора двигателя со встроенным редуктором для привода карусельного транспортёра в индустрии розлива напитков

Привод:	Электродвигатель
Движущий момент:	$T_2 = 300 \text{ Нм}$
Скорость вращения шнека:	$n_1 = 350 \text{ мин.}^{-1}$
Межосевое расстояние:	$a = 0.063 \text{ м}$
Фактор использования:	$K_A = 1$
Фактор нагрузка-скорость:	$k_s/v = 3428 \frac{\text{Н} \cdot \text{мин.}}{\text{м}^2}$
Из таблицы на стр. 21 выбираем граничную вязкость:	$KVZ = 8$
Ожидаемая температура масляной ванны:	$\approx 85 \text{ }^\circ\text{C}$

**Выбранное редукторное масло с пищевым допуском H1:**  
**Kübersynth UH1 6-460 с вязкостью ISO VG 460**

## Уровень масла, глубина погружения и количество масла

Большинство закрытых промышленных редукторов смазываются маслом. Самый простой способ смазки компонентов редуктора – это смазывание погружением. Этот метод сочетает в себе преимущества экономичности и простоты обслуживания с преимуществами надёжного, непрерывного смазывания с высоким охлаждающим эффектом. Благодаря впрыскиваемому маслу частично смазываются также и не погружаемые в масляную ванну шестерни и подшипники скольжения.

Для усиления эффекта шприцевания при необходимости на вал устанавливают соответствующие уплотнения (шприцшайбы). Метод смазки погружением используется без особенных дополнительных конструктивных решений, если окружные скорости не превышают уровня прибр. 20 м/с. При монтаже маслопроводов, направляющих щитков и масляных карманов смазка погружением может использоваться и при более высоких окружных скоростях.

Для надёжного смазывания и обеспечения бесперебойного технологического процесса при смазке погружением необходимо поддерживать предусмотренный предписаниями уровень масла. Если уровень масла находится ниже предусмотренного уровня, это может привести к недостаточному смазыванию, недостаточному теплоотводу и повышенному уровню износа. Если уровень масла слишком высокий, это ведёт к повышению уровня потерь на разбрызгивание масла и, как следствие, к повышению температуры масла и общих потерь редуктора. Чтобы поддерживать потери на разбрызгивание масла на минимальном уровне, глубина погружения при возрастающей окружной скорости в общем должна уменьшаться.



### Рекомендуемая глубина погружения при смазке погружением

Тип редуктора	Условия эксплуатации	Глубина погружения
Цилиндрический редуктор	Окружная скорость до 5 м/сек.	От 3 до 5 размеров модуля
	Окружная скорость 5 – 20 м/сек.	От 1 до 3 размеров модуля
Конический редуктор	–	Погружение зубьев на всю ширину профиля шестерни
Червячный редуктор	Шнек сверху	Шестерня погружается на 1/3 своего диаметра
	Шнек снизу	Шестерня погружается прибл. до середины зацепления
	Шнек сбоку	Шестерня погружается не меньше чем на половину высоты шнека

Другими видами смазки редукторов маслом являются циркуляционная смазка разбрызгиванием и циркуляционная смазка под давлением. Для окружных скоростей, при которых смазывание погружением более не является эффективным, а также для

большинства редукторов с подшипниками скольжения применяется циркуляционная смазка под давлением с впрыском масла в зону зубчатого зацепления.

### Рекомендуемые способы смазки

Редуктор	Окружная скорость	Способ смазки
Цилиндрические и конические редукторы	До 20 м/сек.	Смазывание погружением
	От 20 до 250 м/сек.	Смазывание впрыском масла
Червячные редукторы (шнек погружается в масляную ванну)	До 12 м/сек.	Смазывание погружением
	От 12 м/сек.	Смазывание впрыском масла
Червячные редукторы (шестерня погружается в масляную ванну)	До 8 м/сек.	Смазывание погружением
	От 8 м/сек.	Смазывание впрыском масла

Циркуляционная смазка под давлением применяется вплоть до самых высоких окружных скоростей. Подача масла на боковые поверхности зубьев осуществляется щелевыми форсунками или масляными разбрызгивателями. Количество впрыскиваемого масла определяется количеством отводимого из зубчатого зацепления тепла. Опытной величиной считается:

От 0,5 до 1,0 л/мин на см. ширины зуба

**Примечание:** Наряду с необходимым количеством циркулирующего масла для смазки зубчатого зацепления нужно также учитывать необходимое количество масла для смазки подшипников.

