

Машиностроение и машиноведение

УДК 621.83.06

doi: 10.18698/0536-1044-2019-2-3-10

Выбор асинхронного электродвигателя для привода ленточного конвейера с цилиндрическим редуктором

М.Е. Лустенков, Б.Б. Скарыно, Е.С. Лустенкова

Белорусско-Российский университет

Selection of an Asynchronous Motor for the Belt Conveyor Drive with a Parallel-Shaft Gearbox

M.E. Lustenkov, B.B. Skaryno, E.S. Lustenkova

Belarusian-Russian University

Рассмотрены вопросы выбора асинхронного электродвигателя и цилиндрического редуктора для электромеханического привода с постоянным режимом работы, в частности, для конвейерной техники. Проанализированы массовые и стоимостные характеристики стандартных асинхронных электродвигателей с короткозамкнутым ротором и серийно выпускаемых цилиндрических редукторов белорусского и российского производства. Приведены рекомендации по выбору электродвигателей с различными синхронными частотами вращения валов в зависимости от передаваемой мощности в диапазоне 0,37...5,5 кВт. Критериями выбора электродвигателя требуемой мощности с учетом его максимальной долговечности и рациональной загрузки были приняты минимальные массогабаритные параметры и цена привода. Установлено, что если требуются электродвигатели малой мощности (до 3 кВт), целесообразно применять низкооборотные модели с синхронной частотой вращения вала 750 мин⁻¹. Поэтому предлагается скорректировать методики энергокинематического расчета электромеханических приводов, принимая передаточные отношения цилиндрических зубчатых передач не из рекомендуемых диапазонов с последующим вычислением частоты вращения вала электродвигателя, а исходя из передаточного отношения, определяемого заданной и принятой частотами вращения входного и выходного валов привода.

Ключевые слова: асинхронный электродвигатель, электромеханический привод конвейера, передаточное отношение, цилиндрический редуктор, зубчатая передача

The article deals with the issue of selecting an asynchronous motor and a parallel-shaft gearbox for an electromechanical drive with a constant duty, in particular, for conveyor equipment. The mass and cost characteristics of standard asynchronous motors with a squirrel cage rotor and commercial parallel-shaft gearboxes of Belarusian and Russian production are analyzed. Recommendations on the selection of motors with different synchronous shaft rotational speeds depending on the transmitted power in the range of 0.37–5.5 kW are given. The minimal mass, dimensional and cost characteristics of the drive serve

as the criteria for selecting the motor with the required power, taking into account its maximum durability and rational workload. It is established that when using low-power motors (up to 3 kW) it is advisable to use low-speed motors with a synchronous shaft rotational speed of 700 min^{-1} . It is proposed to refine instructional methods of energy-kinematic calculation of electromechanical drives and to select gear ratios of parallel-shaft gearboxes not from the recommended ranges, with subsequent calculation of the engine shaft rotational speed, but on the basis of the gear ratio determined by the specified and accepted rotational speeds of the drive and driven shafts respectively.

Keywords: asynchronous motor, electromechanical conveyor drive, gear ratio, parallel-shaft gearbox, gear train

В электромеханических приводах (ЭМП) общемашиностроительного назначения, работающих при нагрузках, близких к постоянным, широко применяют асинхронные электродвигатели (АЭД) с короткозамкнутым ротором, так как они надежны в эксплуатации, имеют простую конструкцию и невысокую цену [1]. При этом около 80 % приводов, использующих такие двигатели, являются нерегулируемыми [2]. При проектировании ЭМП выбор АЭД проводят по двум параметрам: номинальной мощности и синхронной частоте вращения его приводного вала (ПВ).

Существующие методики энергокинематического расчета ЭМП [3] предполагают следующую последовательность. Первоначально определяют мощность на ПВ с рабочим органом по заданным кинематическим характеристикам его движения и действующим силовым факторам. Предварительно разработав конструктивную схему ЭМП, включающую в себя АЭД, ПВ, передаточный механизм, соединительные муфты, предохранительные устройства и др., оценивают средний коэффициент полезного действия (КПД) механической части ЭМП. С учетом этого КПД и, следовательно, потерь определяют требуемую мощность на ПВ электродвигателя. В предлагаемом ряду АЭД с различными частотами вращения ПВ подбирают модель с ближайшим большим значением номинальной мощности $P_{\text{дв}}$.

