

УДК 621.89 + 681.533

## УПРАВЛЕНИЕ СМАЗЫВАНИЕМ ПО ИЗМЕНЕНИЮ ПАРАМЕТРОВ ПАР ТРЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНЫХ ПИТАТЕЛЕЙ

© 2009 Д. Е. Рыбальченко<sup>1</sup>, Н. Д. Быстров<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ОАО «АВТОВАЗ», г. Тольятти

<sup>2</sup>Самарский государственный аэрокосмический университет

Выполнен сравнительный анализ функциональных возможностей последовательных смазочных систем с управлением по заданному периоду обновления смазочного материала и по изменению параметров смазываемых пар трения. Приведены расчётные таблицы, используемые при разработке проекта последовательной смазочной системы с жидким смазочным материалом на примере силового стола SENY-P 400/400. Рассмотрены основные режимы работы смазочной системы с управлением смазыванием по изменению параметров пар трения на базе нагнетательного устройства с программируемой подачей смазочного материала.

*Проектирование гидравлических систем, смазочные системы, последовательный питатель, трение.*

В настоящее время развитие смазочных систем идёт совместно с развитием систем машин в направлении от принципа «чем больше смазочного материала, тем лучше», к принципу «точно и вовремя», от бесконтрольной подачи смазочного материала к контролируемой и далее, к адаптивным смазочным системам, системам с подачей оптимального количества смазочного материала в зависимости от режима работы смазываемого объекта и параметров его пар трения.

Эффективное смазывание пар трения усложнено необходимостью расчета объема смазочного материала, требуемого для каждой пары трения, с учётом многочисленных факторов, конкретные рекомендации по комплексному учёту которых в настоящее время отсутствуют. В результате полученные по различным методикам значения требуемого объема смазочного материала могут отличаться друг от друга более чем в 100 раз [1].

В условиях современного производства постоянно ужесточаются требования к отклонениям от предписанного технологического процесса для обеспечения заданного документацией качества обрабатываемого изделия. При этом повышаются требования к эффективности работы смазочных систем, что в свою очередь приводит к необходимости использования способов управления, позволяющих оценивать эффективность смазывания.

### Управление смазыванием по заданному периоду обновления

Одним из наиболее распространённых способов управления смазыванием является управление по заданному периоду обновления смазочного материала.

Реализацию смазочной системы на базе последовательных питателей серии МИ [2] с управлением смазыванием по периоду обновления рассмотрим на примере смазывания гидравлического силового стола типа SENY-P 400/400 с выдвижным упором [3]. Перечень точек подвода смазочного материала, площади поверхностей пар трения, смазываемых от каждой точки подвода, и требуемые объёмы жидкого смазочного материала для пар трения силового стола при толщине пленки смазки 25 мкм приведены в табл. 1.

При реализации смазочной системы на базе последовательных питателей серии МИ [2] в питатель может быть включено от 3 до 7 рабочих секций с номинальными объёмами смазочного материала, подаваемыми в один отвод за цикл, значения которых для всех типоразмеров рабочих секций представлены в табл. 2.

С учётом того, что отводы рабочих секций питателя могут объединяться между собой, гидросхема смазочной системы силового стола типа SENY-P 400/400 может выглядеть так, как это представлено на рис. 1.

Таблица 1. Смазываемые пары трения силового стола типа SENY-P 400/400

| Точки подвода смазки   |                                |             |                   |         | Площадь поверхности, см <sup>2</sup> |                | Требуемый объем, см <sup>3</sup> |                |
|------------------------|--------------------------------|-------------|-------------------|---------|--------------------------------------|----------------|----------------------------------|----------------|
| №                      | Наименование                   |             |                   | Кол -во | Общая                                | От одной точки | Общий                            | От одной точки |
|                        | Элемент                        | Поверхность | Часть             |         |                                      |                |                                  |                |
| 1                      | Призматическая направляющая    | Боковая     | Передняя          | 2       | 514,0                                | 257,0          | 1,2850                           | 0,6425         |
| 2                      |                                |             | Задняя            | 2       | 514,0                                | 257,0          | 1,2850                           | 0,6425         |
| 3                      | Прижимные планки               | Нижняя      | Передняя          | 2       | 200,0                                | 100,0          | 0,5000                           | 0,2500         |
| 4                      |                                |             | Задняя            | 2       | 200,0                                | 100,0          | 0,5000                           | 0,2500         |
| 5                      | Плоская направляющая           | Верхняя     | Передняя и задняя | 2       | 644,0                                | 322,0          | 1,6100                           | 0,8050         |
| Итого по точкам №1 - 5 |                                |             |                   | 10      | 2072,0                               | -              | 5,1800                           | -              |
| 6                      | Втулка бокового упора передняя |             |                   | 1       | 80,0                                 | 80,0           | 0,2000                           | 0,2000         |
| 7                      | Втулка бокового упора задняя   |             |                   | 1       | 80,0                                 | 80,0           | 0,2000                           | 0,2000         |
| Итого по точкам №6,7   |                                |             |                   | 2       | 160,0                                | -              | 0,4000                           | -              |
| Всего:                 |                                |             |                   |         | 2232,0                               | -              | 5,5800                           | -              |

Таблица 2. Номинальные объёмы смазочного материала рабочих секций питателя серии МИ

| Типоразмер рабочей секции                                                                | 5Д   | 5Е   | 10Д  | 10Е  | 15Д  | 15Е  |
|------------------------------------------------------------------------------------------|------|------|------|------|------|------|
| Номинальный объем смазочного материала, подаваемый в один отвод за цикл, см <sup>3</sup> | 0,08 | 0,16 | 0,16 | 0,32 | 0,24 | 0,48 |
| Количество отводов в промежуточной секции                                                | 2    | 1    | 2    | 1    | 2    | 1    |

В результате от питателей второго каскада П1.1 и П1.2 к точкам подвода смазочного материала будут поданы объёмы смазки, значения которых приведены в табл. 3.

