

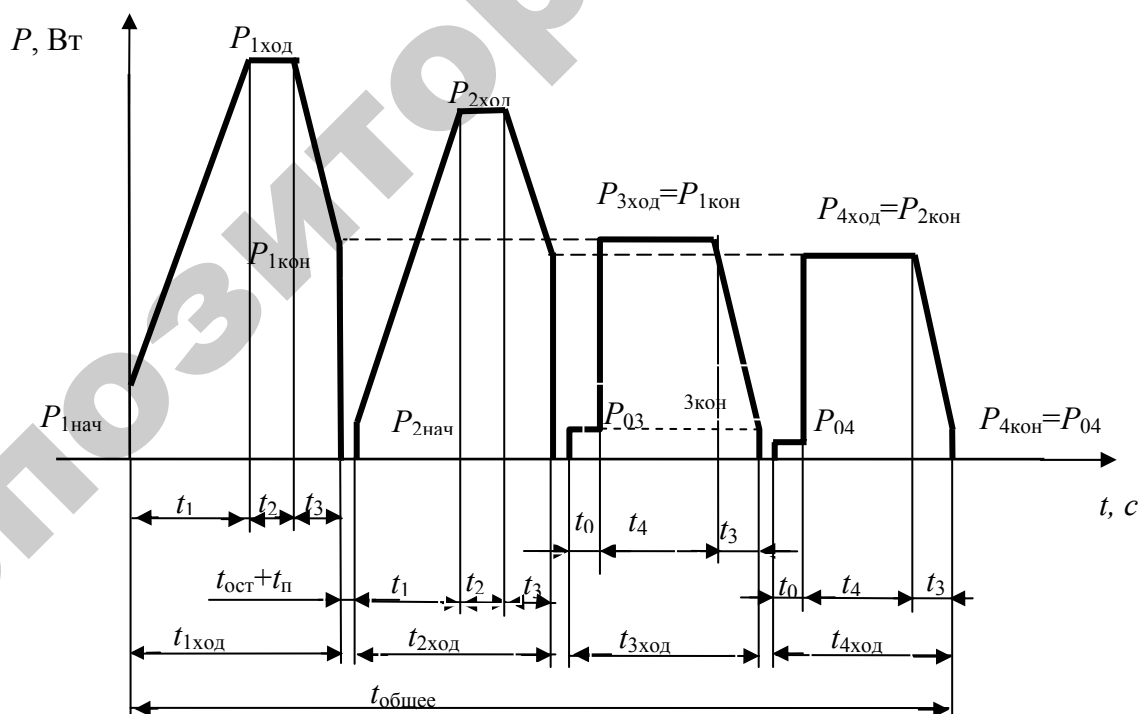
МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
И ПРОДОВОЛЬСТВИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Учреждение образования
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ
ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра электрооборудования
сельскохозяйственных предприятий

ЭЛЕКТРОПРИВОД

Методические указания к практическим занятиям
для студентов агроэнергетического факультета
специальности 1-74 06 05-01 «Энергетическое обеспечение сельского
хозяйства (электроэнергетика)», НИСПО



МИНСК
2008

УДК 62-83(07)

ББК 31.291я7
Э 45

Рекомендованы научно-методическим советом агроэнергетического факультета
Протокол № 11 от 14 июня 2007 г.

Составитель – ассистент *Е.В. Бабаева*

Рецензент – канд. техн. наук, проф. *Г.И. Янукович*

УДК 62-83(07)
ББК 31.291я7

© БГАТУ, 2008

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	4
Практическое занятие № 1 Построение механических характеристик рабочих машин	5
Практическое занятие № 2 Составление кинематической схемы электропривода.....	11
Практическое занятие № 3 Составление расчетных схем механической части электропривода.....	23
Практическое занятие № 4 Построение механической и электромеханической характеристик трехфазного асинхронного электродвигателя.....	29
Практическое занятие № 5 Графоаналитический расчет времени пуска асинхронного электродвигателя.....	37
Практическое занятие № 6 Выбор асинхронного электродвигателя для привода скреперных навозоуборочных установок с двумя рабочими каналами.....	42
Практическое занятие № 7 Выбор асинхронного электродвигателя для привода скреперных навозоуборочных транспортеров с одним рабочим каналом.....	54
Практическое занятие № 8 Выбор асинхронного электродвигателя для привода горизонтального скребкового навозоуборочного транспортера кругового движения.....	60
Практическое занятие № 9 Выбор асинхронного электродвигателя для привода наклонного скребкового навозоуборочного транспортера кругового движения.....	71

ВВЕДЕНИЕ

Методические указания подготовлены в соответствии с действующей программой курса «Электропривод» для студентов специальности 1–74 06 05.

Учебным планом предусмотрено проведение практических занятий, по основным разделам курса. Данное пособие призвано познакомить студентов с темами занятий и методикой решения задач.

На первом занятии каждый студент получает свой номер варианта исходных данных, и в соответствии с номером варианта рассчитывает первую и все последующие задачи.

Темы практических занятий тесно связаны с прочитываемыми в этот же временной период лекциями, что облегчает студенту понимание сути изучаемых процессов.

Каждое практическое занятие рассчитано на 2 или 4 часа самостоятельной работы студента в учебной аудитории с данными методическими указаниями. Преподаватель же отвечает на возникающие вопросы и контролирует качество выполнения расчетов.

Для успешного выполнения расчетов студенты обязаны заранее ознакомиться с темой предстоящего практического занятия, подготовить ответы на вопросы самоподготовки к этому занятию, а также не забыть взять в учебную аудиторию калькулятор, линейку и карандаш.

В начале каждого занятия студенты опрашиваются по вопросам самоподготовки (или показывают выполненные в письменном виде ответы на вопросы самоподготовки).

В конце занятия студент показывает преподавателю результаты расчетов и ответы на контрольные вопросы.

Как правило, следующее занятие студент выполняет только после получения положительной оценки по предыдущему занятию.

Практическое занятие № 1
ПОСТРОЕНИЕ МЕХАНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК
РАБОЧИХ МАШИН

Общее время занятия — 2 часа

1.1 Мотивационная характеристика темы

В практической работе инженера встречаются задачи выбора электродвигателя по мощности. Построение механической характеристики рабочей машины является сопутствующей задачей. Поэтому тема занятия актуальна для будущей работы инженера.

1.2 Цель занятия

Научиться рассчитывать мощность, необходимую для привода вентилятора по его основным техническим характеристикам, построить графики механических характеристик вентилятора.

1.3 Задача занятия

В хозяйстве используется центробежный вентилятор исполнения № 6. Он имеет колесо вентилятора, насаженное на отдельный вал. Этот вал связан с валом электродвигателя через ременную передачу. Определить мощность приводного электродвигателя и построить механические характеристики вентилятора.

1.4 Контрольные вопросы самоподготовки

- 1 Перечислите типовые механические характеристики общепромышленных механизмов.
- 2 Какие исходные данные необходимы для вычисления потребной мощности вентилятора, насоса.

1.5 План занятия

1.5.1 Выписать из таблицы 1.1 технические характеристики центробежного вентилятора по заданному преподавателем варианту.

1.5.2 Определить мощность, необходимую для обеспечения работы вентилятора в номинальном режиме.

Таблица 1.1 – Исходные данные к задаче

Вариант	№ Вентилятора	Подача Q , м ³ /ч	Давление p , Па	КПД вентилятора η_1 , о.е.	Угловая скорость колеса $\omega_{сн}$, с ⁻¹	КПД передачи η_2 , о.е.
1	3	1600	600	0,76	200	0,95
2	3	1700	700	0,76	220	0,95
3	3	1800	800	0,77	240	0,95
4	3	1900	900	0,78	260	0,95
5	3	2000	1260	0,78	290	0,95
6	4	2000	360	0,75	120	0,95
7	4	2800	420	0,8	130	0,95
8	4	3000	680	0,78	160	0,95
9	4	4000	800	0,8	180	0,95
10	4	5000	850	0,76	200	0,95
11	5	6500	920	0,8	160	0,95
12	5	5600	750	0,8	140	0,95
13	5	5000	520	0,8	120	0,95
14	5	4000	500	0,76	110	0,95
15	6	4000	360	0,78	100	0,95
16	6	6000	340	0,78	80	0,95
17	6	7000	380	0,76	90	0,95
18	6	8000	650	0,8	110	0,95
19	6	9000	750	0,77	120	0,95
20	8	10000	900	0,79	130	0,95
21	8	10000	600	0,8	90	0,95
22	8	12000	700	0,77	100	0,95
23	8	15000	800	0,76	110	0,95
24	8	18000	700	0,7	120	0,95
25	8	10000	1200	0,56	100	0,95
26	8	13000	1800	0,565	120	0,95
27	8	15000	2700	0,56	140	0,95
28	8	17000	3200	0,56	160	0,95
29	8	20000	2200	0,56	140	0,95
30	8	10000	1100	0,55	90	0,95

- 1.5.3 Рассчитать мощность машины с учетом коэффициента запаса (таблица 1.2)
- 1.5.4 Выбрать двигатель серии АИР по таблице 1.3 и выписать его характеристики.
- 1.5.5 Определить номинальный статический момент сопротивления.
- 1.5.6 Выполнить необходимые расчеты и построить график механической характеристики вентилятора.
- 1.5.7 Определить приведенные моменты сопротивления.
- 1.5.8 Построить график приведенной механической характеристики вентилятора.

1.6 Методические указания к самостоятельной работе студента

К пункту 1.5.2 Мощность, необходимая для вращения вентилятора, вычисляется по формуле:

$$P_{M0} = \frac{Qp}{\eta_1\eta_2}, \quad (1.1)$$

где Q – объемная подача, м³/с;

p – давление, Па;

η_1 – КПД вентилятора;

η_2 – КПД передачи (клиноременной – 0,95).

К пункту 1.5.3 Уточняем мощность вентилятора с помощью коэффициента запаса по мощности, который находим по таблице 1.2.

$$P_M = k_3 P_{M0}. \quad (1.2)$$

Таблица 1.2 – Зависимость коэффициента запаса от мощности P_{M0}

Мощность P_{M0} , кВт (включительно)	Коэффициент запаса
до 0,5	1,5
от 0,5 до 1,0	1,3
от 1,0 до 2,0	1,2
от 2,0 до 3,0	1,1
больше 3,0	1,0

К пункту 1.5.4 Выбираем двигатель в таблице 1.3 по значению фактически потребляемой мощности $P_H \geq P_M$. Выписываем по форме таблицы 1.3 все приведенные в таблице 1.3 технические характеристики двигателя.

Таблица 1.3 – Технические данные электродвигателей серии АИР основного исполнения до 90 кВт

Типоразмер электродвигателя	Ном. мощность P_H , кВт	Номинальные значения			Кратности моментов, о.е.			Кратность пуск. тока K_t , о.е.	Момент инерции ротора $J_{р.д.}$, кг·м ²	Масса двигателя m , кг
		КПД η , %	$\cos \varphi_H$, о.е.	скольжения S_H , %	Пускового $\mu_{пуск}$	критического μ_{max}	миним. при пуске μ_{min}			
Синхронная частота вращения 1500 мин ⁻¹										
АИР50А	0,06	53	0,63	11	2,3	2,2	1,8	4,5	0,000029	2,6
АИР50В4	0,09	57	0,65	11	2,3	2,2	1,8	4,5	0,000033	2,9
АИР56А4	0,12	63	0,66	10	2,3	2,2	1,8	5	0,0007	3,35
АИР56В4	0,18	64	0,68	10	2,3	2,2	1,8	5	0,00079	3,9
АИР63А4	0,25	68	0,67	12	2,3	2,2	1,8	5	0,0012	4,7
АИР63В4	0,37	68	0,7	12	2,3	2,2	1,8	5	0,0014	5,6
АИР71А4	0,55	70,5	0,7	9,5	2,3	2,2	1,8	5	0,0013	7,8
АИР71В4	0,75	73	0,76	10	2,2	2,2	1,6	5	0,0014	8,8
АИР80А4	1,1	75	0,81	7	2,2	2,2	1,6	5,5	0,0032	9,9
АИР80В4	1,5	78	0,83	7	2,2	2,2	1,6	5,5	0,0033	12,1
АИР90L4	2,2	81	0,83	7	2,1	2,2	1,6	6,5	0,0056	17
АИР100S4	3	82	0,83	6	2	2,2	1,6	7	0,0087	21,6
АИР100L4	4	85	0,84	6	2	2,2	1,6	7	0,011	27,3
АИР112M4	5,5	85,5	0,86	4,5	2	2,5	1,6	7	0,017	41
АИР132S4	7,5	87,5	0,86	4	2	2,5	1,6	7,5	0,028	58
АИР132M4	11	87,5	0,87	3,5	2	2,7	1,6	7,5	0,04	70
АИР160S4	15	90	0,89	3	1,9	2,9	1,8	7	0,078	100
АИР160M4	18,5	90,5	0,89	3	1,9	2,9	1,8	7	0,1	110
АИР180S4	22	90,5	0,87	2,5	1,7	2,4	1,5	7	0,15	170
АИР180M4	30	92	0,87	2	1,7	2,7	1,5	7	0,19	190
АИР200M4	37	92,5	0,89	2	1,7	2,7	1,6	7,5	0,28	245
АИР200L4	45	92,5	0,89	2	1,7	2,7	1,6	7,5	0,34	270
АИР225M4	55	93	0,89	2	1,7	2,6	1,6	7	0,51	335
АИР250L4	75	94	0,88	1,5	1,7	2,5	1,4	7,5	0,89	450
АИР250M4	90	94	0,89	1,5	1,5	2,5	1,3	7,5	1,1	480

К пункту 1.5.5 Номинальный статический момент сопротивления $M_{сн}$ на приводном валу вентилятора вычисляется по формуле:

$$M_{\text{сн}} = \frac{P_{\text{м}}}{\omega_{\text{сн}}}, \quad (1.3)$$

где $\omega_{\text{сн}}$ – номинальная угловая скорость приводного вала вентилятора, рад/с.

К пункту 1.5.6 Механическая характеристика вентилятора описывается формулой:

$$M_{\text{с}} = M_{\text{с0}} + (M_{\text{сн}} - M_{\text{с0}}) \left(\frac{\omega_{\text{с}}}{\omega_{\text{сн}}} \right)^2, \quad (1.4)$$

где $M_{\text{с}}$ – момент сопротивления при заданной скорости $\omega_{\text{с}}$, Н·м;

$M_{\text{с0}}$ – начальный статический момент, Н·м;

$M_{\text{сн}}$ – номинальный статический момент, Н·м.

Начальный статический момент принять $M_{\text{с0}} = 0,15 M_{\text{сн}}$.

Для нахождения $M_{\text{с}}$ следует задаться несколькими значениями угловой скорости $\omega_{\text{с}}$ (таблицы 1.4) и результаты вычислений моментов сопротивления $M_{\text{с}}$ по формуле (1.4) записать по форме таблицы 1.4.

Механическая характеристика рабочей машины представляется в виде зависимости $M_{\text{с}} = f(\omega_{\text{с}})$.

К пункту 1.5.8 Приведенный к валу электродвигателя момент сопротивления вентилятора $M_{\text{с}}^{\text{р}}$ определяется по формуле:

$$M_{\text{с}}^{\text{р}} = \frac{M_{\text{с}}}{i \eta_2}, \quad (1.5)$$

где i – передаточное число:

$$i = \frac{\omega_{\text{н}}}{\omega_{\text{сн}}}, \quad (1.6)$$

где $\omega_{\text{н}}$ – номинальная угловая скорость электродвигателя, рад/с.

Любая другая, не номинальная, приведенная скорость двигателя определяется по формуле:

$$\omega'_{\text{дв}} = \omega_{\text{с}} i \quad (1.7)$$

Приведенная механическая характеристика вентилятора представляется в виде зависимости $M_c' = f(\omega_{дв}')^2$ и строится на том же графике, что и характеристика $M_c = f(\omega_c)$. Расчеты рекомендуется записать по форме таблицы 1.4.

Таблица 1.4 – Результаты расчетов механической характеристики вентилятора

Механическая характеристика вентилятора							Приведенная механическая характеристика вентилятора	
ω_c	$\omega_c/\omega_{сн}$	$(\omega_c/\omega_{сн})^2$	$M_{сн}$	$M_{со}$	$(M_{сн}-M_{со})(\omega_c/\omega_{сн})^2$	M_c по (1.4)	M_c' по (1.5)	$\omega_{дв}$ по (1.7)
	0							
	0,2							
	0,3							
	0,4							
	0,6							
	0,8							
	1,0							

1.7 Контрольные вопросы по теме занятия

- 1 Расскажите методику расчета мощности вентилятора.
- 2 Расскажите методику построения механической характеристики вентилятора.
- 3 Расскажите методику построения приведенной к валу электродвигателя механической характеристики рабочей машины.

1.8 Литература

- 1 Фоменков, А.П. Электропривод сельскохозяйственных машин, агрегатов и поточных линий [Текст] : учебник / А.П. Фоменков. – Москва : Колос, 1984 – 288 с.

Практическое занятие № 2

СОСТАВЛЕНИЕ КИНЕМАТИЧЕСКОЙ СХЕМЫ ЭЛЕКТРОПРИВОДА

Общее время занятия – 2 часа

2.1 Мотивационная характеристика темы

В практической работе инженера встречаются задачи составления кинематической схемы электропривода и расчета элементов этой схемы. Поэтому тема занятия актуальна для будущей работы инженера.

2.2 Цель занятия

Научиться составлять кинематическую схему электропривода и рассчитывать элементы кинематической схемы.

2.3 Задача занятия

Для условий задачи № 1 составить кинематическую схему электропривода вентилятора и рассчитать элементы кинематической схемы.

2.4 Контрольные вопросы самоподготовки

- 1 Что показывает кинематическая схема электропривода?
- 2 Назовите элементы кинематической схемы.
- 3 Какие параметры изображают на кинематической схеме электропривода?

2.5 План занятия

- 2.5.1 Выбрать элементы кинематической схемы: клиноременную передачу; ведущий и ведомый шкивы передачи.
- 2.5.2 Ознакомиться с кинематическими схемами электроприводов рабочих машин. Составить кинематическую схему электропривода вентилятора.

2.6 Методические указания к самостоятельной работе студента

В описании вентилятора к работе № 1 указано, что вал вентилятора исполнения № 6 связан с валом электродвигателя через ременную передачу. Следовательно, надо выбрать ременную передачу и составить кинематическую схему электропривода с ременной передачей.

Таблица 2.1 – Исходные данные

Вариант	Выбранный двигатель	Номинальная мощность выбранного двигателя, кВт	ω_n э/д, рад/с	№ вентилятора	Передаточное число, i
1	АИР71В4	0,75	141,8	3	0,71
2	АИР71В4	0,75	141,8	3	0,64
3	АИР71В4	0,75	141,8	3	0,59
4	АИР80А4	1,1	146,5	3	0,56
5	АИР80В4	1,5	146,5	3	0,51
6	АИР71А4	0,55	142,5	4	1,19
7	АИР71В4	0,75	141,8	4	1,09
8	АИР80А4	1,1	146,5	4	0,92
9	АИР80В4	1,5	146,5	4	0,81
10	АИР90L4	2,2	146,5	4	0,73
11	АИР100S4	3	148,1	5	0,93
12	АИР90L4	2,2	146,5	5	1,05
13	АИР80В4	1,5	146,5	5	1,22
14	АИР80А4	1,1	146,5	5	1,33
15	АИР71В4	0,75	141,8	6	1,42
16	АИР80А4	1,1	146,5	6	1,83
17	АИР80В4	1,5	146,5	6	1,63
18	АИР100S4	3	148,1	6	1,35
19	АИР100S4	3	148,1	6	1,23
20	АИР100L4	4	148,1	8	1,14
21	АИР100S4	3	148,1	8	1,65
22	АИР100L4	4	148,1	8	1,48
23	АИР112М4	5,5	150,4	8	1,37
24	АИР112М4	5,5	150,4	8	1,25
25	АИР132S4	7,5	151,2	8	1,51
26	АИР160S4	15	152,8	8	1,27
27	АИР180S4	22	153,6	8	1,10
28	АИР180М4	30	154,4	8	0,96
29	АИР180М4	30	154,4	8	1,10
30	АИР132S4	7,5	151,2	8	1,68

К пункту 2.5.1 Выбор ременной передачи производится по методике, изложенной в методических рекомендациях к курсовой работе по электроприводу [1].