Выбор частоты вращения ПВ АЭД обусловлен особенностями, которые необходимо рассмотреть более детально. Частота вращения ПВ АЭД близка к одной из синхронных частот n_c : 750, 1000, 1500 и 3000 мин^{-1} (согласно данным ГОСТ 10683–73). В работах [4, 5] отмечено, что АЭД с высокой частотой вращения (3000 мин^{-1}) имеют малый рабочий ресурс, а АЭД с низкой (750 мин^{-1}) — большую металлоемкость, поэтому выбирать следует из ряда электродвигателей с $n_c = 1000$ и 1500 мин^{-1} .

Однако этот вопрос необходимо решать комплексно с учетом параметров того редуктора, которым укомплектован ЭМП.

В связи с многообразием приводных систем, обусловленным широким набором требований к параметрам движения рабочих органов различных машин, единые рекомендации выработать невозможно.

В качестве объекта исследования выберем достаточно широко распространенные в промышленности ЭМП конвейеров и транспортеров как типовые приводы общемашиностроительного назначения. Тем более что их часто используют в качестве примеров в учебной литературе по основам проектирования и деталям машин [4, 5].

Цель работы — выработка рекомендаций по выбору частоты вращения ПВ АЭД с короткозамкнутым ротором в составе ЭМП ленточного конвейера как типового привода общемашиностроительного назначения.

Цена в качестве показателя элементов конвейерных приводов. Для анализа выбраны основные элементы ЭМП (АЭД и редуктор), серийно выпускаемые в Российской Федерации и Республике Беларусь, как приемлемые для потребителей по соотношению цена–качество. Рассмотрим параметры ряда АЭД, выпускаемых ОАО «Могилевский завод «Электродвигатель» (Республика Беларусь). Цены, приведенные на рис. 1, рассчитаны на основе данных, представленных в работе [6], с учетом ставки 20 % НДС.

Как видно из рис. 1, цены высокооборотных АЭД с синхронными частотами вращения ПВ, равными 1500 и 3000 мин^{-1} , различаются незначительно. При этом АЭД с $n_c = 3000 \text{ мин}^{-1}$ в диапазоне номинальных мощностей до 10 кВт имеют практически двукратное преимущество в цене по сравнению с низкооборотными АЭД с $n_c = 750 \text{ мин}^{-1}$.

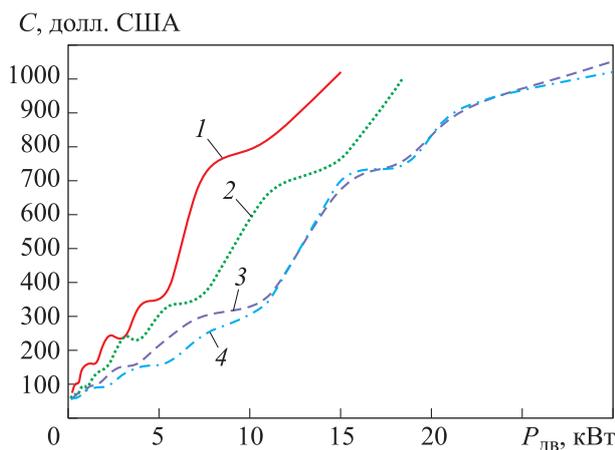


Рис. 1. Зависимость цены C АЭД от его номинальной мощности $P_{дв}$ при синхронной частоте вращения ПВ $n_c = 750$ (1), 1000 (2), 1500 (3) и 3000 мин⁻¹ (4)

