УДК 631.31

ПОКАЗАТЕЛИ РАБОЧЕГО ПРОЦЕССА ГИДРОПРИВОДА МАШИННО-ТРАКТОРНЫХ АГРЕГАТОВ

С. Г. ПАРХОМЕНКО

Азово-Черноморский инженерный институт – филиал ФГБОУ ВО Донской ГАУ г. Зернограде, Ростовская обл., Российская Федерация, e-mail: s-parkhom@mail.ru

(Поступила в редакцию 26.03.2018)

В современных условиях появляются новые требования к сельскохозяйственному гидравлическому приводу. Требуется совершенствование гидропривода. Существует несоответствие между параметрами гидравлического привода и его функциональным назначением. Необходим анализ рабочего процесса в гидроприводе машинно-тракторных агрегатов при выполнении комплекса полевых работ в различных условиях эксплуатации. В статье представлен анализ рабочего процесса в гидравлическом приводе почвообрабатывающих и посевных машинно-тракторных агрегатов. Необходимая мощность гидравлического привода может быть достигнута при различных давлениях. Для повышения эффективности гидравлического привода необходимо обеспечить максимально возможную разность давлений в гидравлическом цилиндре. Потери мощности от насоса зависят от потерь давления. Анализ данных позволил определить давление в гидравлической системе тракторов при работе почвообрабатывающих и посевных машин. Давление в гидравлической системе тракторов при вспашке составляет 5,8 МПа; при культивации – 5,1 МПа; при дисковании – 4,8 МПа; при посеве – 3,9 МПа. При использовании трактора Т-150 давление составляло 6,4 МПа; К-700 – 6,3 МПа; МТЗ-80 – 6,4 МПа; Т-4 – 8,4 МПа; Т-40 – 4,6 МПа; К-701 – 3,9 МПа. Давление в насосе составило 6,4–6,8 МПа; в распределителе – 6,8-7,1 МПа; в напорной полости гидроцилиндра – 6,3-6,6 МПа. Потери давления только в гидросистеме трактора составляют 1,5–1,6 МПа или 22,0–23,5 %. Полученные результаты исследований могут быть использованы при совершенствовании гидропривода машинно-тракторных агрегатов.

***Ключевые слова**: гидропривод, давление, потери мощности, гидроцилиндр, гидрораспределитель, рабочий процесс.*

In modern conditions there are new requirements to the agricultural hydraulic drive. Improved hydraulic drive is required. There is a mismatch between the parameters of the hydraulic drive and its functional purpose. It is necessary to analyze the working process in the hydraulic drive of machine-tractor units when performing a complex of field work under various operating conditions. The article presents the analysis of working process in the hydraulic drive of tillage and sowing machine and tractor units. The required power of hydraulic drive can be achieved at different pressures. To increase the efficiency of hydraulic drive, it is necessary to provide the greatest possible difference of pressures in the hydraulic cylinder. The loss of power from the pump depends on the pressure loss. The analysis of data made it possible to determine the pressure in the hydraulic system of tractors in the work of soil-cultivating and sowing machines. The pressure in the hydraulic system of tractors during plowing is 5.8 MPa; at cultivation – 5.1 MPa; at disking – 4.8 MPa; when sowing – 3.9 MPa. When using the T-150 tractor, the pressure was 6.4 MPa; K-700 – 6.3 MPa; MTZ-80 – 6.4 MPa; T-4 – 8.4 MPa; T-40 – 4.6 MPa; K-701 – 3.9 MPa. The pressure in the pump was 6.4-6.8 MPa; in the distributor – 6.8-7.1 MPa; in the pressure cavity of hydraulic cylinder – 6.3-6.6 MPa. Loss of pressure only in the hydraulic system of the tractor is 1.5-1.6 MPa or 22.0-23.5%. The obtained results of research can be used for the perfection of hydraulic drive of machine-tractor units.

***Key words:** hydraulic drive, pressure, power loss, hydraulic cylinder, hydraulic distributor, working process.*

Введение

В условиях развития комплексной механизации земледелия предполагаются существенные изменения в технологии обработки почвы [1–4] и структуре тракторных работ, разработка новых рабочих органов [5–8], возникают принципиально новые требования к сельскохозяйственному гидроприводу. Гидропривод на основе раздельно-агрегатной системы несомненно сыграл положительную роль в развитии отечественной сельскохозяйственной техники. Однако к настоящему времени он морально устарел и не удовлетворяет возросшим требованиям сельскохозяйственного производства [9]. Универсальность раздельно-агрегатной системы была достигнута за счёт ухудшения качества работы, снижения точности регулирования режимов. Возникает несоответствие между параметрами гидропривода и его функциональным назначением. Выявляются они при анализе протекания рабочего процесса в гидроприводе машинно-тракторных агрегатов при выполнении комплекса полевых работ в различных условиях эксплуатации [10–19].

Основная часть

Управление агрегатируемых с трактором машин и регулирование положения их рабочих органов осуществляется посредством перемещения звеньев рычажного механизма, соединённого со штоком гидроцилиндра. Нагрузка, приведённая к штоку, зависит от положения поршня и носит переменный характер, что затрудняет выбор режима работы для обеспечения требуемой мощности гидропривода. Требуемая мощность гидропривода может достигаться при различных значениях давления и подачи $Q_н$. Но при увеличении подачи может снизиться коэффициент полезного действия и энергоэффективность [20] гидропривода, поэтому необходимо обеспечить максимально возможный перепад давления в гидроцилиндре $p_ц$., т.е. разницу в напорной $p_{нап}$ и сливной $p_{сл}$ полости.

