

ляемые к разрабатываемым системам вооружений исходя из алгоритма решения боевых задач подразделений Вооруженных Сил, и на этой основе разрабатывает научно-технические решения образцов техники, отвечающие критериям новизны, полезности. К руководству кандидатскими диссертациями по военно-технической тематике могут привлекаться, на первом этапе до создания своей научной базы, ученые – признанные специалисты гражданского профиля по выбранным направлениям. Защита диссертаций может проводиться на существующих Ученых Советах гражданского профиля. В дальнейшем, военно-технические факультеты должны сформировать свои Ученые Советы по направлениям научной деятельности.

Для создания начального кадрового потенциала, целесообразно приглашать на работу ученых, располагающих опытом научно-исследовательской и педагогической деятельности, зарекомендовавших себя по направлению деятельности кафедры военно-технического факультета, и готовых развивать военно-техническую тематику.

Подготовка кадрового потенциала Республики Беларусь по направлениям военно-технического строительства позволит создавать современные образцы вооружений, укрепит обороноспособность страны и снизит экономическую зависимость Беларуси от импорта военной техники.

УДК 69.002.5 – 82

Математическое моделирование многоотворных приводов технологических машин

Котлобай А.Я., Котлобай А.А.

Белорусский национальный технический университет

Применение делителей потока рабочей жидкости насоса в объемном многоотворном гидроприводе рабочих органов технологического оборудования многофункциональных машин инженерного вооружения позволит уменьшить удельный вес механических передач в кинематической цепи привода. Разработан принцип деления потока рабочей жидкости насоса, состоящий в дискретной подаче фиксированных объемов рабочей жидкости последовательно по напорным магистралям потребителей.

Рассмотрим основные параметры дискретного гидрораспределителя роторного типа (рисунок 1).

При равномерном вращении ротора *1* дискретного гидрораспределителя относительно центральной оси в распределяющей втулке *3* корпуса *4* рабочая жидкость насоса поступает в полости продольных каналов *2* ротора *1*, и периодически, в полости рабочих камер *5*, *6*, *7*, связанных через каналы в корпусе *4* с напорными магистралями потребителей.

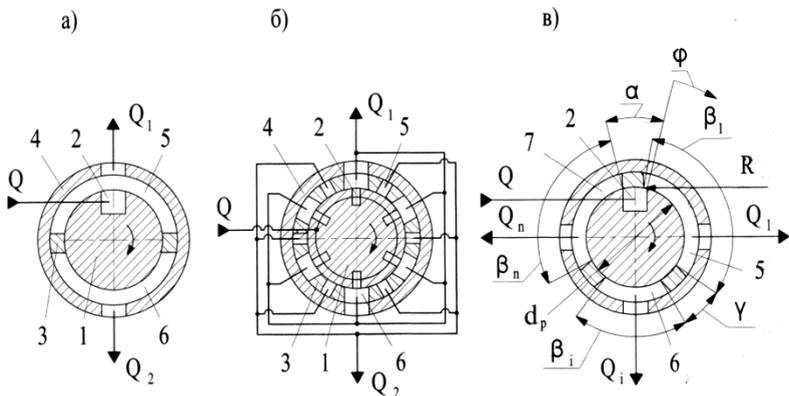


Рисунок 1 – Схема дискретного гидрораспределителя:

1 – ротор; 2 – продольный канал; 3 – распределительная втулка; 4 – корпус;
 5, 6, 7 – рабочая камера; Q , Q_1 , Q_i , Q_n – подача рабочей жидкости насоса,
 и по магистралям потребителей; R – горизонтальная составляющая
 гидродинамических сил

Геометрические параметры дискретного гидрораспределителя в относительном виде

$$a_1 = \frac{\gamma}{\theta_j}; a_2 = \frac{\alpha}{\gamma}; b_1 = \frac{\beta_1}{\theta_j}; b_i = \frac{\beta_i}{\theta_j}; b_n = \frac{\beta_n}{\theta_j},$$

где θ_j – угол поворота ротора l , в течение которого совершается полный цикл подачи рабочей жидкости в контуры потребителей

$$\theta_j = \sum_{i=1}^n \beta_i + n\gamma = \frac{2\pi}{k},$$

где k – коэффициент дискретизации;

$\beta_1, \beta_i, \beta_n$ – центральный угол отводящего канала распределительной втулки;

$1, \dots, i, \dots, n$ – номер и число рабочих камер;

γ – центральный угол перешейков между рабочими камерами

При вращении ротора l в распределительной втулке 3 площадь F_i каждого из отводящих каналов дискретного гидрораспределителя изменяется по времени t от нуля до заданной величины F_{max} (рисунок 2).