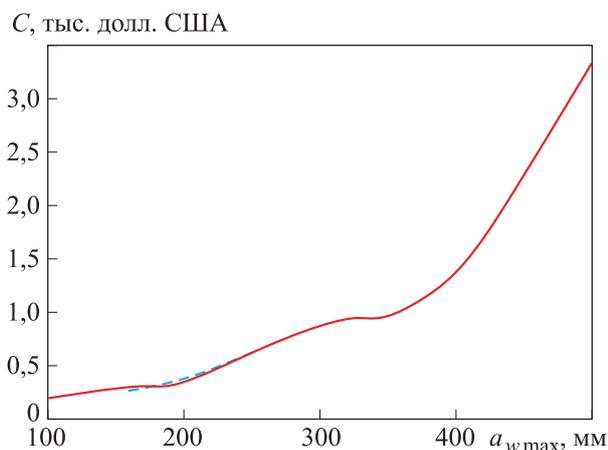


Рис. 2. Зависимость цены C двух- (---) и трехступенчатых (----) ЦР производства ООО «РЯЗАНЬ-ПРИВОД» от максимального межосевого расстояния a_{wmax}

Поскольку существует большое количество редукторов различного типа (червячные, планетарные, волновые и др.), для анализа выберем самые распространенные цилиндрические редукторы (ЦР), часто используемые для приводных систем ленточных конвейеров, серийно выпускаемые российскими производителями [7, 8]. Рассмотрим, как изменяются стоимостные показатели ЦР производства ООО «РЯЗАНЬ-ПРИВОД».

Анализ коммерческих предложений [7] показал, что передаточное отношение, выбираемое из предлагаемого набора стандартных значений, и количество ступеней не оказывают существенного влияния на цену ЦР. Основным параметром, от которого зависит его цена, является максимальное межосевое рассто-

яние a_{wmax} , определяющее массу и габаритные размеры ЦР (рис. 2).

Анализ системы АЭД–ЦР. Проанализируем совместное влияние массовых (соответственно, габаритных) и стоимостных параметров АЭД и ЦР на аналогичные показатели ЭМП. Промежуточные элементы (муфты, предохранительные устройства и др.) и рабочие органы учитывать не будем, так как они приняты одинаковыми для различных вариантов комплектования ЭМП.

Сначала определим кинематические параметры ЭМП ленточного конвейера. Анализ данных, приведенных в работе [9], свидетельствует о том, что диаметры приводных барабанов конвейеров находятся в диапазоне 0,8... 2,0 м (в редких случаях достигая 2,5 м), а рекомендуемые скорости движения ленты — в интервале 0,8...6,3 м/с. Однако при перемещении штучных грузов скорость движения ленты не должна превышать 1,0 м/с, при транспортировании насыпных грузов на спуск — 1,6 м/с, а при наличии барабанных и плужковых разгрузателей — 1,6...2,0 м/с. Таким образом, приняв усредненное значение скорости ленты $v = 1$ м/с, а диаметр барабана $D = 1$ м, получим угловую скорость вращения ПВ $\omega = 2v/D = 2$ с⁻¹, что соответствует частоте вращения ПВ $n = 19,1$ мин⁻¹.

Методика определения оптимального передаточного отношения ЦР для ЭМП с серводвигателями, учитывающая их динамические характеристики, приведена в работе [10]. Для АЭД будем считать частоту вращения постоянной и близкой к синхронной.

В известных методиках энергокинематического расчета приводов предлагаются ориентировочные рекомендуемые значения передаточных отношений различных видов механических передач [3–5]. Частоту вращения ПВ умножают на передаточное отношение ЦР, полученное как произведение рекомендуемых передаточных отношений последовательно установленных в ЦР передач и принимают синхронную частоту вращения ПВ АЭД, ближайшую к рассчитанной, с последующей корректировкой передаточного отношения по ступеням.

Например, для цилиндрических зубчатых передач рекомендуемые передаточные отношения выбирают из диапазонов $i_7 = 2,5...5,6$ для тихоходных ступеней и $i_6 = 3,15...5,00$ для быстроходных при средней твердости поверхностей зубчатых колес (40...56 HRC) [3].

В рассматриваемом случае, приняв средние значения передаточных отношений из указанных диапазонов, получим для двухступенчатого ЦР $ni_6i_7 = 19,1 \cdot 4,075 \cdot 4,05 = 315,2 \text{ мин}^{-1}$, для трехступенчатого ЦР $ni_6i_{71}i_{72} = 19,1 \cdot 4,075 \cdot 4,05 \cdot 4,05 = 1277 \text{ мин}^{-1}$. В первом случае необходимо корректировать передаточные отношения в сторону увеличения, чтобы обеспечить минимальную синхронную частоту вращения ПВ АЭД $n_c = 750 \text{ мин}^{-1}$, во втором — выбрать АЭД с ближайшей n_c (1500 или 1000 мин^{-1}).