## Замена масла: как это делается

### Обычная замена масла без перехода на другой тип масла

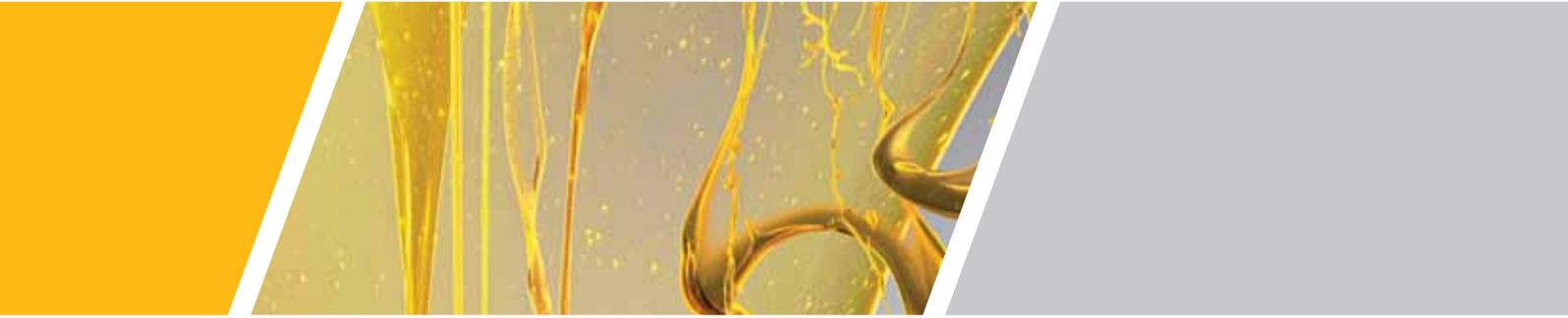
При смазке редукторов маслом его необходимо менять по прошествии определённых интервалов времени, т.к. при эксплуатации и воздействии внешних факторов вследствие старения, износа и загрязнения посторонними веществами характеристики масла недопустимо меняются. Целью замены масла, следовательно, является возобновление процесса смазывания на высоком техническом уровне. Масло необходимо менять также и в том случае, если ещё используемое редукторное масло не соответствует условиям эксплуатации.

При такой замене масла в редукторе остаётся технически неизбежное количество масла. Часто требуется проводить мероприятия по удалению этих остатков масла. Наиболее простым способом удаления остатков масла является промывка редуктора. Отработанное масло по возможности при рабочей температуре непосредственно после остановки оборудования сливается из редуктора. При помощи последующего процесса промывки удаляются остатки масла. С помощью нетканых материалов – без применения ветоши – и резиновых заслонок могут дополнительно очищаться масляные резервуары и внутренние стенки редукторов.

Достаточно большую проблему представляют затвердевшие загрязнения внутри оборудования. Причиной этих загрязнений могут быть отложения чрезмерно устаревшего масла. В таких случаях может помочь только применение чистящих масел и ручная очистка доступных областей редуктора. Для очистки маслом предлагается использование Klüber Summit Varnasolv в качестве добавки к минеральному маслу и ПАО, добавка 10% которого приводит к быстрому растворению отложений. Сначала сливается припл. 10% находящегося в редукторе объёма масла, затем добавляют соответствующее количество Klüber Summit Varnasolv. По прошествии времени от 24 часов до 48 часов можно сливать масло. Оставшиеся загрязнения можно удалять механическим способом.

### Контрольный лист при замене масла – Проверка редуктора

<b>Редуктор чистый</b>
Слив тёплого масла
Проверка зубчатого зацепления
Замена отработанных фильтров
Заливка свежего масла
Запуск редуктора и повторный останов
Проверка уровня масла
При необходимости взятие пробы масла



### Редуктор загрязнён

Слив тёплого масла

Заливка промывочного масла

Работа редуктора без нагрузки или только с системой впрыска масла прибл. 30 – 60 мин.

Слив промывочного масла

Осмотр зубчатого зацепления

Замена отработанных фильтров

Заливка свежего масла

Включение редуктора в работу с последующим выключением

Контроль уровня масла

При необходимости взятие пробы масла

### Редуктор сильно загрязнён

Слив прибл. 10% тёплого масла

Доливка промывочного масла Varnasolv

Включение редуктора в работу на 24 – 48 ч.