В качестве примера возьмем мощность $P_{н.д.} = 0,55$ кВт и $\omega_{н.д.} = 150$ рад/с. По этим данным на рисунке 2.1 построена точка «О». Из рисунка 2.1 видно, что ближайший больший диаметр ведущего шкива составляет 71 мм. Но его не следует выбирать, поскольку он обеспечивает мощность 0,59 кВт, т.е. малый запас по мощности ($0,59/0,55 = 1,07$), а учет поправочных коэффициентов, определяемых позже по таблицам 2.5–2.8 требует запаса в 30–40 %. По этой причине выбирают следующий диаметр шкива, т.е. $d_1 = 80$ мм, точка О'. Этот диаметр обеспечивает передаваемую мощность $P_0 = 0,72$ кВт без учета снижающих эту мощность коэффициентов, которые определяются после расчета других размеров передачи.

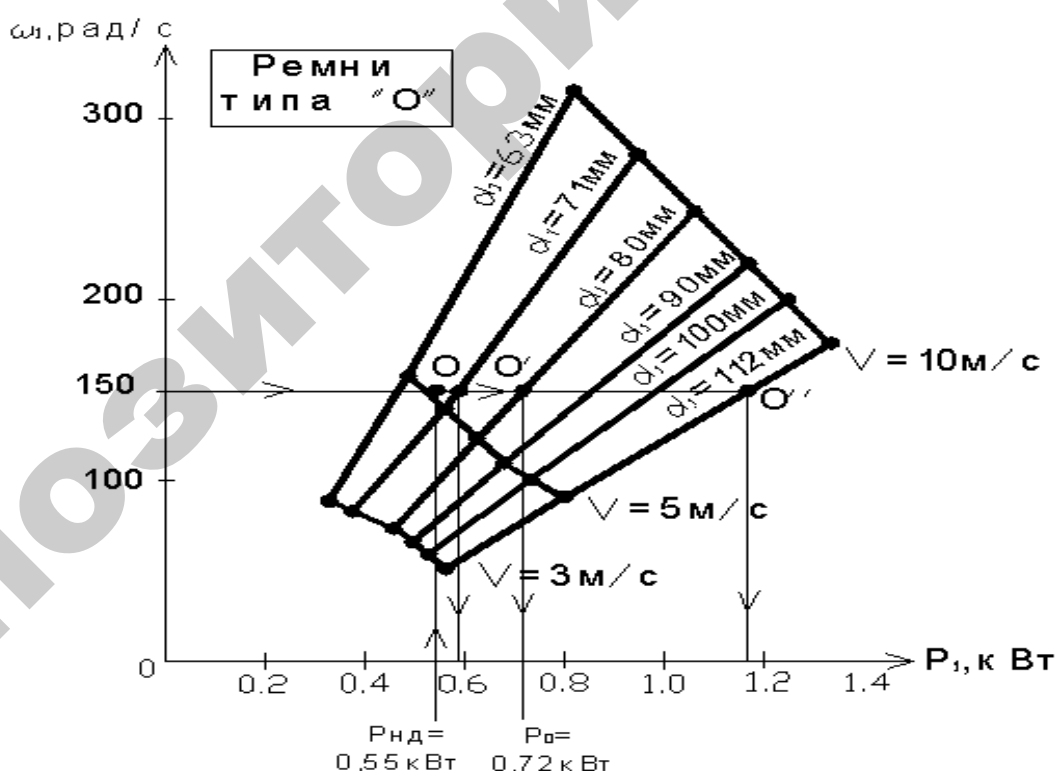


Рисунок 2.1 – Пример определения диаметра d_1 ременной передачи и типа ремня

При выборе рабочей точки O' не рекомендуется заходить в область линейных скоростей выше 15 м/с. Рекомендуется при $P_{н.д}$ до 1 кВт (включительно) брать один ремень типа О, при $P_{н.д}$ от 1 кВт до 2,2 кВт (включительно) – ремень типа А, при $P_{н.д}$ от 2,2 кВт до 4 кВт – ремень типа Б, при больших мощностях – брать несколько ремней типа Б.

Если на рисунке 2.1 при заданной скорости $\omega_{н.д}$ не достаточно мощность, передаваемая одним ремнем, то выбирается два ремня и более или другой тип ремня. Например на рисунке 2.1 требуется передать мощность 1,5 кВт, а возможно предать мощность 1,19 кВт (точка O''). Тогда можно заранее брать два ремня и точку O' искать для мощности $P_{н.д}/2$. Хорошие результаты получаются если точка O' будет в области средних значений на графиках рисунка 2.2.

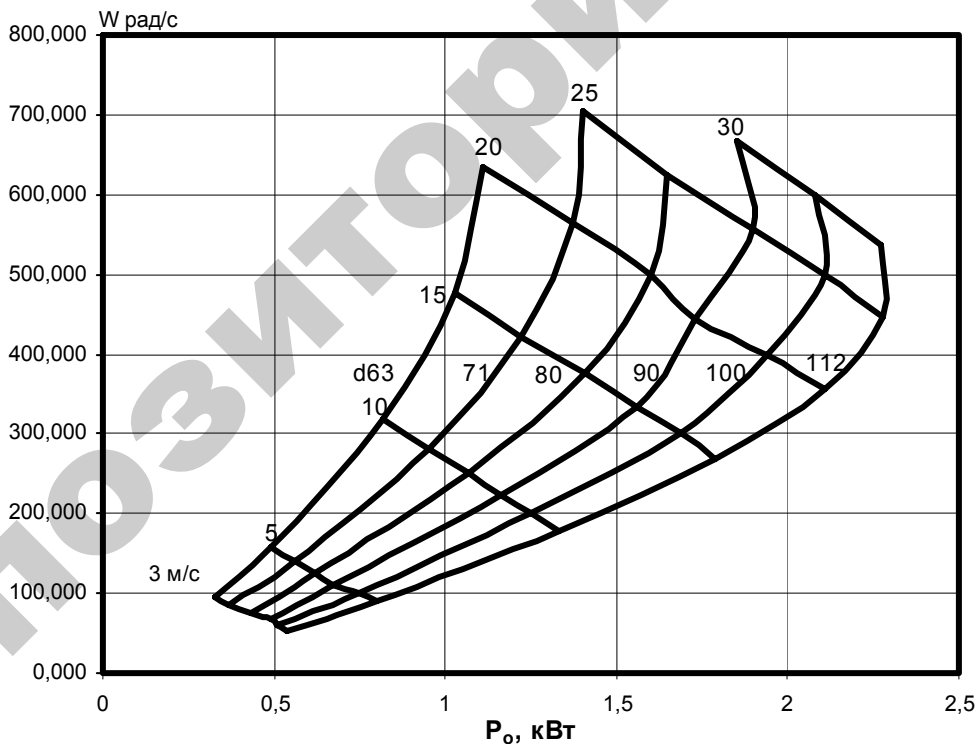


Рисунок 2.2 а – Зависимость передаваемой угловой скорости и передаваемой мощности клиновыми ремнями типа О

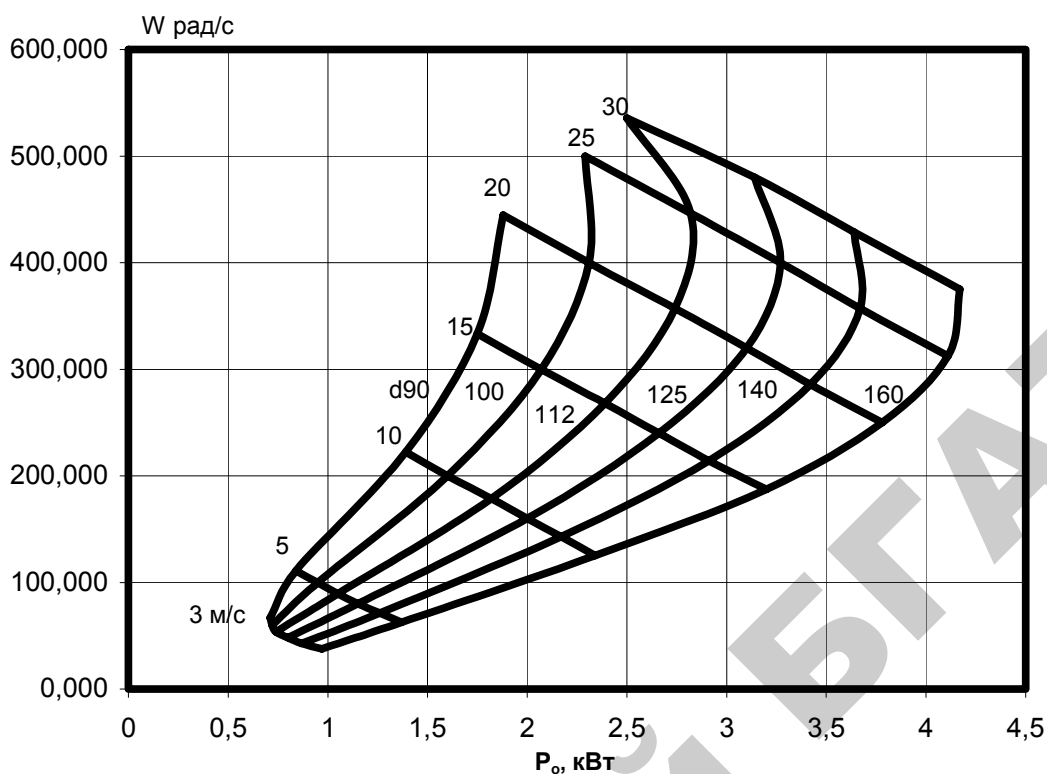


Рисунок 2.2 б – Зависимость передаваемой угловой скорости и передаваемой мощности клиновыми ремнями типа А

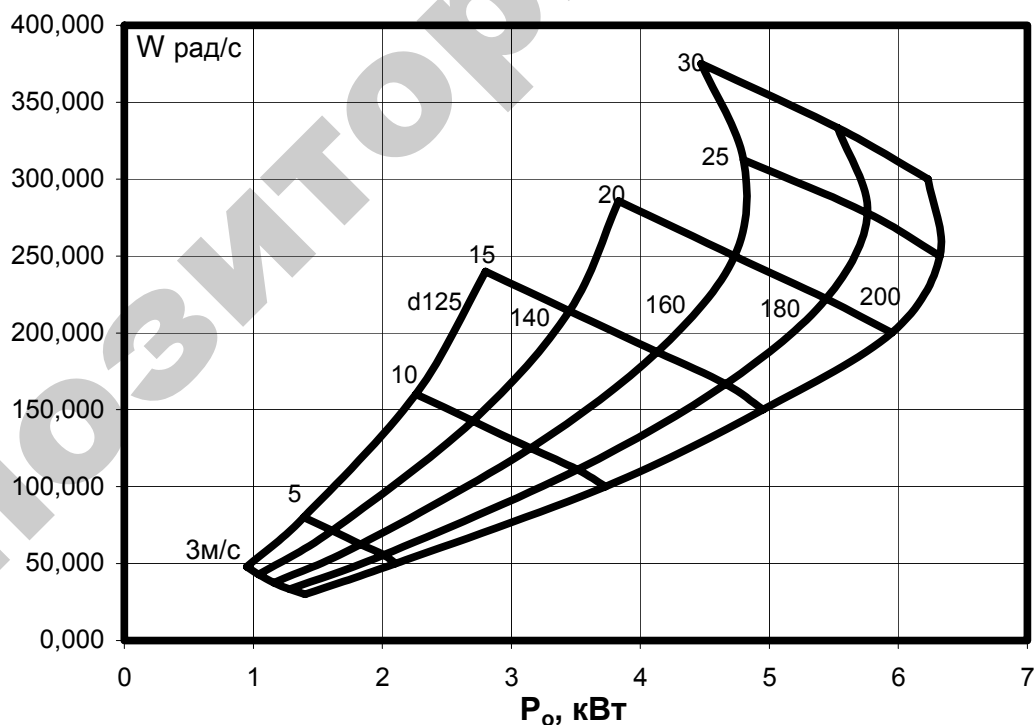


Рисунок 2.2 в – Зависимость передаваемой угловой скорости и передаваемой мощности клиновыми ремнями типа Б

Выбор элементов ременной передачи проводим в последовательности.

1 Выбираем по рисунку 2.2 тип ремня (О, А, Б и т. д.) и диаметр ведущего шкива d_1 . На рисунке 2.2 изображены зависимости $\omega = f(P_0)$ где ω – угловая скорость ведущего шкива передачи, рад/с, а P_0 – мощность на ведущем шкиве передачи, кВт.

В большинстве случаев применения ведущий шкив насаживается на вал электродвигателя и $\omega = \omega_{н.д.}$, а $P_0 = P_{н.д.}$.

На рисунке 2.2 изображены так же линии диаметров ведущего шкива d_1 . Эти линии возрастающие. Они показывают, какую скорость и мощность может передать ременная передача при данном диаметре d_1 . Воспользуемся этими кривыми и определим требуемый диаметр d_1 (и тип ремня). Для этого найдем на графике точку с координатами $\omega_{н.д.}$ и $P_{н.д.}$ (рисунок 2.1) и проведем расчеты, как описано выше.

2 Определяем геометрические размеры передачи, согласовывая их со стандартами.

Диаметр ведомого шкива, мм

$$d_2 = 0,98d_1i . \quad (2.1)$$

Выбрать ближайшее большее значение d_2 из ряда, мм: 71; 80; 90; 100; 112; 125; 140; 160; 180; 200; 224; 250; 315; 355; 400; 450; 500; 630.

Межосевое расстояние, мм

$$a \approx 0,8 (d_1 + d_2). \quad (2.2)$$

Длина ремня, мм:

$$l_p = 2a + \pi \frac{(d_1 + d_2)}{2} + \frac{(d_2 - d_1)^2}{4a}. \quad (2.3)$$

Выбрать ближайшее большее значение l_p из ряда, мм: 400; 450; 500; 630; 710; 800; 900; 1000; 1120; 1250; 1400; 1600; 1800; 2000; 2240; 2500; 2800; 3150; 3550; 4000; 4500.

3 Определяем угол обхвата ведущего шкива:

$$\alpha_1 = 180 - 57,3 \frac{(d_2 - d_1)}{a} \quad (2.5)$$

Угол α_1 должен быть $>120^\circ$.

4 Линейная скорость ремня:

$$v = \omega_n \frac{d_1}{2}, \quad (2.6)$$

где ω_n – номинальная угловая скорость электродвигателя, с^{-1} .

5 Допустимая полезная мощность, кВт, передаваемая одним клиновым ремнём, определяется по формуле:

$$P_{\text{доп}} = P_0 C_\alpha C_v C_\theta C_{pp}, \quad (2.7)$$

где $C_\alpha, C_v, C_\theta, C_{pp}$ – коэффициенты из таблиц 2.5–2.8.

Если значения задаваемых величин не соответствуют числам в таблице 2.5–2.8, то эти числа аппроксимируются по правилам математики. Принять угол наклона ременной передачи 0° . Принять режим работы средний.

6 Найденное по (2.7) значение $P_{\text{доп}}$ должно быть больше значения номинальной мощности электродвигателя $P_{\text{н.д.}}$, а именно:

$$P_{\text{доп}} > P_{\text{н.д.}} \quad (2.8)$$

7 Ширина шкива передачи B зависит от числа и типа ремней и определяется приближённо по формуле:

для клинового ремня

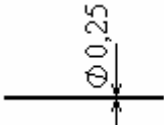
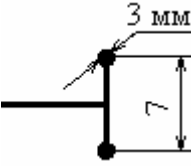
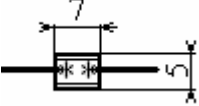
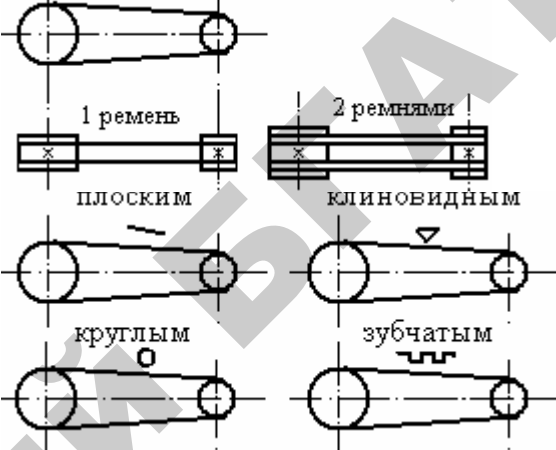


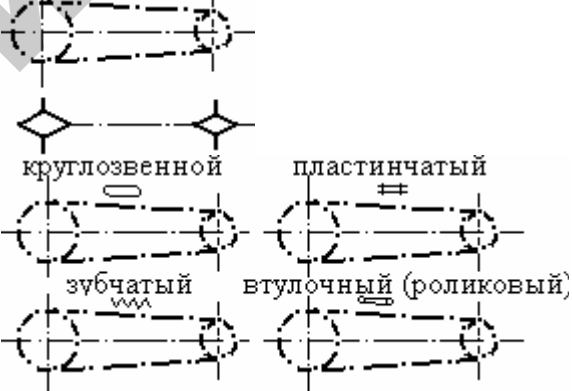
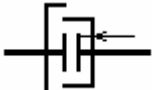
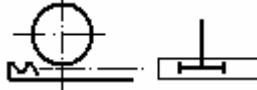
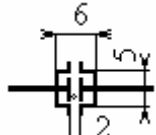

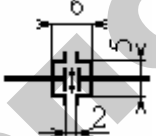

$$B = 1,25 N b + 0,25b \quad (2.11)$$

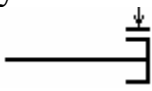
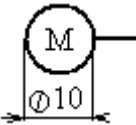

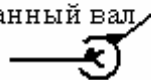

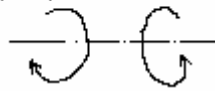
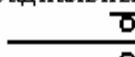
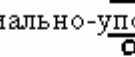

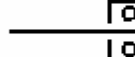
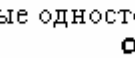
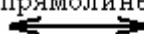


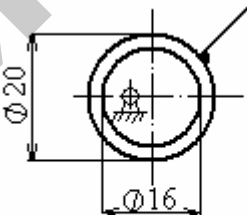
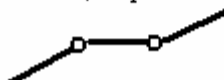
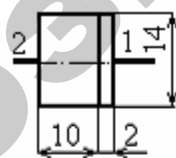
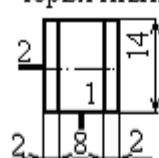
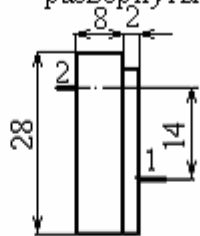

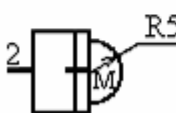
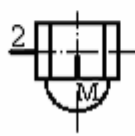
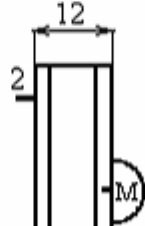


где b – ширина верхней части сечения ремня, мм (по таблице 2.9);

N – количество клиновидных ремней.

Полученные результаты расчетов, а именно тип ремня, количество ремней, длина ремня, диаметры шкивов и их ширина указываются на кинематической схеме (см. пример на рисунке 2.3).

