

Зязюля В. Н., аспирант; Вихренко В. С., профессор; Юденков В. С., доцент

ВЫЧИСЛЕНИЕ МОМЕНТОВ СОПРОТИВЛЕНИЯ РАЗДЕЛЕНИЮ КРАСОЧНОГО СЛОЯ В КРАСОЧНОМ АППАРАТЕ ОФСЕТНОЙ ПЕЧАТНОЙ МАШИНЫ

This paper is devoted to the problem of building complex modeling environment on the basis of VisualNastran and Matlab\Simulink. Connection and exchange information between the mechanical model in VisualNastran and the automatic control system in Simulink was made by means of special library component VNPlantBlock. Evaluation of the resistance moments which appear in the ink system of the printing section of printing machine Ryobi 522 HE due to the ink stickiness without hydrodynamic effects is described as well. The results of the calculations may be applied to control speed characteristics of a printing press in VisualNastran for better accuracy of the modeled process.

Введение. Развитие современного печатного оборудования направлено на повышение производительности машин и рост качества выпускаемой продукции. Для обеспечения такого развития современные модели полиграфических машин оснащаются все более сложными системами автоматического управления [1]. Проектирование подобных систем также становится все более сложным и трудоемким процессом. В ходе разработки систем управления все большую роль играет их моделирование в специализированных программных средах (например, Matlab\Simulink). Однако такие пакеты имеют определенные ограничения. Так нагрузка на валу электродвигателя аппроксимируется на основе коэффициентов, вычисленных по приведенному моменту инерции управляемого механизма и моменту сопротивления. В свою очередь программные пакеты, предназначенные для моделирования механической части машины (например, VisualNastran), обладают лишь самым примитивным инструментарием для реализации управления (с помощью таблицы значений либо формулы). Эти ограничения можно снять путем объединения пакетов для моделирования механики и систем управления в единую комплексную среду моделирования. Существует возможность объединения пакетов VisualNastran и Matlab\Simulink в подобную комплексную среду моделирования посредством специализированного библиотечного блока vnPlant. Этот блок обеспечивает обмен данными между объединяемыми пакетами таким образом, чтобы снабдить систему управления значениями наблюдаемых параметров механизма для выработки управляющего сигнала и обеспечить реакцию механизма на управление. Для создания адекватной модели механической части печатной машины нужно учесть все значимые моменты сопротивления, возникающие в системах машины, и их изменение в зависимости от режимов работы. VisualNastran обладает возможностью создания геометрии тел только на основе примитивов. Поэтому для создания более сложной геометрии необходимо использовать сторонние пакеты трехмерного твердотельного моделирования (например,

SolidWorks). SolidWorks предоставляет пользователю полный инструментарий для создания пространственных тел любых конфигураций, в том числе и элементов зубчатых, ременных и цепных передач [2].

Рассмотрим возможность оценки моментов сопротивления, возникающие в красочном аппарате офсетной печатной машины Ryobi 522 HE.

Основная часть. В офсетной печати применяются вязкие краски повышенной интенсивности, содержащие большое количество пигмента. Толщина наносимого на оттиск красочного слоя для разных случаев может составлять от 0,15 до 3 мкм. Раскатная группа осуществляет подготовку красочного слоя до необходимой равномерной толщины перед нанесением его на форму. Изменение красочного слоя по толщине происходит в результате его деления на выходе из каждой зоны контакта между эластичными валиками и жесткими раскатными цилиндрами. Сопротивление разделению красочного слоя увеличивается с ростом вязкости краски и скорости разделения [3]. Анализ гидродинамических процессов, происходящих в слое краски, раскатываемой валиком, показывает, что в каждой точке возникают нормальные и касательные напряжения. Равнодействующая вертикальных составляющих создает подъемную силу, противодействующую прижиму валика и обеспечивающую зазор, необходимый для прохождения краски. Равнодействующая горизонтальных составляющих характеризует липкое сопротивление, противодействующее тяговой силе, в паре с которой оно вызывает вращение ведомого валика. Точное решение подобной гидродинамической задачи оказывается невозможным. Существует только приближенное решение [3]. В статье рассмотрено нахождение моментов сопротивления, возникающих только за счет липкости краски. В дальнейшем планируется уточнить результаты, включив гидродинамическую составляющую моментов сопротивления.