Для смазывания плоской и призматической направляющих, включая прижимные планки, на вход питателя П1.1 необходимо подать 5,18 см<sup>3</sup>, а на вход питателя П1.2 для смазки выдвигаемого упора – 0,40 см<sup>3</sup> смазочного материала. Таким образом, питатель П1 должен распределить поток смазочного материала, поступающий от насоса Н1 в соотношении 12,95 к 1 ( $5,18 / 0,40 = 12,95$ ). Такое соотношение обеспечивает питатель П1, состоящий из секций 5Д – 15Е – 15Е. При этом на питатель П1.1 будет подаваться объединённая доза смазочного материала от одного из выходов секции 5Д и секций 15Е и 15Е ( $0,08 + 0,48 + 0,48 = 1,04$  см<sup>3</sup>), а питатель П1.2 будет подключён ко второму выходу секции 5Д (0,08 см<sup>3</sup>). Таким образом, на выходных отверстиях питателя первого каскада получим соотношение распределения 13 к 1 ( $1,04 / 0,08 = 13$ ). При пятикратном срабаты-

вании питателя П1 (рис. 1) на его выход, подключенный к питателю П1.1, поступит 5,2 см<sup>3</sup> ( $1,04 \times 5 = 5,2$  см<sup>3</sup>), а на выход, подключенный к питателю П1.2, – 0,4 см<sup>3</sup> ( $0,08 \times 5 = 0,4$  см<sup>3</sup>) смазочного материала.

Сопоставив данные, приведённые в табл. 1 и 3, получим, что для обеспечения всех поверхностей смазывания требуемым объёмом смазочного материала питатель П1.1 должен отработать три, а питатель П1.2 один рабочий цикл.

Так как суммарный объём питателя П1.1 составляет 5,28 см<sup>3</sup>, а на его вход за пять срабатываний питателя первого каскада П1 будет подано 5,2 см<sup>3</sup> смазочного материала, то на один из выходов питателя П1.1 будет подано смазочного материала на 0,08 см<sup>3</sup> меньше. При этом такая «недостача» при последовательном принципе действия будет переходить с каждым новым циклом смазывания к последующему выходу питателя. Аналогичным образом будет осуществляться подача смазочного материала и питателем П1.2, суммарный объём которого равен 0,48 см<sup>3</sup>, а пос-

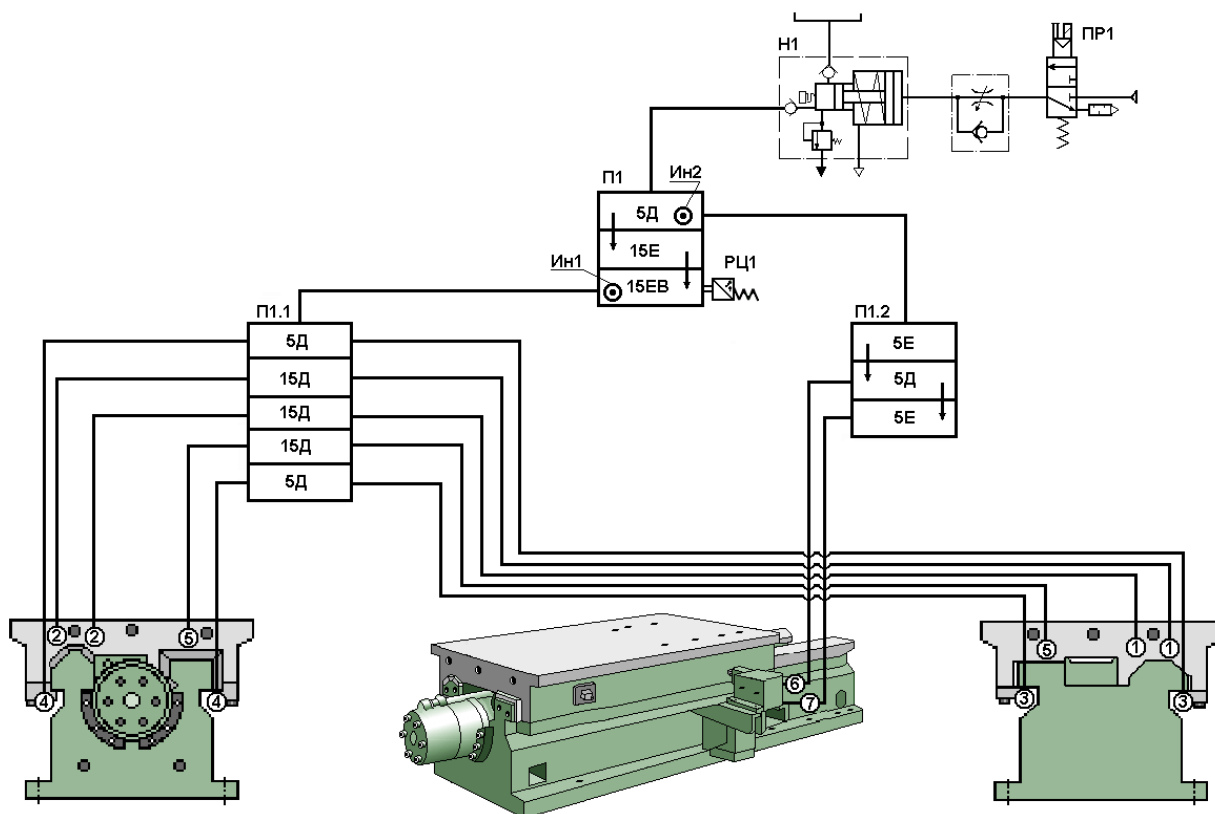


Рис. 1. Гидросхема смазочной системы силового стола типа SEHY-P 400/400 с управлением по заданному периоду обновления смазки\*