Таблица 2.2 – Основные графические обозначения элементов кинематических схем и обозначения движений

Наименование и обозначение	Наименование и обозначение
<p>Вал, валик, ось, стержень, шатун и т.п.</p> 	<p>Маховик на валу</p> 
<p>Муфта нерасцепляемая (неуправляемая) глухая</p> 	<p>Передача ремнём</p> 
<p>Муфта нерасцепляемая (неуправляемая): упругая  компенсирующая </p>	<p>Передача цепью</p> 
<p>Муфта сцепления механическая: асинхронная, например фрикционная</p> 	<p>Передачи зубчатые реечные</p> 
<p>Муфта автоматическая (самодействующая) обгонная (свободного хода)</p> 	<p>Гайка на винте, передающем движение</p> 
<p>Центробежная фрикционная</p> 	
<p>Муфта автоматическая (самодействующая): предохранительная с разрушающим элементом</p> 	

<p>Наименование и обозначение</p>	<p>Наименование и обозначение</p>			
<p>Тормоз. Общее обозначение без уточнения типа</p> 	<p>Электрический двигатель:</p> 			
<p>Кинематическая пара:</p> <p>винтовая</p>  <p>карданный вал</p> 	<p>Одностороннее движение:</p> <p>прямолинейное</p>  <p>вращательное</p> 			
<p>Подшипники качения:</p> <p>радиальные</p>  <p>радиально-упорные</p>  <p>двухсторонние</p>  <p>упорные односторонние</p>  <p>упорные двухсторонние</p> 	<p>Возвратное движение:</p> <p>прямолинейное</p>  <p>вращательное</p> 			
<p>Гибкий вал для передачи вращающего момента</p> 	<p>Звено рычажных механизмов:</p> <p>эксцентрик</p>  <p>кривошип, коромысло, шатун</p> 			
<p>Редуктор :</p>				
<p>соосный</p> 	<p>червячный</p> 	<p>цилиндрический развёрнутый</p> 	<p>коническо-цилиндрический</p> 	
<p>Мотор-редуктор :</p>				
<p>червячный</p>				
 				

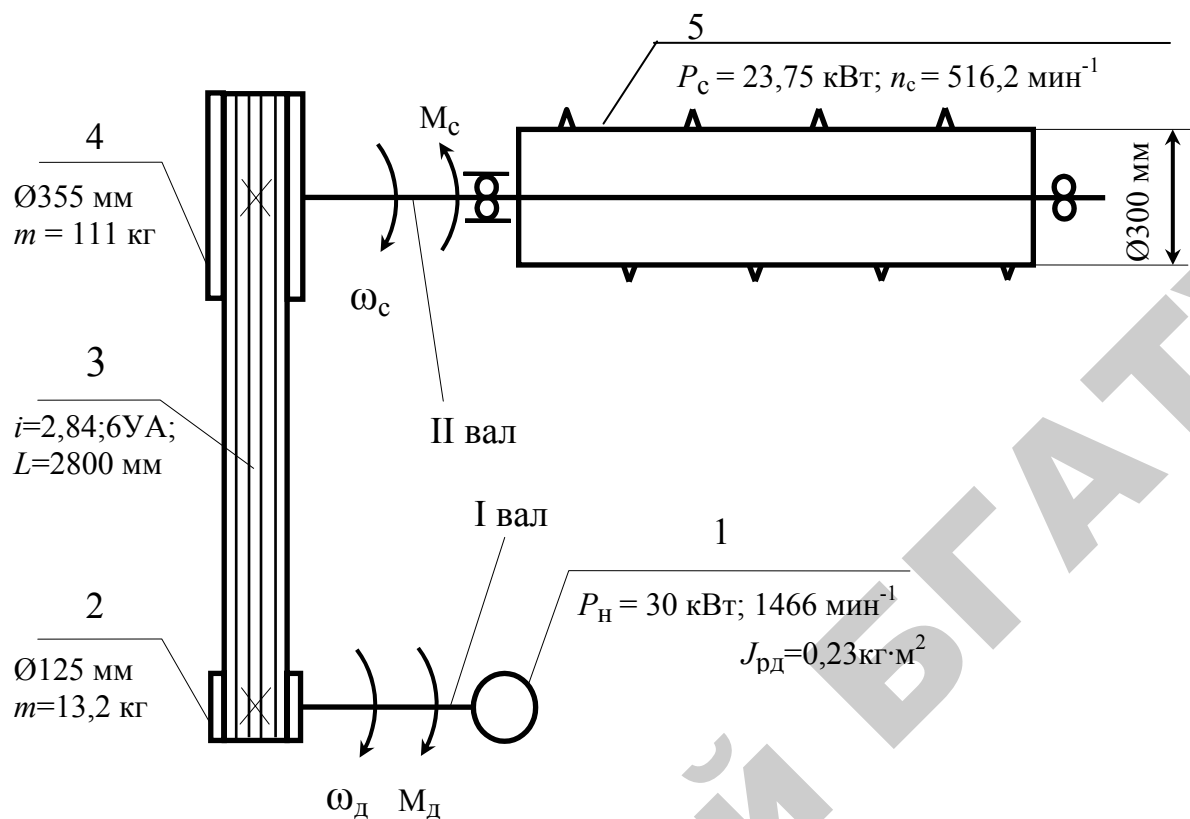


Рисунок 2.3 – Образец составления кинематической схемы

Таблица 2.3 – Параметры ременной передачи

Электродвигатель	Передача	Рабочая машина
$P_{дв} = 25$ кВт	Клиноременная, $i = 2,84$, $\eta = 0,95$	$P_c = 23,75$ кВт
$M_{дв} = 161,6$ Нм	Ремень типа УА	$M_c = 436,2$ Нм
$n_{дв} = 1466$ мин ⁻¹	Количество ремней – 6	$n_c = 516,2$ мин ⁻¹
$\omega_{дв} = 153,19$ рад/с	Длина ремня – 2800 мм	$\omega_c = 53,94$ рад/с

Таблица 2.4 – Перечень элементов ременной передачи

	Наименование	Кол.	Примечание
1	Электродвигатель 4AP180M4BCXY2, $P_n = 30$ кВт	1	$J_{р.д.} = 0,23$ кг·м ²
2	Шкив ведущий на 6 ручьёв, $\varnothing 125$ мм	1	$B = 132,5$ мм
3	Ремень типа УА, длиной 2800 мм	6	–
4	Шкив ведомый на 6 ручьёв $\varnothing 355$ мм	1	$B = 132,5$ мм
5	Шнековый измельчитель, $\varnothing 300$ мм, $L = 3000$ мм	1	–

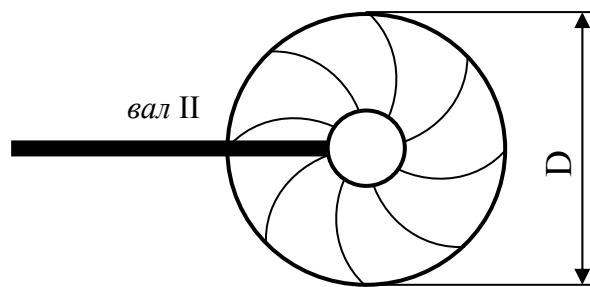


Рисунок 2.4 – Символ колеса вентилятора

К пункту 2.5.2 Пользуясь таблицей 2.2, составить кинематическую схему электропривода.

Образец кинематической схемы шнекового смесителя изображен на рисунке 2.3.

Под кинематической схемой составляется таблица параметров ременной передачи (образец – таблица 2.3) и таблица перечня элементов ременной передачи (образец – таблица 2.4).

Колесо вентилятора изобразить условно в виде символа, показанного на рисунке 2.4. Диаметр (мм) соответствует № вентилятора, умноженному на 100.

Определить параметры составленной кинематической схемы подобно тому, как это сделано на рисунке 2.3.

Таблица 2.5 – Зависимость коэффициента C_α от угла α_1 обхвата малого шкива

$\alpha_1, ^\circ$	180	170	160	150	140	130	120
C_α	1	0,98	0,95	0,92	0,89	0,86	0,83

Таблица 2.6 – Зависимость коэффициента C_v от линейной скорости ремня

$v, \text{ м/с}$	1	5	10	15	20	25	30	35	40
C_v	1,05	1,04	1	0,94	0,85	0,74	0,6	0,58	0,55

Таблица 2.7 – Зависимость коэффициента C_θ от угла наклона ременной передачи

$\theta, ^\circ$	0–60	60–80	80–90
C_θ	1	0,9	0,8

Таблица 2.8 – Значения коэффициента режима работы C_{pp} от условий работы передачи

Режим работы	Весьма тяжёлый (ВТ)	Тяжёлый	Средний	Лёгкий
C_{pp}	0,9	0,95	1	1,05

Таблица 2.9 – Ширина « b » верхней части сечения клинового ремня

Тип сечения	О	А	Б	УО	УА	УБ
Ширина b , мм	10	13	17	10	13	17

2.7 Контрольные вопросы по теме занятия

- 1 По какой формуле определяется диаметр большего шкива клиноременной передачи?
- 2 То же, межосевое расстояние клиноременной передачи.
- 3 Как определяется количество ремней клиноременной передачи?
- 4 Каким символом на кинематической схеме обозначается электродвигатель, мотор-редуктор, упругая муфта, цепная передача, ременная передача, гибкий вал?

2.8 Литература

Электропривод [Текст] : учеб.-метод. пособие по курсовому и дипломному проектированию / В.В. Гурин, Е.В. Бабаева. – Минск : БГАТУ, 2006. – 314 с.

Практическое занятие № 3

СОСТАВЛЕНИЕ РАСЧЕТНЫХ СХЕМ МЕХАНИЧЕСКОЙ ЧАСТИ ЭЛЕКТРОПРИВОДА

Общее время занятия — 2 часа

3.1 Мотивационная характеристика темы

В практической работе инженера встречаются задачи составления расчетных схем механической части электропривода и определения моментов инерции. Поэтому тема занятия актуальна для будущей работы инженера.

3.2 Цель занятия

Научиться составлять расчетную схему механической части электропривода и определять приведенный момент инерции.

3.3 Задача занятия

Для составленной в задаче 2 кинематической схемы электропривода составить расчетную и приведенную одномассовую схему механической части электропривода. Исходные данные приведены в таблице 3.1.

3.4 Контрольные вопросы самоподготовки

- 1 По какой формуле приводятся моменты инерции вращающихся тел к валу электродвигателя?
- 2 По какой формуле приводятся к валу двигателя поступательно движущиеся массы рабочей машины?
- 3 В чем состоит метод редукции при расчете моментов инерции вращающихся тел?
- 4 По какой формуле приводятся к валу электродвигателя моменты сопротивления рабочей машины?

3.5 План занятия

3.5.1 Составить исходную расчетную схему электропривода вентилятора.

3.5.2 Определить моменты инерции элементов схемы.

3.5.3 Составить приведенную двухмассовую схему механической части электропривода.

3.5.4 Составить приведенную одномассовую схему механической части электропривода.

3.6 Методические рекомендации к самостоятельной работе студента

К пункту 3.5.1 На кинематической схеме, составленной в задаче 2, изображены 4 элемента схемы, обладающие моментом инерции:

- 1) электродвигатель;
- 2) ведущий шкив;
- 3) ведомый шкив;
- 4) колесо вентилятора.

Моментом инерции ремней пренебрегаем.

В кинематической схеме можно выделить 3 жесткости:

- 1) жесткость короткого ведущего вала;
- 2) жесткость ременной передачи;
- 3) жесткость длинного ведомого вала.

Жесткость ременной передачи во много раз меньше жесткости валов.

В кинематической схеме просматриваются 2 вала:

- 1) ведущий вал электродвигателя с ведущим шкивом;
- 2) ведомый вал с ведомым шкивом, двумя подшипниками и колесом вентилятора на втором конце.

При изображении расчетной схемы условно моменты инерции изображаются кругом диаметром 10 мм, а жесткости – в виде пружины (///). Чем меньше жесткость пружины, тем больше она содержит витков. Поэтому для

жесткости ведущего вала достаточно изобразить один виток пружины, для ведомого – два витка, для ременной передачи – 8–10 витков.

Пример изображения жесткости ведомого вала и моментов инерции на нем приведен на рисунке 3.1. Дополните эту схему моментом инерции ведомого вала J_2 , жесткостью вала C_1 , моментом инерции двигателя $J_{р.д.}$. Получится исходная расчетная схема механической части электропривода вентилятора.

Придерживайтесь нумерации элементов, приведенных в кинематической схеме.

Таблица 3.1 – Исходные данные

Вариант	Выбранный двигатель	Момент инерции ротора двигателя $J_{р.д.}$, кгм ²	Передаточное число i	Диаметр колеса вентилятора D_5 , м	Диаметр ведущ. шкива d_1 , мм	Диаметр ведомого шкива d_2 , мм	Момент сопротивления $M_{сш}$, Нм	Ширина шкива передачи B , мм
1	АИР71В4	0,0014	0,71	0,3	100	71	2,8	15
2	АИР71В4	0,0014	0,64	0,3	100	71	3,1	15
3	АИР71В4	0,0014	0,59	0,3	100	71	3,0	15
4	АИР80А4	0,0032	0,56	0,3	112	71	3,2	19,5
5	АИР80В4	0,0033	0,51	0,3	125	71	4,2	19,5
6	АИР71А4	0,0013	1,19	0,4	80	100	3,5	15
7	АИР71В4	0,0014	1,09	0,4	100	112	5,0	15
8	АИР80А4	0,0032	0,92	0,4	112	112	6,2	19,5
9	АИР80В4	0,0033	0,81	0,4	125	100	7,8	19,5
10	АИР90L4	0,0056	0,73	0,4	160	125	9,8	19,5
11	АИР100S4	0,0087	0,93	0,5	160	160	15,0	25,5
12	АИР90L4	0,0056	1,05	0,5	160	180	13,2	19,5
13	АИР80В4	0,0033	1,22	0,5	125	160	10,3	19,5
14	АИР80А4	0,0032	1,33	0,5	112	160	9,1	19,5
15	АИР71В4	0,0014	1,42	0,6	100	140	7,0	15
16	АИР80А4	0,0032	1,83	0,6	112	224	12,4	19,5
17	АИР80В4	0,0033	1,63	0,6	125	200	13,6	19,5
18	АИР100S4	0,0087	1,35	0,6	160	224	20,7	25,5
19	АИР100S4	0,0087	1,23	0,6	160	200	23,5	25,5
20	АИР100L4	0,0110	1,14	0,8	200	224	25,6	25,5
21	АИР100S4	0,0087	1,65	0,8	160	315	26,8	25,5

Вариант	Выбранный двигатель	Момент инерции ротора двигателя $J_{р.д.}$, кгм ²	Передаточное число i	Диаметр колеса вентилятора D_5 , м	Диаметр ведущ. шкива d_1 , мм	Диаметр ведомого шкива d_2 , мм	Момент сопротивления $M_{сн}$, Нм	Ширина шкива передачи B , мм
22	АИР100L4	0,0110	1,48	0,8	200	315	31,9	25,5
23	АИР112М4	0,0170	1,37	0,8	160	224	42,0	46,75
24	АИР112М4	0,0170	1,25	0,8	160	224	43,9	46,75
25	АИР132S4	0,0280	1,51	0,8	180	315	62,7	46,75
26	АИР160S4	0,0780	1,27	0,8	180	250	100,9	89,25
27	АИР180S4	0,1500	1,10	0,8	200	224	151,0	110,5
28	АИР180М4	0,19	0,96	0,8	200	200	177,5	174
29	АИР180М4	0,19	1,1	0,8	200	224	164,1	174
30	АИР132S4	0,0280	1,68	0,8	180	315	65,0	46,75

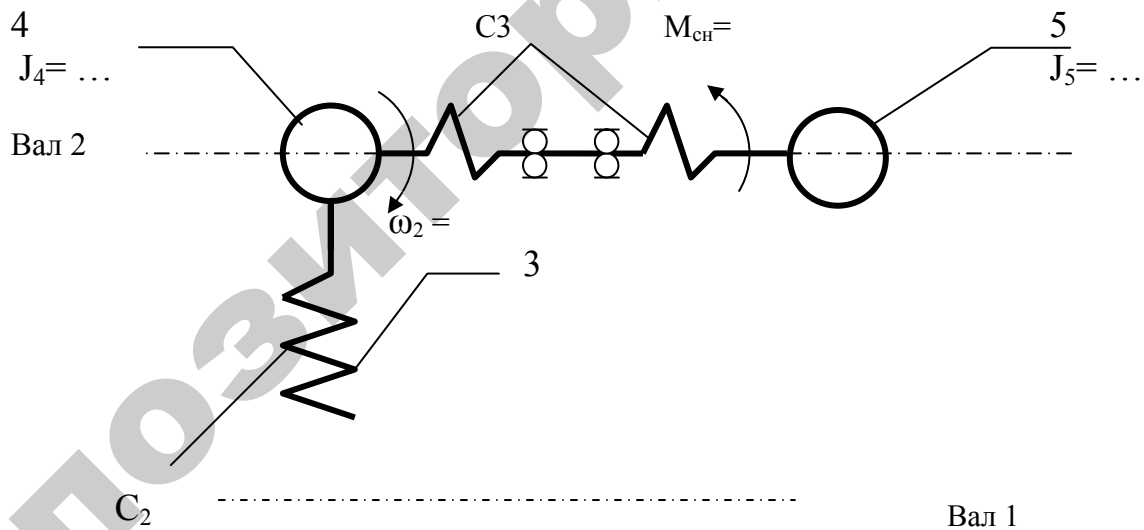


Рисунок 3.1 – Пример изображения фрагмента расчетной схемы механической части привода

К пункту 3.5.2 Моменты инерции вращающихся частей определить методом редукции по формуле:

$$J = \sum mR^2, \quad (3.1)$$

где λ – коэффициент. Для сплошных ременных шкивов $\lambda = 0,7$; для колес вентилятора $\lambda=0,8$;

m – масса шкива (или колеса вентилятора), кг;

R – наружный радиус шкива (или колеса вентилятора), м.

Массу шкива вычислить по формуле:

$$m = \rho V = \rho \left(\frac{\pi d^2}{4} B \right), \quad (3.2)$$

где ρ – удельный вес стали; $\rho = 7800$ кг/м³;

d – диаметр шкива, м;

B – ширина шкива, м.

Массу колеса вентилятора вычислить по эмпирической формуле:

$$m = 22D_5^2, \quad (3.3)$$

где D_5 – диаметр колеса вентилятора, м, см. таблицу 3.1.

По (3.1)–(3.3) вычислить J_2 , J_4 , J_5 и записать их значения на рисунке, составленном подобно рисунку 3.1.

К пункту 3.5.3 Приведенная двухмассовая схема составляется в предположении, что жесткостью валов пренебрегаем, а моменты инерции на валу 1 и валу 2 определяются по формулам:

$$J_1 = J_{p,d} + J_2, \quad (3.4)$$

где J_2 – момент инерции ведущего шкива, кг·м²;

$$J_3 = J_4 + J_5, \quad (3.5)$$

где J_4 и J_5 – моменты инерции ведомого шкива и колеса вентилятора, кгм².

При построении двухмассовой схемы учитываем жесткость клиноременной передачи. Составляем двухмассовую схему.

К пункту 3.5.4 Приведенная одномассовая схема составляется в предположении, что всеми жесткостями пренебрегаем, а моменты инерции второго вала приводим к первому валу по формуле:

$$J'_{\text{пр}2} = \frac{J_4 + J_5}{i^2}, \quad (3.6)$$

где i – передаточное отношение ременной передачи.

Общий приведенный момент инерции, действующий на валу 1:

$$J_{\text{пр}} = (J_{\text{р.д.}} + J_2) + J'_{\text{пр}2}, \quad (3.7)$$

Момент сопротивления приводится к валу электродвигателя по формуле:

$$M'_{\text{сн}} = \frac{M_{\text{сн}}}{i^3_{\text{пер}}}, \quad (3.8)$$

где $\eta_{\text{пер}}$ – КПД ременной передачи, $\eta_{\text{пер}} = 0,95$.

Составляем одномассовую схему механической части электропривода и проставляем на ней приведенные величины момента инерции, момента сопротивления, момента двигателя и скорости.

3.7 Контрольные вопросы по теме занятия

- 1 Что называется расчетной схемой механической части электропривода?
- 2 Какие параметры указываются на расчетной схеме механической части электропривода?
- 3 Расскажите методику построения исходной расчетной схемы механической части электропривода.
- 4 Расскажите построение одномассовой расчетной схемы механической части электропривода.

3.8 Литература

Электропривод [Текст] : учеб.-метод. пособие по курсовому и дипломному проектированию / В.В. Гурин, Е.В. Бабаева. – Минск : БГАТУ, 2006. – 314 с.

Практическое занятие № 4
ПОСТРОЕНИЕ МЕХАНИЧЕСКОЙ И ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКОЙ
ХАРАКТЕРИСТИК ТРЕХФАЗНОГО АСИНХРОННОГО
ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ

Общее время занятия — 2 часа

4.1 Мотивационная характеристика темы

В практической работе инженера встречаются задачи определения параметров механической и электромеханической характеристик трехфазного асинхронного электродвигателя. Поэтому тема занятия актуальна для будущей работы инженера.

4.2 Цель занятия

Освоить методику уточненного расчета механической характеристики и упрощенного расчета электромеханической характеристики асинхронного электродвигателя.

4.3 Задача занятия

По данным, приведенным в таблице 4.1, построить механическую и электромеханическую характеристики электродвигателя.

4.4 Контрольные вопросы самоподготовки

- 1 Что называется механической характеристикой электродвигателя?
- 2 Что называется электромеханической характеристикой электродвигателя?
- 3 Какие характерные точки различают на механической характеристике асинхронного электродвигателя?

4.5 Программа занятия

4.5.1 Рассчитать и построить механическую характеристику АД при номинальном напряжении.

4.5.2 Рассчитать и построить электромеханическую характеристику АД при номинальном напряжении.

