

УДК 624.01

ИССЛЕДОВАНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ МАШИННОГО АГРЕГАТА ДВУХБАРАБАННОГО ПИТАТЕЛЯ

Д.М. МУХАММАДИЕВ

(Институт механики и сейсмостойкости сооружений АН Республики Узбекистан)

В общий комплекс установки джинирования входит питатель, обеспечивающий равномерную подачу хлопка-сырца в рабочую камеру джина, тщательное разрыхление и дополнительную очистку его от сорных примесей перед процессом джинирования. В связи с этим нахождение закона изменения частоты и неравномерности вращения ротора электродвигателя и колкового барабана в зависимости от упруго-диссипативных параметров ременной передачи, момента инерции электродвигателя, момента инерции колкового барабана и момента сопротивления колкового барабана при их различных значениях с использованием уравнения движения машинного агрегата двухбарабанного питателя является актуальной задачей. Наряду с этим необходимо изучить динамические характеристики и нахождение рациональных параметров привода питателя и установить пути снижения неравномерности вращения колковых барабанов и потребляемой мощности электродвигателя питателя.

При составлении дифференциальных уравнений питателя воспользуемся уравнением Лагранжа второго рода.

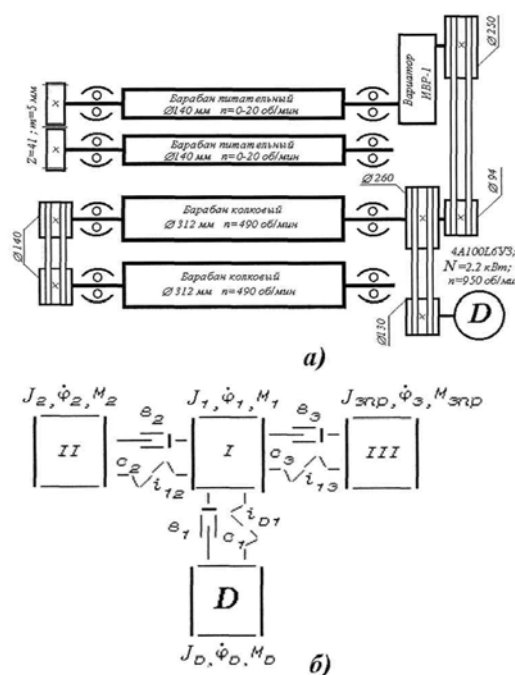


Рис. 1

Кинематическая схема двухбарабанного питателя (а) и динамическая модель машинного агрегата (б) представлены на рис. 1, где $J_D, J_1, J_2, J_{3пр}$ - соответственно моменты инерции вращающихся масс, кг·м²; $M_D, M_1, M_2, M_{3пр}$ - соответственно моменты нагрузок, действующих на вращающиеся валы электродвигателя и барабанов питателя, Н·м; c_1, c_2, c_3 - жесткость ременной передачи, Н·м/рад; v_1, v_2, v_3 - коэффициенты диссипации ременной передачи, Н·м·с/рад; $\dot{\varphi}_D, \dot{\varphi}_1, \dot{\varphi}_2, \dot{\varphi}_3$ - угловые скорости вращающихся масс системы, с⁻¹; i_{D1}, i_{12}, i_{13} - передаточные отношения ременной передачи.

Привод двухбарабанного питателя пильного джина состоит из зубчатых и ременных передач. Для привода питателя справедливы следующие кинематические соотношения:

$$i_{D1} = \dot{\varphi}_D / \dot{\varphi}_1, \quad i_{12} = \dot{\varphi}_1 / \dot{\varphi}_2, \quad i_{13} = \dot{\varphi}_1 / \dot{\varphi}_3. \quad (1)$$

За обобщенные координаты принимаем угловые перемещения вращающихся масс питателя $\dot{\varphi}_D, \dot{\varphi}_1, \dot{\varphi}_2, \dot{\varphi}_3$.

