



УДК 621.225.001.4

ОБОСНОВАНИЕ НАЧАЛЬНЫХ УСЛОВИЙ МОДЕЛИРОВАНИЯ РАБОТЫ ГИДРОВРАЩАТЕЛЯ ПЛАНЕТАРНОГО ТИПА В СОСТАВЕ ГИДРОАГРЕГАТА

Волошина А.А., д.т.н.

Таврический государственный агротехнологический университет

Тел. (0619) 42-04-42

Аннотация – работа посвящена обоснованию начальных условий моделирования работы гидравлического вращателя планетарного типа, работающего в составе гидроагрегата привода активных рабочих органов мобильной техники, с учетом конструктивных особенностей вытеснительной и распределительной систем гидровращателя.

Ключевые слова – гидроагрегат, гидравлический вращатель, вытеснительная система, распределительная система, моделирование, начальные условия, выходные характеристики.

Постановка проблемы. Современные тенденции развития гидрофикации мобильной техники требуют разработки принципиально новых и совершенствования существующих гидроагрегатов и их элементов, а также новых подходов в решении проблемы улучшения их выходных характеристик.

Анализ гидравлических схем гидроагрегатов различных типов мобильной техники показал [1], что как правило, такие гидроагрегаты представлены тремя основными гидравлическими элементами: насос, высокомоментный низкооборотный гидромотор и предохранительный клапан. При этом, в качестве высокомоментного гидромотора используются различные типы гидромашин, в том числе гидравлические вращатели планетарного типа. Использование гидравлических вращателей планетарного типа в приводах активных рабочих органов мобильной техники ограничено невысокими выходными параметрами существующих гидравлических вращателей серии РПГ [2,3]. Основным недостатком рассмотренного серийного гидровращателя планетарного типа РПГ-6300, являются низкие значения его выходных характеристик (особенно КПД).

На сегодняшний день, практически отсутствуют исследования динамики изменения функциональных параметров гидровращателя планетарного типа, работающего в составе гидроагрегата привода активных рабочих органов мобильной техники, что не позволяет улучшить его характеристики.



Анализ последних исследований. Анализ исследований, связанных с проектированием высокомоментных низкооборотных гидромашин [4,5] показывает, что они выполнялись без должного учета ряда важных факторов [6], характеризующих гидровращатель планетарного типа, а математические модели [7,8], недостаточно корректно отражают рабочие процессы гидравлических вращателей планетарного типа, работающих в составе гидроагрегата мобильной техники и не в полной мере описывают работу и взаимосвязи элементов гидроагрегата.

Таким образом, для улучшения выходных характеристик гидравлического вращателя планетарного типа, работающего в составе гидроагрегата привода активных рабочих органов, необходимо провести исследования динамики изменения его функциональных параметров с учетом конструктивных особенностей вытеснительной и распределительной систем, а также обоснованием взаимосвязи всех элементов гидроагрегата и их взаимодействия с рабочей жидкостью.

Формулировка целей статьи. Обоснование начальных условий моделирования работы гидравлического вращателя планетарного типа, работающего в составе гидроагрегата, для исследования динамики изменения его выходных характеристик, что позволит установить влияние конструктивных особенностей элементов гидроагрегата на функциональные параметры гидровращателя и гидроагрегата в целом.

Основная часть. Для более рационального использования гидровращателей для привода активных рабочих органов мобильной техники, необходимо провести исследование динамики изменения выходных характеристик гидровращателей планетарного в составе гидроагрегата, включающего приводной двигатель, нерегулируемый шестеренный насос, предохранительный клапан непрямого действия, гидравлический вращатель планетарного типа с учетом конструктивных особенностей его вытеснительной и распределительной систем и упруго-инерционную нагрузку.

С целью исследования характера изменения выходных характеристик планетарных гидровращателей в составе гидроагрегата, разработана математическая модель [9], описывающая работу серийного и модернизированного гидровращателей планетарного типа в составе гидроагрегата, которая предусматривает сравнительное проведение исследований с учетом конструктивных особенностей вытеснительной и распределительной систем планетарного гидровращателя на изменение выходных характеристик гидроагрегата.

Поэтому, для серийного и модернизированного гидровращателей необходимо исследовать:

– влияние конструктивных особенностей гидровращателей в гидравлической системе насос-клапан-гидровращатель, включающей нерегулируемый шестеренный насос, предохранительный клапан непрямого действия и гидровращатель планетарного типа (серийный или модернизированный) на их

выходные характеристики;

– изменение выходных характеристик гидровращателя, работающего в составе гидроагрегата, включающего в себя насосную станцию с разомкнутой циркуляцией потока с приводным двигателем;

– изменение выходных характеристик гидравлического вращателя планетарного типа с учетом его конструктивных особенностей и, действующей на «вал» гидровращателя, упруго-инерционной нагрузкой.

Для моделирования переходных процессов, происходящих в гидравлическом вращателе планетарного типа, разработанная математическая модель рабочих процессов гидровращателя [9] реализована с помощью пакета имитационного моделирования Vissim, что позволит исследовать динамику изменения выходных характеристик серийного и модернизированного гидровращателей планетарного типа, работающих в составе гидроагрегата.