Таблица 4.1 – Исходные данные

Вариант	Выбранный двигатель	Номинальная мощность выбранного двигателя P_H , кВт	Номинальная угловая скорость двигателя ω_H , рад/с	Кратности моментов, о.е.			Кратность пускового тока k_i	$\cos\varphi_H$	КПД номинальный η_H , о.е.
				пускового $\mu_{пуск}$	критического μ_{max}	минимального μ_{min}			
1	АИР71В4	0,75	141,8	2,2	2,2	1,6	5	0,76	0,73
2	АИР71В4	0,75	141,8	2,2	2,2	1,6	5	0,76	0,73
3	АИР71В4	0,75	141,8	2,2	2,2	1,6	5	0,76	0,73
4	АИР80А4	1,1	146,5	2,2	2,2	1,6	5,5	0,81	0,75
5	АИР80В4	1,5	146,5	2,2	2,2	1,6	5,5	0,83	0,78
6	АИР71А4	0,55	142,5	2,3	2,2	1,8	5	0,70	0,705
7	АИР71В4	0,75	141,8	2,2	2,2	1,6	5	0,76	0,73
8	АИР80А4	1,1	146,5	2,2	2,2	1,6	5,5	0,81	0,75
9	АИР80В4	1,5	146,5	2,2	2,2	1,6	5,5	0,83	0,78
10	АИР90L4	2,2	146,5	2,1	2,2	1,6	6,5	0,83	0,81
11	АИР100S4	3	148,1	2,0	2,2	1,6	7	0,83	0,82
12	АИР90L4	2,2	146,5	2,1	2,2	1,6	6,5	0,83	0,81
13	АИР80В4	1,5	146,5	2,2	2,2	1,6	5,5	0,83	0,78
14	АИР80А4	1,1	146,5	2,2	2,2	1,6	5,5	0,81	0,75
15	АИР71В4	0,75	141,8	2,2	2,2	1,6	5	0,76	0,73
16	АИР80А4	1,1	146,5	2,2	2,2	1,6	5,5	0,81	0,75
17	АИР80В4	1,5	146,5	2,2	2,2	1,6	5,5	0,83	0,78
18	АИР100S4	3	148,1	2,0	2,2	1,6	7	0,83	0,82
19	АИР100S4	3	148,1	2,0	2,2	1,6	7	0,83	0,82
20	АИР100L4	4	148,1	2,0	2,2	1,6	7	0,84	0,85
21	АИР100S4	3	148,1	2,0	2,2	1,6	7	0,83	0,82
22	АИР100L4	4	148,1	2,0	2,2	1,6	7	0,84	0,85
23	АИР112M4	5,5	150,4	2,0	2,5	1,6	7	0,86	0,855
24	АИР112M4	5,5	150,4	2,0	2,5	1,6	7	0,86	0,855
25	АИР132S4	7,5	151,2	2,2	2,2	1,6	5,5	0,81	0,75
26	АИР160S4	15	152,8	1,9	2,9	1,8	7	0,89	0,9
27	АИР180S4	22	153,6	1,7	2,4	1,5	7	0,87	0,905
28	АИР180M4	30	154,4	2,0	2,2	1,6	7	0,84	0,85
29	АИР180M4	30	154,4	2,0	2,2	1,6	7	0,83	0,82
30	АИР132S4	7,5	151,2	2,0	2,5	1,6	7,5	0,86	0,875

4.6 Методические указания к самостоятельной работе студента

К пункту 4.5.1 Механическую характеристику асинхронного электродвигателя рассчитывают по уточненной формуле Клосса:

$$M = \frac{2M_{\max}(1+E)}{\frac{S}{S_{\max}} + \frac{S_{\max}}{S} + 2E} \quad (4.1)$$

где M , M_{\max} – рассчитываемый и максимальный моменты, Н·м;

E – коэффициент, $E = f(S)$;

S , S_{\max} – задаваемое значение скольжения и максимальное (критическое) скольжение (если S_{\max} не задано, то находится по формуле (4.2)), о.е.

$$S_{\max} = S \frac{\mu_{\max} + \sqrt{\mu^2 + 2S_{\text{H}}(\mu_{\max} - 1)} - 1}{1 - 2S_{\text{H}}(\mu_{\max} - 1)} \quad (4.2)$$

где μ_{\max} – кратность максимального момента электродвигателя;

S_{H} – номинальное скольжение, о.е.

Рекомендуется брать значения скольжения, приведенные в таблице 4.1.

Максимальный (критический) момент:

$$M_{\max} = M_{\text{H}} \mu_{\max}, \quad (4.3)$$

где M_{H} – номинальный момент, Н·м;

μ_{\max} – кратность максимального момента, о.е.;

Номинальный момент:

$$M_{\text{H}} = P_{\text{H}} / \omega_{\text{H}} \quad (4.4)$$

где ω_{H} номинальная угловая скорость, рад/с;

$$\left. \begin{aligned} \omega_{\text{H}} &= \omega_0 (1 - S_{\text{H}}), \\ \omega_{\text{H}} &= \frac{\pi n_{\text{H}}}{30} = 0,105 n_{\text{H}}, \\ \omega_0 &= \frac{\pi n_{\text{H}}}{30}, \quad n_0 = \frac{60 f_{\text{H}}}{p}, \end{aligned} \right\} \quad (4.5)$$

где n_0 – синхронная частота вращения ротора, мин^{-1} ;

ω_0 – синхронная угловая скорость, рад/с ;

f_{H} – частота тока в сети, Гц;

p – количество пар полюсов. Последняя цифра в обозначении типа электродвигателя (таблица 4.1) указывает на количество полюсов. Пар полюсов в 2 раза меньше числа полюсов.

Коэффициент E находится в сложной зависимости от скольжения S . Изобразите изменение коэффициента $E = f(S)$ в виде ломаной линии, подобно рисунку 4.1, вычислив его значения по формуле (4.6) в четырех характерных точках:

- 1) при $S = S_{\text{H}}$ имеем $\mu = \mu_{\text{H}} = 1$, а коэффициент $E = E_{\text{H}}$;
- 2) при $S = S_{\text{max}}$ имеем $\mu = \mu_{\text{max}}$, а коэффициент $E = 0$;
- 3) при $S = S_{\text{min}} = 0,85$ имеем $\mu = \mu_{\text{min}}$, а коэффициент $E = E_{\text{min}}$;
- 4) при $S = 1$ имеем $\mu = \mu_{\text{пуск}}$, а коэффициент $E = E_{\text{пуск}}$.

Значения « E » в этих точках вычисляются по выражению (4.6), подставляя в его значения S и μ в характерных точках (1), (3), (4).

$$E = \frac{\frac{S}{S_{\text{max}}} + \frac{S_{\text{max}}}{S} - \frac{2\mu_{\text{max}}}{\mu}}{\frac{2\mu_{\text{max}}}{\mu} - 2} \quad (4.6)$$

Если $\mu_{\text{max}} = \mu_{\text{пуск}}$, то имеем по (4.6) деление на ноль. Чтобы этого избежать, принимаем $\mu_{\text{max}} = 0,95\mu_{\text{пуск}}$ для (4.6).

По полученным четырем точкам постройте ломаную линию $E = f(S)$, подобно рисунку 4.1.

Далее задаемся значением скольжения S , находим E по кривой $E = f(S)$ и вычисляем момент по уравнению (4.1).

По данным таблицы 4.1 строится механическая характеристика электродвигателя $\omega = f(M)$ при $U_{\text{ном}}$.

К пункту 4.5.2 Электромеханическую характеристику $\omega = f(I)$ асинхронного электродвигателя строим по четырем точкам:

- 1) ω_n при I_n ;
- 2) ω_0 при I_0 ;
- 3) ω_k при I_{sk} ;
- 4) ω при $I_{\text{пуск}}$

Ток холостого хода (в относительных единицах) определяется по выражению:

$$i_0 = \sin \varphi_i \frac{\cos \varphi_i}{\mu_{\max} + \sqrt{\mu_{\max}^2 - 1}} \quad (4.7)$$

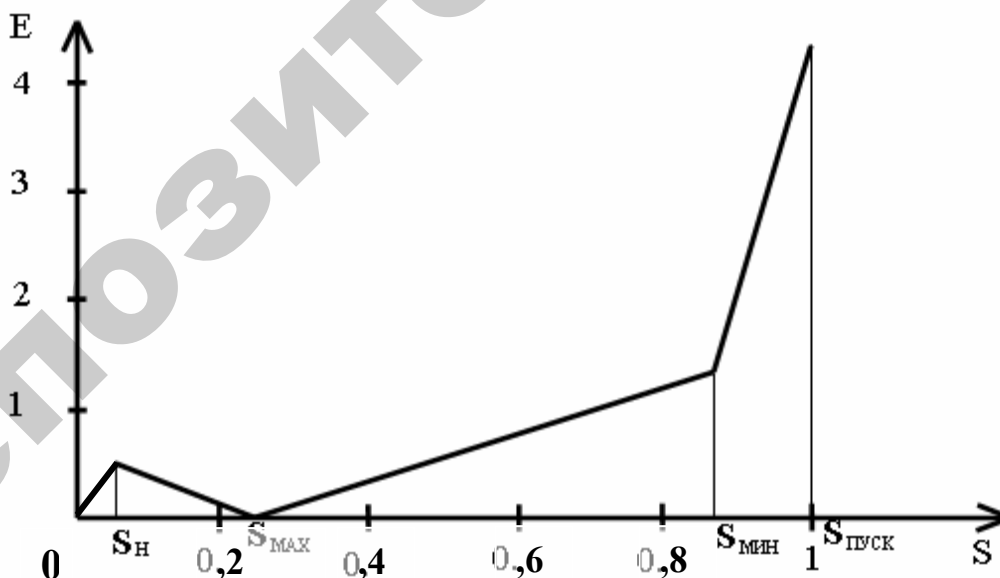


Рисунок 4.1 – Примерный вид зависимости $E = f(S)$ для асинхронных электродвигателей (возможны отрицательные значения E)

Ток при максимальном (критическом) скольжении в относительных единицах, определяется по выражению:

$$i_{sk} = \sqrt{i_0^2 + (1 - i_0^2) \frac{\mu_{\max} S_{\max}}{S_H}} \quad (4.8)$$

Номинальный ток I_H определяется:

$$I_H = \frac{P_H}{\sqrt{3} U_H \cos \varphi_H \eta_H} \quad (4.9)$$

Номинальный ток в относительных единицах равен 1. Кратность пускового тока i_n в относительных единицах указывается в каталогах или справочниках (см. таблицу 4.1).

Пересчет тока в именованные единицы производится по формулам:

$$\left. \begin{aligned} I_0 &= i_0 I_H \\ I_{sk} &= i_{sk} I_H \\ I_{\text{пуск}} &= i_{\text{пуск}} I_H \end{aligned} \right\} \quad (4.10)$$

Пересчет скольжений в угловую скорость производится по формуле, приведенной в таблице 4.2.

При I_0 скольжение равно 0, при I_H скольжение равно S_H , при I_{sk} скольжение равно S_K , при $I_{\text{пуск}}$ скольжение равно 1.

Графики механической и электромеханической характеристик имеют вид рисунка 4.2.

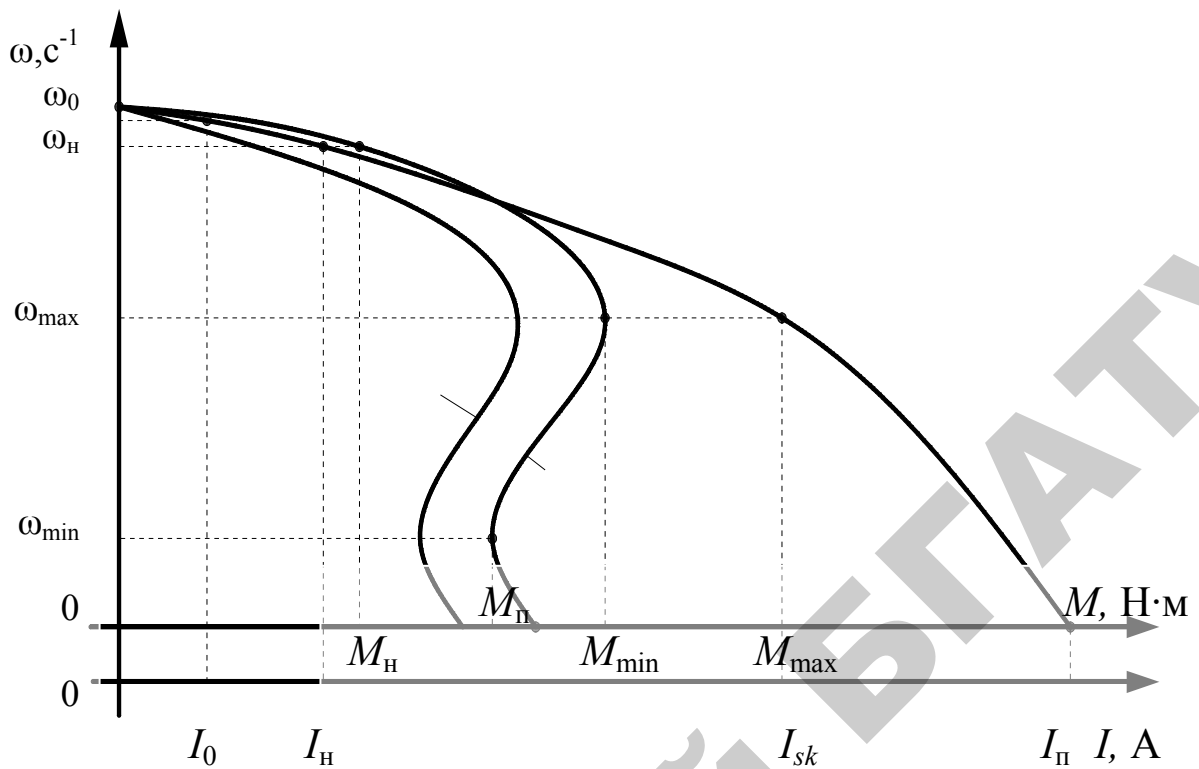


Рисунок 4.2 – Механические характеристики $\omega = f(M)$ асинхронного электродвигателя при номинальном и пониженном до $0,9 U_{\text{НОМ}}$ напряжениях, а также электромеханическая характеристика $\omega = f(I)$ электродвигателя

Таблица 4.2 – Результаты расчета механической характеристики асинхронного электродвигателя при $U_{\text{НОМ}}$ и при $U = 0,9 U_{\text{НОМ}}$

Расчетные величины	Значения расчетной величины при скольжении S									
	S_H	$2S_H$	$4S_H$	S_{max}	0,4	0,6	0,7	0,85	0,9	1,0
E по графику $E = f(S)$				0						
$(1+E)$				1						
$2E$				0						
S/S_{max}										
S_{max}/S										
$S/S_{\text{max}} + S_{\text{max}} S + 2E$										
$2M_{\text{max}} (1+E)$										
$M = \frac{2M_{\text{max}} (1+E)}{\frac{S}{S_{\text{max}}} + \frac{S_{\text{max}}}{S} + 2E}$										
$\omega_H = \omega_0 (1 - S_H)$										
$M = M u^2 = M 0,9^2$										

4.7 Контрольные вопросы

- 1 Расскажите методику расчета механической характеристики АД.
- 2 Как изменяется механическая характеристика при пониженном напряжении?
- 3 Расскажите методику построения электромеханической характеристики.

4.8 Литература

Электропривод [Текст] : учеб.-метод. пособие по курсовому и дипломному проектированию / В.В. Гурин, Е.В. Бабаева. – Минск : БГАТУ, 2006. – 314 с.

Практическое занятие № 5
ГРАФОАНАЛИТИЧЕСКИЙ РАСЧЕТ ВРЕМЕНИ ПУСКА
АСИНХРОННОГО ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ

Общее время занятия - 2 часа

5.1 Мотивационная характеристика темы

В практической работе инженера встречается задача расчета времени пуска электропривода. Поэтому тема занятия актуальна для будущей работы инженера.

5.2 Цель занятия

Научиться рассчитывать продолжительность пуска электродвигателя и строить кривую изменения скорости электропривода.

5.3 Задача занятия

Рассчитать продолжительность пуска электродвигателя по формуле и сравнить его со значением, полученным графоаналитическим путем.

5.4 Контрольные вопросы самоподготовки

- 1 Запишите основное уравнение движения электропривода.
- 2 От каких параметров зависит время пуска электропривода?

5.5 План занятия

5.5.1 Выписать технические данные электродвигателя из таблицы 5.1. Выписать исходные данные по рабочей машине: приведенный момент сопротивления $M_{сн}'$, приведенный момент инерции $J_{пр}$.

5.5.2 Построить естественную механическую характеристику электродвигателя.

5.5.3 Построить на том же графике механическую характеристику рабочей машины, приведенную к валу двигателя.

5.5.4 Рассчитать продолжительность разгона электродвигателя при пуске по формуле (5.1).

Таблица 5.1 – Исходные данные

Вариант	Данные по электродвигателю						Рабочая машина	
	Выбранный двигатель	Номинальная мощность выбранного двигателя P_n , кВт	Номинальная угловая скорость двигателя ω_n , рад/с	Кратности моментов, о.е.			Приведенный момент сопротивления $M_{сн}$, Н·м	Приведенный момент инерции $J_{пр}$, кгм ²
				пускового $\mu_{пуск}$	критического μ_{max}	минимального μ_{min}		
1	АИР71В4	0,75	141,8	2,2	2,2	1,6	4,1	0,0748
2	АИР71В4	0,75	141,8	2,2	2,2	1,6	5,1	0,0898
3	АИР71В4	0,75	141,8	2,2	2,2	1,6	5,3	0,1063
4	АИР80А4	1,1	146,5	2,2	2,2	1,6	6,0	0,1205
5	АИР80В4	1,5	146,5	2,2	2,2	1,6	8,8	0,1502
6	АИР71А4	0,55	142,5	2,3	2,2	1,8	3,1	0,0829
7	АИР71В4	0,75	141,8	2,2	2,2	1,6	4,8	0,0999
8	АИР80А4	1,1	146,5	2,2	2,2	1,6	7,1	0,1448
9	АИР80В4	1,5	146,5	2,2	2,2	1,6	10,1	0,1817
10	АИР90L4	2,2	146,5	2,1	2,2	1,6	14,1	0,2388
11	АИР100S4	3	148,1	2,0	2,2	1,6	17,1	0,3687
12	АИР90L4	2,2	146,5	2,1	2,2	1,6	13,2	0,2906
13	АИР80В4	1,5	146,5	2,2	2,2	1,6	8,9	0,2022
14	АИР80А4	1,1	146,5	2,2	2,2	1,6	7,2	0,1693
15	АИР71В4	0,75	141,8	2,2	2,2	1,6	5,2	0,2899
16	АИР80А4	1,1	146,5	2,2	2,2	1,6	7,1	0,1923
17	АИР80В4	1,5	146,5	2,2	2,2	1,6	8,8	0,2363
18	АИР100S4	3	148,1	2,0	2,2	1,6	16,2	0,3794
19	АИР100S4	3	148,1	2,0	2,2	1,6	20,0	0,4300
20	АИР100L4	4	148,1	2,0	2,2	1,6	23,7	1,4973
21	АИР100S4	3	148,1	2,0	2,2	1,6	17,2	0,7920
22	АИР100L4	4	148,1	2,0	2,2	1,6	22,7	0,9997
23	АИР112M4	5,5	150,4	2,0	2,5	1,6	32,3	1,0812
24	АИР112M4	5,5	150,4	2,0	2,5	1,6	36,8	1,2480
25	АИР132S4	7,5	151,2	2,0	2,5	1,6	43,6	1,0847
26	АИР160S4	15	152,8	1,9	2,9	1,8	83,4	1,5208
27	АИР180S4	22	153,6	1,7	2,4	1,5	145,0	2,0852
28	АИР180M4	30	154,4	2,0	2,2	1,6	193,7	2,2173
29	АИР180M4	30	154,4	2,0	2,2	1,6	156,7	1,7142
30	АИР132S4	7,5	151,2	2,0	2,5	1,6	40,7	0,8939

5.5.5 Построить кривую изменения скорости электродвигателя при пуске. Определить время пуска из графика.

5.6 Методические указания к самостоятельной работе студента

К пункту 5.5.2 Механическую характеристику построить по данным задачи 4. Контрольные точки этой характеристики приведены в таблице 5.1.

К пункту 5.5.3 Принять, что электродвигатель приводит в движение транспортер. Механическую характеристику транспортера построить по уравнению $M_{сн}' = const$. Значение $M_{сн}'$ приводится в таблице 5.1. Транспортер имеет момент трогания $M_{с трог} = 1,3 M_{сн}'$.

