



## 4.2 Эксплуатационный коэффициент

### Определение эксплуатационного коэффициента

Воздействие рабочего механизма на редуктор учитывается с достаточной точностью, если при расчете использовать эксплуатационный коэффициент  $f_B$  (сервис-фактор). Эксплуатационный коэффициент определяется по ежедневному времени работы и количеству включений. При этом выделяют три характера нагрузки в зависимости от коэффициента инерции. Необходимый эксплуатационный коэффициент можно определить по диаграмме на Рис. 3. Полученный эксплуатационный коэффициент должен быть меньше или равен эксплуатационному коэффициенту, указанному в таблицах параметров для выбранного моторредуктора.

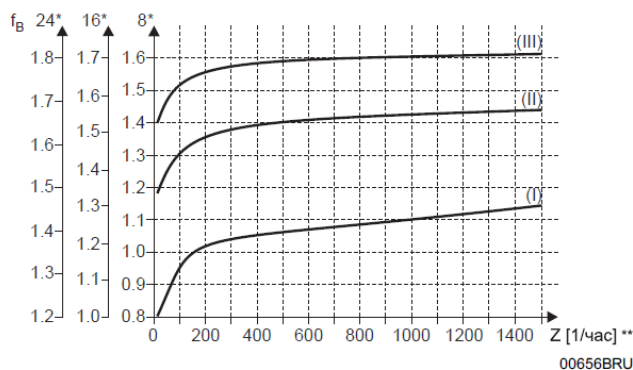


Рис. 3. Эксплуатационный коэффициент  $f_B$

\* Ежедневное время работы [часов в сутки]

\*\* В данном количестве включений  $Z$  учитываются все процессы запуска и торможения, а также переходы с низкой частоты вращения на высокую и наоборот.

Характер нагрузки

Различают три характера нагрузки:

- (I) Равномерная нагрузка, допустимый коэффициент инерции  $\leq 0,2$
- (II) Умеренная ударная нагрузка, допустимый коэффициент инерции  $\leq 3$
- (III) Значительная ударная нагрузка, допустимый коэффициент инерции  $\leq 10$

Коэффициент инерции

Коэффициент инерции рассчитывается следующим образом:

$$\text{Коэффициент инерции} = \frac{\text{Все внешние моменты инерции}}{\text{Момент инерции двигателя}}$$

"Все внешние моменты инерции" — это моменты инерции рабочего механизма и редуктора, приведенные к валу двигателя. Расчет для приведения к валу двигателя выполняется по следующей формуле:

$$J_X = J \times \left( \frac{n}{n_M} \right)^2$$

$J_X$  = момент инерции, приведенный к валу двигателя

$J$  = момент инерции, приведенный к выходному валу редуктора

$n$  = частота вращения выходного вала редуктора

$n_M$  = частота вращения вала двигателя

"Момент инерции двигателя" — это моменты инерции ротора двигателя, а также тормоза и инерционной крыльчатки (крыльчатка  $Z$ ), если таковые установлены. При большом коэффициенте инерции ( $> 10$ ), большом люфте в передающих элементах или при значительных внешних радиальных нагрузках эксплуатационный коэффициент  $f_B$  может быть  $> 1,8$ . В этом случае обратитесь в технический офис SEW-EURODRIVE.



**Эксплуатационный коэффициент: SEW- $f_B$**

Метод определения максимально допустимого длительного вращающего момента  $M_{amax}$  и его использование для получения эксплуатационного коэффициента  $f_B = M_{amax}/M_a$  не нормированы и у разных изготовителей существенно различаются. Уже при эксплуатационном коэффициенте SEW- $f_B = 1$  редукторы SEW обладают очень высокой безопасностью и надежностью по степени усталостной прочности (исключение: износ червячного колеса в червячных редукторах). При определенных условиях эксплуатационный коэффициент SEW нельзя сопоставлять с данными от других изготовителей. В случае сомнения обратитесь в технический офис SEW-EURODRIVE за более подробной информацией по Вашему конкретному приводу.

**Пример**

Коэффициент инерции 2,5 (характер нагрузки II), время работы 14 часов в сутки (на диаграмме см. 16 ч/сут) и 300 включений в час согласно Рис. 3 дают в результате эксплуатационный коэффициент  $f_B = 1,51$ . В соответствии с таблицей параметров выбранный мотор-редуктор должен иметь значение SEW- $f_B = 1,51$  или больше.

**Червячные редукторы**

В дополнение к эксплуатационному коэффициенту  $f_B$ , показанному на Рис. 3, при выборе червячных редукторов необходимо принимать в расчет еще два эксплуатационных коэффициента. Это:

- $f_{B1}$  = эксплуатационный коэффициент, учитывающий температуру окружающей среды
- $f_{B2}$  = эксплуатационный коэффициент, учитывающий относительную продолжительность включения

Дополнительные эксплуатационные коэффициенты  $f_{B1}$  и  $f_{B2}$  можно определить по диаграммам на Рис. 4. Характер нагрузки учитывается в  $f_{B1}$  таким же образом, как и в  $f_B$ .