Для моделирования работы гидравлического вращателя планетарного типа в составе гидроагрегата приняты следующие исходные данные и начальные условия, заданные блоком 1 (рис. 1):

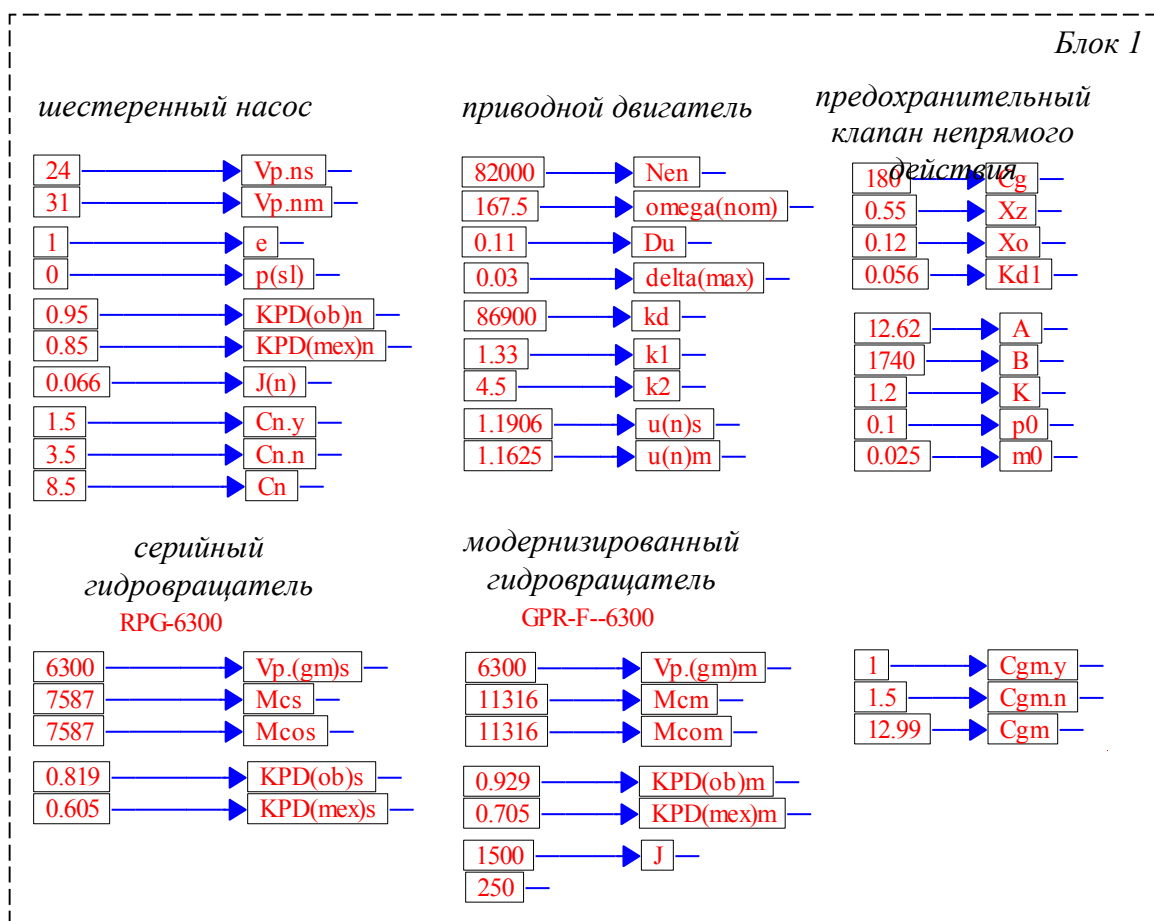


Рис. 1. Блок исходных данных для моделирования работы серийного и модернизированного гидровращателей в составе гидроагрегата.



– приводной дизельный двигатель с регулятором: угловая скорость вала двигателя равна $\omega_n = 167,5 \text{ с}^{-1}$; мощность двигателя равна $N_{ен} = 82 \text{ кВт}$; диаметр цилиндра приводного двигателя равен $D_{ц} = 0,11 \text{ м}$; масса стального маховика равна $\delta_{ц} = 0,03 \text{ кг}$; параметр настройки центробежного регулятора $k_{\rho} = 86900$; передаточное число согласующего редуктора между приводным двигателем и насосом $u_{\rhoв} = 1,19$ – для гидроагрегата с серийным и $u_{\rhoв} = 1,16$ – для гидроагрегата с модернизированным гидровращателями;

– насос шестеренный нерегулируемый, с возможностью изменять подачу при «запредельном» возрастании нагрузки: рабочий объем насоса постоянный и равен $V_{н0} = 24 \text{ см}^3$ – для гидроагрегата с серийным и $V_{н0} = 31 \text{ см}^3$ – для гидроагрегата с модернизированным гидровращателем; угловая скорость вала насоса поддерживается регулятором ДВС и равна $\omega_n = 225 \text{ с}^{-1}$; для нерегулируемого насоса параметр регулирования равен $e = 1$; давление в сливной магистрали равно $p_{сл} = 0$; момент инерции вращающихся масс насоса равен $J = 0,066 \text{ кг}\cdot\text{м}^2$; объемный КПД равен $\eta_{\rhoб} = 0,95$, гидромеханический КПД - $\eta_{г.м} = 0,85$;

– гидровращатель планетарного типа: рабочий объем гидровращателя постоянный и равен $V_{зв} = 6300 \text{ см}^3$; момент сопротивления постоянен и равен $M_c = 7587 \text{ Н}\cdot\text{м}$ – для серийного и $M_c = 11316 \text{ Н}\cdot\text{м}$ – для модернизированного гидровращателя; среднестатистический момент инерции вращающихся масс нагрузки гидровращателя, для данных моментов сопротивлений, равен $J = 250 \text{ кг}\cdot\text{м}^2$; максимальный момент инерции вращающихся масс нагрузки гидровращателя, для данных моментов сопротивлений, равен $J = 1500 \text{ кг}\cdot\text{м}^2$; объемный КПД равен $\eta_{\rhoб} = 0,819$ – для серийного и $\eta_{\rhoб} = 0,929$ – для модернизированного гидровращателя; гидромеханический КПД - $\eta_{г.м} = 0,605$ – для серийного и $\eta_{г.м} = 0,705$ – для модернизированного гидровращателя;

– клапан непрямого действия: жесткость пружины равна $C = 200 \text{ Н/см}$; величина предварительного сжатия пружины $x_0 = 0,12 \text{ см}$; положительное перекрытие щели равно $x_z = 0,55 \text{ см}$;

– рабочая жидкость: параметры рабочей жидкости, зависящие от типа масла и рабочей температуры гидравлической системы равны $A = 12,62$, $B = 1740$; показатель политропы $K = 1,2$; начальное (атмосферное) давление равно $p_0 = 0,1 \text{ МПа}$; содержание нерастворенного воздуха в рабочей жидкости в относительных единицах $m_0 = 0,025$.