К пункту 5.5.4 Продолжительность разгона электродвигателя при пуске

$$t_{п} = \frac{J_{пр} \omega_{н}}{(M_{э} - M_{сн}')}, \quad (5.1)$$

где $M_{э}$ – момент эффективный, определяется по формуле (5.2), Н·м;

$M_{сн}'$ – момент сопротивления рабочей машины, Н·м;

$\omega_{н}$ – номинальная угловая скорость электродвигателя, рад/с;

$J_{пр}$ – приведенный момент инерции электропривода.

Эффективный момент электродвигателя при пуске определяется по формуле:

$$M_{э} = \frac{M_{к} S_{к}}{(0,25 + 1,5 S_{к}^2)}, \quad (5.2)$$

где $M_{к}$ – критический момент электродвигателя, Н·м;

$S_{к}$ – критическое скольжение, о.е.

К пункту 5.5.5 Для построения кривой изменения скорости электропривода при пуске необходимо провести построения по форме рисунка 5.1. Сначала в правой части графика надо построить в масштабе механическую характеристику электродвигателя. В том же масштабе построить механиче-

скую характеристику рабочей машины. Затем нужно построить кривую изменения избыточного момента, отнимая в каждой точке скорости от момента двигателя момент сопротивления. Далее линию скорости разбивают на участки через $\Delta\omega = 20$ рад/с и проводят горизонтальные линии. На каждом участке скорости находят $M_{\text{дин}}$ и принимают $M_{\text{дин}} = \text{const}$. Таким образом, мы получили ломаную ступенчатую линию динамического момента (рисунок 5.1).

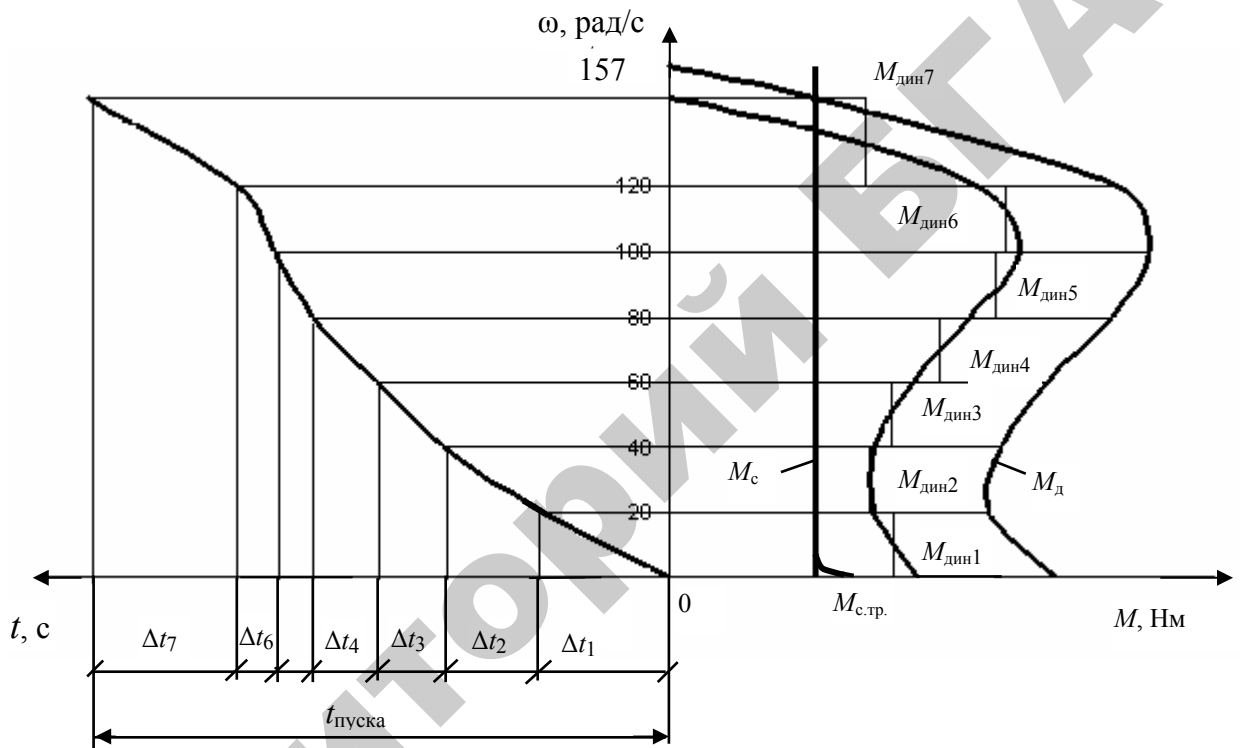


Рисунок 5.1 – Построение кривой изменения скорости электродвигателя при пуске

Записать значения $\Delta\omega_i$ и $M_{\text{дин}i}$ в виде таблицы 5.2.

Таблица 5.2 – Расчетные значения приращения скорости и динамического момента

Параметр	Значения на участках						
	1	2	3	4	5	6	7
$\Delta\omega$, рад/с							
$M_{\text{дин}}$, Н·м							
Δt , с							

Время изменения скорости на любом участке равно:

$$\Delta t_i = \frac{J_{\text{пр}} \Delta \omega_i}{M_{\text{дин } i}}, \quad (5.6)$$

где $\Delta \omega_i$ – изменение скорости на участке i , рад/с;

$M_{\text{дин } i}$ – динамический момент на участке i , Н·м.

Например, на участке $i = 1$:

$$\Delta t_1 = \frac{J_{\text{пр}} \Delta \omega_1}{M_{\text{дин } 1}}$$

На участке $i = 2$

$$\Delta t_2 = \frac{J_{\text{пр}} \Delta \omega_2}{M_{\text{дин } 2}} \text{ и т. д.}$$

Общее время пуска $t_{\text{п}} = \sum \Delta t_i$.

Сравнить время, полученное аналитическим путем (по формуле (5.1)), и время, полученное графоаналитическим расчетом. Графоаналитический расчет является более точным.

5.7 Контрольные вопросы по теме занятия

- 1 По какой формуле определяется продолжительность пуска аналитическим расчетом?
- 2 Как определяется динамический момент двигателя?
- 3 Расскажите методику графоаналитического расчета времени пуска.

5.8 Литература

Чиликин, М.Г. Общий курс электропривода [Текст] : учебник. – 6-е изд. доп. и перераб / М.Г. Чиликин, А.С. Сандлер. – Москва : Энергоиздат, 1981. – 576 с.

Практическое занятие № 6
ВЫБОР АСИНХРОННОГО ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ ДЛЯ ПРИВОДА
СКРЕПЕРНЫХ НАВОЗООБОРОЧНЫХ УСТАНОВОК С ДВУМЯ
РАБОЧИМИ КАНАЛАМИ

Общее время занятия – 2 часа

6.1 Мотивационная характеристика темы

В практической работе инженера встречаются задачи выбора электродвигателя для привода скреперных установок возвратно-поступательного движения с двумя рабочими каналами. Поэтому тема занятия актуальна для будущей работы инженера.

6.2 Цель занятия

Освоить методику выбора электродвигателя для привода скреперной установки возвратно-поступательного движения с двумя рабочими органами.

6.3 Задача занятия

В хозяйстве решили использовать скреперные транспортеры для уборки навоза на ферме КРС и на свиноводческой ферме. Длину транспортеров определили по месту их применения. Редукторы – от ранее использованных транспортеров. На выходном валу редуктора находится литая звездочка для круглозвенной цепи, шаг цепи $b = 0,23$ м. Привод обеспечивает перемещение цепи со скоростью, приведенной в таблице 6.1.

На ферме КРС решено использовать скреперные установки в двух открытых каналах, аналогичные промышленным типа УС-Ф-170, рисунок 6.1, [1]. Тяговый орган - круглозвенная цепь 6. Она находится на участке между первыми скребками каналов, захватывая приводную звездочку, и передними скребками каналов, захватывая поворотные звездочки. Между скреперами находятся промежуточные штанги 5.

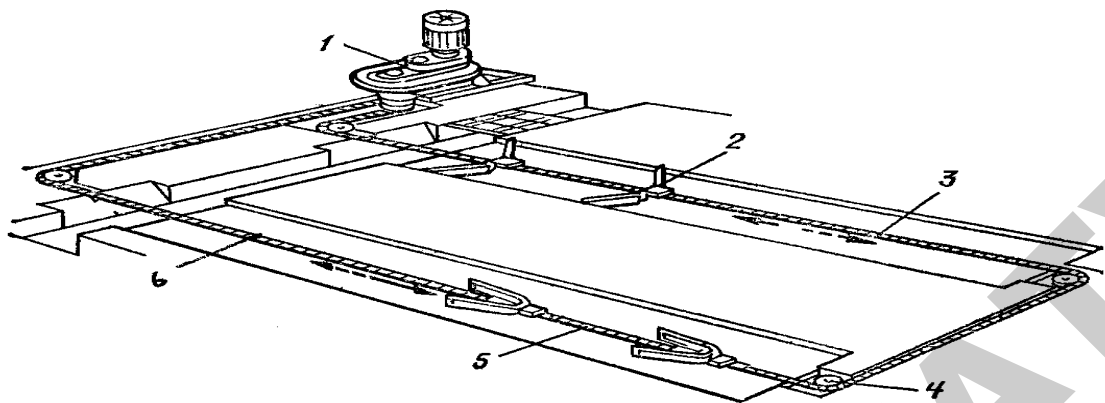


Рисунок 6.1 – Промышленная скреперная установка типа УС-Ф-170:
 1 – привод; 2 – скрепер; 3 – рабочий контур; 4 – поворотное устройство;
 5 – промежуточная штанга, 6 – круглозвенная цепь

Складывающийся скрепер изображен на рисунке 6.2 в рабочем положении при движении в направлении сплошной стрелки. Он складывается, если движется в направлении пунктирной стрелки (рисунок 6.2).

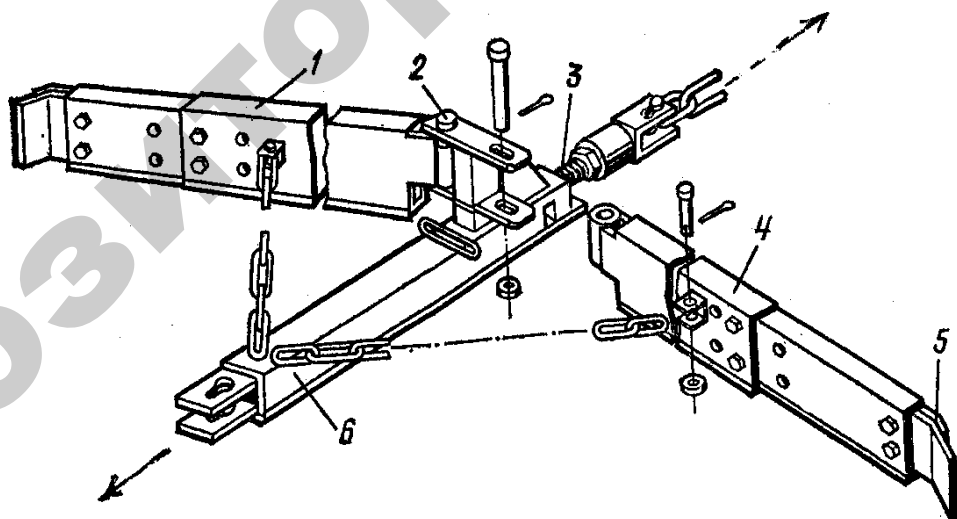


Рисунок 6.2 – Складывающийся скрепер установки УС-Ф-170:
 1, 4 – скребки; 2 – шарнир; 3 – натяжное устройство; 5 – резиновый чистик; 6 – ползун

Технологическая схема работы скреперной установки с двумя рабочими каналами и двумя скреперами в канале приведена на рисунке 6.3.

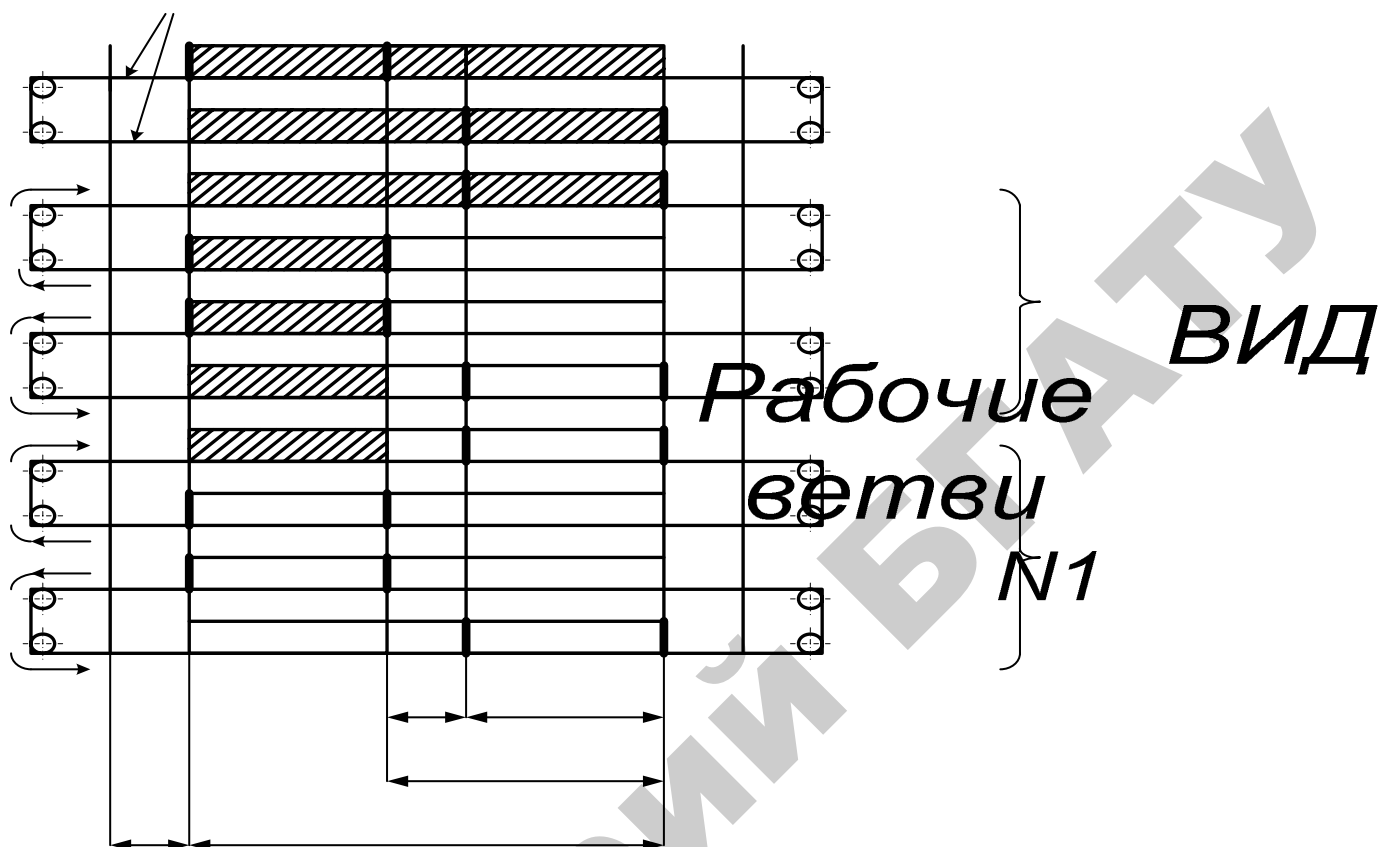


Рисунок 6.3 – Технологическая схема работы скреперной установки с двумя рабочими каналами

Из рисунка 6.3 видно, что скреперная установка совершает столько ходов, сколько имеет скреперов. Количество циклов (вперед-назад) равно количеству скреперов в одном канале. Скреперы перемещаются на расстояние $L_{\text{хода}}$. Оно больше, чем расстояние между скреперами, на 3 метра.

Выбрать электродвигатель для скреперной установки, технические данные которой приведены в таблице 6.1.

6.4 Контрольные вопросы самоподготовки

- 1 Расскажите принцип действия скреперных установок.
- 2 От каких параметров зависит производительность скреперных установок?

6.5 План занятия

6.5.1 Выписать из таблицы 6.1 исходные данные по своему варианту по форме таблицы 6.3.

6.5.2 Выполнить расчеты для построения нагрузочной диаграммы и построить ее в масштабе.

6.5.3 Выбрать электродвигатель.

6.5.4 Записать результаты расчетов по форме таблицы 6.3.

6.6 Методические рекомендации к самостоятельной работе студента

К пункту 6.5.2 Нагрузочную диаграмму строим на период одной уборки.

Расстояние между скреперами:

$$L_{\text{скр}} = \frac{L-3}{Z_{\text{скр}}}, \quad (6.1)$$

где L – длина навозного канала, м;

$Z_{\text{скр}}$ – количество скреперов в канале; $Z_{\text{скр}}=2$.

Длина хода скреперов:

$$L_{\text{хода}} = L - L_{\text{скр}}(Z_{\text{скр}} - 1) \quad (6.2)$$

Время одного хода скреперов (вперед или назад):

$$t_{1\text{ход}} = \frac{L_{\text{хода}}}{v},$$

где v – скорость скреперов, м/с.

Из практики известно, что при скорости $v = 0,2$ м/с удельная мощность на валу транспортера составляет 65 Вт/м при одной уборке в сутки.

Удельная мощность находится в обратной зависимости от числа уборок в сутки и в прямо-пропорциональной зависимости от скорости перемещения скребков:

$$P_{\text{уд}} = \frac{65v}{0,2Z_{\text{уб}}} \quad (6.3)$$

Таблица 6.1 – Исходные данные к задаче

Вариант	Длина канала L , м	Скорость движения скрепера v , м/с	Количество уборок в сутки Z	Угловая скорость приводной звездочки ω , с ⁻¹
1	100	0,15	1	0,37
2	104	0,2	1	0,50
3	108	0,25	1	0,62
4	112	0,15	1	0,37
5	116	0,2	1	0,50
6	120	0,25	1	0,62
7	124	0,15	1	0,37
8	130	0,2	1	0,50
9	135	0,25	1	0,62
10	140	0,15	2	0,32
11	145	0,2	2	0,42
12	150	0,25	2	0,53
13	155	0,15	2	0,32
14	160	0,2	2	0,42
15	165	0,25	2	0,53
16	170	0,15	2	0,32
17	175	0,2	2	0,42
18	180	0,25	2	0,53
19	185	0,15	2	0,32
20	190	0,2	3	0,36
21	195	0,25	3	0,46
22	200	0,15	3	0,27
23	205	0,2	3	0,36
24	210	0,25	3	0,46
25	215	0,15	3	0,27
26	220	0,2	3	0,36
27	225	0,25	3	0,46
28	230	0,15	3	0,27
29	235	0,2	3	0,36
30	240	0,25	3	0,46

Максимальная мощность при первом ходе, приведенная к валу двигателя:

$$P_1 = P_{уд} L_{хода} \frac{1}{\eta_{пер.общ.}}, \quad (6.4)$$

где $\eta_{пер.общ.}$ — общий КПД передачи, о.е.

Общее КПД передачи зависит от числа и вида применяемых передач.

Общее передаточное количество передач:

$$i = \frac{\omega_{дв}}{\omega_{рм}}, \quad (6.5)$$

где $\omega_{дв}$ и $\omega_{рм}$ — угловая скорость двигателя и рабочей машины, рад/с.

Примем $\omega_{дв} \approx 100$ рад/с (6-ти полюсный АД).

Если $i > 100$, то применяют 2-хступенчатую передачу; если $i > 400$, то выбирают трехступенчатую передачу. КПД одной ступени $\eta = 0,98$.

$$\eta_{пер.общ.} = \eta^n, \quad (6.6)$$

где n — количество ступеней передачи.

Для построения нагрузочной диаграммы определим нагрузки при всех циклах работы (см. рисунок 6.3).

1-й ход (вперед). Скреперы $N1$ и $N2$ складываются и перемещаются через навоз вправо, а скреперы $N3$ и $N4$ перемещают навоз по длине $L_{хода}$ влево в навозоуборочный канал.

Примем, что движение 2-х скреперов через навоз требует 30 % мощности P_1 , вычисленной по (6.4). Тогда общая нагрузка при 1-м ходе равна:

$$P_{1ход} = 1,3P_1. \quad (6.7)$$

По данным, приведенным в [2], известно, что перемещение скреперов сначала вызывает скопление и сжатие навоза. Длина пути кареток до полного сжатия составляет $0,55 L_{хода}$, а разгрузка навоза скрепером происходит на участке пути, составляющем $0,15 L_{хода}$. Изменение мощности при первом ходе имеет вид рисунка 6.4.