Слив тёплого масла

Заливка промывочного масла\*

Работа редуктора без нагрузки или только с системой впрыска масла прибл. 30 – 60 мин.\*

Слив промывочного масла\*

Осмотр зубчатого зацепления

Замена отработанных фильтров

Заливка свежего масла

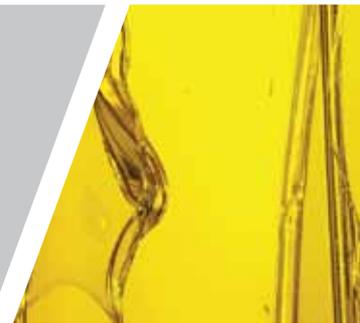
Включение редуктора в работу с последующим выключением

Контроль уровня масла

При необходимости взятие пробы масла

\* при необходимости

# Замена масла: как это делается



## Замена минерального масла на синтетическое редукторное масло

Какое синтетическое редукторное масло лучше всего подойдёт в качестве альтернативы, должен решать не только сам оператор оборудования, он должен всегда согласовывать этот вопрос с производителем оборудования.

Перевод смазки редуктора с минерального масла на синтетическое редукторное масло должен производиться очень тщательно с учётом всех предписанных процедур. Недостаточно просто слить отработанное масло и залить свежее синтетическое масло. В особенности при эксплуатации редукторов с большим сроком службы нужно учитывать, что в корпусе редуктора, в маслопроводах и других узлах существуют масляные отложения, которые будут растворяться любыми синтетическими маслами. Если масляные отложения не будут полностью удалены, это может привести при дальнейшей эксплуатации редуктора к возникновению повреждений. Маслопроводы и фильтры забьются, а уплотнения, насосы и зубчатые зацепления будут повреждены. Если прибл. 10% объёма отработанного минерального масла заменить на Klüber Summit Varnasolv, то при этом можно растворить масляные отложения и тем самым облегчить очистку редуктора. Чтобы избежать возникновения повреждений, после слива отработанного масла, который производят по возможности при рабочей температуре масла, необходимо промыть редуктор или закрытую смазочную систему новым синтетическим маслом, на которое планируется перейти при замене минерального масла.

При переходе на масла с допуском H1 или биоразлагаемые масла, такие как Klüberoil 4 UH1 N или Klüberbio, промывочный процесс необходимо проводить 1-2 раза. Только тогда можно гарантировать, что все отложения минерального масла, которые негативно влияют на специфические свойства этих масел, такие как безопасность для производства пищевых продуктов или быстрая биологическая разлагаемость масла, будут полностью удалены.

Используемое для промывки синтетическое редукторное масло может использоваться не только для смазки редуктора, но и храниться на складе и использоваться в дальнейшем для последующих промывок. Перед заполнением редуктора свежим синтетическим маслом необходимо заменить масляные фильтры или сменные фильтрующие элементы.

## Замена минерального масла на ПАО

- Klübersynth GEM 4 N
- Klüberoil 4 UH1 N
- Klübersynth GE 4 75 W 90
- Klübersynth G 4

Полиальфаолефины по своему химическому составу похожи на минеральные масла. Поэтому они могут смешиваться с остатками минерального масла, которые обычно остаются после слива масла. Тем не менее, чтобы производительность ПАО после замены им минерального масла оставалась на высоком уровне, количество остающегося после слива минерального масла не должно превышать 5%, включая циркуляционную систему и масляные резервуары.

Смешивание с редукторными маслами на другой синтетической основе не допускается. Редукторные масла на основе ПАО различных производителей могут смешиваться друг с другом. Чтобы характеристики первоначального редукторного масла не изменялись, другие сорта масла должны присутствовать в нём в меньших количествах.

При рабочих температурах масла свыше 80 °C должны применяться уплотнения только на основе фторкаучука или PTFE. При температурах ниже 80 °C уплотнения на основе NBR показывают нормальную устойчивость к воздействию масел ПАО.

Для окраски внутренних поверхностей редукторов рекомендуются лакокрасочные покрытия на основе эпоксидных смол и полимочевины.