Математическая модель работы гидроагрегата с гидровращателем планетарного типа включает в себя математическую модель работы насосной станции с разомкнутой циркуляцией потока с приводным двигателем [10], математическую модель работы предохранительного клапана непрямого действия [11], математическую модель работы гидровращателя планетарного типа, с учетом конструктивных особенностей его вытеснительной [12] и распределительной [13] систем, с упруго-инерционной нагрузкой.

Представленная блоком 2 (рис. 2) модель работы насосной станции с разомкнутой циркуляцией потока с приводным двигателем позволяет моделировать работу приводного двигателя. Если моделирование проводится без приводного двигателя, то блок 2 отключается.

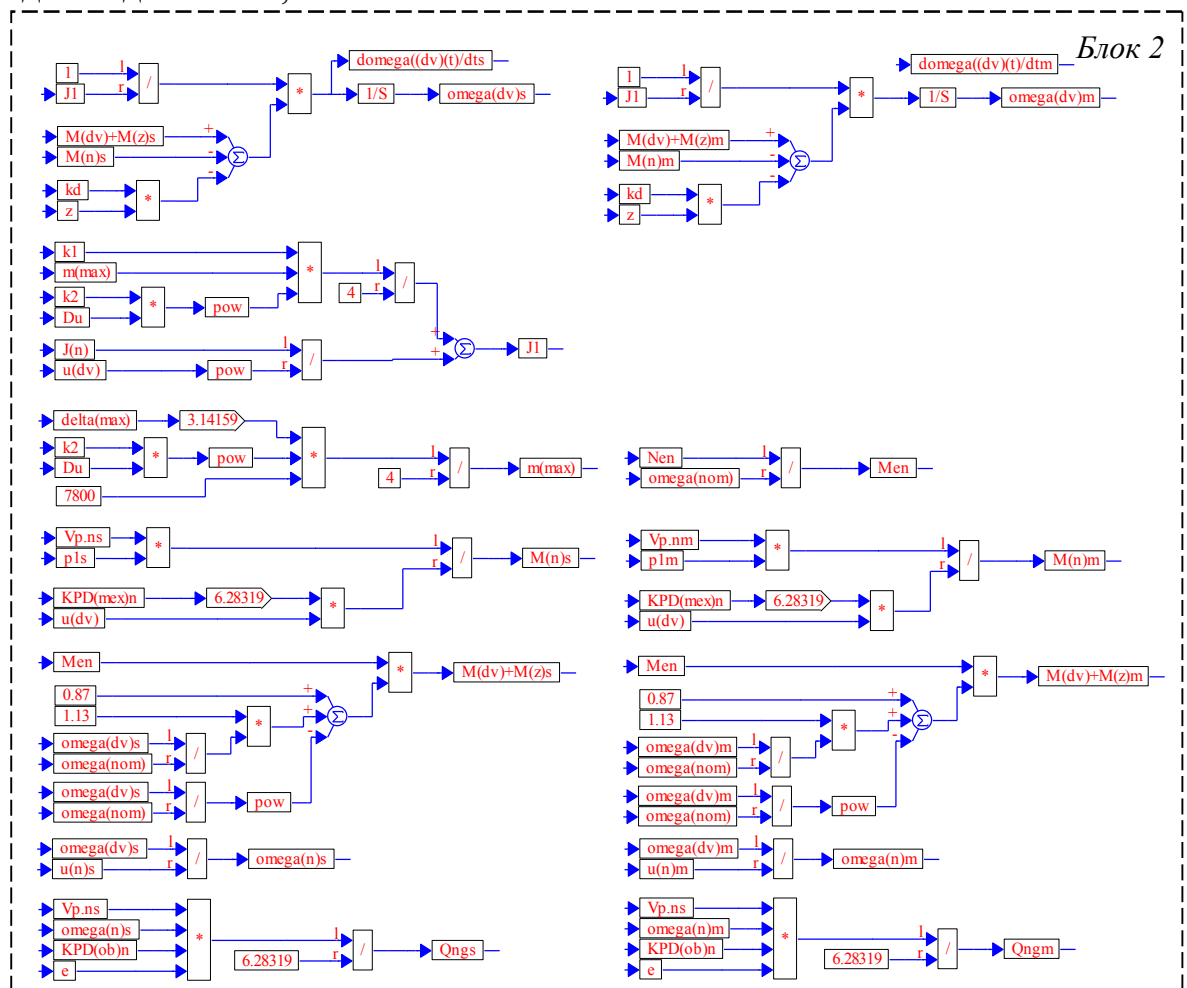


Рис. 2. Блок моделирования работы насосной станции с разомкнутой циркуляцией потока с приводным двигателем.

Блок 3 (рис. 3) позволяет моделировать работу предохранительного клапана непрямого действия.