При частоте вращения ПВ $n = 19,1 \text{ мин}^{-1}$ получены следующие значения требуемого передаточного отношения ЦР i для различных синхронных частот вращения ПВ АЭД:

$n_c, \text{ мин}^{-1}$	3000	1500	1000	750
i	157,1	78,5	52,4	39,3

В работе [11] отмечено, что группа АЭД мощностью 1...5 кВт является самой распространенной в промышленности и составляет 40 % всех АЭД, поэтому проектируемый ЭМП комплектовали моделями мощностью 0,37...5,5 кВт (см. таблицу), так как они обеспечивают необходимые силовые характеристики для ПВ (барabanов). В таблице введены следующие обозначения: n_n — номинальная частота вращения ПВ АЭД; T_{\max} и T_p — максимальный и расчетный моменты ЦР.

Для АЭД с определенной мощностью рассматривали различные синхронные n_c (и номинальные n_n) частоты вращения ПВ. К каждому АЭД подбирали редуктор с передаточным отношением i , имеющий минимальные показатели массы и стоимости, таким образом, чтобы частота вращения на его выходном валу была

Кинематические и силовые параметры ЭМП и его элементов

$P_{\text{дв}}, \text{ кВт}$	Модель АЭД	$n_c (n_n), \text{ мин}^{-1}$	Тип ЦР*	i	$T_{\max}, \text{ Н}\cdot\text{м}$	$T_p, \text{ Н}\cdot\text{м}$
0,37	АИР63А2	750 (670)	1Ц2У-100	40	315	211
	АИР63В4	1000 (900)	1Ц3У-160	50	1250	196
	АИР71А6	1500 (1320)	1Ц3У-160	80	1250	214
	АИР80А8	3000 (2730)	1Ц3У-160	160	1250	207
0,75	АИР71А2	750 (700)	1Ц2У-125	40	630	409
	АИР71В4	1000 (920)	1Ц3У-160	50	1250	389
	АИР80А6	1500 (1350)	1Ц3У-160	80	1250	425
	АИР90LА8	3000 (2820)	1Ц3У-160	160	1250	406
1,50	АИР80А2	750 (700)	1Ц2У-160	40	1250	819
	АИР80В4	1000 (940)	1Ц3У-160	50	1250	762
	АИР90L6	1500 (1410)	1Ц3У-160	80	1250	813
	АИР100L8	3000 (2880)	1Ц3У-160	160	1250	796
3,00	АИР90L2	750 (700)	1Ц2У-200	40	2500	1638
	АИР100S4	1000 (950)	1Ц3У-200	50	3150	1509
	АИР112МА6	1500 (1410)	1Ц3У-200	80	3150	1626
	АИР112МВ8	3000 (2860)	1Ц3У-200	160	3150	1603
5,50	АИР100L2	750 (700)	1Ц2У-250	40	5000	3002
	АИР112М4	1000 (960)	1Ц3У-200	50	3150	2737
	АИР132М6	1500 (1430)	1Ц3У-200	80	3150	2940
	АИР132М8	3000 (2850)	1Ц3У-200	160	3150	2950

* Приведено сокращенное обозначение ЦР (например, 1Ц2У-100: 1Ц2У — тип редуктора — цилиндрический двухступенчатый горизонтальный, 100 — максимальное межосевое расстояние $a_{w\max} = 100 \text{ мм}$).

близкой к принятому усредненному значению $n = 19,1 \text{ мин}^{-1}$.

Для всех пар сравниваемых АЭД и ЦР (см. таблицу) разброс частот вращения барабанов, вычисленных по формуле $n = n_n/i$, составил

$$\Delta n = n_{\max} - n_{\min} = 19,2 - 17,5 = 1,7 \text{ мин}^{-1},$$

что можно считать допустимым для сравнительного анализа, учитывая некоторую условность принятой частоты вращения n .