Подставив определенные члены уравнений Лагранжа, получим дифференциальные уравнения движения машинного агрегата питателя в общем виде:

$$\left. \begin{aligned} J_D \ddot{\varphi}_D &= M_D - c_1(\varphi_D - i_{D1}\varphi_1) - v_1(\dot{\varphi}_D - i_{D1}\dot{\varphi}_1), \\ J_1 \ddot{\varphi}_1 &= c_1 i_{D1}(\varphi_D - i_{D1}\varphi_1) + v_1 i_{D1}(\dot{\varphi}_D - i_{D1}\dot{\varphi}_1) - c_2(\varphi_1 - i_{12}\varphi_2) - \\ &\quad - v_2(\dot{\varphi}_1 - i_{12}\dot{\varphi}_2) - c_3(\varphi_1 - i_{13}\varphi_3) - v_3(\dot{\varphi}_1 - i_{13}\dot{\varphi}_3) - M_1, \\ J_2 \ddot{\varphi}_2 &= c_2 i_{12}(\varphi_1 - i_{12}\varphi_2) + v_2 i_{12}(\dot{\varphi}_1 - i_{12}\dot{\varphi}_2) - M_2, \\ J_{3пр} \ddot{\varphi}_3 &= c_3 i_{13}(\varphi_1 - i_{13}\varphi_3) + v_3 i_{13}(\dot{\varphi}_1 - i_{13}\dot{\varphi}_3) - M_{3пр}. \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

При исследовании машинных агрегатов важно правильно выбрать характеристики двигателя. В настоящее время используются статическая, линеаризованная динамическая, уточненная динамическая и динамическая механическая характеристики асинхронных электродвигателей. Одним из наиболее перспективных направлений является приближенное рассмотрение электромагнитных переходных процессов, протекающих в двигателе, и их математическое описание системой дифференциальных уравнений. В связи с этим при исследовании динамических параметров питателя мы использовали динамическую механическую характеристику асинхронного электродвигателя. Эта характеристика учитывает как электромагнитные переходные процессы пуска, так и установившееся движение, описываемое системой дифференциальных уравнений, содержащих составляющие вектора потокосцеплений статора и ротора при синхронной скорости вращения осей координат.

Далее определяем паспортные пара-

метры и коэффициенты асинхронного двигателя 4A100L6УЗ [1]: $N=2,2$ кВт – номинальная мощность двигателя; $n=950$ об/мин – номинальное число оборотов ротора двигателя; $M_K=44,22$ Н·м – критический момент на валу ротора двигателя; $M_H= M_K/2=22,11$ Н·м – номинальный момент на валу ротора двигателя; $f_c=50$ Гц – частота сети; $U_m=220$ В – номинальное фазное напряжение; $\eta=0,82$ – КПД двигателя; $\cos\varphi=0,65$ – номинальный коэффициент мощности двигателя; $\omega_o=104,731$ с⁻¹ – синхронная частота вращения ротора двигателя; $\omega_H=99,49434$ с⁻¹ – номинальная частота вращения ротора двигателя; $S_H=(\omega_o - \omega_H)/\omega_o=0,05$ – номинальное значение скольжения двигателя; $S_K=0,1866$ – критическое значение скольжения двигателя; $P=3$ – число пар полюсов; $I_{H,\phi}=6,2539$ А – номинальный фазный ток.

Моменты инерции вращающихся масс определяли методом разгона, применяемого для определения момента инерции тел вращения. В результате экспериментов для рабочих органов получены следующие мо-

менты инерции: питающих валиков, приведенных к валу вариатора ИВР-1 $J_{зпр}=0,2547 \text{ кг}\cdot\text{м}^2$; ротора двигателя со шкивом $J_D=0,158 \text{ кг}\cdot\text{м}^2$ и колковых барабанов со шкивами $J_1=4,469 \text{ кг}\cdot\text{м}^2$ и $J_2=3,562 \text{ кг}\cdot\text{м}^2$.

Жесткость и коэффициенты демпфирования ременных передач определяем по [2], [3]:

- а) первого для сечения ремня (сечение В) $c_1=61,948 \text{ Н}\cdot\text{м}/\text{рад}$; $v_1=0,3636 \text{ Н}\cdot\text{м}\cdot\text{с}/\text{рад}$;
- б) второго для сечения ремня (сечение

- Б) $c_2=41,472 \text{ Н}\cdot\text{м}/\text{рад}$; $v_2=0,2138 \text{ Н}\cdot\text{м}\cdot\text{с}/\text{рад}$;
 - в) третьего для сечения ремня (сечение А) $c_3=24,048 \text{ Н}\cdot\text{м}/\text{рад}$; $v_3=0,1596 \text{ Н}\cdot\text{м}\cdot\text{с}/\text{рад}$;
- Результаты измерений потребляемой мощности электродвигателей двухбарабанного питателя с измерительным комплектом К-50 (при производительности питателя по хлопку 1587 кг/ч) представлены в табл. 1.