Параметры первого хода:

$$P_{1\text{нач}} = 0,1P_{1\text{ход}} \quad (6.8)$$

$$P_{1\text{кон}} = 0,5P_{1\text{ход}} \quad (6.9)$$

$$t_{1\text{ход}} = \frac{L_{\text{хода}}}{v} \quad (6.10)$$

$$t_1 = 0,55t_{1\text{ход}} \quad (6.11)$$

$$t_3 = 0,15t_{1\text{ход}} \quad (6.12)$$

$$t_2 = t_{1\text{ход}} - (t_1 + t_3) \quad (6.13)$$

Второй ход (назад). Скреперы $N1$ и $N2$ движутся влево, сгребая навоз, а скрепер $N4$ – вправо, вхолостую. Скрепер $N3$ – сначала перемещается в навозе в сложенном виде. Следовательно, на 2-м участке мощность составляет:

$$P_{2\text{ход}} = 1,15P_1 \quad (6.14)$$

Параметры 2-го хода:

$$P_{2\text{нач}} = 0,1P_{2\text{ход}} \quad (6.15)$$

$$P_{2\text{кон}} = 0,5P_{2\text{ход}} \quad (6.16)$$

Отдельные участки времени 2-го хода аналогичны участкам времени 1-го хода (рисунок 6.4). Между первым и вторым ходами принять время останова $t_{\text{ост}}$ и пуска $t_{\text{п}}$

$$t_{\text{ост}} + t_{\text{п}} = 2c.$$

Третий ход (вперед). В конце 2-го хода оставшийся навоз сжат. Скреперы $N3$ и $N4$ движутся влево. Первые 3 метра они движутся вхолостую. Это время составляет

$$t_0 = \frac{3}{v} \quad (6.17)$$

Мощность холостого хода составляет:

$$P_{03} = 0,5P_{1\text{нач}} \quad (6.18)$$

Время перемещения сжатого навоза составляет:

$$t_4 = t_{3\text{ход}} - (t_0 + t_3), \quad (6.19)$$

где $t_{3\text{ход}} = t_{2\text{ход}} = t_{1\text{ход}}$.

Мощность на перемещение сжатого навоза

$$P_{3\text{ход}} = P_{1\text{кон}} \quad (6.20)$$

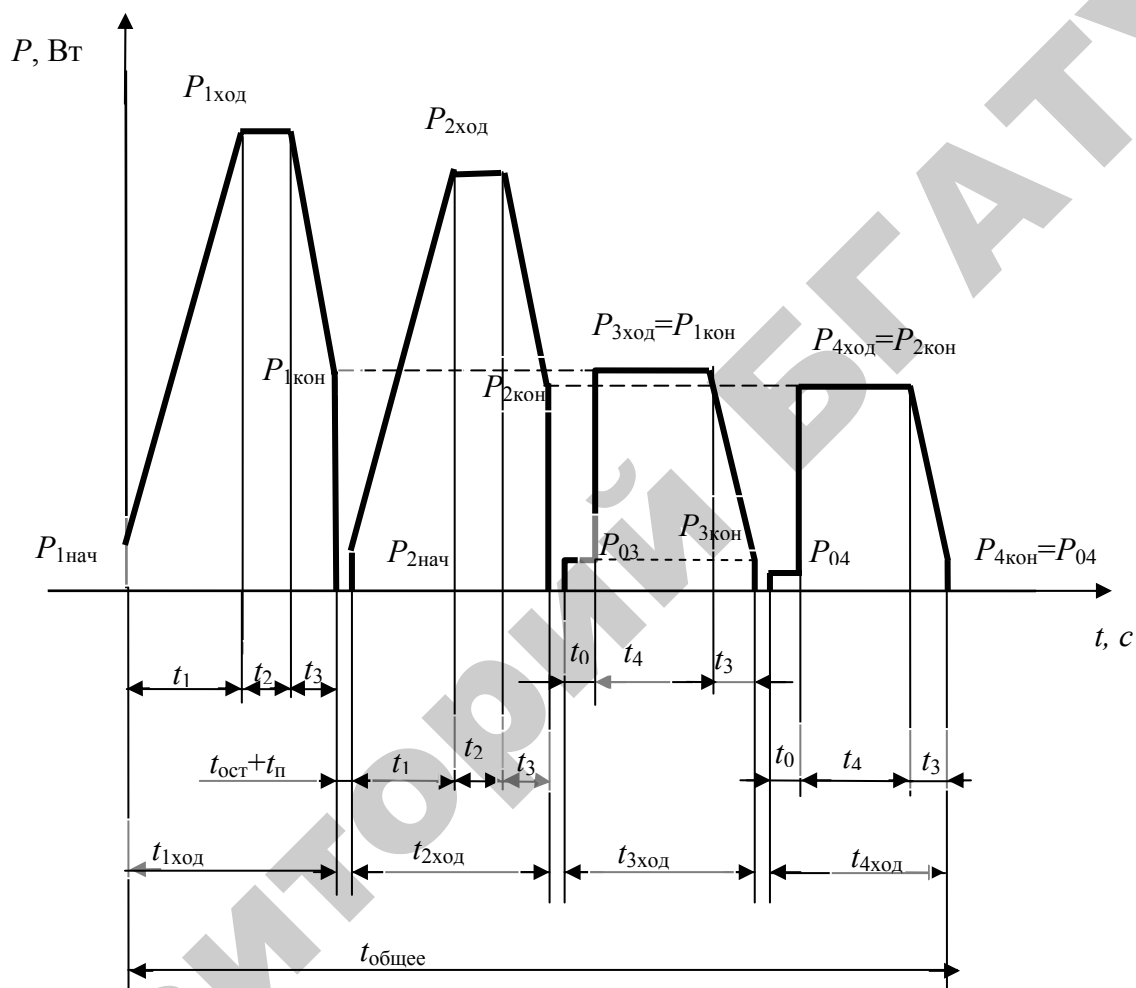


Рисунок 6.4 – Нагрузочная диаграмма электродвигателя скреперной установки с двумя рабочими каналами

В конце третьего хода мощность равна:

$$P_{3\text{кон}} = P_{03} \quad (6.21)$$

Четвертый ход (назад) аналогичен третьему.

$$P_{04} = 0,5P_{2\text{нач}} ; P_{4\text{ход}} = P_{2\text{кон}} \quad (6.22)$$

Нагрузочную диаграмму строить строго в масштабе.

К пункту 6.5.3 Найдем эквивалентную мощность за время работы по формуле:

$$P_{\text{экв}} = \sqrt{\frac{(P_{1\text{нач}}^2 + P_{1\text{нач}} P_{1\text{ход}} + P_{1\text{ход}}^2) \frac{t_1}{3} + P_{1\text{ход}}^2 t_2 + (P_{1\text{ход}}^2 + P_{1\text{ход}} P_{1\text{кон}} + P_{1\text{кон}}^2) \frac{t_3}{3} + (P_{2\text{нач}}^2 + P_{2\text{нач}} P_{2\text{ход}} + P_{2\text{ход}}^2) \frac{t_1}{3} + P_{2\text{ход}}^2 t_2 + (P_{2\text{ход}}^2 + P_{2\text{ход}} P_{2\text{кон}} + P_{2\text{кон}}^2) \frac{t_3}{3} + P_{03}^2 t_0 + P_{3\text{ход}}^2 t_4 + (P_{3\text{ход}}^2 + P_{3\text{ход}} P_{3\text{кон}} + P_{3\text{кон}}^2) \frac{t_3}{3} + \dots}{t_{1\text{ход}} + t_{2\text{ход}} + t_{3\text{ход}} + t_{4\text{ход}}}}$$

(по диаграмме 6.4 закончить формулу самостоятельно) (6.23)

$$t_{\text{раб}} = t_{1\text{ход}} + t_{2\text{ход}} + t_{3\text{ход}} + t_{4\text{ход}}$$

Теперь нагрузочная диаграмма имеет вид рисунка 6.5. Общее время работы мало (минуты), а промежуток времени до включения двигателя для второй уборки большое (измеряется часами). Поэтому считаем режим S2.

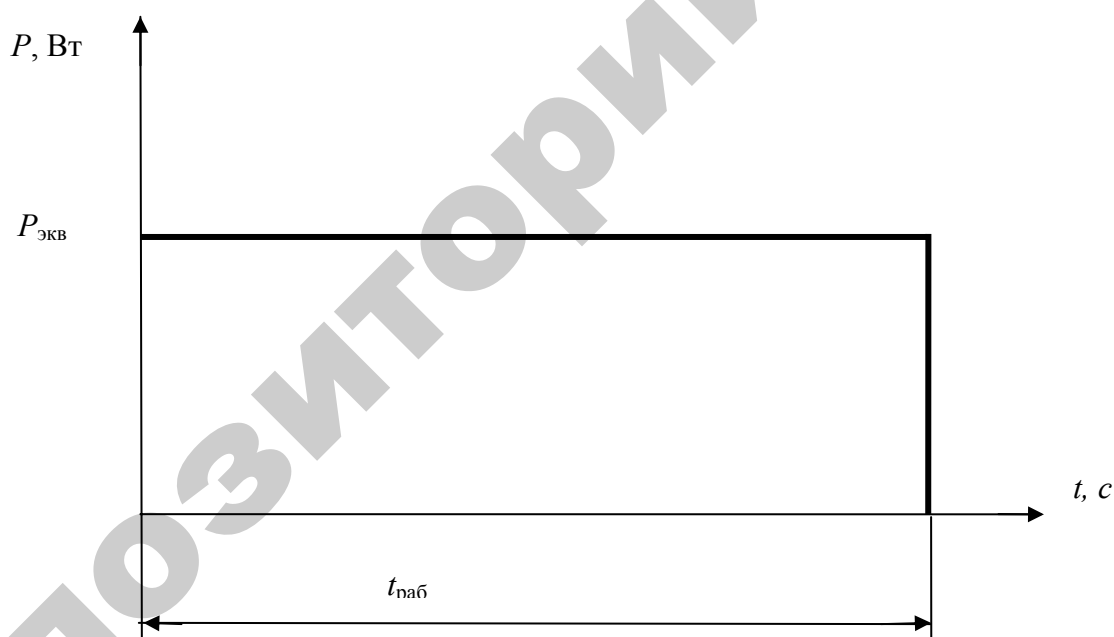


Рисунок 6.5 – Эквивалентная нагрузочная диаграмма электродвигателя скреперной установки с двумя рабочими каналами

Выбираем электродвигатель режима S1 для работы в режиме S2. Из таблицы 6.2 выбираем 6-типолюсный АД по условию:

$$P_{\text{н}} \leq P_{\text{экв}} \quad (6.24)$$

Предварительно выбранный двигатель проверяем по условию нагревания. Для этого находим коэффициенты термической K_t и механической K_m перегрузок:

$$K_t = \frac{1}{1 - e^{-\frac{t_{\text{раб}}}{T_H}}} \quad (6.25)$$

$$K_m = \sqrt{K_t(1 + \alpha_H) - \alpha_H} \quad (6.26)$$

где α_H – коэффициент потерь мощности, взять по таблице 6.2 для предварительно выбранного двигателя.

Мощность электродвигателя должна удовлетворять условию:

$$P_H > \frac{P_{\text{экв}}}{K_m} \quad (6.27)$$

Для выбранного двигателя рассчитаем номинальный момент M_H , номинальную угловую скорость ω_H , момент пусковой $M_{\text{пуск}}$, минимальный момент при пуске $M_{\text{мин. при пуске}}$, критический момент $M_{\text{кр}}$. Условия пуска рабочей машины определяем из нагрузочной диаграммы. Наибольший момент сопротивления при пуске соответствует нагрузке $P_{\text{1нач}}$. Эта нагрузка создается моментом сопротивления

$$M_{\text{со}} = \frac{P_{\text{1нач}}}{\omega_H} \quad (6.28)$$

Момент трогания:

$$M_{\text{с.тРОГ}} = 1,3M_{\text{со}} \quad (6.29)$$

Проверка:

$$M_{\text{пуск}} u_1^2 > 1,3M_{\text{с.тРОГ}} \quad (6.30)$$

$$M_{\text{мин. при пуске}} u_1^2 > 1,3M_{\text{со}}, \quad (6.31)$$

где $u_1 = 0,9$ (падение напряжения при пуске принято 10 %).

Если условия (6.30) и (6.31) для выбранного двигателя не удовлетворяются, то выбирается больший по мощности двигатель. Выбранный электродвигатель проверить на преодоление максимальной нагрузки.

$$M_{\text{кр}} u_2^2 > 1,1 M_{\text{смах}}, \quad (6.32)$$

где $u_1 = 0,95$;

$M_{\text{кр}}$ – критический момент электродвигателя, Н·м;

$$M_{\text{смах}} \approx \frac{P_{1\text{ход}}}{\omega_{\text{н}}}$$

Асинхронные двигатели для транспортеров должны быть выбраны сельскохозяйственного химостойкого исполнения. Они должны иметь степень защиты $IP54$ или $IP44$, должны быть климатического исполнения У категории применения 5. Записать тип выбранного двигателя с учетом этих требований, в частности, дополнить типоразмер климатическим исполнением и категорией размещения.

К пункту 6.5.4 Записать в таблицу 6.3 данные расчетов и выводы.

Таблица 6.2 – Некоторые основные технические данные 6-полюсных АД малой мощности

Типоразмер	$P_{\text{н}}$, кВт	Номинальная частота $n_{\text{н}}$, мин ⁻¹	Кратность пускового момента $\mu_{\text{п}}$	Кратность минимального момента $\mu_{\text{мин}}$	Кратность критического момента $\mu_{\text{кр}}$	Коэффициент потерь мощности $\alpha_{\text{н}}$, о.е.	Постоянная нагрева $T_{\text{н}}$, мин
4AA63A6	0,18	885	2,2	1,5	2,2	0,38	14,56
4AA63B6	0,25	892	2,2	1,5	2,2	0,53	15,05
4A71A6	0,37	908	2,0	1,8	2,2	0,49	23,48
4A71B6	0,55	900	2,0	1,8	2,2	0,36	20,41
4A80A6	0,75	916	2,0	1,6	2,2	0,53	21,56
4A80B6	1,1	920	2,0	1,6	2,2	0,57	20,80
4A90L6	1,5	936	2,0	1,7	2,2	0,43	21,40
4A100L6	2,2	949	2,0	1,6	2,2	0,39	26,50
4A112MA6	3,0	953	2,0	1,8	2,5	0,40	29,83

Таблица 6.3 – Исходные данные и результаты расчета

Вариант	Исходные данные				Результаты расчетов							
	$L, м$	$v, м/с$	Z	$\omega_{ц}, с^{-1}$	$P_1, Вт$	$t_{общ}, с$	$P_{экв}, Вт (6.23)$	Мощность предва- рительно выбра- ного электродвига- теля по (6.24)	Уточненная мощность по (6.27)	Условие (6.30) в цифрах	Условие (6.31) в цифрах	Условие (6.32) в цифрах

6.7 Контрольные вопросы по теме занятия

- 1 Какая имеется связь между количеством скреперов и количеством его ходов?
- 2 Нарисуйте в виде эскиза нагрузочную диаграмму электродвигателя скреперной установки при первом рабочем ходе.

6.8 Литература

- 1 Потапов, Г.П. Погрузочно-транспортные машины для животноводства [Текст] : справочник / Г.П. Потапов. – Москва : Агропромиздат, 1990. – 239 с.
- 2 Практикум по применению электрической энергии в сельском хозяйстве [Текст] : учебник / Ф.Я. Изаков [и др.]. – Москва : Колос, 1972. – 304 с.

Практическое занятие № 7
ВЫБОР АСИНХРОННОГО ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ ДЛЯ ПРИВОДА
СКРЕПЕРНЫХ НАВОЗООБОРОЧНЫХ ТРАНСПОРТЕРОВ С ОДНИМ
РАБОЧИМ КАНАЛОМ

Общее время занятия — 2 часа

7.1 Мотивационная характеристика темы

В практической работе инженера встречаются задачи выбора электродвигателя для привода скреперных установок возвратно-поступательного движения с одним рабочим каналом. Поэтому тема занятия актуальна для будущей работы инженера.

7.2 Цель занятия

Освоить методику выбора электродвигателя для привода скреперной установки возвратно-поступательного движения с одним рабочим каналом

7.3 Задача занятия

Для удаления навоза из поперечных каналов свиарника решено применить установку, аналогичную УСП – 12 (рисунок 7.1). В ней используются такие же скреперы, как в установке УС-Ф-170, такие же круглозвенные цепи 4 и 10, штанги 7 и 11. Поскольку поперечные транспортеры перемещают навоз из свиарников в удаленный навозосборник 15 по одному рабочему каналу, то они имеют скреперы на одной ветви и другую технологическую схему (рисунок 7.1). Отличие ее состоит в том, что обратный ход у них всегда холостой.

Выбрать электродвигатель для скреперной установки, технические данные которой приведены в таблице 7.1.

Таблица 7.1 – Исходные данные к задаче

Вариант	Длина канала L , м	Скорость движения скрепера v , м/с	Количество уборок в сутки Z	Угловая скорость приводной звездочки ω , с ⁻¹
1	100	0,15	1	0,37
2	104	0,2	1	0,50
3	108	0,25	1	0,62
4	112	0,15	1	0,37
5	116	0,2	1	0,50
6	120	0,25	1	0,62
7	124	0,15	1	0,37
8	130	0,2	1	0,50
9	135	0,25	1	0,62
10	140	0,15	2	0,32
11	145	0,2	2	0,42
12	150	0,25	2	0,53
13	155	0,15	2	0,32
14	160	0,2	2	0,42
15	165	0,25	2	0,53
16	170	0,15	2	0,32
17	175	0,2	2	0,42
18	180	0,25	2	0,53
19	185	0,15	2	0,32
20	190	0,2	3	0,36
21	195	0,25	3	0,46
22	200	0,15	3	0,27
23	205	0,2	3	0,36
24	210	0,25	3	0,46
25	215	0,15	3	0,27
26	220	0,2	3	0,36
27	225	0,25	3	0,46
28	230	0,15	3	0,27
29	235	0,2	3	0,36
30	240	0,25	3	0,46

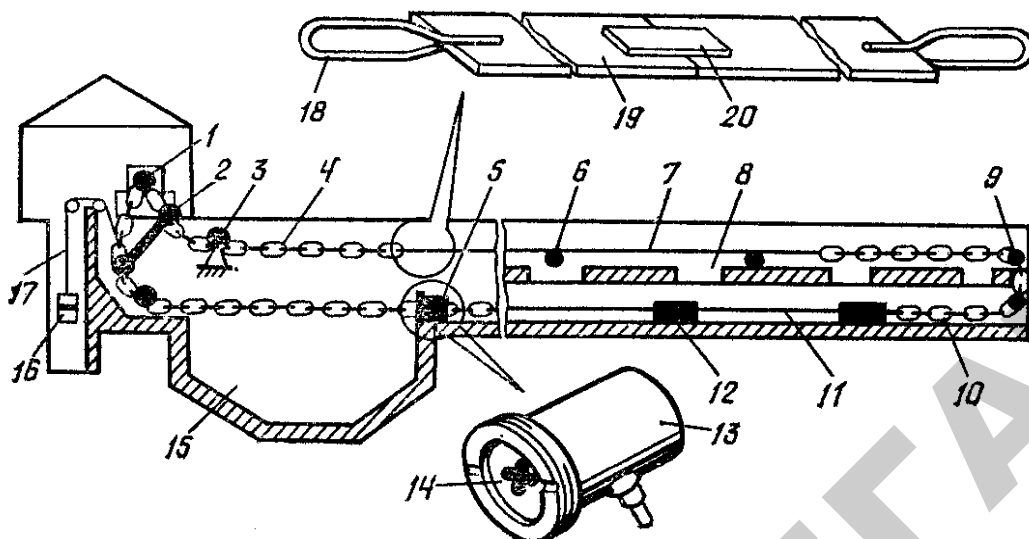


Рисунок 7.1 – Установка скреперная поперечная УСП – 12:

1 – привод; 2 – коромысло; 3, 9 – обводные блоки; 4, 10 – участки круглозвенной цепи; 5 – устройство для очистки цепи; 6 – поддерживающий блок; 7 – верхняя тяга; 8 – продольный навозный канал; 11 – нижняя тяга; 12 – скрепер; 13 – корпус; 14 – втулка с крестообразной выемкой; 15 – навозосборник; 16 – автоматическое натяжное устройство; 17 – трос; 18 – стремянка; 19 – полоса; 20 – пластина

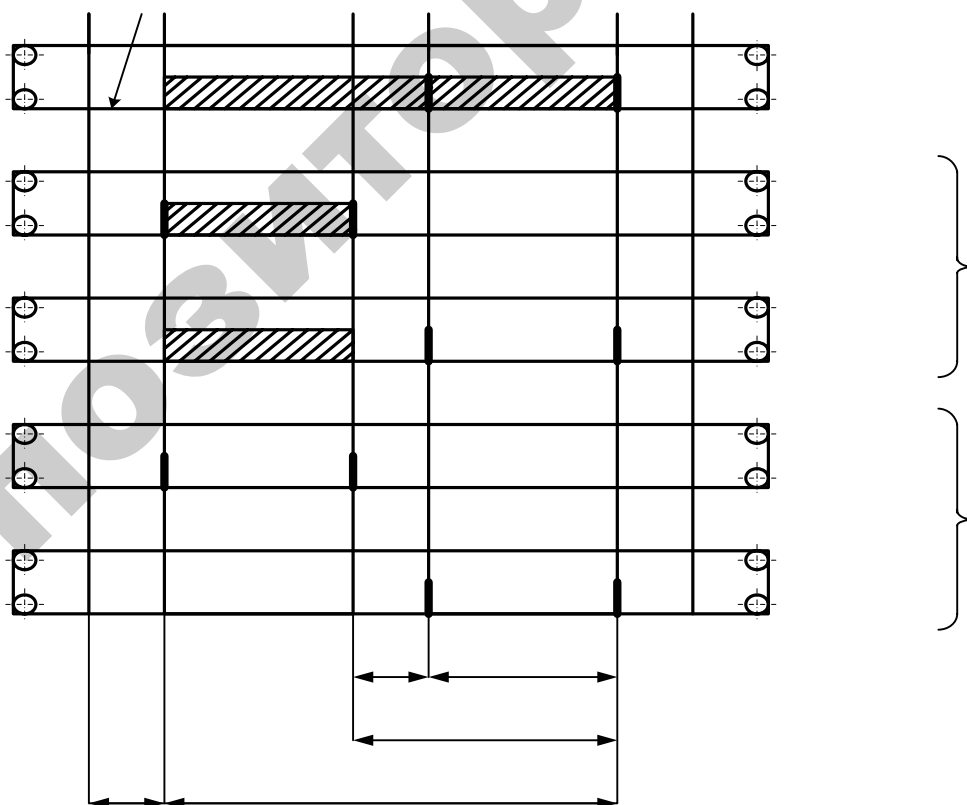


Рисунок 7.2 – Технологическая схема скреперной установки с одним рабочим каналом

Из рисунка 7.2 следует, что скреперная установка совершает в два раза больше ходов, чем количество скреперов. Обратные ходы всегда холостые. Исходные данные к задаче приведены в таблице 7.1.