Расчетный момент для каждой пары АЭД–ЦР определяли по формуле

$$T_p = \frac{30P_{\text{дв}}10^3 i \eta}{\pi n_n}, \text{ Н}\cdot\text{м},$$

где η — КПД ЭМП, принятый при расчете равным единице вследствие низких потерь в цилиндрических косозубых передачах.

Проводили проверку выполнения условия $T_p \leq T_{\max}$ [8]. Если это условие не выполнялось, то подбирали ЦР с тем же передаточным отношением, но с большим максимальным межосевым расстоянием.

Зависимость массы системы АЭД–ЦР от номинальной мощности АЭД показана на рис. 3. Очевидно, что при передаче малой мощности (до 1,5 кВт) наиболее рациональным по такому критерию будет использование АЭД с синхронной частотой вращения $n_c = 750 \text{ мин}^{-1}$. В диапазоне мощностей $P_{\text{дв}} = 1,5 \dots 3,0 \text{ кВт}$ разница между парами АЭД–ЦР с неодинаковыми синхронными частотами вращения ПВ не существенна.

При мощности более 5 кВт система с низкооборотным АЭД проигрывает по массе. Ее рез-

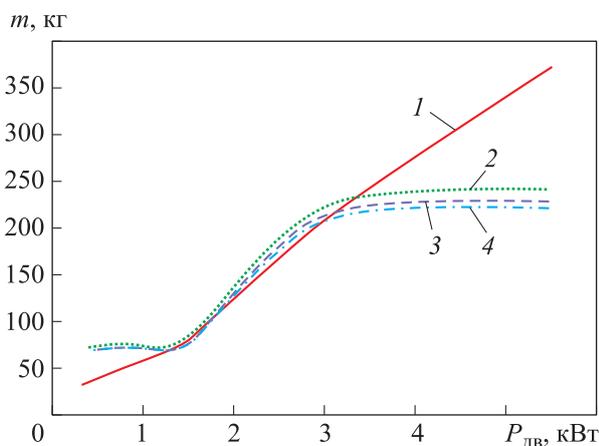


Рис. 3. Зависимость массы m системы АЭД–ЦР от номинальной мощности $P_{\text{дв}}$ АЭД при $n_c = 750$ (1), 1000 (2), 1500 (3) и 3000 мин^{-1} (4)

C , долл. США

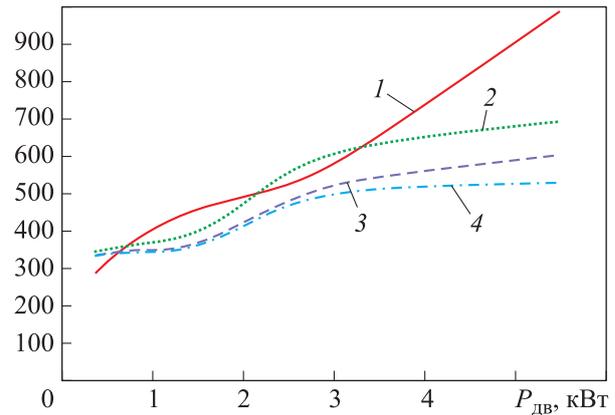


Рис. 4. Зависимость цены C системы АЭД–ЦР от номинальной мощности $P_{\text{дв}}$ АЭД при $n_c = 750$ (1), 1000 (2), 1500 (3) и 3000 мин^{-1} (4)

кое увеличение для пары с АЭД мощностью 5,5 кВт и $n_c = 750 \text{ мин}^{-1}$ по сравнению с остальными системами объясняется необходимостью применения ЦР с большим максимальным межосевым расстоянием ($a_{\text{вmax}} = 250 \text{ мм}$), так как двухступенчатые ЦР с меньшими значениями $a_{\text{вmax}}$ не удовлетворяли условию максимального момента, а ряд трехступенчатых ЦР с $a_{\text{вmax}} = 200 \text{ мм}$ не содержал модели с необходимым передаточным отношением, близким к требуемому ($i = 39,3$).

