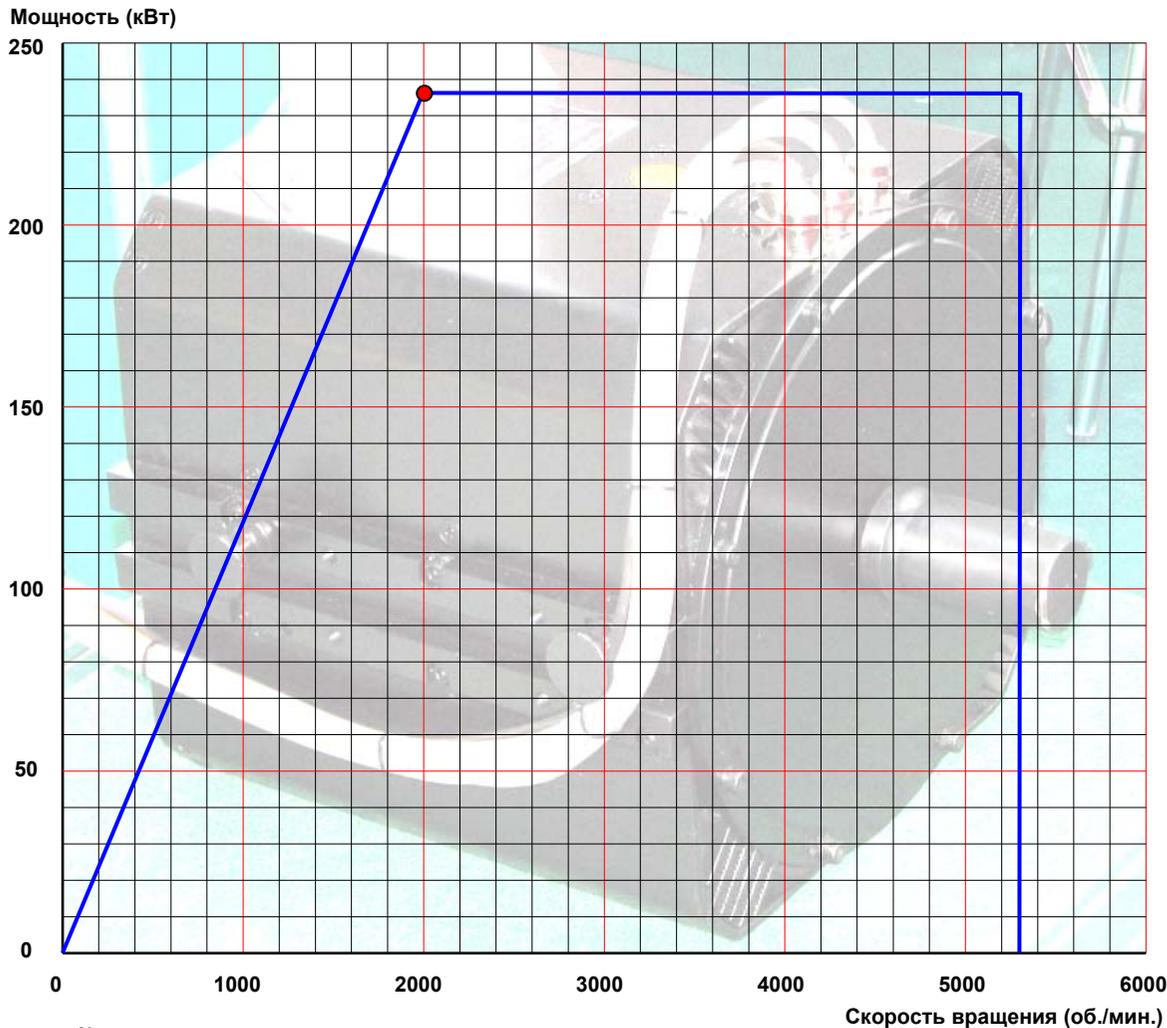


Нагрузочные характеристики тяговых электродвигателей **ОРИОН-18-2-10** (расчетные, режим S1)