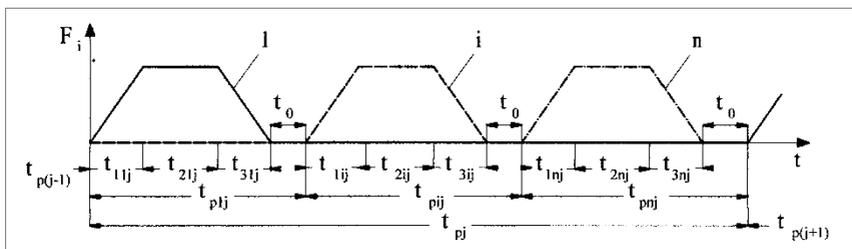


Рисунок 2 – Геометрические параметры дискретного гидрораспределителя:
1 – $F_1(t)$, **2** – $F_i(t)$, **3** – $F_n(t)$ – площадь первого, i -го, n -го отводящего канала;
 t – время

Время t_{pj} j -го цикла подачи рабочей жидкости по всем отводящим каналам

$$t_{pj} = \sum_{i=1}^n t_{pij} = \frac{\theta_j}{\omega} = \frac{2\pi}{k\omega},$$

где t_{pij} – время j -го цикла подачи рабочей жидкости в канал i -го потребителя,

$$t_{pij} = t_0 + t_{\Sigma ij},$$

– время перекрытия смежных рабочих камер;

– суммарное время открытого положения рабочей

камеры i -го потребителя;

– время открытия, открытого положения, закрытия рабочей

камеры i -го потребителя;

$j=1 \dots k$ – номер цикла подачи рабочей жидкости по всем отводящим каналам;

ω – частота вращения ротора.

Время перекрытия смежных рабочих камер 5, 6, 7 агрегата дозирования

$$t_0 = \frac{\alpha - \gamma}{\omega} = \frac{2\pi\alpha_1(\alpha_2 - 1)}{k\omega}.$$

Время t_{1ij} изменения площади проходного сечения каналов

$$F_1(t) = 0 \div F_{\max} \text{ и } t_{2ij} F_1(t) = 0 \div F_{\max}$$

$$t_{11j} = t_{21j} = t_{1ij} = t_{2ij} = t_{1nj} = t_{2nj} = t_{1nk} = t_{2nk} = \frac{2F}{d_p h \omega k},$$

где d_p – диаметр ротора;

h – длина рабочей камеры 5, 6, 7.

$$t_{2ij} = \frac{2\pi[1 - n\alpha_1(1 - \alpha_2)]k_{qi}}{\omega k \sum_{i=1}^n k_{qi}} - \frac{4F}{d_p h \omega k},$$

где k_{Qij} – коэффициент,

$$k_{Qij} = \frac{\Delta V_i}{\Delta V_1};$$

ΔV_i – дискретный объем рабочей жидкости, поступающий в напорную магистраль i -го потребителя за время $t_{\Sigma ij}$,

$$\Delta V_i = Q t_{\Sigma ij} = \frac{2\pi(b_i + a_1 a_2)Q}{\omega k},$$

F – условный проход магистрали насоса.

Изменение геометрических параметров отводящих каналов дискретного гидрораспределителя по времени описывается выражениями:

$$\begin{aligned} \sum_{i=1}^{i-1} t_{pij} < t \leq \sum_{i=1}^{i-1} t_{pij} + t_{1ij}, F_i = 0,5d_p h \omega k t; \\ \sum_{i=1}^{i-1} t_{pij} + t_{1ij} < t \leq \sum_{i=1}^{i-1} t_{pij} + t_{1ij} + t_{2ij}, F_i = F; \\ \sum_{i=1}^{i-1} t_{pij} + t_{1ij} + t_{2ij} < t \leq \sum_{i=1}^{i-1} t_{\Sigma ij}, F_i = F - 0,5d_p h \omega k t; \\ \sum_{i=1}^{i-1} t_{pij} + t_{\Sigma ij} < t \leq t_{pj} + \sum_{i=1}^{i-1} t_{pi(j+1)}, F_i = 0; \end{aligned}$$

Ротор дискретного гидрораспределителя вращается равномерно при достаточной мощности двигателя привода ротора. Момент M_d на валу двигателя привода ротора

определяется выражением

$$M_d = M_{тр} + R r_p,$$

где $M_{тр}$ – момент трения, возникающий при вращательном движении ротора агрегата

дозирования;

r_p – радиус ротора.