ле пяти срабатываний питателя П1 на его вход будет подано  $0,40 \text{ см}^3$  смазочного материала. Данная «недостача» компенсируется тем, что при каждом новом цикле смазывания она переходит на очередной выход питателя, и тем, что для большинства пар трения объём смазочного материала, обеспечиваемый выбранной рабочей секцией, превышает расчётное значение.

При управлении смазыванием по заданному периоду обновления смазочного материала повторный цикл смазывания, как правило, осуществляется по истечении контрольного времени, рекомендуемого разработчиками смазочной техники. Так, например, фирма LUBRIQUIP (США) рекомендует принимать период полного обновления плёнки смазочного материала равным одному часу [4]. Известны также рекомендации по реализации повторного цикла смазывания: через каждые 20 двойных ходов узла или механизма.

Таким образом, для полного смазывания всех пар трения силового стола типа

SEHY-P 400/400 необходимо, чтобы после начала смазывания в течение одного часа от насоса на вход питателя П1 поступило  $5,6 \text{ см}^3$  смазочного материала. В этом случае питатель П1 отработает пять полных циклов, что будет подтверждено пятью сигналами от реле цикла РЦ1, фиксируемыми системой управления.

Если в качестве смазочного насоса Н1 будет использован насос с пневматическим приводом и регулируемой подачей от  $0,25$  до  $2,00 \text{ см}^3/\text{ход}$ , то величину подачи ( $Q_H$ ), на которую должен быть настроен насос, можно рассчитать следующим образом.

Если суммарный объём рабочих секций питателя первого каскада ( $V_{\Sigma n1}$ ) меньше или равен максимально возможному значению подачи смазочного насоса ( $Q_{H_{\max}}$ ), то расчётную величину подачи ( $Q_H$ ) можно принять равной суммарному объёму рабочих секций питателя первого каскада  $V_{\Sigma n1}$ , то есть, если  $V_{\Sigma n1} \leq Q_{H_{\max}}$ , то  $Q_{H_{\max}} = V_{\Sigma n1}$ . При этом количество срабатываний смазочного насоса ( $K_H$ )

\*Цифрами в окружности на рис. 1 обозначены точки подвода смазки

Таблица 3. Объёмы смазки, подаваемые к точкам подвода смазочного материала

| № точки смазки | Требуемый объем при толщине пленки смазки 0,0025 см от одной точки смазки, см <sup>3</sup> | Секция питателя |                                                |                   |
|----------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|------------------------------------------------|-------------------|
|                |                                                                                            | Типоразмер      | Объем, поданный на один отвод, см <sup>3</sup> |                   |
|                |                                                                                            |                 | за 1 цикл работы                               | за 3 цикла работы |
| Питатель П1.1  |                                                                                            |                 |                                                |                   |
| 1              | 0,6425                                                                                     | 15Д             | 0,2400                                         | 0,7200            |
| 1              | 0,6425                                                                                     | 15Д             | 0,2400                                         | 0,7200            |
| 2              | 0,6425                                                                                     | 15Д             | 0,2400                                         | 0,7200            |
| 2              | 0,6425                                                                                     | 15Д             | 0,2400                                         | 0,7200            |
| 3              | 0,2500                                                                                     | 5Д              | 0,0800                                         | 0,2400            |
| 3              | 0,2500                                                                                     | 5Д              | 0,0800                                         | 0,2400            |
| 4              | 0,2500                                                                                     | 5Д              | 0,0800                                         | 0,2400            |
| 4              | 0,2500                                                                                     | 5Д              | 0,0800                                         | 0,2400            |
| 5              | 0,8050                                                                                     | 15Д             | 0,2400                                         | 0,7200            |
| 5              | 0,8050                                                                                     | 15Д             | 0,2400                                         | 0,7200            |
| Итого П1.1:    | 5,1800                                                                                     | -               | 1,7600                                         | 5,2800            |
| Питатель П1.2  |                                                                                            |                 |                                                |                   |
| 6              | 0,2000                                                                                     | 5Д + 5Е         | 0,2400                                         | -                 |
| 7              | 0,2000                                                                                     | 5Д + 5Е         | 0,2400                                         | -                 |
| Итого П1.2:    | 0,4000                                                                                     | -               | 0,4800                                         | -                 |

принимается равным количеству рабочих циклов питателя П1 ( $K_{n1}$ ).

Так как для нашего примера  $V_{\Sigma n1} = (0,08 \times 2 + 0,48 \times 2) = 1,12 \text{ см}^3 \leq Q_{H \max} = 2,00 \text{ см}^3/\text{ход}$ , то принимаем  $Q_H = 1,12 \text{ см}^3$  и  $K_H = K_{n1} = 5$ .