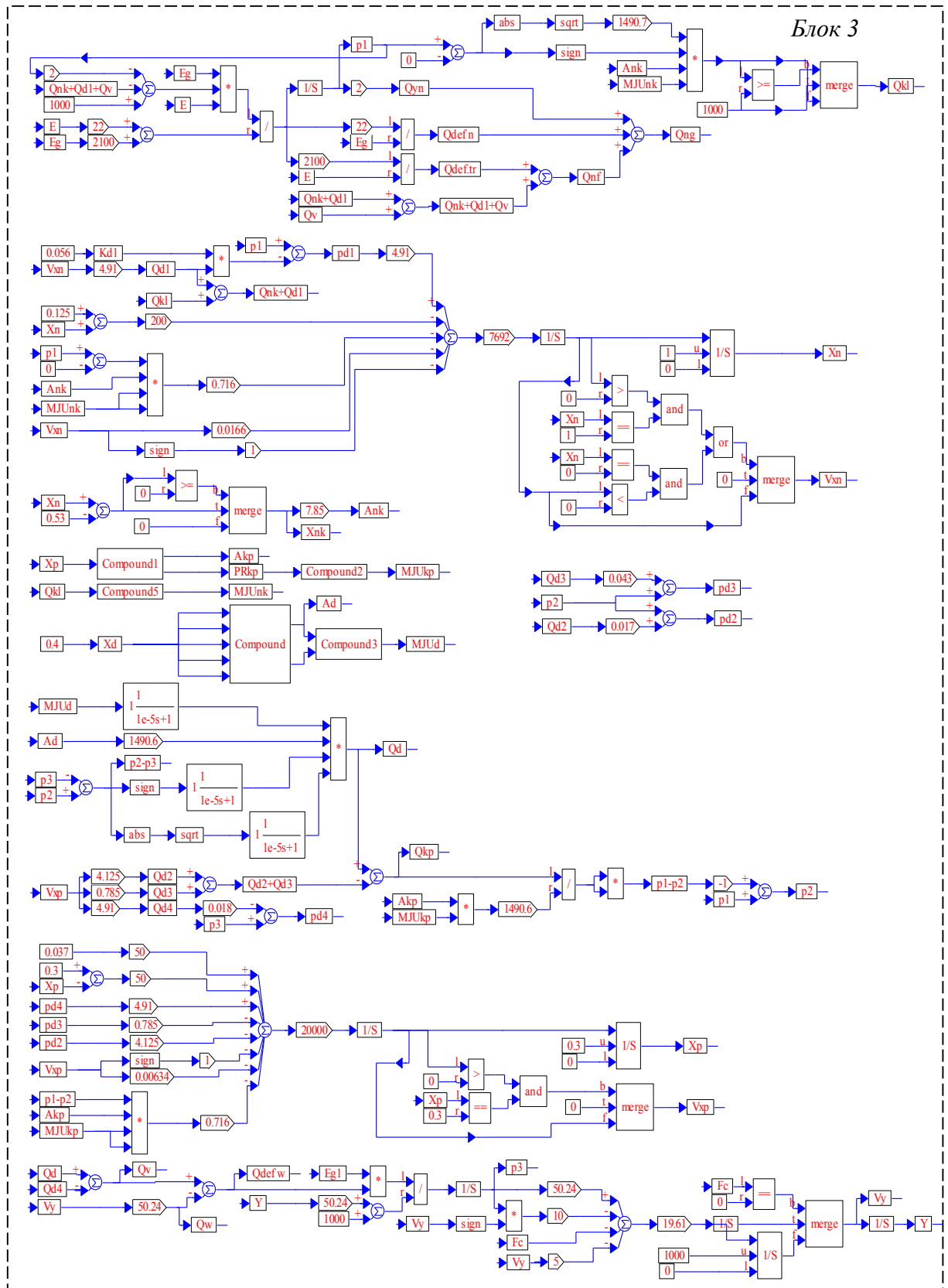


Рис. 3. Блок моделирования работы предохранительного клапана непрямого действия.

Представленная блоком 4 (рис. 4) модель работы гидровращателя планетарного типа позволяет определить изменения: крутящего момента «вала» гидровращателя, угловой скорости, расхода рабочей жидкости, полезной и затрачиваемой мощности, гидромеханического, объемного и общего КПД серийного и модернизированного гидровращателей планетарного типа с учетом конструктивных особенностей распределительной и вытеснительной систем.