Схема красочного аппарата офсетной печатной машины Ryobi 522 HE приведена на рисунке 1. Геометрические параметры валиков красочного аппарата даны в таблице 1.

Геометрические параметры валиков красочного аппарата Ryobi 522 HE

№ валика	Наименование валика	Диаметр, мм	Общая длина, мм	Эффективная длина, мм
1	1-й накатной валик	49	601	510
2	2-й накатной валик	47	560	510
3	3-й накатной валик	45	576	510
4	4-й накатной валик	51	614	510
5	раскатной валик	46	562	508
6	мостовой валик	45	623	512
7	раскатной валик	52	600	515
8	раскатной валик	52	600	515
9	раскатной валик	46	600	515
10	раскатной валик	52	640	515
11	дукторный валик	45,5	607	515
12	накатной увлажняющий валик	50,5	615	511
13	дозированный увлажняющий валик	63	632	548
14	удерживающий форму валик	22	538	504

При раскате, накате и нанесении на запекаемый материал краска должна одновременно прилипнуть к двум поверхностям и разделяться между ними. В связи с этим прочность прилипания, или адгезия (первое проявление липкости), должна быть больше сопротивления красочного слоя разделению (второе проявление липкости). Сопротивление разделению слоя краски не должно быть слишком малым, иначе краска не будет раскатываться. Момент сил вязкого сопротивления раскату краски должен превышать момент сил трения в подшипниках, иначе валики красочного аппарата будут скользить [4].

Зависимость липкости краски (сажа на олифе слабо-слабой) от скорости разделения [4] можно аппроксимировать функцией вида

$$f(v) = 5 + 28 \tanh(v), \quad (1)$$

где $f(v)$ — липкость краски, Н/м;

v — скорость разделения красочного слоя, м/с.

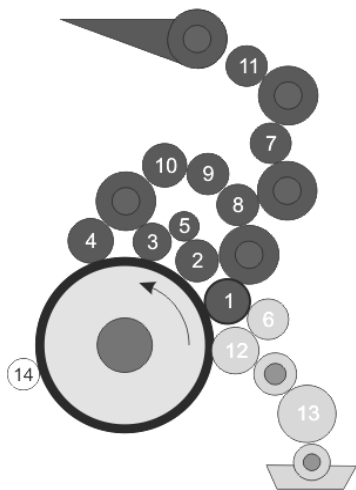


Рис. 1. Схема красочного аппарата Ryobi 522 HE

График зависимости липкости краски (сажа на олифе слабо-слабой) от скорости разделения, построенный по зависимости (1) имеет вид, представленный на рисунке 2.

Таким образом, момент сопротивления, возникающий за счет преодоления сопротивления разделения красочного слоя, высчитывается по формуле (2):

$$M_{ci} = f(v)L_{\text{эф}i}R_i, \quad (2)$$

где M_{ci} — момент сопротивления разделению красочного слоя, Нм; $F(v)$ — липкость краски, Н/м; $L_{\text{эф}i}$ — эффективная длина i -го валика, м; R_i — радиус i -го валика, м.

На рисунке 2 штриховой линией отмечены максимальная скорость работы печатной машины Ryobi 522 HE и соответствующее ей значение липкости краски. Используя данные таблицы 1,