Таким образом, если удастся настроить подачу насоса точно на значение  $1,12 \text{ см}^3$ , то после пяти его срабатываний питатель П1 отработает ровно пять циклов, о выполнении которых в систему управления поступит пять сигналов от реле цикла РЦ1. Однако получить именно пять сигналов о включении реле цикла РЦ1 можно, если перед каждым включением насоса питатель П1 будет находиться в фиксированном исходном положении, при котором один из его поршней будет контактировать с РЦ1. В этом случае после сигнала на включение распределителя ПР1 привода насоса, по окончании перемещения его плунжера, подающего порцию смазочного материала к питателю П1, получим сигнал о повторном замыкании реле цикла РЦ1, свидетельствующий о том, что питатель П1 выполнил свой рабочий цикл.

Однако настроить значение подачи насоса точно на  $1,12 \text{ см}^3/\text{ход}$  по многим причи-

нам достаточно сложно. В большинстве случаев настройка подачи насоса осуществляется на заведомо большую величину, а сигнал на отключение его привода поступает при последнем включении реле цикла РЦ1. При этом важно, чтобы плунжер смазочного насоса, двигаясь еще некоторое время, при прохождении сигнала на отключение привода и по инерции не успел выдать в систему дозу смазочного материала, достаточную для замыкания реле цикла РЦ1. Вследствие чего может возникнуть ситуация неправильного управления смазыванием, при которой питатель П1 для получения пяти сигналов от реле цикла РЦ1 должен будет выполнить дополнительный рабочий цикл, выдав в смазочную систему избыточную порцию смазочного материала.

В результате наряду с преимуществами объёмного дозирования и централизованного контроля смазочная система с управлением по заданному периоду обновления смазочного материала, представленная на рис. 1, обладает следующими недостатками:

1) существует вероятность неправильного управления смазыванием за счёт времени, необходимого на отработку системой уп-

равления сигнала о завершении цикла смазки (времени реакции системы);

2) не обеспечена возможность автоматизированной переналадки смазочной системы;

3) не обеспечена возможность управления смазыванием в зависимости от изменения параметров пар трения;

4) отсутствует возможность автоматизированной диагностики состояния элементов смазочной системы.

### Особенности реализации последовательной смазочной системы с возможностью управления смазыванием по изменению параметров пар трения

Устранить недостатки последовательной смазочной системы (рис. 1) позволяет смазочная система, реализованная на базе нагнетательного устройства (НУ1) с программируемой подачей смазочного материала, гидросхема которой представлена на рис. 2 [5].

С целью наглядности преимуществ, которые позволяет получить такая смазочная система, наряду с точками смазки силового стола, перечисленными в табл. 1, в её состав включены также две резервные точки смазки (2) и (4), которые при необходимости могут быть задействованы, например, для обеспечения смазочным материалом узлов и механизмов, устанавливаемых на силовом столе.

Смазочная система работает следующим образом.

Перед началом смазывания выполняется *установочный цикл*, при котором все дозирующе-распределительные поршни питателя П1 устанавливаются в фиксированное исходное положение, например, когда все они будут находиться в крайнем правом положении. Для этого после включения смазочного насоса Н1 и поступления в систему управления сигнала о первом замыкании реле цикла РЦ1, после того как будет завершён первый полуцикл работы питателя П1 и реле цикла