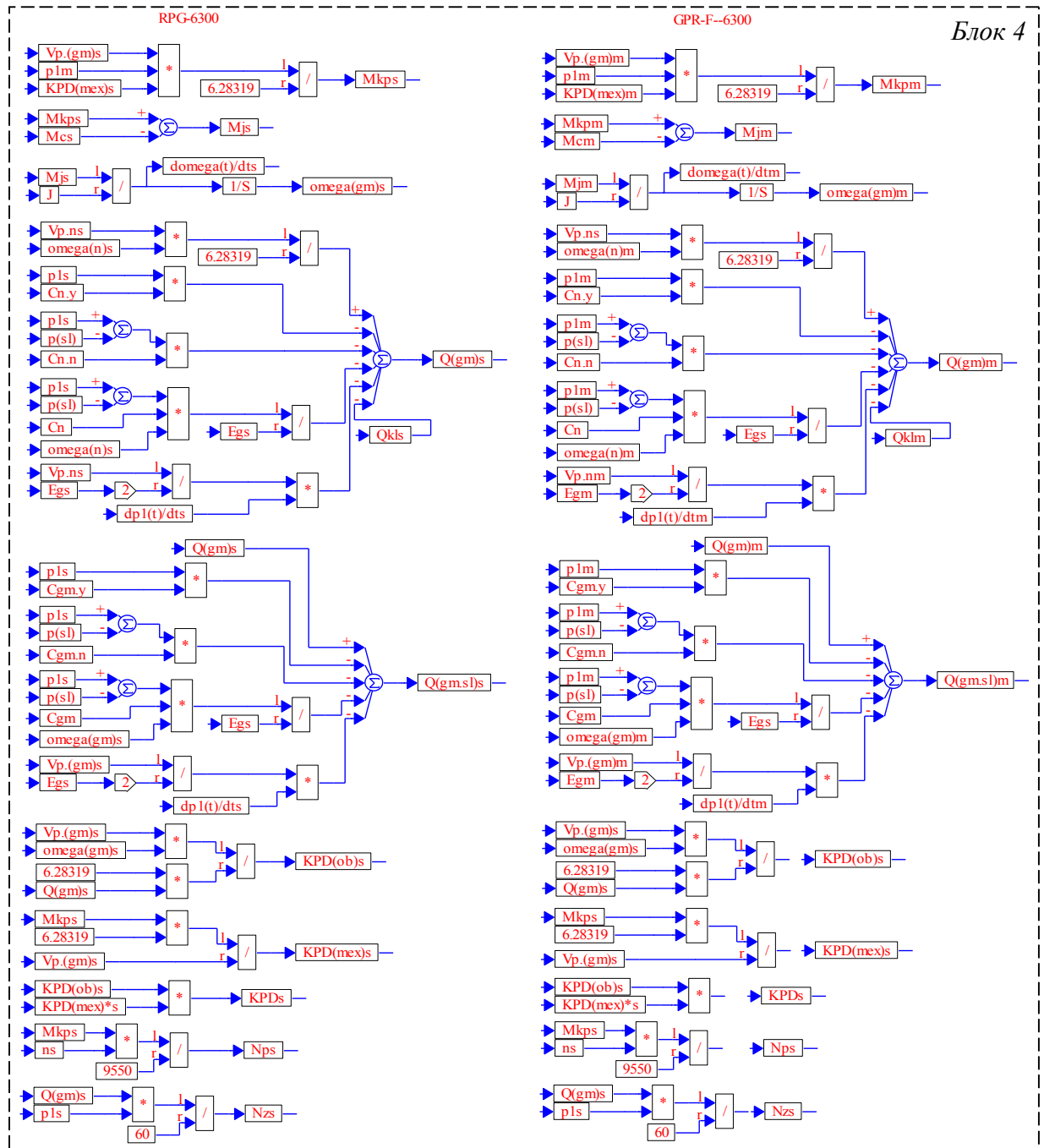


Рис. 4. Блок моделирования работы серийного и модернизированного гидровращателей планетарного типа с учетом конструктивных особенностей вытеснительной и распределительной систем.

Блок 5 (рис. 5) позволяет моделировать упруго-инерционную нагрузку. Если моделирование работы гидроагрегата с гидровращателем планетарного типа проводится без учета упруго-инерционной нагрузки, то блок 5 отключается. Задержка упруго-инерционной нагрузки осуществляется блоком 6 (рис. 6).

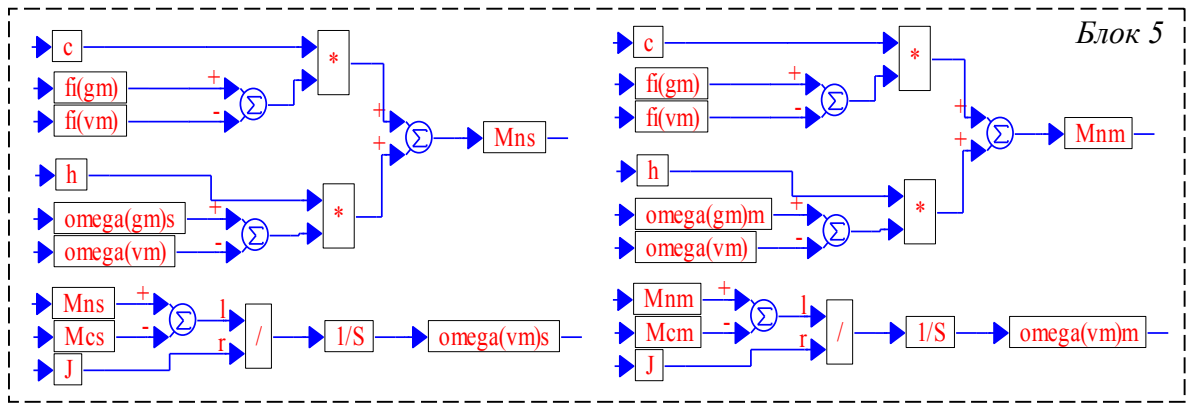


Рис. 5. Блок моделирования упруго-инерционной нагрузки.

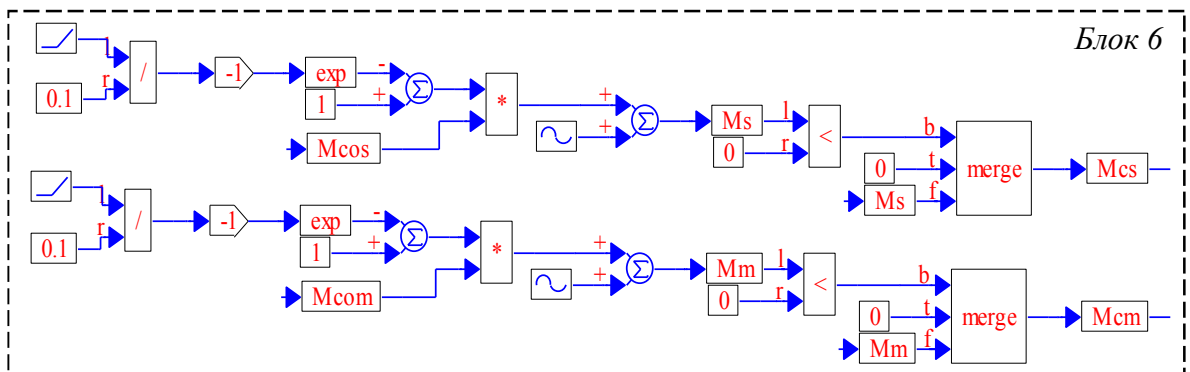


Рис. 6. Блок задержки упруго-инерционной нагрузки.

Математическое описание двухфазной рабочей жидкости с учетом нелинейностей представлено блоком 7 (рис. 7).

Изменение давления в гидроагрегате с учетом конструктивных особенностей вытеснительной и распределительной систем серийного гидровращателя описано блоком 8 (рис. 8), а модернизированного – блоком 9 (рис. 9).

Блок 10 (рис. 10) позволяет вывести на экран графические зависимости давления в гидроагрегате, моментов сопротивления, крутящего и инерционного, частоты вращения «вала» гидровращателя, подачи насоса, расходов через предохранительный клапан и гидровращателя, полезной и затрачиваемой мощностей гидровращатель, а так же объемного, гидромеханического и общего КПД с учетом конструктивных особенностей распределительной и вытеснительной систем при различных условиях эксплуатации серийного и модернизированного гидровращателей планетарного типа в любой момент времени.