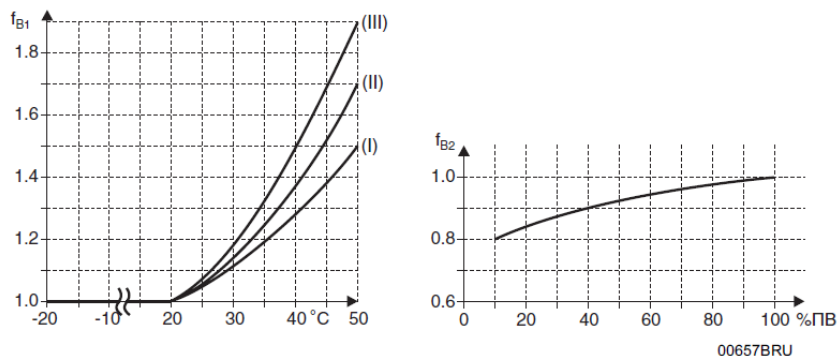


Рис. 4. Дополнительные эксплуатационные коэффициенты  $f_{B1}$  и  $f_{B2}$

$$PV (\%) = \frac{\text{Время работы под нагрузкой в мин/ч}}{60} \cdot 100$$

Если планируется эксплуатация при температуре ниже -20 °C ( $\rightarrow f_{B1}$ ), обратитесь в технический офис SEW-EURODRIVE.

Общий эксплуатационный коэффициент, необходимый для выбора червячных редукторов, рассчитывается следующим образом:

$$f_{Btot} = f_B \cdot f_{B1} \cdot f_{B2}$$

**Пример**

Допустим, что мотор-редуктор с эксплуатационным коэффициентом  $f_B = 1,51$  из предыдущего примера является червячным мотор-редуктором.

Температура окружающей среды  $\vartheta = 40$  °C  $\rightarrow f_{B1} = 1,38$  (на диаграмме см. характер нагрузки II).

Время работы под нагрузкой = 40 мин/ч  $\rightarrow PV = 66,67\%$   $\rightarrow f_{B2} = 0,95$ .

Общий эксплуатационный коэффициент  $f_{Btot} = 1,51 \cdot 1,38 \cdot 0,95 = 1,98$ .

В соответствии с таблицей параметров выбранный червячный мотор-редуктор должен иметь эксплуатационный коэффициент SEW- $f_B = 1,98$  или больше.



## 4 Порядок выбора редуктора

### 4.1 КПД редукторов

КПД редукторов в основном зависит от трения в зубчатом зацеплении и в подшипниках. Следует учитывать, что КПД редуктора при запуске всегда ниже, чем при номинальной частоте вращения. При работе с червячными мотор-редукторами и угловыми мотор-редукторами Spiroplan® на этот факт следует обратить особое внимание.

#### **Редукторы R, F, K**

КПД цилиндрических, плоских цилиндрических и конических редукторов в зависимости от числа ступеней лежит в пределах от 94 % (3-ступенчатый) до 98 % (1-ступенчатый).

#### **Редукторы S и W**

Характерная черта зацепления червячных редукторов и редукторов Spiroplan® – это повышенное трение скольжения. В результате эти редукторы могут иметь более высокие потери в зацеплении, чем редукторы R, F или K, и поэтому более низкий КПД.

Это зависит от следующих факторов:

- передаточное число червячной ступени или спироидной ступени Spiroplan®;
- частота вращения входного вала;
- температура редуктора.

Редукторы типа S являются червячно-цилиндрическими, что обеспечивает им значительно больший КПД, чем у обычных червячных редукторов. Если передаточное число червячной ступени или спироидной ступени Spiroplan® очень большое, то КПД ( $\eta$ ) таких редукторов может быть  $< 0,5$ .

#### **Самоторможение**

При передаче обратного момента КПД червячного редуктора или редуктора Spiroplan® составляет  $\eta' = 2 - 1/\eta$ , что значительно ниже, чем КПД  $\eta$  при прямой передаче. Если КПД при прямой передаче  $\eta \leq 0,5$ , то червячный редуктор или редуктор Spiroplan® подвергается самоторможению. Некоторые червячные редукторы с наибольшим передаточным числом подвержены эффекту статического самоторможения. Некоторые редукторы Spiroplan®, кроме того, имеют эффект динамического самоторможения. При необходимости практического использования эффекта самоторможения обратитесь в технический офис SEW-EURODRIVE.



**Период обкатки**

При поставке боковая поверхность зубьев новых червячных редукторов и редукторов Spiroplan® еще не приработана. Поэтому при обкатке трение больше, и КПД ниже, чем при последующей эксплуатации. Чем больше передаточное число, тем более очевидным становится этот эффект. В период обкатки редуктора значения КПД ниже номинальных на следующую величину:

	Червячный		Spiroplan®	
	Диапазон $i$	Снижение $\eta$	Диапазон $i$	Снижение $\eta$
1-заходный	ок. 50...280	ок. 12 %	ок. 40...75	ок. 15 %
2-заходный	ок. 20...75	ок. 6 %	ок. 20...30	ок. 10 %
3-заходный	ок. 20...90	ок. 3 %	ок. 15	ок. 8 %
4-заходный	-	-	ок. 10	ок. 8 %
5-заходный	ок. 6...25	ок. 3 %	ок. 8	ок. 5 %
6-заходный	ок. 7...25	ок. 2 %	-	-

Период обкатки при нормальных условиях составляет 24 часа. Червячные редукторы и редукторы Spiroplan® достигают номинальных значений КПД, если:

- обкатка редуктора закончена полностью;
- достигнута нормальная рабочая температура редуктора;
- залит рекомендуемый смазочный материал;
- редуктор работает в номинальном диапазоне нагрузки.

**Потери от перемешивания масла**

При некоторых монтажных позициях первая ступень редуктора полностью погружена в смазочный материал (→ гл. "Монтажные позиции и необходимые данные для заказа"). Для редукторов большего типоразмера с высокой окружной скоростью входной ступени потери от перемешивания масла являются фактором, который нельзя игнорировать. При необходимости использования редукторов такого типа обратитесь в технический офис SEW-EURODRIVE.

Для снижения потерь от перемешивания масла рекомендуется использовать для редукторов R, K и S основную монтажную позицию M1.