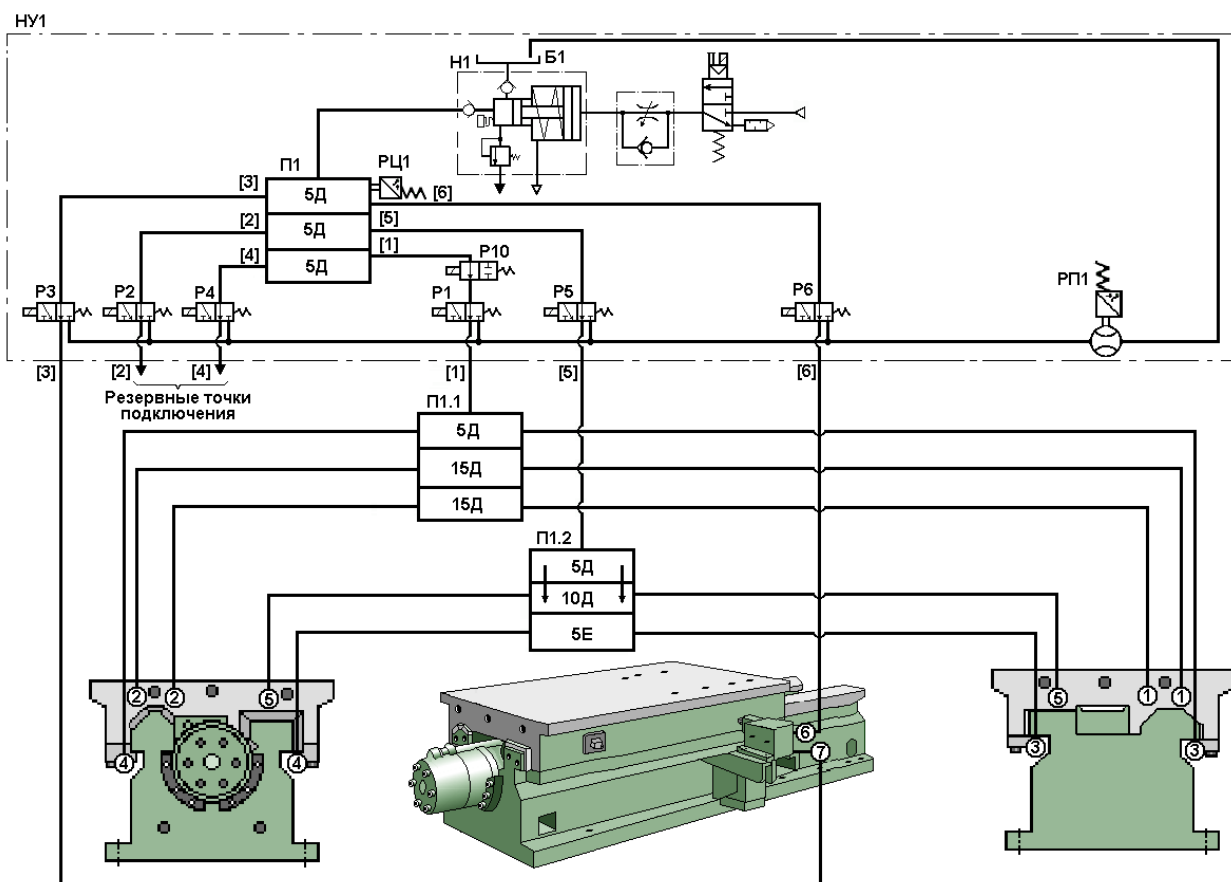


Рис. 2. Гидросхема смазочной системы силового стола типа SEHY-P 400/400 с возможностью управления смазыванием по изменению параметров пар трения

РЦ1 разомкнётся, подаётся сигнал на включение распределителя Р10, и второй полуцикл питатель работает при перекрытом выходе (1) до очередного включения РЦ1. Благодаря последовательному принципу действия, дойдя до подачи смазочного материала в перекрытый выход (1), реле цикла РЦ1 замкнётся, а работа питателя остановится даже в случае, если на его вход будет продолжать поступать смазочный материал от насоса Н1. Таким образом, время, необходимое на отработку системой управления сигнала о завершении цикла смазки, компенсируется временем выполнения второго полуцикла работы питателя П1.

В результате при схеме установки реле цикла РЦ1 и распределителя Р10 на питателе П1, представленной на рис. 2, и описанном выше алгоритме их работы поршни питателя П1 в конце установочного цикла гарантированно останавливаются в одном и том же фиксированном положении, и при следующем включении насоса Н1 смазочный материал в первую очередь начнёт поступать на выход (1) питателя П1.

Следует отметить, что конструкция и принцип действия любого последовательного питателя обеспечивают подачу смазочного материала на его выходы всегда в одной и той же последовательности, которая для пи-

тателя П1 серии МИ обозначена на рис. 2 цифрами в квадратных скобках и является номером выхода питателя. При этом цифрами в окружности на рис. 2 обозначены точки подвода смазочного материала к поверхностям трения силового стола.

Обеспечение требуемым объёмом смазочного материала потребителей, подключенных к выходам питателя П1, осуществляется переключением распределителей Р1 - Р6 за цикл смазывания в зависимости от количества включений реле цикла РЦ1. Если, например, для полного смазывания потребителей, подключённых к выходам (2) и (3) питателя П1, требуется по 0,16 см<sup>3</sup> смазочного материала, то для выполнения полного цикла работы смазочной системы (рис. 2) должна быть обеспечена схема включения электромагнитов, представленная в табл. 4.

После завершения предпоследнего цикла работы питателя П1 так же, как и при установочном цикле работы, осуществляется процедура установки дозирующе-распределительных поршней питателя в фиксированное исходное положение.

Как следует из табл. 4, для завершения полного цикла смазывания необходимо, чтобы после включения привода насоса от реле цикла РЦ1 поступило 42 сигнала. Очевидно, что сократить требуемое количество циклов

Таблица 4. Схема включения электромагнитов распределителей Р1 – Р6 для выполнения полного цикла смазывания

| Номер выхода питателя П1 | Кол-во включений РЦ1 | Электромагнит распределителя:<br>«+» - включен;<br>«-» - выключен |    |    |    |    |    | Объем смазки на каждом выходе питателя П1, см <sup>3</sup> | Примечание                                                                 |
|--------------------------|----------------------|-------------------------------------------------------------------|----|----|----|----|----|------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|
|                          |                      | Р1                                                                | Р2 | Р3 | Р4 | Р5 | Р6 |                                                            |                                                                            |
| 2                        | 2                    | -                                                                 | +  | -  | +  | -  | -  | 0,16                                                       | Смазка потребителей подключенных к выходам (2) и (3) питателя П1 завершена |
| 3                        |                      | -                                                                 | +  | -  | +  | -  | -  |                                                            |                                                                            |
| 1                        | 3                    | -                                                                 | +  | +  | +  | -  | +  | 0,24                                                       | Смазка втулок бокового упора завершена                                     |
| 4                        |                      | -                                                                 | +  | +  | +  | -  | +  |                                                            |                                                                            |
| 5                        | 24                   | -                                                                 | +  | +  | +  | +  | +  | 1,92                                                       | Смазка плоской направляющей завершена                                      |
| 6                        | 42                   | +                                                                 | +  | +  | +  | +  | +  | 3,36                                                       | Смазка призматической направляющей завершена                               |

работы питателя П1 можно, увеличив типоразмер входящих в его состав рабочих секций. Так, например, при использовании питателя П1 из трёх рабочих секций 15Д для полного цикла смазывания будет достаточно 14 циклов работы питателя, однако в этом случае точность дозирования потребителей, подключаемых к точкам (2) и (4), будет кратна  $0,24 \text{ см}^3$  (табл. 2).