Суммарная горизонтальная составляющая гидродинамических сил R , действующих на ротор, определяется с учетом положения ротора для диапазонов времени

$$\frac{2\pi \left[\sum_{i=1}^{i-1} b_i + a_1 (i - 2 + a_2) + m \right]}{\omega k} < t \leq \frac{2\pi (\sum_{i=1}^1 b_i + i a_1 + m)}{\omega k},$$

$$R = \frac{2F_i |\Delta p_i|}{\sqrt{\xi}} \operatorname{sgn}(p_H - p_i) \cos 111^\circ + \frac{2F_{(i+1)} |\Delta p_{(i+1)}|}{\sqrt{\xi}} \operatorname{sgn}(\Delta p_{(i+1)}) \cos 69^\circ,$$

где p_H, p_i – давление в полости насоса, исполнительного гидроцилиндра,

$$\Delta p_i = p_H - p_i.$$

Динамическая схема многомоторного привода с дискретным гидрораспределителем представлена на рисунке 3.

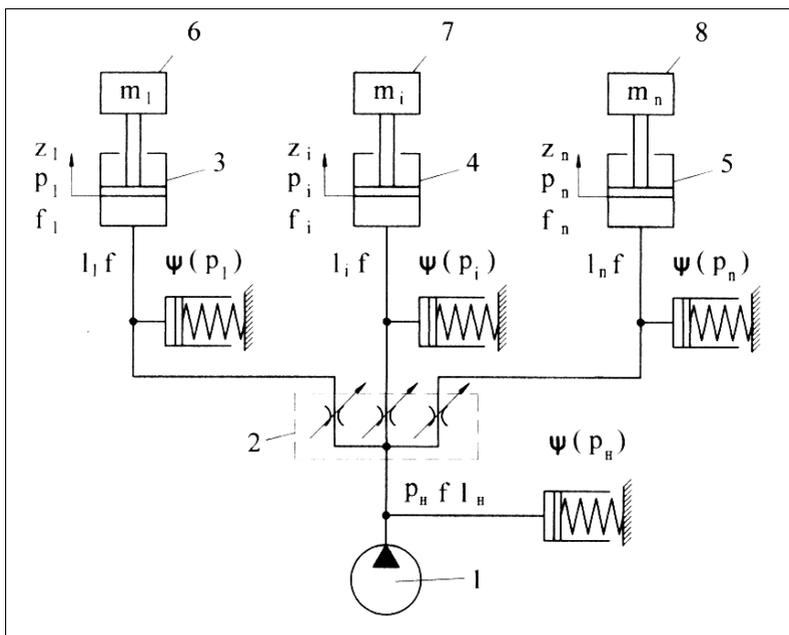


Рисунок 3 – Динамическая схема многомоторного привода:

1 – насос; 2 – дискретный гидрораспределитель;

3, 4, 5 – исполнительный гидроцилиндр; 6, 7, 8 – груз

Переходные процессы при работе насоса 1 с исполнительными гидроцилиндрами 3, 4, 5 и n -поточным дискретным гидрораспределителем описывается системой дифференциальных уравнений:

$$\left. \begin{aligned}
 \ddot{z}_1 &= (f_1 p_1 - P_1 - P_{mp1} \operatorname{sgn} \dot{z}_1) / m_1 \\
 \ddot{z}_i &= (f_i p_i - P_i - P_{mpi} \operatorname{sgn} \dot{z}_i) / m_i \\
 \ddot{z}_n &= (f_n p_n - P_n - P_{mpn} \operatorname{sgn} \dot{z}_n) / m_n \\
 \dot{p}_k &= \left[Q - \sum_{i=1}^n F_i \sqrt{\frac{2|\Delta p_i|}{\rho}} \operatorname{sgn}(\Delta p_i) \right] / \Phi(V_{гн} + f l_{гн}) \\
 \dot{p}_1 &= \left[F_1 \sqrt{\frac{2|\Delta p_1|}{\rho}} \operatorname{sgn}(\Delta p_1) - f_1 \dot{z}_1 \right] / \Phi(f_1 z_1 + f l_1) \\
 \dot{p}_i &= \left[F_i \sqrt{\frac{2|\Delta p_i|}{\rho}} \operatorname{sgn}(\Delta p_i) - f_i \dot{z}_i \right] / \Phi(f_i z_i + f l_i) \\
 \dot{p}_n &= \left[F_n \sqrt{\frac{2|\Delta p_n|}{\rho}} \operatorname{sgn}(\Delta p_n) - f_n \dot{z}_n \right] / \Phi(f_n z_n + f l_n)
 \end{aligned} \right\}$$