Т а б л и ц а 1

| Наименование | U, V | Холостой ход (без нагрузки) | | С нагрузкой | |
|--|------|-----------------------------|--------|-------------|--------|
| | | I, A | N, кВт | I, A | N, кВт |
| Питающие валики (двигатель – тип В63В4У2; N=0,37 кВт; n=1410 об/мин) | 380 | 0,8 | 0,17 | 0,825 | 0,19 |
| Колковые барабаны (двигатель – тип 4А90Л4У3; N= 2,2 кВт; n= 1423 об/мин) | 380 | 4,66 | 1,9 | 4,46 | 1,92 |

$M=N_n/\omega_n=1920 \text{ Вт}/149,032 \text{ с}^{-1}=12,88 \text{ Н}\cdot\text{м}$ – средняя нагрузка, действующая на вращающийся вал колковых барабанов ($M_1=M_2=6,44 \text{ Н}\cdot\text{м}$) и $M_{зпр}=190 \text{ Вт}/147,6549 \text{ с}^{-1} =$

$=1,287 \text{ Н}\cdot\text{м}$ – средняя нагрузка, действующая на вращающийся вал питающих валиков, приведенная к валу вариатора ИВР-1 при производительности по хлопку 1587 кг/ч.

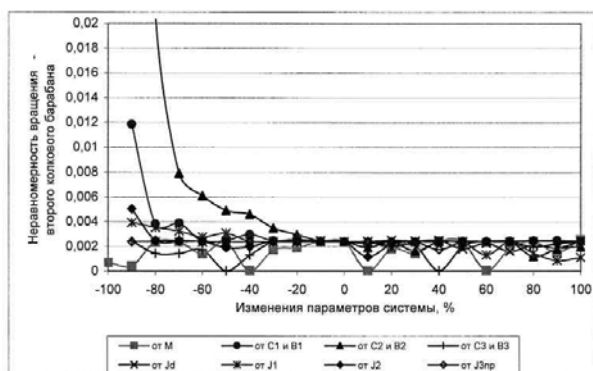


Рис. 2

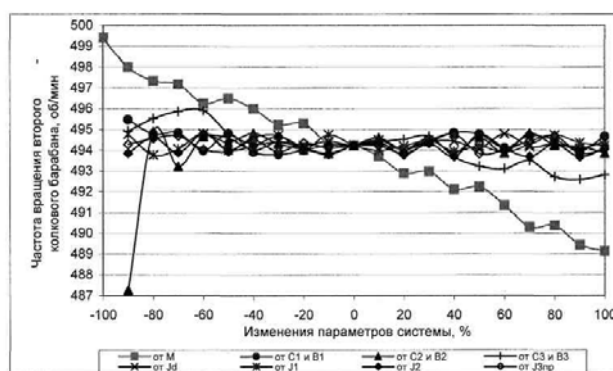


Рис. 3

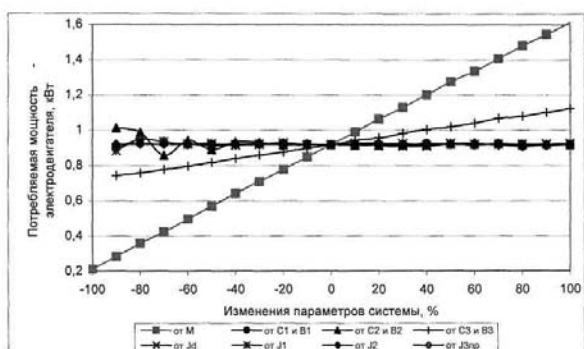


Рис. 4

Система нелинейных дифференциальных уравнений (2) исследована на ЭВМ. В результате проведенных исследований по-