Возможен также вариант комплектации питателя П1 секциями различного типоразмера. При этом, если питатель П1 будет собран из секций 15Д-15Д-5Д, то секция 5Д может быть использована для подключения двух потребителей с точностью дозирования, кратной  $0,08 \text{ см}^3$ . Однако такой вариант исключает возможность автоматизированного контроля состояния элементов, обеспечивающих точность дозирования с помощью одного реле потока РП1.

#### *Автоматизированная переналадка смазочной системы*

Автоматизированная переналадка смазочной системы (рис. 2) при изменении режима работы смазываемого оборудования обеспечивается распределителями Р1 – Р6, с помощью которых можно осуществлять независимое смазывание потребителей, подключённых к выходам питателя П1.

Так например, если оборудование, в состав которого входит силовой стол, предназначено для обработки двух деталей, причём при обработке одной детали работает механизм, подключённый к выходу (2) питателя П1, а при обработке второй – механизм, подключённый к выходу (4), то данная схема работы может быть реализована переключением распределителя, связанного с неработающим механизмом, в позицию, направляющую предназначенную этому механизму дозу смазочного материала в смазочный бак.

#### *Управление смазыванием в зависимости от изменения параметров пар трения*

Оценить эффективность смазывания пары трения можно, контролируя *величину потерь на трение* и *температуру* в зоне контакта поверхностей трения.

Известно, например, устройство для автоматического регулирования смазывания

[6], снабженное дополнительной системой подачи смазочного материала, срабатывающей от сигнала, поступающего от термодатчиков, расположенных в узлах трения, использование которого позволяет сократить расход смазочного материала путём оптимизации процесса смазывания с учётом времени работы и нагруженности узлов.

Известен также способ смазывания пар трения [7], включающий контроль потерь на трение и периодическую подачу доз смазочного материала при определённой величине потерь на трение. При этом с целью повышения надёжности трибосопряжения смазочный материал подают по достижении минимальной величины потерь на трение в диапазоне смешанного и жидкостного (гидродинамического) режимов смазывания (рис. 3).

Управление смазыванием по изменению температуры в зоне контакта смазываемых пар трения позволяет наиболее точно оценить эффективность работы смазочной системы в части отвода тепла, образующегося в зоне контакта пар трения. В некоторых случаях более полную информацию об эффективности работы смазочной системы даёт оценка величины потерь на трение, которую можно выполнить, например, контролируя изменение мощности приводимого в действие смазываемого узла.

Для реализации способа управления смазыванием по изменению параметров пар трения в смазочной системе должны быть выделены группы точек смазки, эффективность смазывания которых оказывает одинаковое влияние на изменение контролируемого параметра.

При формировании смазочной системы (рис. 2) в отдельные группы смазывания были выделены точки смазки всех поверхностей призматической (питатель П1.1) и плоской (питатель П1.2) направляющих силового стола. Так как эффективность смазывания втулок бокового упора не оказывает влияния на мощность, потребляемую приводом, то подача смазочного материала к ним была обеспечена от отдельных выходов питателя П1. При этом управление их смазыванием может выполняться как по заданному периоду обновления смазки, так и по оценке температу-

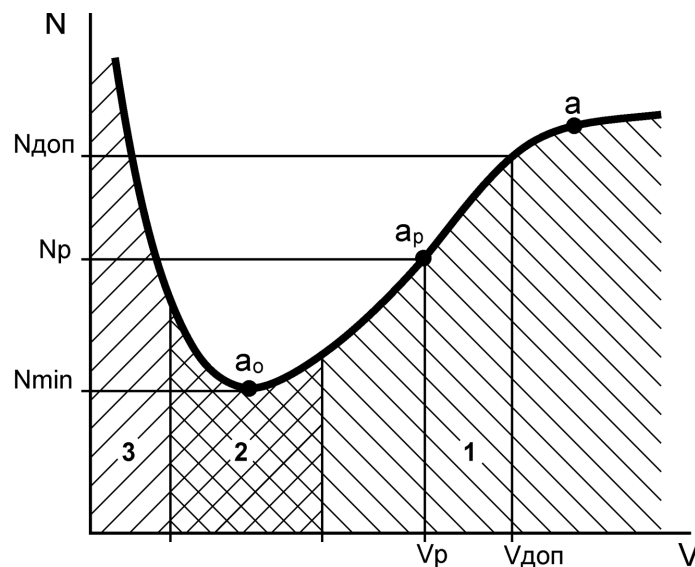


Рис.3. График изменения мощности трения ( $N$ ) в зависимости от объема дозы ( $V$ ) смазочного материала:  $N_{доп}$  – максимальная допустимая для трибосопряжения мощность трения;  $V_{доп}$  – объем смазочного материала, соответствующий максимальной допустимой для трибосопряжения мощности трения ( $N_{доп}$ );  $a_p$  – рабочая точка, которой соответствуют  $V_p$  – объем смазочного материала и  $N_p$  – потребляемая мощность в момент после подачи смазочного материала;  $N_{min}$  – минимальная потребляемая мощность

ры в зоне контакта смазываемых поверхностей.

Смазываемые поверхности призматической направляющей выделены в отдельную группу вследствие того, что по некоторым рекомендациям для их смазывания может потребоваться больше смазочного материала, чем для смазывания поверхностей плоской направляющей.