Параметры тяговых двигателей «ОРИОН-18» с постоянными магнитами



Комментарии

- Для управляемых от инвертора синхронных моторов двигательный и рекуперативный режимы одинаковы по всем параметрам (по мощности, моменту, скорости, КПД).
- Перегрузка по моменту на практике ограничивается перегревом обмоток двигателя и перегрузочной способностью инвертора по выходному току (то есть, его защитой).
- В перемежающихся режимах включение с перегрузкой по моменту или мощности чередуется с включением с недогрузкой по моменту или мощности (на уровне $\approx 30\%$).
- Для регулируемых моторов номинальный момент для каждого текущего значения скорости определяется номинальной нагрузочной характеристикой двигателя ($P=M*\omega$).
- Часовая мощность тяговых электродвигателей обычно находится на уровне 120...125% от номинальной мощности (аналогично нормируется и момент двигателя).
- В качестве генератора в электромеханической трансмиссии гибридного автобуса можно использовать в точности такой же синхронный двигатель, что и для привода колес.
- При работе на 3-фазный выпрямитель в генераторном режиме двигатель обеспечивает выходную мощность на уровне примерно 82% от двигательного режима.
- Типовое напряжение питания для двигателей (генератора) – 3 фазы, 380 В. Рекомендуемый датчик положения ротора – индуктосин (аналог датчика Тойоты-Приус).
- Мощность двигателей «ОРИОН-18» в режиме S1 в дальнейшем может быть увеличена примерно в 1,5 раза (**значение удельной мощности на уровне ≈ 1 кВт/кг**).

Параметры двигателя	Орион-18-1-14	Орион-18-2-10
Номинальная мощность $P_{ном}$, кВт	225 (S1)	236 (S1)
Номинальный момент $M_{ном}$, Н*м	717 (S1)	1180 (S1)
Номинальная скорость, об/мин	3000	2000
Максимальная скорость, об/мин	8000	5300
Номинальный КПД, %	≈ 98	≈ 98
Масса двигателя, кг	≈ 400	≈ 400
Габариты корпуса, DxL (+вентилятор)	300x750(+55)	390x600 (+50)
Тип охлаждения	Воздушное*	Воздушное*
Тепловые потери ($P = P_{ном}$), кВт	$\approx 4...5$	$\approx 4...5$
Температура внешней среды, °C	-40...+40	-40...+50
Максимальный момент ($PV \approx 15\%$), Н*м	1790	2950
Число пар полюсов двигателя	4	6
Разработчик двигателя	ООО «Орион-мотор», Минск	
Цена двигателя (серия 500 шт. в год)	≈ 6 тыс. USD	≈ 6 тыс. USD
Удельная цена, USD/кВт	26,7	25,4

* - Исполнение с водяным охлаждением имеет аналогичные параметры.

Допустимая перегрузка по мощности или моменту при пуске из холодного состояния:

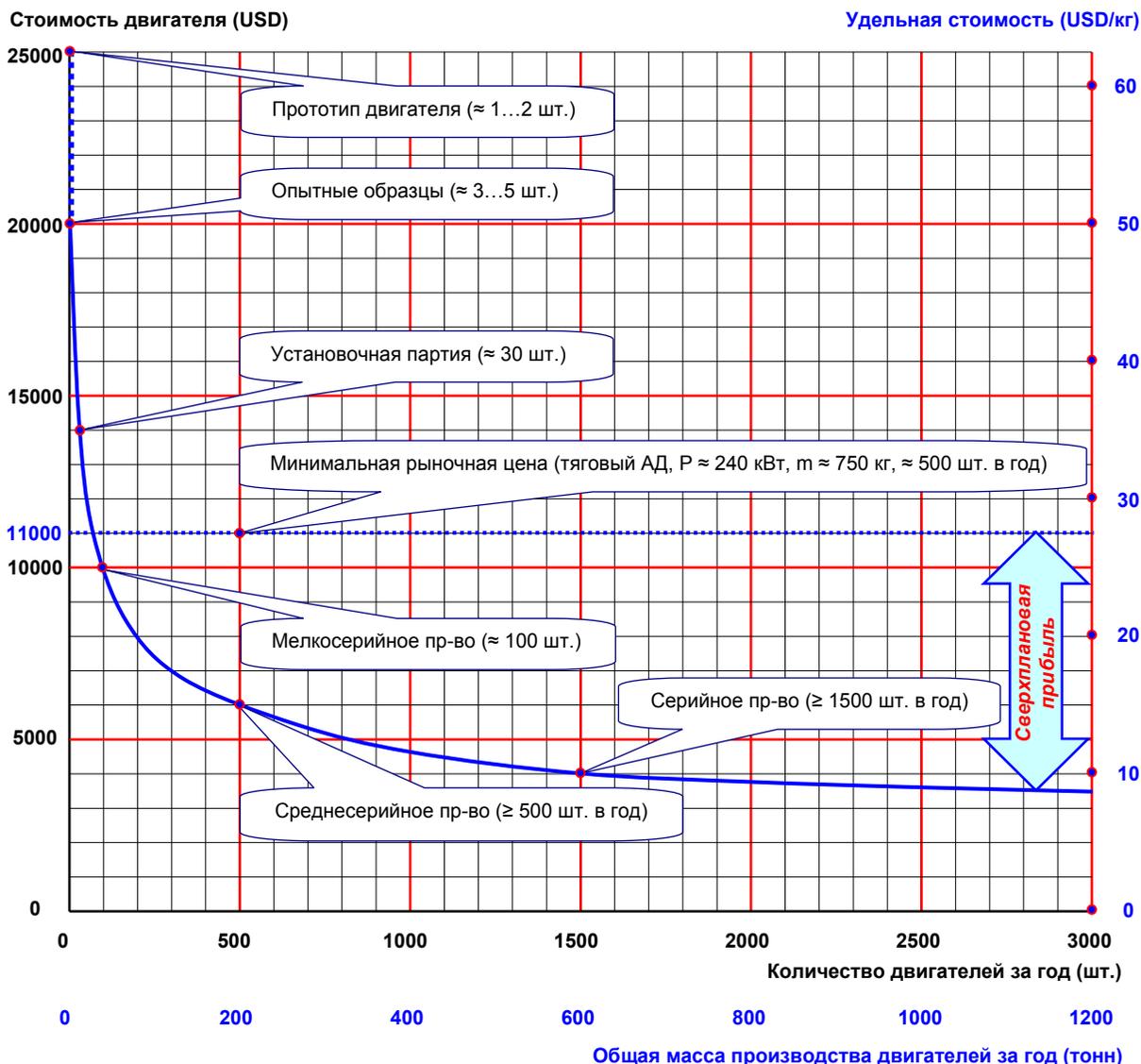
- На 10 минут – $P = 1,50 P_{ном}$ (или $1,50 M_{ном}$).
- На 30 минут – $P = 1,34 P_{ном}$ (или $1,34 M_{ном}$).
- На 60 минут – $P = 1,22 P_{ном}$ (или $1,22 M_{ном}$).
- На 90 минут – $P = 1,10 P_{ном}$ (или $1,10 M_{ном}$).