$F(v)$,
Н/м

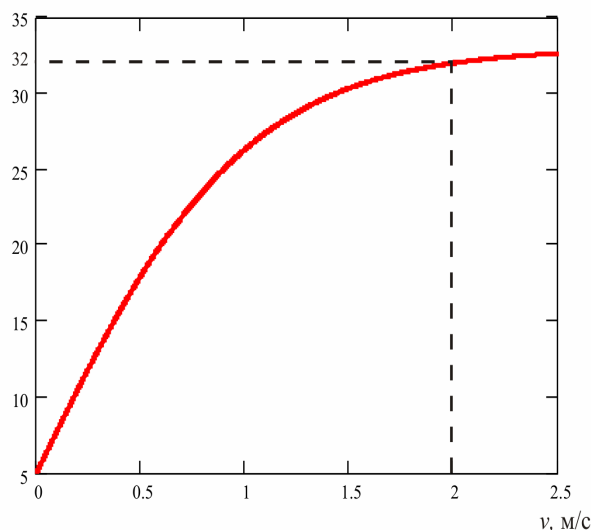


Рис. 2. Зависимость липкости краски от скорости

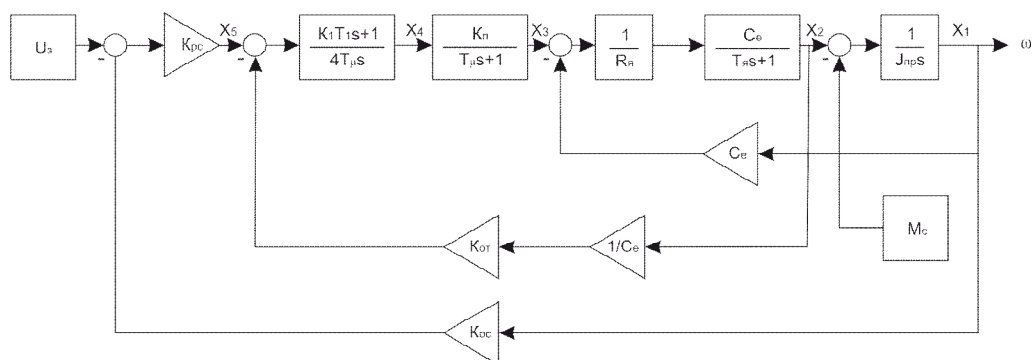


Рис. 3. Структурная схема системы стабилизации скорости

рассчитаем значения момента сопротивления разделению красочного слоя для каждого валика красочного аппарата и мощность, затрачиваемую на преодоление этого сопротивления на максимальной скорости. Радиус раскатных цилиндров равен 0,1 м. Результаты вычисления представлены в виде таблицы 2.

Суммарные затраты мощности на преодоление сопротивления разделению красочного слоя в красочном аппарате одной печатной секции офсетной печатной машины Ryobi 522 HE составляют 1,68 кВт.

Рассмотрим модель офсетной печатной машины с системой стабилизации скорости вращения печатного цилиндра с учетом выше вычисленных моментов сопротивления [5].

В качестве системы стабилизации скорости вращения печатного цилиндра применим двухконтурную систему автоматического регулирования на основе двигателя постоянного тока с независимым возбуждением и отрицательными обратными связями по току и скорости. Регулятор скорости — пропорциональный, регулятор тока — пропорционально-интегральный. Структурная схема системы управления с внедренным блоком VNPlant в Simulink имеет вид, представленный на рис. 3 [6].

Таблица 2
Результаты вычисления

№ валика	M_c , Н·м	P, Вт
1	1,60	130,61
2	1,92	163,41
3	2,20	195,56
4	1,66	130,69
5	1,50	133,44
7	1,71	131,53
8	2,57	197,68
9	1,52	132,18
10	1,71	131,53
р. ц. 1	4,91	98,2
р. ц. 2	4,92	98,2
р. ц. 3	3,30	66,0
р. ц. 4	3,30	66,0

На схеме приняты следующие обозначения: X_1, X_2, X_3, X_4, X_5 — переменные состояния системы управления; U_3 — задающее воздействие по скорости; $K_{pc}, K_1, K_n, K_{от}, K_{oc}$ — коэффициенты усиления регулятора скорости, регулятора тока, тиристорного преобразователя, обратных связей по току и скорости соответственно; $T_1, T_я, T_μ$ — постоянные времени регулятора тока, якорной цепи двигателя и малая некомпенсированная постоянная времени соответственно; $R_я$ — активное сопротивление якорной цепи; C_e — конструктивный коэффициент двигателя; M_c — момент сопротивления; s — оператор Лапласа.

Механическая модель печатной машины (рис. 4) строится при помощи пакета трехмерного твердотельного моделирования SolidWorks. После трансляции модели в VisualNastran остается определить виды кинематических пар в модели, указать свойства материалов деталей. Далее необходимо установить необходимые измерители и устройства контроля за наблюдаемыми и контролируемыми величинами. Модель сохраняется в файл (*.wm3) [6].