При использовании силового стола в условиях неравномерной нагруженности поверхностей его направляющих, например, в случае, когда на нём установлены механизмы, осуществляющие рабочую подачу в поперечном направлении, возможен также вариант схемного решения, обеспечивающий возможность смазывания боковых поверхностей направляющих от отдельных питателей или непосредственно от выходов питателя П1.

Таким образом, при смазывании направляющих силового стола с управлением по изменению мощности привода смазываемого узла потребляемая мощность будет являться комплексным параметром, учитывающим влияние множества факторов на оптимальный объем смазочного материала как при изменении условий и режима работы, так и при изменении параметров пар трения в процессе работы.

Работа смазочной системы (рис. 2) с управлением смазыванием направляющих силового стола по изменению мощности, потребляемой его гидроприводом, может осуществляться следующим образом. При включении оборудования выполняется полный цикл смазывания, при котором все поверхности трения, подключённые к нагнетательному устройству НУ1, получают расчётные дозы смазочного материала. Полный цикл смазывания завершается по алгоритму установочного цикла, описанному выше.

При каждом цикле работы оборудования с помощью дополнительно установленных в гидропривод силового стола реле, например реле давления, оценивается уровень потребляемой мощности при выполнении контрольного элемента цикла движения. При поступлении сигнала о недопустимом изменении мощности привода осуществляется подача порции смазки через питатель П1.1 к призматической направляющей и, если после этого уровень потребляемой мощности не придёт в норму, осуществляется подача смазки к плоской направляющей силового стола через питатель П1.2. Так как для полного обеспечения поверхностей трения смазочным материалом питатели П1.1 и П1.2 должны выполнить по три рабочих цикла, что-

бы избежать избыточной подачи смазочного материала, порция смазки для каждой из направляющих может быть подана в 3 этапа. При этом после подачи к каждой поверхности 1/3 части расчётного объёма контролируется изменение потребляемой мощности и подача оставшегося объёма смазочного материала прекращается, если её уровень приходит в норму.

#### *Автоматизированная диагностика состояния элементов смазочной системы*

В смазочной системе (рис. 2), реализованной на базе нагнетательного устройства (НУ1) с программируемой подачей смазочного материала, обеспечена возможность автоматизированной диагностики состояния элементов смазочной системы, а именно, автоматизированного контроля точности дозирования, обеспечиваемой нагнетательным устройством (НУ1), и определения подключённого к нагнетательному устройству потребителя, не принимающего предназначенную ему дозу смазочного материала.

Точность дозирования смазочного материала нагнетательным устройством определяется состоянием дозирующих камер, образованных поршнями, перемещающимися в корпусах рабочих секций питателя. При износе взаимно перемещающихся поверхностей, образующих рабочую камеру питателя, доза смазки, выдаваемая рабочей секцией, изменяется. При управлении смазыванием по заданному периоду обновления смазки приводит к неправильному смазыванию, а при управлении это смазыванием по изменению параметров пары трения - к необходимости выполнения рабочей секцией неоправданно завышенного количества циклов работы.

Контроль дозы смазочного материала на каждом выходе нагнетательного устройства (НУ1) в смазочной системе (рис. 2) обеспечивается одним реле потока РП1, которое настраивается на величину, отклонение от которой недопустимо. При этом каждый распределитель Р1 – Р6 «закрепляется» в программе системы управления за конкретным выходом питателя П1. При выполнении *контрольного цикла* доза смазочного материала

только от одного из распределителей Р1 – Р6 подаётся в сливную магистраль, в которой установлено реле потока РП1, которое и контролирует её отклонение от установленного значения. Контрольный цикл смазывания может выполняться как перед включением оборудования, так и в процессе его работы.

Если в течение заданного интервала времени от реле цикла РЦ1 не поступит соответствующее количество сигналов о выполнении питателем П1 необходимого количества рабочих циклов, то возникает задача определения потребителя, не принимающего предназначенную ему дозу смазочного материала.

Для определения заблокированного потребителя обычно используются специальные индикаторы блокирования (индикаторы превышения давления), устанавливаемые на каждом из выходов питателя П1 (Ин 1 и Ин 2 на рис. 1). Однако в смазочной системе, представленной на рис. 2, обеспечена возможность автоматизированного определения заблокированного потребителя без использования дополнительных устройств. Для этого с помощью системы управления осуществляется специальный *диагностический цикл*, при котором в начальный момент все выходные каналы питателя с помощью гидрораспределителей Р1 – Р6 соединяются со сливом, а затем по одному подключаются к потребителям. При этом подключение гидрораспределителя, которое не приведет к срабатыванию реле цикла РЦ1, будет указывать на потребителя, который не принимает предназначенную ему дозу смазочного материала.

#### **Выводы**

Применение смазочных систем с управлением смазыванием по изменению параметров пар трения и автоматизированной диагностикой состояния элементов смазочной системы в значительной степени повысит надёжность и расширит функциональные возможности смазочных систем на базе последовательных питателей, что будет способствовать достижению более эффективного смазывания.