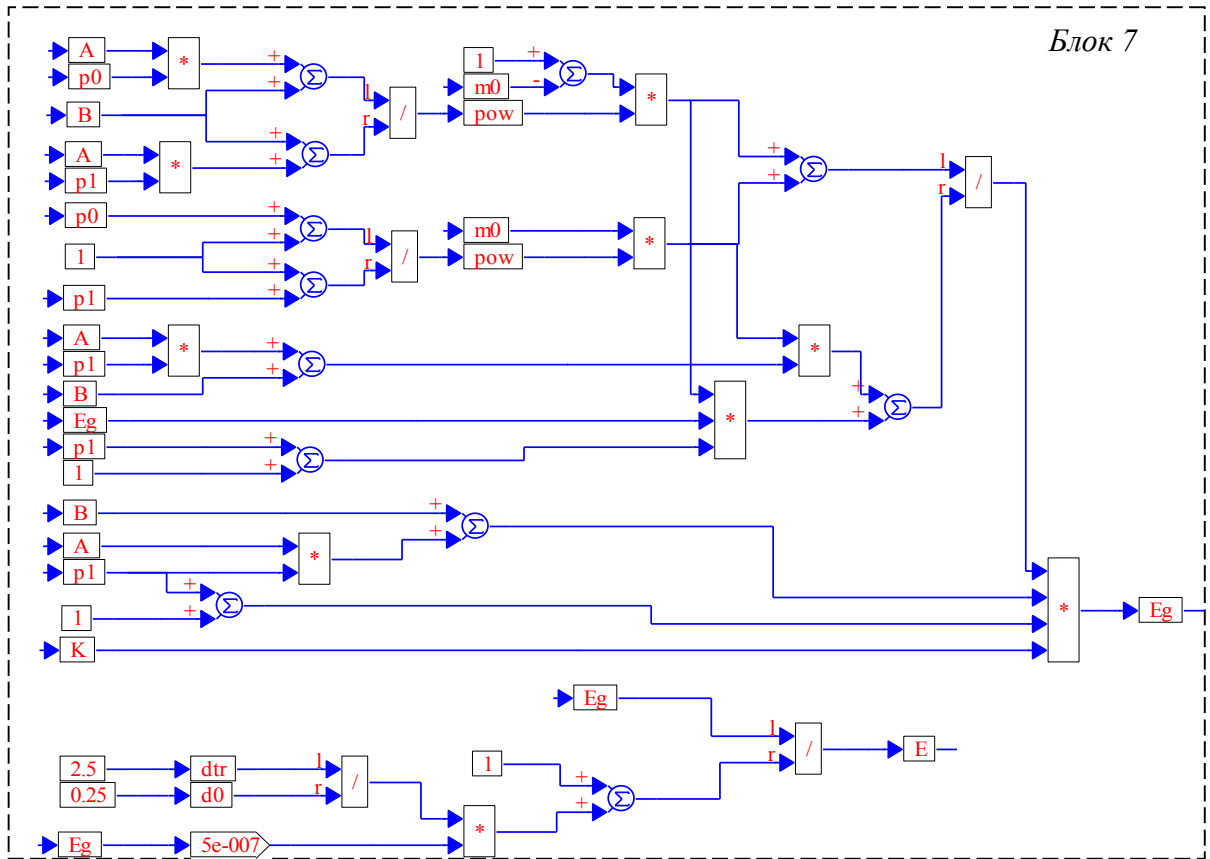


Рис. 7. Блок моделирования двухфазной рабочей жидкости.