Цены сравниваемых систем показаны на рис. 4. Резкое возрастание цены пары, укомплектованной АЭД с синхронной частотой вращения ПВ $n_c = 700 \text{ мин}^{-1}$ объясняется той же причиной, что и рост массы аналогичной системы по сравнению с остальными вариантами.

Степень нагруженности АЭД проектируемых ЭМП можно оценить по отношению T_p/T_{\max} . Из таблицы следует, что самыми эффективными будут АЭД с синхронной частотой $n_c = 750 \text{ мин}^{-1}$ (за указанным исключением при $P_{\text{дв}} = 5,5 \text{ кВт}$), у которых $(T_p/T_{\max}) \cdot 100 \% = 0,65 \dots 67 \%$. Для АЭД с более высокими значениями n_c действующие нагрузки составляют менее 50 % номинальных, а в некоторых случаях (при малой мощности) — менее 20 %. Это снижает эффективность их использования с учетом того, что расчетная потребляемая мощность ЭМП оказывается еще ниже номинальной. В работе [12] отмечено, что на территории стран Евросоюза электродвигатели эксплуатируются при нагрузках, составляющих 60 % номинальных.

Выводы

1. Проблема выбора АЭД и ЦР для ЭМП является многогранной. Принятие решения зависит от множества факторов, определяемых требованиями, предъявляемыми к приводу.

2. Для ЭМП общемашиностроительного назначения средней ценовой категории, комплектуемых серийно выпускаемыми ЦР, рекомендовано при выполнении энергокинематического расчета выбирать АЭД с низкими синхронными частотами вращения ПВ (750 мин^{-1}) при передаче мощностей до 3 кВт, так как по массогабаритным и стоимостным характеристикам они не уступают системам, укомплектованным АЭД с высокой частотой вращения ПВ, а по показателям долговечности, надежности и эффективности (степени нагруженности) превосходят их.

3. Следует отметить, что повышение n_c снижает долговечность не только АЭД, но и ЦР, так как приводит к увеличению коэффициента динамической нагрузки и контактных напряжений.

4. В соответствии с этим предлагается скорректировать известные методики энергокинематического расчета и при необходимости использовать передаточные отношения цилиндрических зубчатых передач со значениями, отличающимися от рекомендуемых в справочной и учебной литературе. Их значения должны определяться заданными кинематическими параметрами рабочего органа и частотой вращения ПВ электродвигателя, принятого с учетом минимальных стоимостных и массогабаритных показателей ЭМП.

Литература

- [1] Леонов Е.А., Зарецкий А.М., Соловьева Е.П. Метод оценивания переходных процессов асинхронных электрических машин. *Вестник Санкт-Петербургского университета. Математика. Механика. Астрономия*, 2013, вып. 3, с. 47-69.
- [2] Козярук А.Е. Энергоэффективные электромеханические комплексы горнодобывающих и транспортных машин. *Записки Горного института*, 2016, т. 218, с. 261-268.
- [3] Дунаев П.Ф., Леликов О.П. *Конструирование узлов и деталей машин*. Москва, Высшая школа, 1998. 447 с.
- [4] Шейнблит А.Е. *Курсовое проектирование деталей машин*. Калининград, Янтарный сказ, 2002. 454 с.
- [5] Чернавский С.А., Снесарев Г.А., Козинцов Б.С., Боков К.Н., Ицкович Г.М., Чернилевский Д.В. *Проектирование механических передач*. Москва, ИНФРА-М, 2013. 536 с.
- [6] ОАО «Могилевский завод электродвигатель». URL: <http://www.mez.by/price.shtml> (дата обращения 14 октября 2018).
- [7] *Рязань привод. Продажа и ремонт редукторов*. URL: <http://www.ryazan-privod.ru/prays/price3.html> (дата обращения 14 октября 2018).
- [8] ООО «Союз-редуктор». *Редукторы цилиндрические*. URL: <http://reduktor-union.ru/reduktor.base.html> (дата обращения 5 ноября 2018).
- [9] Пособие к СНИП 2.05.07-85. *Пособие по проектированию конвейерного транспорта. Ленточные конвейеры*. Москва, Стройиздат, 1988. 25 с.
- [10] Richiedi D. Integrated selection of gearbox, gear ratio, and motor trough scaling rules. *Mechanics based design of Structures and Machines*, 2018, vol. 46, pp. 1-18, doi: <https://doi.org/10.1080/15397734.2018.1453366>
- [11] Мугалимов Р.Г. Концепция повышения энергоэффективности асинхронных двигателей и электроприводов на их основе. *Вестник МГТУ им. Г.И. Носова*, 2011, № 1, с. 59-63.
- [12] Золотых С.Ф., Рожков С.В., Лобанова С.В. Анализ методов повышения энергоэффективности электродвигателей в машиностроении. *Известия ТулГУ. Сер. Технические науки*, 2013, ч. 1, вып. 12, с. 130-135.