### Библиографический список

1. Рыбальченко, Д. Е. Проблемы оптимального смазывания // Трение, износ, смазка [электр. ресурс]. - 2005. - Т.4, номер 25. - 7 с.
2. Николаевский завод смазочного и фильтрующего оборудования: Каталог продукции [Текст] / НЗСФО. – Николаев, 2003. – 104 с.
3. Унифицированные узлы автоматических линий и агрегатных станков: Каталог. Ч1. Базовые, силовые узлы и транспортные системы [Текст] / Филиал НИИНавтопрома. – 2-е перераб. и доп. изд. – Тольятти, 1986. – 154 с.
4. Centralized Lubrication Systems: Catalog. / LUBRIQUIP, INC., A Unit of IDEX Corporation. - Printed in U.S.A., 2001.
5. Пат. 200273792 Российская Федерация, МПК<sup>7</sup> F16N25/02. Нагнетательное устройство с программируемой подачей смазочного материала и централизованным контролем [Текст] / Рыбальченко Д. Е.; заявитель и патентообладатель ОАО «АВТОВАЗ» - № 2004116647/06; заявл. 01.06.2004; опубл. 10.04.2006, Бюл. №10 – 1 с. : ил.
6. А.с. 1489280 СССР, МПК<sup>4</sup> F16N29/02. Устройство автоматического регулирования подачи смазки [Текст] / В.Л. Чувина, М.Г. Чувин, В.Г. Корниенко (СССР); заявитель Краснодарский политехнический институт и производственное объединение «Импульс». - № 4306766/31-29; заявл. 15.09.88; опубл. 07.06.90, Бюл. № 21 – 4 с. : ил.
7. А.с. 1742576 СССР, МПК<sup>5</sup> F16N29/00. Способ смазывания трибосопряжения [Текст] / А.М. Земляков, Ю.О. Михалев (СССР); заявитель специальное конструкторско-технологическое бюро «Полус» при Ивановском энергетическом институте им. В.И. Ленина. - № 4746688/29; заявл. 05.10.89; опубл. 23.06.92, Бюл. № 23 – 2 с. : ил.

### References

1. Rybaltchenko, D. Ye. Problems of optimal lubrication // Friction, wear, lubrication. - 2005. - vol. 4, No. 25 - 7 pp.
2. Nikolayevsky plant of lubrication and filtering equipment. Product catalogue / NZSFO - Nikolayev, 2003 - 104 pp.
3. Building blocks of automatic lines and building block machines. Catalogue. Part 1. Basic power units and transport systems / Branch of NIINavtoprom - 2nd revised edition. - Togliatti, 1986 - 154 pp.
4. Centralized Lubrication Systems: Catalog. / LUBRIQUIP, INC., A Unit of IDEX Corporation. - Printed in U.S.A., 2001.
5. Patent 200273792 Russian Federation, MPK<sup>7</sup> F16N25/02. Pumping device with programmable lubricant feeding and centralized control / Rybaltchenko D. Ye.; applicant and patent holder - Joint Stock Company "Avtovaz" - No. 2004116647/06; appl. 01.06.2004; publ. 10.04.2006, Bul. No. 10 - 1 p.: ill.
6. Author's certificate 1489280 USSR, MPK<sup>4</sup> F16N29/02. Lubrication feeding automatic regulation device / V. L. Tchuvina, M. G. Tchuvin, V. G. Korniyenko (USSR); applicant - Krasnodar polytechnical institute and production association "Impulse" - No. 4306766/31-29; appl. 15.09.88; publ. 07.06.90, Bul. No. 21 - 4 pp.: ill.
7. Author's certificate 1742576 USSR, MPK<sup>5</sup> F16N29/00. Method of tribointegration lubrication / A. M. Zemlyakov, Yu. O. Mikhalyov (USSR); applicant - specialized technological design bureau "Polus" at the Ivanovo power engineering institute named after V. I. Lenin. - No. 4746688/29; appl. 05.10.89; publ. 23.06.92, Bul. No. 23 - 2 pp.: ill.

## FRICTION CONTROL ON CHANGING PARAMETERS OF FRICTION PAIRS USING SEQUENTIAL FEEDERS

© 2009 D. Ye. Rybaltchenko<sup>1</sup>, N. D. Bystrov<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Joint Stock Company "Avtovaz", Togliatti

<sup>2</sup>Samara State Aerospace University

Comparative analysis of functional possibilities of sequential lubrication systems with the control of a given period of lubrication material renewal and changing parameters of the lubricated friction pairs is carried out. Calculation tables are given that are used when designing a sequential lubrication system with a liquid lubricant, a SEHY-P 400/400 hard table taken as an example. The main conditions of the operation of a lubrication system with lubrication control on changing parameters of friction pairs on the basis of a pumping device with programmable lubricant feeding is considered.

*Hydraulic system design, lubrication system, sequential feeder, friction.*

### Информация об авторах

**Рыбальченко Дмитрий Евгеньевич**, начальник отдела внедрения и сопровождения САПР производства технологического оборудования, ОАО «АВТОВАЗ»; e-mail: D.Rybaltchenko@vaz.ru. Область научных интересов: динамика гидравлических систем, проектирование гидропневмоприводов смазочных и охлаждающих систем.

**Быстров Николай Дмитриевич**, доктор технических наук, профессор, кафедра автоматических систем энергетических установок, Самарский государственный аэрокосмический университет; e-mail: iam@ssau.ru. Область научных интересов: динамика трубопроводных цепей в системах контроля и управления энергоустановок, виброакустика.

**Rybaltchenko Dmitry Yevgenyevitch**, head of the department of automatic production system implementation and maintenance in technological equipment production, joint-stock company "Avtovaz", e-mail: D.Rybaltchenko@vaz.ru. Area of research: dynamics of hydraulic systems, designing hydropneumatic drives of lubrication and cooling systems.

**Bystrov Nikolay Dmitryevitch**, doctor of technical science, professor department of automatic systems of power units, Samara State Aerospace University, e-mail: iam@ssau.ru. Area of research: dynamics of pipeline chains in systems of control of power units, vibroacoustics.