## Замена минерального масла на полигликолевое масло

- Klübersynth GH 6
- Klübersynth UH1 6
- Klübersynth GHE 6

Масла на полигликолевой основе не смешиваются ни с минеральными, ни с какими-либо другими синтетическими редукторными маслами. Поэтому необходимо избегать подобного смешивания. Полигликолевые масла различных производителей могут смешиваться друг с другом. Чтобы характеристики первоначального редукторного масла не изменялись, другие сорта масла должны присутствовать в нём в меньших количествах.



При использовании полигликолевых масел необходимо учитывать, что должны быть известны применяемые материалы уплотнений, окрасочных покрытий и смотровых окон, чтобы исключить взаимное воздействие этих материалов со смазочным материалом. При рабочих температурах масла свыше 80 °С должны применяться уплотнения только на основе фторкаучука или PTFE. При температурах ниже 80 °С уплотнения на основе NBR показывают нормальную устойчивость к воздействию полигликолевых масел. Для окраски внутренних поверхностей редукторов рекомендуются лакокрасочные покрытия на основе эпоксидных смол и полимочевины. Полигликоли ведут себя нейтрально по отношению к материалам из чёрного металла и практически всех цветных металлов. В парах трения, когда один или оба элемента изготовлены из алюминиевых сплавов, напр. сепараторы подшипников качения или червячные колёса, в редких случаях, при воздействии динамических нагрузок с высокими скоростями скольжения и высокими усилиями, может проявляться повышенный износ. В этих случаях рекомендуется проводить проверку на совместимость материалов с маслом. Для проверки функционального состояния, приработки и длительной консервации редукторов, в которых предусмотрена смазка полигликолевым редукторным маслом, можно использовать Klübersynth GEZ 6-220.

### Замена минерального масла на полиэфирное масло

- Klübersynth GEM 2
- Klüberbio EG 2
- Klüberbio CA 2

При переходе на полиэфирные редукторные масла необходимо учитывать, что должны быть известны применяемые материалы уплотнений, окрасочных покрытий и смотровых окон, чтобы исключить взаимное воздействие этих материалов со смазочным материалом.

Полиэфирные масла могут смешиваться с минеральными маслами и ПАО. С полигликолевыми маслами они могут смешиваться только при определённых условиях. Смешивание полиэфирных масел различных производителей допустимо, только если смешиваются одинаковые типы сложных эфиров. Чтобы характеристики первоначального редукторного масла не изменялись, другие сорта масла должны присутствовать в нём в меньших количествах.







Издатель и авторское право:  
Klüber Lubrication München KG

Перепечатка, полностью или частично, разрешена только после предварительной консультации с Klüber Lubrication München KG, а также если указан источник и передана копия документа.

Сведения, содержащиеся в данной брошюре, основываются на нашем опыте и знаниях на момент издания и предоставляют технически опытному читателю информацию о возможном применении. Тем не менее, сведения о продукте не содержат гарантии в отношении характеристик или пригодности продукта для конкретного случая. Они не освобождают пользователя от необходимости заранее опытным путём проверить продукт на его соответствие назначению. Все данные являются ориентировочными значениями, которые зависят от состава смазочного материала, предписанного назначения и технологии применения. Смазочные материалы изменяют свои технические параметры в зависимости от механических, динамических, химических и термических нагрузок, времени и давления. Эти изменения технических параметров могут влиять на работу конструктивных элементов. Мы рекомендуем индивидуальную консультацию и по возможности предоставим образцы для испытаний. Продукция фирмы Klüber Lubrication постоянно совершенствуется. Поэтому фирма Klüber Lubrication оставляет за собой право в любое время и без предварительного уведомления изменить все технические характеристики, содержащиеся в данной брошюре.

Klüber Lubrication München KG  
Geisenhausenerstraße 7  
81379 Мюнхен  
Германия

Административный суд г. Мюнхен  
Торговый реестр 46624

[www.klueber.ru](http://www.klueber.ru)

## Klüber Lubrication – your global specialist

Нашим призванием является разработка инновационных трибологических решений. Благодаря персональным консультациям мы помогаем нашим клиентам быть успешными по всему миру, во всех областях промышленности, на всех рынках. Благодаря нашим проработанным инженерно-техническим решениям и опытным компетентным сотрудникам вот уже более 80 лет мы соответствуем всё более возрастающим требованиям на высокопроизводительные и эффективные смазочные материалы.



Компания группы Freudenberg