References

- [1] Leonov E.A., Zaretskiy A.M., Solov'yeva E.P. An estimation method of transient processes of induction machines. *Vestnik of Saint Petersburg university. Mathematics. Mechanics. Astronomy*, 2013, iss. 3, pp. 47–69 (in Russ.).
- [2] Kozyaruk A.E. Energy efficient electromechanical systems of mining and transport machines. *Zapiski Gornogo instituta*, 2016, vol. 218, pp. 261–268 (in Russ.).
- [3] Dunayev P.F., Lelikov O.P. *Konstruirovaniye uzlov i detaley mashin* [Design of units and parts of machines]. Moscow, Vysshaya shkola publ., 1998. 447 p.
- [4] Sheynblit A.E. *Kursovoye proyektirovaniye detaley mashin* [Course design of machine parts]. Kaliningrad, Yantarnyy skaz publ., 2002. 454 p.
- [5] Chernavskiy S.A., Snesarev G.A., Kozintsov B.S., Bokov K.N., Itskovich G.M., Chernilevskiy D.V. *Proyektirovaniye mekhanicheskikh peredach* [Design of mechanical gears]. Moscow, INFRA-M publ., 2013. 536 p.
- [6] OAO "Mogilevskiy zavod elektrodvigatel". [JSC "Mogilevsky zavod "Electrodvigatel"]. Available at: <http://www.mez.by/price.shtml> (accessed 14 October 2018).
- [7] Ryazan' privod. *Prodazha i remont reduktorov* [Ryazan drive. Sale and repair of gearboxes]. Available at: <http://www.ryazan-privod.ru/prays/price3.html> (accessed 14 October 2018).
- [8] OOO "Soyuz-reduktor". *Reduktory tsilindricheskiye* ["Union gear". Gearboxes, cylindrical]. Available at: <http://reduktor-union.ru/reduktor.base.html> (accessed 5 November 2018).
- [9] *Posobiye k SNIP 2.05.07–85. Posobiye po proyektirovaniyu konveyernogo transporta. Lentochnyye konveyery* [Manual to SNIP 2.05.07–85. Manual for the design of conveyor transport. Belt conveyor]. Moscow, Stroyizdat publ., 1988. 25 p.
- [10] Richiedi D. Integrated selection of gearbox, gear ratio, and motor trough scaling rules. *Mechanics based design of Structures and Machines*, 2018, vol. 46, pp. 1–18, doi: <https://doi.org/10.1080/15397734.2018.1453366>
- [11] Mugalimov R.G. The concept of energy efficiency of induction motors and electric drives based on them. *Vestnik of Nosov Magnitogorsk State Technical University*, 2011, no. 1, pp. 59–63 (in Russ.).
- [12] Zolotykh S.F., Rozhkov S.V., Lobanova S.V. Analysis of methods of improving energy efficiency electric motors in mechanical engineering. *Izvestiya Tula State University. Ser. Technical sciences*, 2013, pt. 1, iss. 12, pp. 130–135 (in Russ.).

Статья поступила в редакцию 26.12.2018

Информация об авторах

ЛУСТЕНКОВ Михаил Евгеньевич — доктор технических наук, ректор, профессор кафедры «Основы проектирования машин». Белорусско-Российский университет (212000, Могилев, Республика Беларусь, пр. Мира, д. 43, e-mail: lustenkov@yandex.ru).