где $z_1, \dots, z_i, \dots, z_n$ – координата поршня исполнительного цилиндра;

$f_1, \dots, f_i, \dots, f_n$ – площадь поршня исполнительного цилиндра;

$m_1, \dots, m_i, \dots, m_n$ – масса поднимаемого груза и подвижных частей, приведенная к поршню;

$P_{mp1}, \dots, P_{mpi}, \dots, P_{mpn}$ – сила трения;

$P_1, \dots, P_i, \dots, P_n$ – сила сопротивления массы поднимаемого груза;

$p_n, p_1, \dots, p_i, \dots, p_n$ – давление в полости насоса, исполнительного гидроцилиндра;

Φ – коэффициент податливости рабочей жидкости;

$V_{гн}$ – объем гидравлического гасителя в цепи насоса;

f – площадь проходного сечения всех гидролиний;

$l_{гн}$ – длина гидролиний, соединяющих насос с гидравлическим гасителем и ДП;

$l_1, \dots, l_i, \dots, l_n$ – длина трубопровода от ДП до исполнительного гидроцилиндра;

ρ – плотность рабочей жидкости;

ξ – коэффициент местного сопротивления.

Относительная погрешность параметров подачи рабочей жидкости по магистралям потребителей магистральям потребителей ε может быть определена по выражению

$$\varepsilon = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left| \frac{f_i \dot{z}_i}{Q k_i} - 1 \right|,$$

где k_i – коэффициент подачи,

Решение системы дифференциальных уравнений в программе Mathcad 11 проводилось для двухпоточного дискретного гидрораспределителя, установленного в напорной магистрали насоса. Анализ работы двухмоторного привода показал:

- обеспечивается независимость нагрузочного режима работы контура данного потребителя от нагрузочного режима контура второго потребителя в широком диапазоне изменения нагрузок;

- увеличение дискретизации потока рабочей жидкости и частоты вращения ротора дискретного гидрораспределителя уменьшает неравномерность давления в напорных магистралях потребителей;

- параметры продольных пазов ротора и каналов распределительной втулки выбираются из условия отсутствия перекрытия;

- объем гидравлического гасителя $V_{гг}$ должен быть минимальным, что предполагает установку дискретного гидрораспределителя возле насоса.

Дискретный гидрораспределитель реализован в виде отдельного агрегата, установленного в напорной магистрали насоса [1] (рисунок 4).

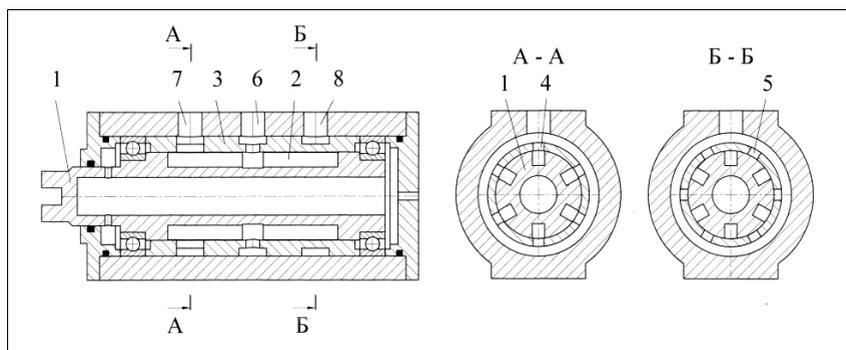


Рисунок 4 – Дискретный гидрораспределитель

Рабочая жидкость через канал 6 корпуса поступает в полости продольных пазов 2 ротора 1, откуда, периодически, через каналы 4, 5 распределительной втулки 3, – в магистрали потребителей, подключенные к каналам 7, 8 корпуса. Изменение числа потоков достигается изменением числа групп продольных каналов распределяющей втулки, и каналов подключения контуров потребителей.