Режимы S6, S7, S8 (цикл ≤ 10 минут) при различной продолжительности включения (ПВ)

- ПВ = 60% – $P = 1,3 P_{ном}$ (или $1,3 M_{ном}$).
- ПВ = 40% – $P = 1,6 P_{ном}$ (или $1,6 M_{ном}$).
- ПВ = 25% – $P = 2,0 P_{ном}$ (или $2,0 M_{ном}$).
- ПВ = 15% – $P = 2,6 P_{ном}$ (или $2,6 M_{ном}$).

- Режимы для асинхронных двигателей общепромышленного назначения.
- Определения режимов электродвигателей даны в ГОСТ 183-74.

Экспертный прогноз стоимости синхронных тяговых электродвигателей «Орион-18-2-10»



Комментарии и рекомендации

- График отражает расчетную (плановую) стоимость на тяговый двигатель-генератор «Орион-18-2-10» для трактора, троллейбуса, автобуса, метро, электричек (масса ≈ 400 кг, $P \approx 240$ кВт).
- Зависимость стоимости от серийности определена экспертным и статистическим путем по конструктивному и технологическому аналогу – серийному тяговому двигателю для гибридного легкового автомобиля Тойота-Приус ($P = 30$ кВт, S1, 2008 год).
- Удельная **плановая стоимость** $\approx 8,5$ USD/kg (серийное производство двигателей, $\sum m \geq 1000$ тонн/год, рентабельность $\approx 20\%$).
- Минимальная цена в серии ≈ 3500 USD/шт. (рентабельность $\approx 20\%$)
- Уровень стоимости определен в долларах, так как материалы для производства двигателя являются импортными и приобретаются по международным рыночным ценам (электросталь, магниты, медный провод, подшипники, стальной прокат, изоляция и т. п.).
- Тяговые двигатели и генератор могут быть практически полностью унифицированы по конструкции и технологии.
- Для снижения себестоимости и цены двигателя рекомендуется унифицировать его с генератором и применить воздушное принудительное охлаждение двигателей и генератора, а также инверторов и тормозных резисторов. Воздушное охлаждение значительно дешевле, чем водяное, к тому же проще в обслуживании и надежнее при эксплуатации.
- При достаточном финансировании уровень мелкосерийного производства может быть достигнут примерно за 1,5...2 года, а уровень серийного производства – за 2,5...3 года от начала проекта.
- Срок окупаемости проекта – 3...4 года (среднее значение из мировой практики).
- Уровень рентабельности в аналогичном производстве в Германии составляет примерно 30% (начиная со среднесерийного производства, то есть ≈ 200 тонн в год).
- Рекомендуется по возможности более полная унификация комплекта электропривода для автобуса с электроприводом троллейбуса (для увеличения уровня серийности и снижения себестоимости, для увеличения рентабельности производства, а также для уменьшения сроков окупаемости проекта и снижения эксплуатационных затрат).
- Дизель-электрические транспортные системы (автобус, трактор, экскаватор) в среднем на 20% дороже дизельных, а средняя экономия топлива в них составляет около 30% (по опыту эксплуатации за рубежом).
- Цена серийных частотных инверторов для транспортных систем находится на уровне ≈ 40 USD/кВт при мощности инвертора в диапазоне 100...250 кВт.
- Инверторы с водяным охлаждением компактнее \approx в 1,5 раза, чем инверторы с воздушным охлаждением, но для системы водяного охлаждения необходимы насос, радиатор, вентилятор.