Следующий шаг — объединение механической модели и модели системы стабилизации скорости (рис. 5). Блок VNPlantBlock из библиотеки VisualNastran внедряется в систему управления в Simulink. В окне параметров блока

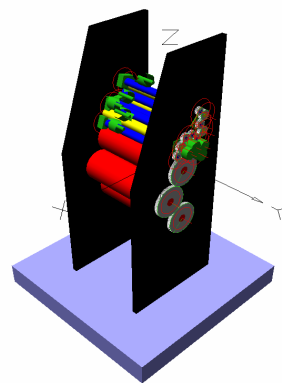


Рис. 4. Модель печатной секции печатной машины в VisualNastran

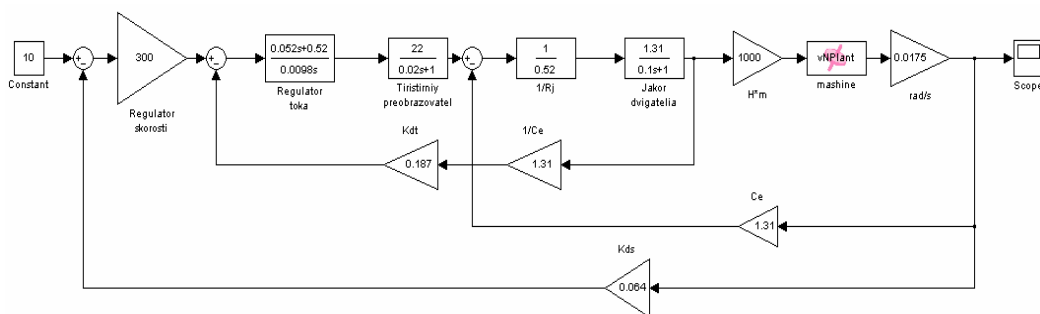


Рис. 5. Система управления с внедренным блоком VNPlant

указывается путь к файлу модели (*.wm3) и входная величина для блока — момент и выходная величина — скорость вращения печатного цилиндра. VisualNastran самостоятельно вычисляет приведенный момент инерции на валу двигателя, учитывает заданные возмущающие воздействия на механизм [8].



Рис. 6. Результаты моделирования

График изменения скорости печатного цилиндра, полученный при совместном моделировании механической части машины и системы стабилизации скорости, приведен на рисунке 6. По графику видно, что переходный процесс проходит с перерегулированием и заканчивается примерно через 0,3 с.

Вывод. Полученные результаты находятся в качественном соответствии с реальной конструкцией. Так, мощность главного двигателя рассматриваемой офсетной печатной машины составляет 3,7 кВт. Учитывая, что машина имеет две печатные секции, суммарные затраты мощности на преодоление сопротивления разделения красочного слоя составляют 3,36 кВт. С учетом гидродинамических эффектов и потерь на трение в подшипниках получим значение мощности, близкое к номинальному.

Разработанная модель печатной машины в комплексной среде моделирования обеспечивает стабилизацию скорости печатного цилиндра.

Для уточнения механической модели следует включить в нее гидродинамическую составляющую момента сопротивления разделения красочного слоя, рассчитать моменты сопротивления в увлажняющем аппарате и других узлах печатной машины, учесть силы трения в опорах.

Литература

1. Кипхан, Г. Энциклопедия по печатным средствам информации / Г. Кипхан. — М.: МГУП, 2003. — 1255 с.
2. Офсетные печатные машины / В. И. Штоляков [и др.]. — М.: МГУП, 1999. — 217 с.
3. Загаринская, Л. А. Полиграфические материалы / Л. А. Загаринская, Б. Н. Шахкельян. — М.: Книга, 1975. — 352 с.
4. Алямовский, А. А. SolidWorks. Компьютерное моделирование в инженерной практике / А. А. Алямовский. — СПб.: БХВ-Петербург, 2006. — 800 с.
5. Комплексное моделирование электро-механических систем на примере офсетной печатной машины / Зязюля В. Н. [и др.] // Теорет. и прикл. механика: меж-вед. сб. науч-метод. статей. — 2008 — Вып. 23. — С. 182–185.
6. Башарин, А. В. Примеры расчета автоматизированного электропривода на ЭВМ / А. В. Башарин, Ю. В. Постников. — Л.: Энергоатомиздат. Ленингр. отд-ние, 1990. — 512 с.
7. Рычков, С. П. MSC.visualNASTRAN для Windows / С. П. Рычков. — М.: ИТ Пресс, 2004. — 552 с.
8. Компьютерная механика. Динамический и кинематический анализ механических систем / Д. Г. Медведев [и др.]. — Минск: БГУ, 2006. — 375 с.