7.4 Контрольные вопросы самоподготовки

- 1 Расскажите принцип действия скреперных установок.
- 2 Какие силы сопротивления движению требуется преодолевать в скреперных установках?

7.5 План занятия

- 7.5.1 Выписать из таблицы 7.1 исходные данные по своему варианту по форме таблицы 7.2.
- 7.5.2 Выполнить расчеты для построения нагрузочной диаграммы и построить ее в масштабе.
- 7.5.3 Выбрать электродвигатель.
- 7.5.4 Записать результаты расчетов по форме таблицы 7.2.

7.6 Методические рекомендации к самостоятельной работе студента

К пункту 7.5.2 Нагрузочную диаграмму строим на период одной уборки.

Поскольку исходные данные одинаковы в задачах № 6 и № 7, то $L_{\text{скр}}$, $L_{\text{хода}}$, $t_{1\text{хода}}$, P_1 соответствуют задаче № 6. Различие состоит в нагрузочных диаграммах, связанных с технологическими схемами (рисунки 6.3 и 7.2).

1-й ход (вперед). Скреперы $N1$ и $N2$ перемещают навоз в навозоуборочный канал.

$$P_{1\text{нач}} = 0,1P_{1\text{ход}} \quad (7.1)$$

$$P_{1\text{ход}} = P_1 \quad (7.2)$$

$$P_{2\text{кон}} = 0,5P_{1\text{ход}} \quad (7.3)$$

$t_{1\text{ход}}$, t_1 , t_2 , t_3 найдены ранее, по формулам (6.10), (6.11), (6.12), (6.13).

Второй ход (назад) холостой. Поэтому:

$$\begin{aligned} P_{2\text{ход}} &= P_{1\text{нач}}; \\ t_{2\text{ход}} &= t_{1\text{ход}} \end{aligned} \quad (7.4)$$

Третий ход (вперед) рабочий.

$$\begin{aligned} P_{03} &= P_{2\text{ход}}; \\ P_{3\text{ход}} &= P_{1\text{кон}}; \\ P_{3\text{кон}} &= 0,5P_{1\text{нач}}; \end{aligned} \quad (7.5)$$

t_0 по (6.17).

Четвертый ход холостой.

$$P_{04} = P_{3\text{кон}} \quad (7.6)$$

Найдем эквивалентную мощность за время работы по формуле:

$$P_{\text{ЭКВ}} = \sqrt{\frac{(P_{1\text{нач}}^2 + P_{1\text{нач}}P_{1\text{ход}} + P_{1\text{ход}}^2) \frac{t_1}{3} + P_{1\text{ход}}^2 t_2 + (P_{1\text{ход}}^2 + P_{1\text{ход}}P_{1\text{кон}} + P_{1\text{кон}}^2) \frac{t_3}{3} + P_{2\text{ход}}^2 t_{2\text{ход}} + P_{03}^2 t_0 + P_{3\text{ход}}^2 t_4 + t_{1\text{ход}} + t_{2\text{ход}} + \frac{(P_{3\text{ход}}^2 + P_{3\text{ход}}P_{3\text{кон}} + P_{3\text{кон}}^2) \frac{t_3}{3} + P_{4\text{ход}}^2 t_{4\text{ход}}}{t_{3\text{ход}} + t_{4\text{ход}}}}{t_{1\text{ход}} + t_{2\text{ход}} + t_{3\text{ход}} + t_{4\text{ход}}}} \quad (7.7)$$

Нагрузочная диаграмма электродвигателя скреперной установки с одним рабочим каналом имеет вид рисунка 7.3.

Далее выполнить расчеты аналогично заданию № 6. Результаты расчетов оформить аналогично заданию № 6.

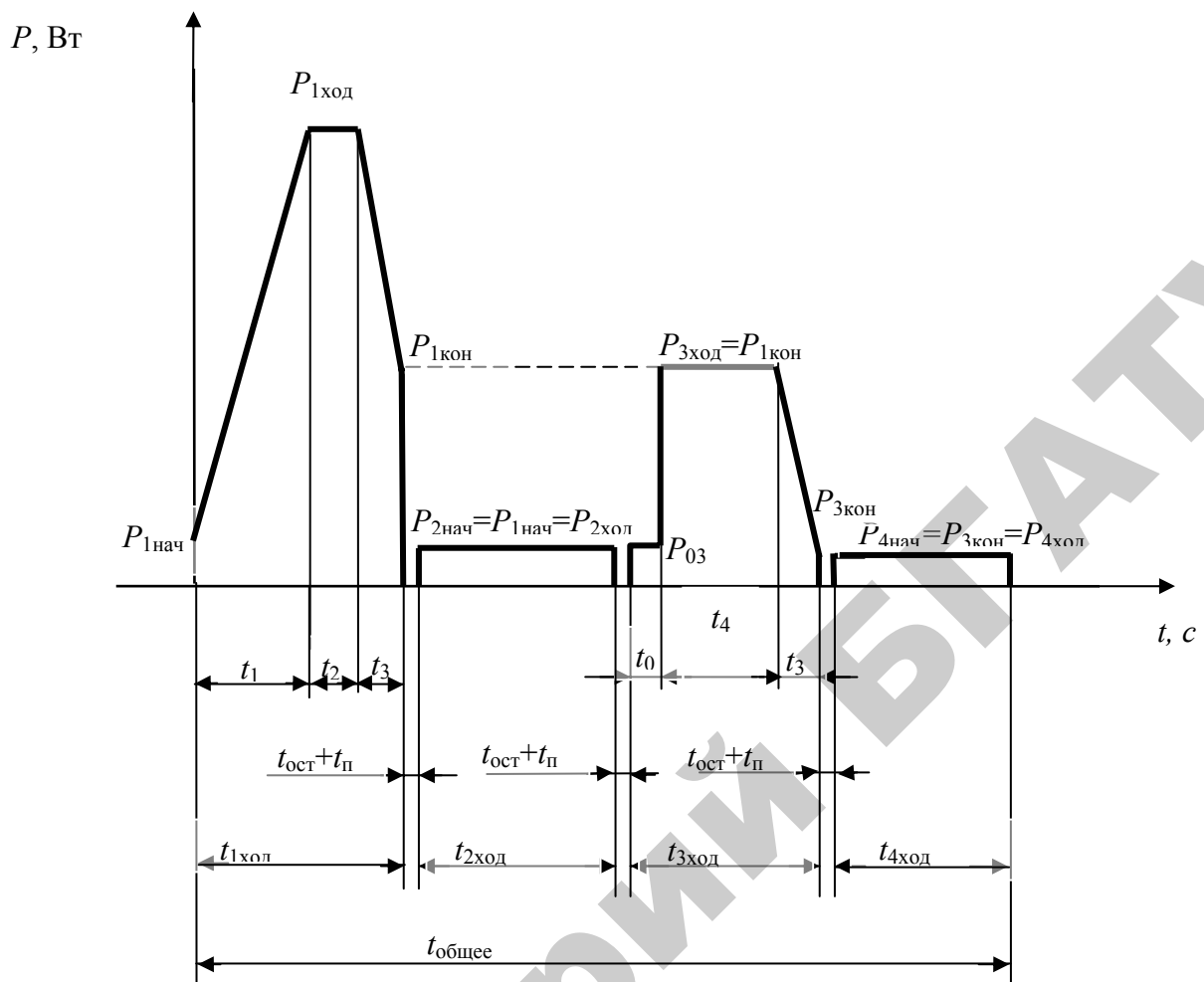


Рисунок 7.3 – Нагрузочная диаграмма электродвигателя скреперной установки с одним рабочим каналом

7.8 Контрольные вопросы

- 1 Нарисуйте в виде эскиза нагрузочную диаграмму электродвигателя скреперной установки при первом и втором ходе.
- 2 В каком режиме работают электродвигатели скреперных установок?

7.9 Литература

- 1 Потапов, Г.П. Погрузочно-транспортные машины для животноводства [Текст] : справочник / Г.П. Потапов. – Москва: Агропромиздат, 1990. – 239 с.
- 2 Практикум по применению электрической энергии в сельском хозяйстве [Текст] : учебник / Ф.Я. Изаков [и др.]. – Москва: Колос, 1972. – 304 с.

Практическое занятие № 8
ВЫБОР АСИНХРОННОГО ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ ДЛЯ ПРИВОДА
ГОРИЗОНТАЛЬНОГО СКРЕБКОВОГО НАВОЗООБОРОЧНОГО
ТРАНСПОРТЕРА КРУГОВОГО ДВИЖЕНИЯ

Общее время занятия — 2 часа

8.1 Мотивационная характеристика темы

В практической работе инженера встречаются задачи выбора электродвигателя для привода навозоуборочных транспортеров. Поэтому тема занятия актуальна для будущей работы инженера.

8.2 Цель занятия

Освоить методику выбора электродвигателя для привода горизонтального навозоуборочного транспортера кругового движения.

8.3 Задача занятия

В хозяйстве решили использовать скребковые транспортеры для уборки навоза. Длину транспортеров определили по месту их применения. Редукторы – от ранее использованных транспортеров. Количество зубьев приводной звездочки горизонтального транспортера $Z_1 = 13$, шаг цепи $t_1 = 0,23$ м. Технологическая схема транспортеров приведена на рисунке 8.1. Исходные данные приведены в таблице 8.1.

8.4 Контрольные вопросы самоподготовки

- 1 Какие типы транспортеров кругового движения используются для уборки навоза?
- 2 Конструкция и принцип действия транспортера ТСН-160.

8.5 План занятия

8.5.1 Зарисовать технологическую схему работы скребковых транспортеров. Выписать из таблицы 8.1. исходные данные по своему варианту.

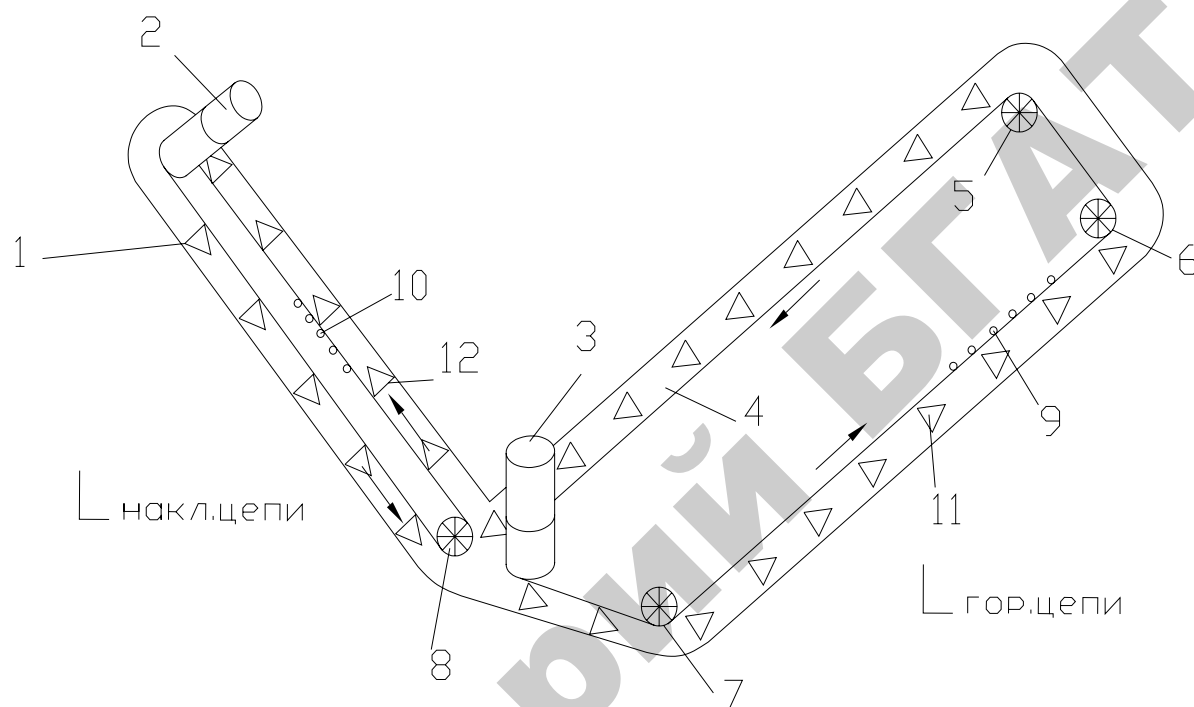


Рисунок 8.1 – Технологическая схема работы скребковых транспортеров:
1 – наклонный скребковый транспортер; 2 – привод наклонного транспортера; 3 – привод горизонтального транспортера; 4 – горизонтальный транспортер; 5,6,7,8 – поворотные звездочки; 9,10 – цепь; 11,12 – скребок

8.5.2 Выполнить расчеты по определению мощности горизонтального транспортера. Построить нагрузочную диаграмму работы горизонтального транспортера.

8.5.3 Определить режим работы горизонтального транспортера.

8.5.4 Выбрать типоразмер электродвигателя для горизонтального транспортера.

8.5.5 Записать результаты расчетов по форме таблицы 8.2.

8.6 Методические рекомендации к самостоятельной работе студента

К пункту 8.5.2 Для построения нагрузочной диаграммы требуется знать мощность рабочей машины, время работы, характер изменения мощности во времени, время холостого хода и время паузы до следующего включения.

Горизонтальный транспортер начинает перемещать навоз одновременно по всему каналу. В первый момент мощность изменяется от холостого хода до максимальной нагрузки. Это происходит за короткое время:

$$t_1 = 0,6 l_0 / v,$$

где v – скорость движения скребков, м/с,

l_0 – расстояние между скребками, м.

В этот период происходит сдавливание навоза и образование тела вложения. В процессе работы мощность будет уменьшаться, поскольку часть навоза будет убираться из канала. В конце уборки скребки будут перемещаться вхолостую. Поэтому нагрузочная диаграмма будет иметь вид рисунка 8.2.

Максимальная мощность зависит от числа уборок в сутки. Чем меньше уборок, тем труднее транспортеру перемещать навоз по каналу, т.к. масса навоза увеличивается.

Время холостого хода принять 5 % от времени работы.

Из практики известно, что при скорости скребков $v_{\text{гор.}} = 0,19$ м/с удельная мощность на валу транспортера составляет 60 Вт/м при одной уборке в сутки.

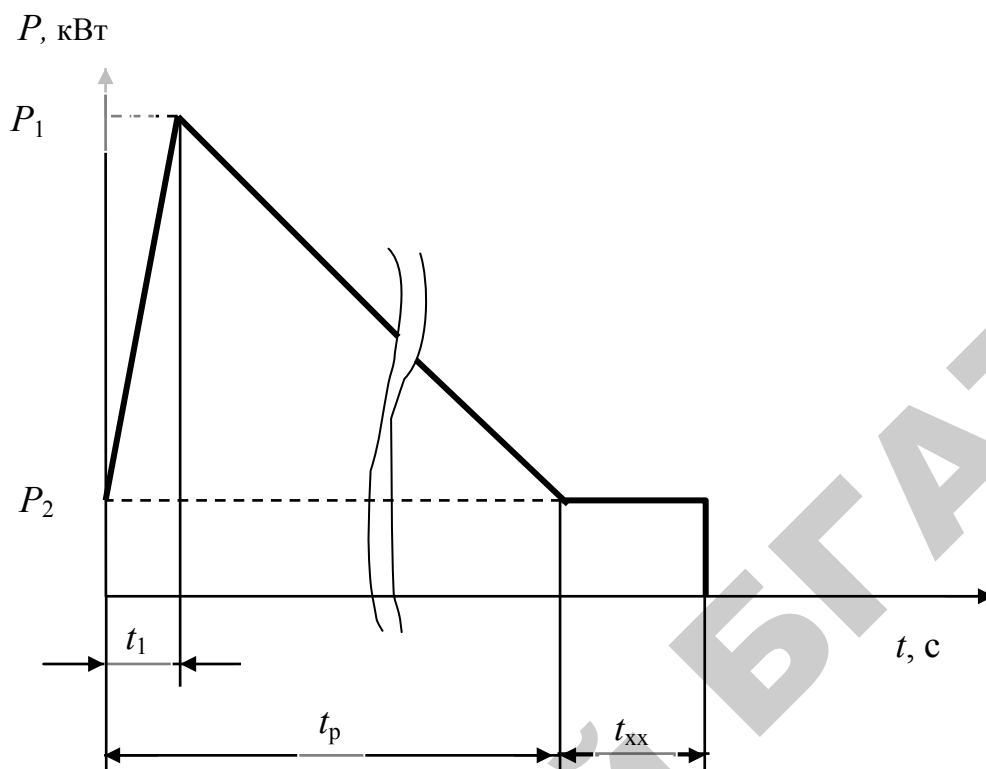


Рисунок 8.2 – Нагрузочная диаграмма горизонтального транспортера

Удельная мощность (Вт/м) находится в обратной зависимости от числа уборок в сутки и в прямо-пропорциональной зависимости от скорости перемещения скребков

$$P_{\text{уд.гор.}} = \frac{60v_{\text{гор.}}}{0,19Z}, \quad (8.1)$$

где $v_{\text{гор.}}$ – скорость скребков горизонтального транспортера, м/с;

Z – количество уборок в сутки.