Себестоимость рассчитана для условий изготовления двигателей на специализированном производстве, на заводе, имеющем специалистов, технологию, оборудование, испытательные стенды и измерительные средства.

Структура стоимости синхронного тягового мотор-генератора «Орион-18-2-10»

Компоненты электродвигателя	Тойота-Приус 04 (200 тыс. в год)*		Орион-18-2-10 (3000 в год)**	
	Масса (кг)	Стоимость (\$)	Масса (кг)	Стоимость (\$)
Магниты	0,99	89	8	712
Железо ротора	5,26	16	41	124
Вал ротора	11,47	46	53	212 (+)
Железо статора	17,73	52	134	393
Обмотки	5,94	44	24	177(++)
Корпус	7,52	38	90...150	360(++)
Система охлаждения	-	36	-	270
Работа + накл. расходы	-	71	-	532(++)
Себестоимость	-	392	-	2780(+)
Прибыль (номинальная, плановая)	-	39 (10%)	-	556 (20%)
Цена (без НДС)	-	432	-	3336(+)
Масса мотора и удельная стоимость	45	9,6 \$/кг	≈ 400	≈ 8,5 \$/кг
Общая масса продукции за год	9 000 000 кг	86 400 000 \$	1 200 000 кг	10 200 000 \$

* - Мощность мотора Тойота-Приус в режиме S1 – 30 кВт (удельная мощность – 0,67 кВт/кг, водяное охлаждение).

** - Мощность мотора Орион-18-2-10 в режиме S1 – 240 кВт (удельная мощность – 0,64 кВт/кг, воздушное охлаждение).

Двигатели средней мощности общепромышленные (Россия) и тяговые (серийные, 2008 год)

Тип мотора	Мощность, кВт	Масса, кг	Обороты, об/мин	Цена с НДС, \$	Уд. цена, \$/кг	Уд. цена, \$/кВт	Примечание
A225 M8	30	316	750	2100	6,65	70	АД
A225 M6	37	308	1000	2043	6,63	55	АД
A225 M4	55	340	1500	2068	6,08	38	АД
A315 S6	110	915	1000	6540	7,15	59	АД
A 355 SMA2	250	1500	3000	13032	8,69	52	АД
DK2115M1	170	900	1600	9800	10,9	58	трол. (ПТ)
8ML 3550 к/4	175	630	2000	18500	29,4	106	трол. (АД)
ЭДП 196	196	2680	420	29760	11,1	152	ЧТЗ (ПТ)
HSM6.17.12	40	53	3500	22700	428	568	Швейц. (СД)
Орион-18-2-10	236	400	2000	6000	15	25	СД

Цена комплектного электропривода (пример, 2008 год)

Стоимость комплекта тягового электропривода для гибридного автобуса **ЛиАЗ-5292Х** (20 тонн) – не более 48000 \$, при серийности более 100 комплектов в год. (Плановая цена для серийного производства. Разработчики комплекта электропривода – «Татэлектромаш», ООО «Русэлпром-электропривод».)

Состав комплекта электропривода: асинхронный генератор (225 кВт), асинхронный тяговый двигатель (225 кВт), выпрямитель, частотный инвертор для тягового двигателя, батарея из суперконденсаторов, контроллер верхнего уровня, тормозные резисторы, система охлаждения и преобразователи питания для собственных нужд.

Затраты на создание производства тяговых двигателей (пример, 2008 год)

Аналог асинхронного тягового двигателя **8ML 3550 к/4** (175 кВт, 2000 об/мин) фирмы «Шкода» планировалось изготавливать серийно на Могилевском заводе «Электродвигатель». Создание серийного производства ≈ 1000 двигателей в год (≈ 630 тонн) было оценено в утвержденном бизнес-плане на уровне около 4,5 млн. долларов (плановая цена мотора - 12500\$, масса - 630 кг, **20 \$/кг**).

Реализация плана была прервана ввиду ориентации на применение импортных серийных асинхронных тяговых электродвигателей (Россия, удельная цена по тендеру в 2009 году - **10 \$/кг**).

Директор ООО «Орион-мотор» – **Михалев Александр Иванович**

Контактная информация находится на сайте www.orionmotor.narod.ru.

Адрес: 220125, Республика Беларусь, г. Минск, ул. Уручская, 23а, к. 409, ООО «Орион-мотор».

E-mail: orion_mai@inbox.ru.