Предложены варианты привода ротора:

- дискретный гидрораспределитель устанавливается на фланец насоса.

Ротор выполнен в виде силовой муфты, соединяющей валы насоса и привода;

– дискретный гидрораспределитель устанавливается в рациональном месте трансмиссии, с приводом ротора от любого вала, автономного двигателя.

Дискретный гидрораспределитель может модульно наращиваться, обеспечивая одновременное дозирование различных потоков рабочей жидкости, оснащаться системами автоматического выключения при изменении режима работы гидросистемы.

Перспективным является оснащение шестеренных (рисунок 5), аксиально-поршневых насосов дискретным гидрораспределителем.

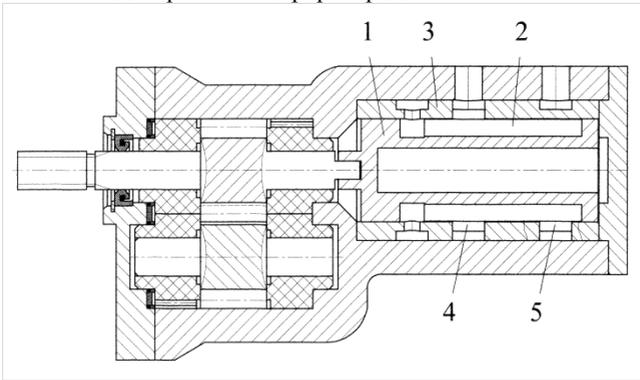


Рисунок 5 – Двухпоточный шестеренный насос

Рабочая жидкость качающего узла насоса поступает в полости продольных пазов 2 ротора 1, и периодически через каналы 4, 5 распределительной втулки 3 – в магистрали потребителей.

Реализация предложенного принципа дискретизации потока рабочей жидкости насоса позволяет создать агрегаты дозирования объемного типа, обеспечивающие необходимые число потоков и параметры подачи рабочей жидкости по напорным магистралям потребителей.

Использование дискретного гидрораспределителя в многомоторном приводе рабочих органов многофункциональных машин инженерного вооружения обеспечивает независимость работы контуров исполнительных гидромоторов.

Определены основные математические выражения, позволяющие рассчитать конструктивные параметры дискретного гидрораспределителя роторного типа. Рациональным является объединение насоса и дискретного гидрораспределителя в единый насосный агрегат.

Увеличение дискретизации потока рабочей жидкости насоса погрешность параметров подачи рабочей жидкости по магистралям потребителей многомоторного гидропривода.

УДК 623.454

**Военно-инженерное искусство в ходе боевых действий
на западном направлении начального периода
Великой Отечественной войны и его современное значение**

Мазур Ю.В.

Белорусский национальный технический университет

Чем дальше вглубь истории уходят трагические дни начального периода Великой Отечественной войны, тем с большим вниманием и повышенным интересом возвращаются должностные лица органов военного управления Вооруженных Сил, военные ученые к изучению именно этого периода.

Исследование процессов, происходивших в то время, скрупулезный критический анализ опыта проведения стратегической оборонительной операции на Западном направлении в начальный период Великой Отечественной войны позволяют найти результативные подходы к решению многих ключевых проблем обеспечения военной безопасности суверенного государства в рамках его оборонительной военной доктрины, включая и проблему эффективных организации и ведения военных (боевых) действий в начальный период агрессии, инженерного обеспечения обороны территории страны. Именно на этой основе возможно дальнейшее развитие теории и практики военного искусства и его важнейшей отрасли – военно-инженерного искусства, а, следовательно, и совершенствование методов, способов организации и ведения военных (боевых) действий, в том числе и в ответственный начальный период агрессии на государство.

Анализируя и оценивая степень соответствия процессов инженерного обеспечения, осуществляемых инженерными войсками в начальный период Великой Отечественной войны на Западном направлении военных (боевых) действий в оборонительной стратегической операции по отражению агрессии, основным законам развития военно-инженерного искусства: закону соответствия содержания военно-инженерного искусства уровню развития средств и способов вооруженной борьбы; закону появления в военно-инженерном искусстве новых отраслей военно-инженерной науки и практики в результате внедрения в военное дело качественно новых технических средств, можно сделать выводы из боевого опыта и сформировать рекомендации, которые будут применимы для достижения целей и решения задач инженерного обеспечения инженерными войсками в современной стратегической оборонительной операции.