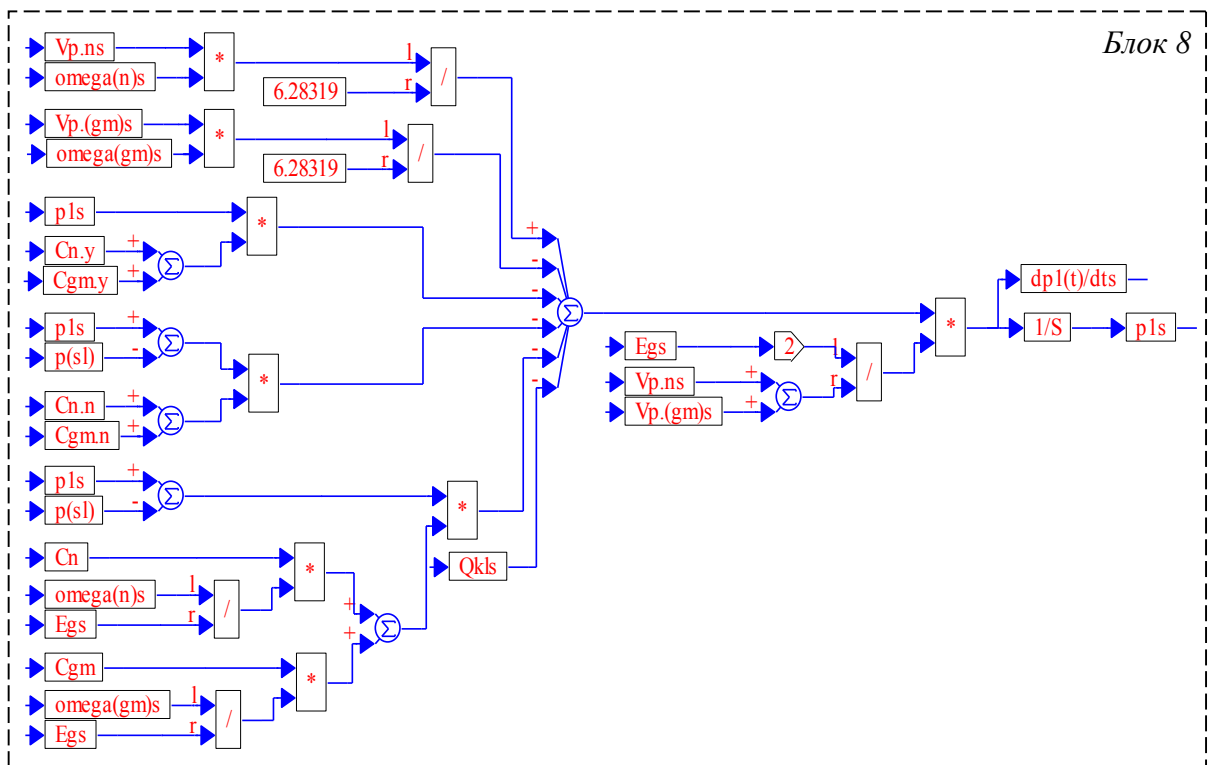
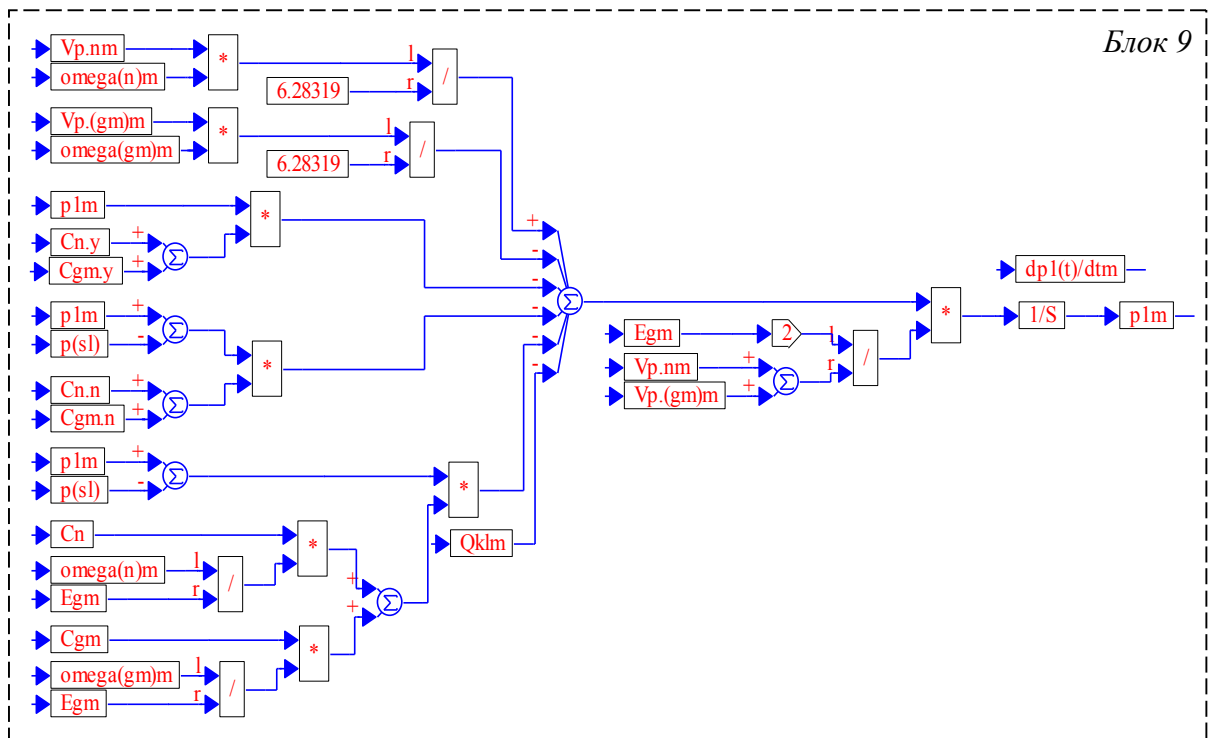
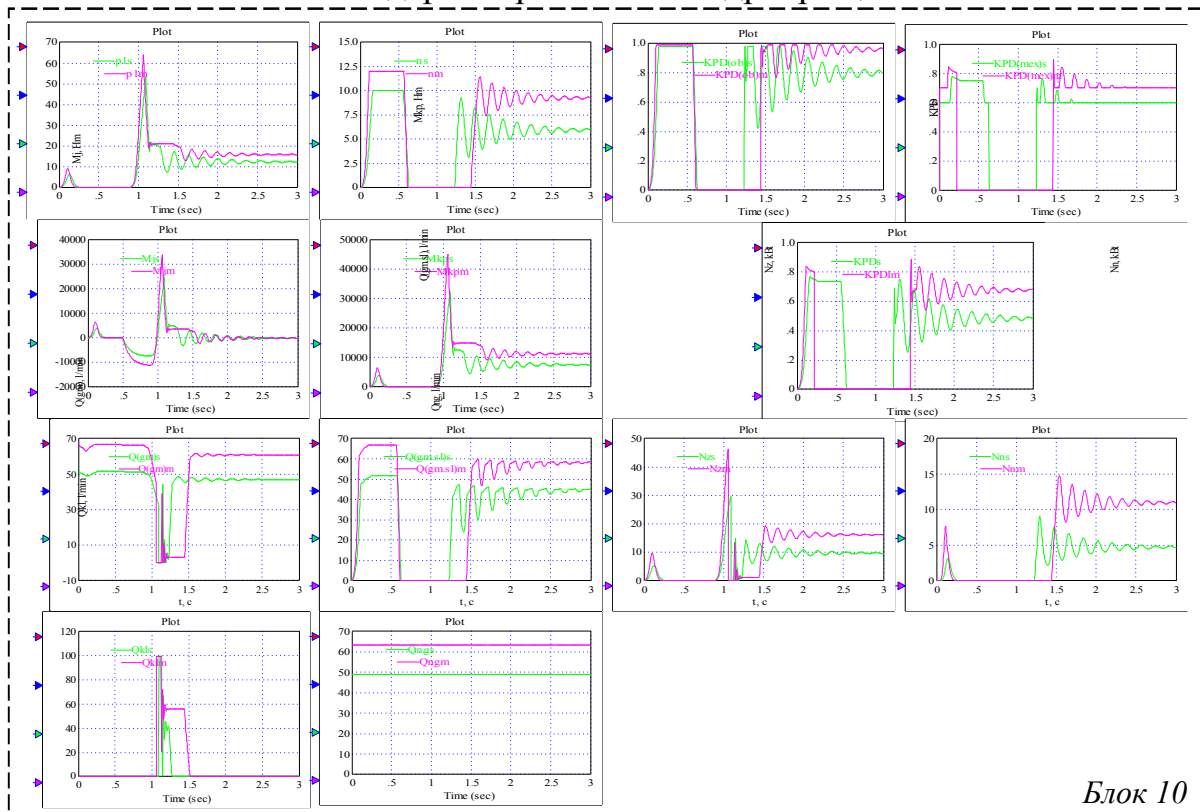


Рис. 8. Блок определения давления рабочей жидкости в гидроагрегате с учетом конструктивных особенностей серийного гидровращателя.