Таблица 8.1 – Исходные данные к занятиям № 8 и № 9

Вариант	Горизонтальный транспортер		Количество уборок в сутки Z	Наклонный транспортер	
	Длина цепи $L_{\text{гор.}}$, м	Скорость движения скребков $v_{\text{гор.}}$, м/с		Длина $L_{\text{нак.}}$, м	Скорость движения скребков $v_{\text{нак.}}$, м/с
1	60	0,13	2	20	0,48
2	80	0,13	2	21	0,48
3	100	0,13	2	22	0,48
4	120	0,13	2	13	0,73
5	140	0,13	2	14	0,73

Окончание таблицы 8.1

Ва- риант	Горизонтальный транспортер		Количество уборок в сутки Z	Наклонный транспортер	
	Длина цепи $L_{гор}$, м	Скорость движения скребков $v_{гор}$, м/с		Длина $L_{нак.}$, м	Скорость движения скребков $v_{нак.}$, м/с
6	160	0,19	2	15	0,73
7	180	0,19	2	16	0,73
8	200	0,19	2	17	0,73
9	220	0,19	2	18	0,48
10	240	0,19	2	19	0,48
11	60	0,13	3	20	0,48
12	80	0,13	3	21	0,48
13	100	0,13	3	22	0,48
14	120	0,13	3	13	0,73
15	140	0,13	3	14	0,73
16	160	0,19	3	15	0,73
17	180	0,19	3	16	0,73
18	200	0,19	3	17	0,73
19	220	0,19	3	18	0,48
20	240	0,19	3	19	0,48
21	60	0,13	4	20	0,48
22	80	0,13	4	21	0,48
23	100	0,13	4	22	0,48
24	120	0,13	4	13	0,73
25	140	0,13	4	14	0,73
26	160	0,19	4	15	0,73
27	180	0,19	4	16	0,73
28	200	0,19	4	17	0,73
29	220	0,19	4	18	0,48
30	240	0,19	4	19	0,48

Максимальная мощность горизонтального транспортера, приведенная к валу двигателя:

$$P_1 = P_{уд.гор.} L_{гор} \frac{1}{\eta_{перед.общ.}}, \quad (8.2)$$

где $\eta_{перед.общ.}$ – общее КПД передачи, о.е.; $\eta_{перед.общ.} = \eta_1 \eta_2 \eta_3$ и т. д.

Общее КПД передачи зависит от вида применяемых передач.

Общее передаточное количество передач

$$i = \frac{\omega_{дв}}{\omega_{р.м.гор.}}, \quad (8.3)$$

где $\omega_{\text{дв}}$ и $\omega_{\text{р.м.}}$ – угловая скорость двигателя и рабочей машины, рад/с.

Примем $\omega_{\text{дв}} = 150$ рад/с (четырёхполюсный АД).

$$\omega_{\text{р.м.гор.}} = \frac{v_{\text{гор.}}}{R_{\text{гор.}}}, \quad (8.4)$$

где $R_{\text{гор.}}$ – радиус приводной звездочки, м.

$$R_{\text{гор.}} = \frac{Z_1 t_1}{2\pi}, \quad (8.5)$$

где Z_1 и t_1 заданы в условиях задачи (пункте 8.3).

Если по (8.3) $i > 100$, то применяется двухступенчатый редуктор; если $i > 400$, то трехступенчатый редуктор.

КПД одной ступени редуктора $\eta_1 = 0,95$.

Мощность холостого хода примем:

$$P_2 = 0,2P_1 \quad (8.6)$$

Время работы горизонтального транспортера:

$$t_p = \frac{L_{\text{гор.}}}{v_{\text{гор.}}} \quad (8.7)$$

Время холостого хода:

$$t_{\text{xx}} = 0,05t_p \quad (8.8)$$

Время пауз:

$$t_o = \frac{24}{Z} - (t_p + t_{\text{xx}}) \quad (8.9)$$

По результатам этих расчетов строим нагрузочную диаграмму в масштабе, подобно рисунку 8.2.

Поскольку $t_o \gg t_p + t_{\text{xx}}$, то режим работы электродвигателя S_2 . Выбираем АД режима S_1 для работы в кратковременном режиме S_2 .

Эквивалентная мощность за время работы:

$$P_{\text{экв.1.2}} = \sqrt{\frac{P_1^2 + P_1 P_2 + P_2^2}{3}} \quad (8.10)$$

$$P_{\text{экв.гор.}} = \sqrt{\frac{P_{\text{экв.1.2}}^2 t_p + P_{\text{xx}}^2 t_{\text{xx}}}{t_p + t_{\text{xx}}}} \quad (8.11)$$

Выбираем ближайший меньший к мощности $P_{\text{экв.гор}}$ электродвигатель мощностью $P_{\text{н}}$ из таблицы 8.3. Поскольку пуск двигателя производится практически вхолостую, то определяющим для электродвигателя будет его нагрев и проверка на преодоление максимальной нагрузки P_1 .

Определяем постоянную нагревания:

$$T_{\text{н}} = \frac{C}{A} = \frac{480m}{\frac{\Delta P_{\text{н}}}{\tau_{\text{доп}}}}, \quad (8.12)$$

где m – масса электродвигателя, кг (из таблицы 8.3);

$\Delta P_{\text{н}}$ – номинальные потери в двигателе, Вт;

$\tau_{\text{доп}} = 80$ °С.

$$\Delta P_{\text{н}} = P_{\text{н}} \frac{(1 - \eta_{\text{н}})}{\eta_{\text{н}}}, \quad (8.13)$$

где $P_{\text{н}}$ – мощность выбранного двигателя, Вт;

$\eta_{\text{н}}$ – по таблице 8.3.

Определяем коэффициенты термической и механической перегрузок для выбранного электродвигателя:

$$K_t = \frac{1}{1 - e^{-\frac{t_p + t_{\text{xx}}}{T_{\text{н}}}}} \quad (8.14)$$

$$K_{\text{м}} = \sqrt{K_t(1 + \alpha_{\text{н}}) - \alpha_{\text{н}}} \quad (8.15)$$

где α_n – коэффициент потерь мощности, взять по таблице 8.4 для двигателя мощностью P_n .

Уточненная мощность электродвигателя определяется выражением:

$$P_n' \geq \frac{P_{\text{экв.гор.}}}{K_M} \quad (8.16)$$

Выбрать типоразмер двигателя по таблице 8.3.

Проверить выбранный электродвигатель по условиям пуска:

$$M_{\text{пуск}} u_l^2 \geq 1,3 M_{\text{со}} \quad (8.17)$$

$$M_{\text{мин.}} u_l^2 \geq 1,3 M_{\text{см}} \quad (8.18)$$

где $M_{\text{пуск}}$, $M_{\text{мин}}$ – пусковой и минимальный при пуске моменты электродвигателя, Н·м;

$M_{\text{со}}$, $M_{\text{см}}$ – моменты, требуемые для вращения рабочей машины при скорости $\omega = 0$ и $\omega_{\text{мин}} = 0,15 \omega_0$, Н·м;

u_l – относительное снижение напряжения в сети в период пуска; принять $u_l = 0,9$.

$$M_{\text{пуск}} = \mu_{\text{п}} M_n \quad (8.19)$$

$$M_{\text{мин}} = \mu_{\text{мин}} M_n \quad (8.20)$$

$$M_n = \frac{P_n'}{\omega_n} \quad (8.21)$$

$$\omega_n = \omega_0 (1 - S_n) \quad (8.22)$$

$$\omega_0 = 0,1045 n_0 \quad (8.23)$$

где n_0 , $\mu_{\text{п}}$, $\mu_{\text{мин}}$, S_n – по таблице 8.3.

$$M_{\text{со}} = 1,1 M_{\text{сн}} \quad (8.24)$$

$$M_{\text{сн}} = \frac{P_2}{\omega_{\text{н}}} \quad (8.25)$$

$$M_{\text{см}} = M_{\text{сн}} \quad (8.26)$$

Проверить выбранный электродвигатель на преодоление максимальной нагрузки:

$$M_{\text{к}} u_2^2 > 1,3 M_{\text{макс.нагр.}} \quad (8.27)$$

$$M_{\text{к}} = \mu_{\text{к}} M_{\text{н}} \quad (8.28)$$

$$M_{\text{макс.нагр.}} \approx \frac{P_1}{\omega_{\text{н}}}, \quad (8.29)$$

где $\mu_{\text{к}}$ – по таблице 8.3;

$$u_2 = 0,95.$$

Если электродвигатель не проходит по условиям (8.17), (8.18) и (8.27), то выбирают больший по мощности двигатель и повторяют те расчеты, по которым он не прошел проверку.

Для навозоуборочных транспортеров выбирают двигатели сельскохозяйственного химостойкого исполнения (в обозначении есть буквы СХ, например 4А–СХ...), климатического исполнения У, категория размещения 5 (для горизонтального транспортера), например, 4А100L4СХУ5.

Данные расчетов записать в таблицу 8.2.

Таблица 8.2 – Исходные данные и результаты расчета горизонтального транспортера

Вариант	Дано			Вычислено						
	$L_{\text{гор.}}$, м	$v_{\text{гор.}}$, м/с	Z	P_1 , Вт	P_2 , Вт	i	$t_{\text{р}}$, с	$t_{\text{хх}}$, с	$P_{\text{экв.гор.}}$, Вт	Двигатель (полное обозначение)

Таблица 8.3 – Технические данные четырехполюсных АД с КЗ ротором
(от 0,55 до 11 кВт)

Типоразмер электродвигателя	Ном. мощность P_n , кВт	Номинальные значения			Кратности моментов, о.е.			Кратность пуск. тока k_i , о.е.	Момент инерции $J_{р.д.}$, кг·м ²	Масса m , кг
		η , %	$\cos \varphi_n$, о.е.	скольжение S_n , %	пускового $\mu_{пуск}$	Критического $\mu_{макс}$	Минимального $\mu_{мин}$			
АИР71А4	0,55	70,5	0,7	9,5	2,3	2,2	1,8	5	0,0013	7,8
АИР71В4	0,75	73	0,76	10	2,2	2,2	1,6	5	0,0014	8,8
АИР80А4	1,1	75	0,81	7	2,2	2,2	1,6	5,5	0,0032	9,9
АИР80В4	1,5	78	0,83	7	2,2	2,2	1,6	5,5	0,0033	12,1
АИР90L4	2,2	81	0,83	7	2,1	2,2	1,6	6,5	0,0056	17
АИР100S4	3	82	0,83	6	2	2,2	1,6	7	0,0087	21,6
АИР100L4	4	85	0,84	6	2	2,2	1,6	7	0,011	27,3
АИР112М4	5,5	85,5	0,86	4,5	2	2,5	1,6	7	0,017	41
АИР132S4	7,5	87,5	0,86	4	2	2,5	1,6	7,5	0,028	58
АИР132М4	11	87,5	0,87	3,5	2	2,7	1,6	7,5	0,04	70

Таблица 8.4 – Номинальный коэффициент потерь α_n четырехполюсных АД
с КЗ ротором

Тип электродвигателя	P_n , кВт	α_n , о.е.
$n_0 = 1\,500 \text{ мин}^{-1}$		
АИР71А4	0,55	0,56
АИР71В4	0,75	0,34
АИР80А4	1,1	0,39
АИР80В4	1,5	0,30
АИР90L4	2,2	0,26
АИР100S4	3	0,36
АИР100L4	4	0,35
АИР112М4	5,5	0,36
АИР132S4	7,5	0,69
АИР132М4	11	0,44

8.7 Контрольные вопросы по теме занятия

- 1 Расскажите методику выбора электродвигателя для горизонтального транспортера.
- 2 Из каких составляющих складывается усилие, которое должен преодолеть электродвигатель при работе транспортера?
- 3 В какой период работы электродвигателя горизонтального транспортера потребляется наибольшая и наименьшая мощность?
- 4 Какой режим работы характерен для транспортеров уборки навоза?

8.8 Литература

Фоменков, А.П. Электропривод сельскохозяйственных машин, агрегатов и поточных линий [Текст] : учебник / А.П. Фоменков. – Москва : Колос, 1984 – 380 с.

Практическое занятие № 9
ВЫБОР АСИНХРОННОГО ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЯ ДЛЯ ПРИВОДА
НАКЛОННОГО СКРЕБКОВОГО НАВОЗООБОРОЧНОГО
ТРАНСПОРТЕРА КРУГОВОГО ДВИЖЕНИЯ

Общее время занятия — 2 часа

9.1 Мотивационная характеристика темы

В практической работе инженера встречаются задачи выбора электродвигателя для привода навозооборочных транспортеров. Поэтому тема занятия актуальна для будущей работы инженера.

9.2 Цель занятия

Освоить методику выбора электродвигателя для привода наклонного навозооборочного транспортера кругового движения.

9.3 Задача занятия № 2

В хозяйстве решили использовать скребковые транспортеры для уборки навоза. Длину транспортеров определили по месту их применения. Редукторы – от ранее использованных транспортеров. Количество зубьев приводной звездочки наклонного транспортера $Z_2 = 6$, шаг цепи $t_2 = 0,12$ м. Технологическая схема транспортеров приведена на рисунке 8.1. Исходные данные приведены в таблице 8.1.

9.4 Контрольные вопросы самоподготовки

- 1 Из каких составляющих складывается усилие, которое должен преодолеть электродвигатель при работе транспортера?
- 2 В какой период работы электродвигателя потребляется наибольшая и наименьшая мощность?
- 3 Какой режим работы характерен для транспортеров уборки навоза?

9.5 План занятия

9.5.1 Зарисовать технологическую схему работы скребковых транспортеров. Выписать из таблицы 8.1 исходные данные по своему варианту для наклонного транспортера.

9.5.2 Выполнить расчеты по определению мощности наклонного транспортера. Построить нагрузочную диаграмму работы наклонного транспортера.

9.5.3 Определить режим работы наклонного транспортера.

9.5.4 Выбрать типоразмер электродвигателя для наклонного транспортера.

9.5.5 Записать результаты расчетов по форме таблицы 9.1.

7.13 Методические рекомендации к самостоятельной работе студента

К пункту 9.5.2 Для построения нагрузочной диаграммы требуется знать мощность рабочей машины, время работы, характер изменения мощности во времени, время холостого хода и время паузы до следующего включения.

Наклонный транспортер в первый момент работает вхолостую до полной загрузки. Это время составляет:

$$t_1 = L_{\text{нак}} / v_{\text{нак}},$$

где $L_{\text{нак}}$ – длина транспортера, м,

$v_{\text{нак}}$ – скорость движения скребков.

Во время работы наклонный транспортер перемещает одинаковое количество навоза, поэтому его мощность на валу неизменна (рисунок 9.1).

Максимальная мощность зависит от числа уборок в сутки. Чем меньше уборок, тем труднее транспортеру перемещать навоз по каналу, т.к. масса навоза увеличивается.

Из практики известно, что при скорости скребков $v_{\text{нак}} = 0,73$ м/с удельная мощность на валу наклонного транспортера составляет 230 Вт/м при одной уборке в сутки. Удельная мощность (Вт/м) находится в обратной зависи-

мости от числа уборок в сутки и в прямопропорциональной зависимости от скорости перемещения скребков:

$$P_{\text{уд.нак.}} = \frac{230v_{\text{нак}}}{0,73Z} \quad (9.1)$$

Мощность наклонного транспортера на валу двигателя:

$$P_{\text{нак}} = P_{\text{уд.нак.}} l_{\text{нак}} \frac{1}{\eta_{\text{общ}}} \quad (9.2)$$

Общее КПД находится по формуле (8.3), где вместо $\omega_{\text{р.м.гор.}}$ подставляется $\omega_{\text{р.м.нак.}}$.

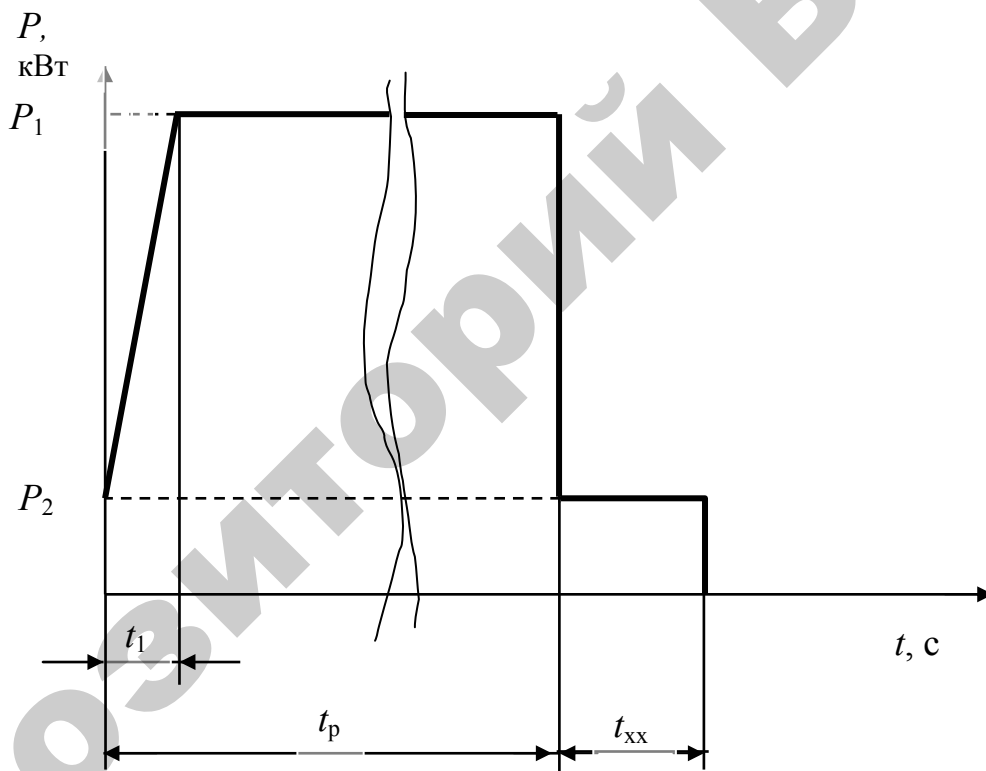


Рисунок 9.1 – Нагрузочная диаграмма наклонного транспортера

Радиус звездочки и угловая скорость ведущего вала наклонного транспортера находится по формулам:

$$\left. \begin{aligned} R_{\text{нак}} &= \frac{Z_2 t_2}{2\pi} \\ \omega_{\text{нак}} &= \frac{v_{\text{нак}}}{R_{\text{нак}}} \end{aligned} \right\} \quad (9.3)$$

Количество ступеней редуктора определяется по тем же критериям, что и для горизонтального транспортера.

Мощность холостого хода наклонного транспортера:

$$P_{\text{нак.хх}} = 0,2 P_{\text{нак}} \quad (9.4)$$

Время работы и время холостого хода соответствует горизонтальному транспортеру. Эквивалентную мощность найти по уравнению:

$$P_{\text{эkv}} = \sqrt{\frac{(P_2^2 + P_1 P_2 + P_1^2) \frac{t_1}{3} + P_1^2 (t_p - t_1) + P_2^2 t_{\text{хх}}}{t_p + t_{\text{хх}}}}, \quad (9.5)$$

Выбор АД по мощности производится по таблице 8.3, не завышая, а уменьшая АД по мощности.

Наклонный транспортер запускается первый при легких условиях, фактически вхолостую. Поэтому определяющим условием для него будет нагрев, как и для горизонтального транспортера. Поэтому пользуемся той же методикой, что и в задаче № 8 (формулы (8.12)–(8.29)).

Данные расчетов записать в таблицу 9.1.

Для навозоуборочного наклонного транспортера выбирают двигатель сельскохозяйственного химостойкого исполнения (в обозначении есть буквы СХ, например 4А–СХ...), климатического исполнения У, категория размещения 2 (под навесом).

Таблица 9.1 – Исходные данные и результаты расчета наклонного транспортера

Вариант	Дано			Вычислено		
	$L_{\text{нак.}}, \text{ м}$	$v_{\text{нак.}}, \text{ м/с}$	Z	$P_{\text{нак.}}, \text{ Вт}$	$P_{\text{нак.хх}}, \text{ Вт}$	Двигатель

9.7 Контрольные вопросы по теме занятия

- 1 Расскажите методику выбора электродвигателя для наклонного транспортера.
- 2 Из каких составляющих складывается усилие, которое должен преодолеть электродвигатель при работе транспортера?
- 3 В какой период работы электродвигателя наклонного транспортера потребляется наибольшая и наименьшая мощность?
- 4 Какой режим работы характерен для транспортеров уборки навоза?

9.8 Литература

Фоменков, А.П. Электропривод сельскохозяйственных машин, агрегатов и поточных линий [Текст] : учебник / А.П. Фоменков. – Москва : Колос, 1984 – 380 с.

Учебное издание

ЭЛЕКТРОПРИВОД

*Методические указания к практическим занятиям
для студентов агроэнергетического факультета
специальности 1-74 06 05-01 «Энергетическое обеспечение сельского
хозяйства (электроэнергетика)», НИСПО*

Составитель

Бабаева Елена Владимировна

Ответственный за выпуск *Е.В. Бабаева*

Редактор *Н.Н. Оляха*

Верстка *Н.Н. Оляха*

Подписано в печать 09.01.2008 г. Формат 60×84^{1/8}
Бумага офсетная. Гарнитура Times New Roman. Усл. печ. л. 4,3.
Уч.-изд. л. 3,36. Тираж 200 экз. Заказ

Издатель и полиграфическое исполнение
Белорусский государственный аграрный технический университет
ЛИ № 02330/0131734 от 10.02.2006. ЛП № 02330/0131656 от 02.02.2006.
220023, г. Минск, пр. Независимости, 99, к. 2.