СКАРЫНО Борис Борисович — кандидат технических наук, доцент кафедры «Электропривод и автоматизация промышленных установок». Белорусско-Российский университет (212000, Могилев, Республика Беларусь, пр. Мира, д. 43, e-mail: bb.skarina@gmail.ru).

ЛУСТЕНКОВА Екатерина Сергеевна — ассистент кафедры «Основы проектирования машин. Белорусско-Российский университет (212000, Могилев, Республика Беларусь, пр. Мира, д. 43) e-mail: fittsova@gmail.com).

Information about the authors

LUSTENKOV Mikhail Evgenievich — Doctor of Science (Eng.), Rector, Professor, Department of Fundamentals of Machines Design. Belarusian-Russian University (212000, Mogilev, Republic of Belarus, Mir Ave., Bldg. 43, e-mail: lustenkov@yandex.ru).

SKARYNO Boris Borisovich — Candidate of Science (Eng.), Associate Professor, Department of Electric Drive and Automation of Industrial Installations. Belarusian-Russian University (212000, Mogilev, Republic of Belarus, Mir Ave., Bldg. 43, e-mail: bb.skarina@gmail.ru).

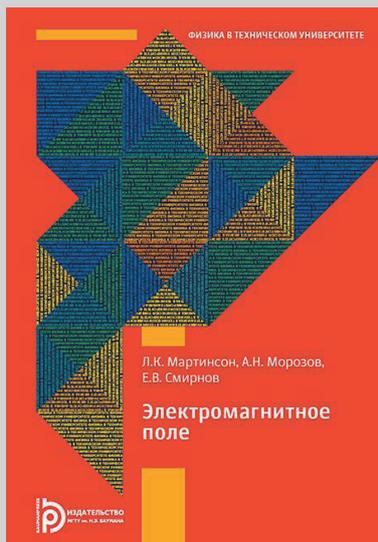
LUSTENKOVA Ekaterina Sergeevna — Assistant Lecturer, Department of Fundamentals of Machines Design. Belarusian-Russian University (212000, Mogilev, Republic of Belarus, Mir Ave., Bldg. 43, e-mail: fittsova@gmail.com).

Просьба ссылаться на эту статью следующим образом:

Лустенков М.Е., Скарыно Б.Б., Лустенкова Е.С. Выбор асинхронного электродвигателя для привода ленточного конвейера с цилиндрическим редуктором. *Известия высших учебных заведений. Машиностроение*, 2019, № 2, с. 3–10, doi: 10.18698/0536-1044-2019-2-3-10

Please cite this article in English as:

Lustenkov M.E., Skaryno B.B., Lustenkova E.S. Selection of an Asynchronous Motor for the Belt Conveyor Drive with a Parallel-Shaft Gearbox. *Proceedings of Higher Educational Institutions. Machine Building*, 2019, no. 2, pp. 3–10, doi: 10.18698/0536-1044-2019-2-3-10



В Издательстве МГТУ им. Н.Э. Баумана
вышло в свет 2-е издание учебного пособия
Л.К. Мартинсона, А.Н. Морозова, Е.В. Смирнова

«Электромагнитное поле»

Серия «Физика в техническом университете».

Рассмотрено электромагнитное поле, посредством которого в классической физике осуществляется электромагнитное взаимодействие электрических зарядов - фундаментальное физическое взаимодействие, проявляющееся не только в электромагнитных явлениях, но и в ряде других явлений и процессов. В основе теории лежат уравнения Максвелла, которые дают математически строгое и полное описание всех известных в природе явлений электромагнетизма. Приведено решение большого числа задач, иллюстрирующих теоретический материал, а также развивающих и дополняющих его. Описаны новейшие технические достижения в области электромагнетизма.

Материал, приведенный в учебном пособии, соответствует курсу лекций, читаемых авторами в МГТУ им. Н.Э. Баумана в рамках курса общей физики.

Для студентов технических университетов и вузов.

По вопросам приобретения обращайтесь:

105005, Москва, 2-я Бауманская ул., д. 5, стр. 1.

Тел.: +7 499 263-60-45, факс: +7 499 261-45-97;

press@bmstu.ru; www.baumanpress.ru