Блок 9

Рис. 9. Блок определения давления рабочей жидкости в гидроагрегате с учетом конструктивных особенностей модернизированного гидровращателя.



Блок 10

Рис. 10. Блок вывода графических зависимостей выходных характеристик гидроагрегата с учетом конструктивных особенностей серийного и модернизированного гидровращателей.



Моделирование переходных процессов, происходящих в гидроагрегате с гидровращателем планетарного типа, выполнялось как для серийного, так и для модернизированного гидровращателей с рабочим объемом $V_{2в} = 6300 \text{ см}^3$. С целью определения влияния конструктивных особенностей распределительной и вытеснительной систем в серийном и модернизированном гидровращателях на изменение динамических характеристик исследуемых гидроагрегатов моделирование осуществлялось одновременно для серийного и модернизированного гидровращателей.

Выводы. В результате проведенных исследований обоснованы начальные условия и исходные данные для моделирования работы серийного и модернизированного гидровращателей планетарного типа, работающих в составе гидроагрегата, что позволяет на базе разработанной математической модели рабочих процессов гидравлического вращателя планетарного типа в составе гидроагрегата, реализованной с помощью пакета имитационного моделирования Vissim, моделировать переходные процессы, происходящие в серийном и модернизированном гидровращателях планетарного типа с учетом их конструктивных особенностей, работающих в составе гидроагрегата, который включает в себя насосную станцию с приводным двигателем и упругоинерционную нагрузку, действующую на «вал» гидровращателя.

Литература.

1. *Панченко А.И.* Основные направления гидрофикации мобильной техники / *А.И. Панченко, А.А. Волошина, Ю.П. Обернихин* // Праці ТДАТУ. – Мелітополь. – 2013. – Вип. 13. – т.6. – с. 3-19.
2. Гидравлические вращатели РПГ [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://gidromash.lipetsk.ru>.
3. *Ерасов Ф.Н.* Новые планетарные машины гидравлического привода / *Ф.Н. Ерасов*. – Киев.: УкрНИИНТИ, 1969. – 55 с.
4. Теория и проектирование гидро- и пневмоприводов / *Навроцкий К.Л.* – М.: Машиностроение. – 1991. – 383с.
5. Об'ємний гідропривод (основи проектування і розрахунки) / Навчальний посібник//. – Запоріжжя: ЗНТУ. – 2001. – 212с.: іл.
6. *Волошина А.А.* Начальные условия моделирования работы гидравлического вращателя планетарного типа / *А.А. Волошина* // Праці ТДАТУ. – Мелітополь. – 2014. – Вип. 14. – т. 2. – с. 17-31.
7. *Панченко А.И.* Математическая модель гидроагрегата с планетарным гидромотором // *А.И. Панченко* / Промислова гідроліка і пневматика, 2005. – №4(10). – С. 102-112.
8. *Панченко А.И.* Математическая модель гидромотора привода активных рабочих органов мобильной техники // *А.И. Панченко, А.А. Волошина, С.Д. Гуйва* / Праці ТДАТА. – Мелітополь, 2006. – Вип. 36. – С. 165-169.
9. *Панченко А.И.* Математическая модель рабочих процессов гидравлического вращателя планетарного типа в составе гидроагрегата // *А.И. Панченко,*



- А.А. Волошина, И.А. Панченко* / Промислова гідравліка і пневматика. – 2014. – з №1 (43). – С. 29-41.
10. *Панченко А.И.* Математическая модель насосной станции с приводным двигателем / *А.И. Панченко, А.А. Волошина, И.А. Панченко* // Праці ТДАТУ. – Мелітополь. – 2013. – Вип. 13. – т.6. – С. 45-61.
11. *Волошина А.А.* Математическая модель предохранительного клапана непрямого действия / *А.А. Волошина* // Праці ТДАТУ. – Мелітополь, 2012. – Вип. 12. – Т.4. – С. 230-239.
12. *Панченко А.И.* Методика проектирования элементов вытеснительных систем гидровращателей планетарного типа / *А.И. Панченко, А.А. Волошина, И.А. Панченко* // Вісник НТУ «ХПІ». Серія: Енергетичні та теплотехнічні процеси та устаткування. – Х.: НТУ «ХПІ», 2014. – № 1(1044) – С. 136-145.
13. *Панченко А.И.* Методика проектирования элементов распределительных систем гидровращателей планетарного типа / *А.И. Панченко, А.А. Волошина, А.И. Засядько* // Праці ТДАТУ. – Мелітополь. – 2013. – Вип. 13. – т.6. – С. 82-101.

ОБГРУНТУВАННЯ ПОЧАТКОВИХ УМОВ МОДЕЛЮВАННЯ РОБОТИ ГІДРООБЕРТАЧА ПЛАНЕТАРНОГО ТИПУ У СКЛАДІ ГІДРОАГРЕГАТУ

Волошина А.А.

Анотація

Роботу присвячено обґрунтуванню початкових умов моделювання роботи гідравлічного обертача планетарного типу, що працює у складі гідроагрегату приводу активних робочих органів мобільної техніки, з урахуванням конструктивних особливостей витискувальної і розподільної систем гідрообертача.

SUBSTANTIATION OF THE INITIAL CONDITIONS SIMULATION OF THE PLANETARY HYDRAULIC ROTATOR OPERATION AS A PART OF THE HYDRAULIC UNIT

A. Voloshina

Summary

The work is devoted to the substantiation of the initial conditions of simulation of the hydraulic planetary rotator operation as a part of the hydraulic unit of the active working tools drive of mobile machinery, considering the structural features of the hydraulic rotator displacing and distributing systems.