строены графики изменения неравномерности вращения (рис. 2), частоты вращения колковых барабанов (рис. 3) и ведущего вала вариатора ИВР-1, а также потребляемой мощности электродвигателя (рис. 4) в зависимости от следующих действительных параметров системы $M, \ell, J_d, J_1, J_2, J_{зпр}$ (0,%) соответственно: момента сопротивления; упругодиссипативных параметров ременных передач, момента инерции электродвигателя, первого и второго колковых барабанов и питающих валиков, приведенных к валу вариатора ИВР-1, при уменьшении (-100%) и увеличении (100%) действительных параметров питателя пильно-

го джина.

Исследования уравнения движения двухбарабанного питателя с использованием найденных исходных параметров позволили установить следующие показатели:

- неравномерность вращения колковых барабанов $0,002375$ и $0,002376$;
- частота вращения колковых барабанов $51,788$ и $51,756 \text{ с}^{-1}$;
- частота вращения ротора электродвигателя $103,503 \text{ с}^{-1}$;
- потребляемая мощность электродвигателя $0,9178 \text{ кВт}$.

Результаты анализа (рис. 2...4) показывают, что:

– с увеличением упругодиссипативных параметров первой и второй ременных передач от -90 до -10% неравномерность вращения первого и второго колковых барабанов и ведущего вала вариатора ИВР-1 уменьшается соответственно на $26,7 \div 31,2$; $3,9 \div 20,4$ и $12,5 \div 32,6\%$, а далее с небольшими отклонениями остаются постоянными;

– с увеличением упругодиссипативных параметров третьей ременной передачи от -90 до 100% потребляемая мощность электродвигателя увеличивается с $0,742$ до $1,123 \text{ кВт}$, а частота вращения колковых барабанов и ведущего вала вариатора ИВР-1 уменьшается соответственно с $495,9$ до $492,5 \text{ мин}^{-1}$ и с $186,3$ до $185,5 \text{ мин}^{-1}$;

– с увеличением момента сопротивлений от -90 до 100% частоты вращения колковых барабанов и ведущего вала вариатора ИВР-1 уменьшаются соответственно от $498,14$ до $489,41 \text{ мин}^{-1}$, от $497,99$ до $489,12 \text{ мин}^{-1}$ и от $187,33$ до $183,94 \text{ мин}^{-1}$;

– с увеличением упругодиссипативных параметров первой и второй ременных передач, моментов инерции ротора электродвигателя, колковых барабанов и ведущего

вала вариатора ИВР-1 от -90 до -10% изменение потребляемой мощности электродвигателя находится в пределах $0,856 \div 1,012 \text{ кВт}$, а далее с небольшими отклонениями остается постоянным и составляет $0,9068 \div 0,9274 \text{ кВт}$;

– с увеличением момента сопротивлений на колковых барабанах от -90 до -10% неравномерность вращения колковых барабанов и ведущего вала вариатора ИВР-1 с небольшими отклонениями остается постоянной и находится в пределах $0,0000202 \div 0,00286$, а далее при 100% – $0,002368$, $0,002374$ и $0,000954$.

ВЫВОДЫ

1. Составлены уравнения движения машинного агрегата, изучены динамические характеристики и найдены рациональные параметры привода питателя.

2. Установлено, что для снижения потребляемой мощности электродвигателя с $0,9178$ до $0,8384 \text{ кВт}$ неравномерность вращения колковых барабанов снизится с $0,00237$ до $0,00128$ при частотах вращения колковых барабанов $494,3 \text{ мин}^{-1}$ ($51,76 \text{ с}^{-1}$). В связи с этим необходимо уменьшить упругодиссипативные параметры третьей ременной передачи питателя на 40% (с $24,048$ до $14,429 \text{ Н·м/рад}$).

ЛИТЕРАТУРА

1. Кравчик А.Э. и др. Асинхронные двигатели серии 4А. – М.: Энергоиздат, 1982.
2. Ривин Е.И. Динамика привода станков. – М.: Машиностроение, 1966. С.19...22.
3. Справочник. Динамика машин и управления машинами/ Под ред. Крейнина Г.В. – М.: Машиностроение, 1983. С.39...42.

Поступила 01.02.08.