Мощность от насоса:

$$N = p_н \cdot Q_н, \quad (1)$$

где $p_н$ – давление, развиваемое насосом, Па.

Потери мощности от насоса в общем виде:

$$\Delta N = \Delta p \cdot Q_н, \tag{2}$$

где Δp – потери давления, Па.

$$\Delta N = \left(p_р - p_{ст}\right) \cdot Q_н, \tag{3}$$

где $p_р$ – рабочее давление в гидроприводе, Па; $p_{ст}$ – среднестатистическое давление в гидроприводе (таблица), Па.

Давление в гидроприводе машинно-тракторного агрегата должно быть близко к рабочему $p_р$. [21]. Снижение давления в гидрораспределителе $p_{г/р}$ при срабатывании предохранительного клапана, автоматического устройства возврата золотника в нейтральное положение приводит к дроссельному регулированию подачи.

$$p_ц + \Delta p \le p_у, \tag{4}$$

где $p_у$ – давление срабатывания предохранительных устройств гидрораспределителя, Па.

Таблица. **Давление в гидроприводе почвообрабатывающих и посевных машинно-тракторных агрегатов**

№	Наименование машинно-тракторного агрегата, рабочего процесса	Наименование давления	Значение давления, МПа	Интервал варьирования
1	К-700+БДТ-7, опускание борон, прогретое масло, срабатывает предохранительный клапан	$p_у$	1,205	1,17–1,24
		$p_н$	0,764	0,74–0,79
		$p_{нап}$	2,183	2,13–2,24
2	К-701+КПГ-4+СП-20, подъём культиваторов, срабатывает предохранительный клапан	$p_н$	10,518	10,26–10,77
		$p_{сл}$	1,281	1,25–1,31
		$p_{нап}$	5,661	5,72–6,01
3	К-701+КПГ-4+СП-20, опускание культиваторов, срабатывает предохранительный клапан	$p_у$	1,181	1,15–1,21
		$p_н$	0,802	0,78–0,83
		$p_{сл}$	0,110	0,10–0,12
		$p_{нап}$	2,252	2,19–2,31
4	К-701+ЛДГ-10+СП-20, подъём лущильников, прогретое масло, срабатывает предохранительный клапан	$p_у$	6,199	6,05–6,35
		$p_н$	9,081	8,86–9,30
		$p_{сл}$	0,758	0,74–0,78
		$p_{нап}$	7,384	7,20–7,57
5	К-701+БДТ-7, подъём бороны, прогретое масло, срабатывает предохранительный клапан	$p_у$	6,586	6,42–6,75
		$p_н$	10,531	10,27–10,79
		$p_{сл}$	1,20	1,17–1,23
		$p_{нап}$	8,802	8,59–9,02
6	К-701+ЛДГ-10+СП-20, опускание лущильников, прогретое масло, срабатывает предохранительный клапан	$p_у$	0,777	0,75–0,80
		$p_н$	0,759	0,74–0,78
		$p_{сл}$	0,060	0,06–0,08
		$p_{нап}$	1,056	1,03–1,09
7	К-700+ПН-8-35, подъём плуга, прогретое масло, срабатывает автоматическое устройство возврата золотника в нейтральное положение	$p_у$	3,497	3,39–3,51
		$p_н$	4,397	4,29–4,91
		$p_{сл}$	0,302	0,29–0,31
		$p_{нап}$	5,088	4,96–5,21
		$p_{г/р}$	4,589	4,48–4,70
8	К-700+ПН-8-35, подъём плуга, прогретое масло, срабатывает предохранительный клапан	$p_у$	4,538	4,43–4,65
		$p_н$	6,134	5,98–6,29
		$p_{сл}$	0,432	0,42–0,45
		$p_{нап}$	5,786	5,65–5,94
		$p_{г/р}$	5,796	5,65–5,93
9	К-700+БДТ-7, подъём борон, прогретое масло, срабатывает предохранительный клапан	$p_у$	10,056	9,81–10,30
		$p_н$	10,750	10,50–11,01
		$p_{сл}$	2,393	2,33–2,46
		$p_{нап}$	9,846	9,61–10,09
		$p_{г/р}$	10,552	10,30–10,80
10	К-701+КПГ-4+СП-15, подъём культиваторов, срабатывает предохранительный клапан	$p_у$	9,041	8,82-9,26
		$p_н$	9,747	9,51-9,98
		$p_{сл}$	3,471	3,38-3,57
		$p_{нап}$	8,605	8,40-8,82
		$p_{г/р}$	9,455	9,23-9,69
11	МТЗ-80+ПН-3-35, подъём плуга, срабатывает предохранительный клапан	$p_у$	6,541	6,38–6,70
		$p_н$	8,340	8,14–8,54
		$p_{сл}$	0,806	0,78–0,83
		$p_{нап}$	8,153	7,95–8,35
12	МТЗ-80+КПН-4А, подъём культиватора, срабатывает предохранительный клапан	$p_у$	5,376	5,24–5,51
		$p_н$	7,465	7,28–7,65
		$p_{сл}$	1,357	1,32–1,39
		$p_{нап}$	6,559	6,40–6,72
13	Т-4+ПН-4-35, подъём плуга, срабатывает предохранительный клапан	$p_у$	8,417	8,21–8,63
		$p_н$	9,270	9,04–9,50
		$p_{сл}$	1,726	1,68–1,77

		$p_{нап}$	10,159	9,91–10,41
		$p_{г/р}$	8,227	8,03–8,43
14	Т-40+ПН-3-35, подъём плуга, срабатывает автоматическое устройство возврата золотника в нейтральное положение	$p_{у}$	4,632	4,52–4,75
		$p_{н}$	4,811	4,69–4,93
		$p_{нап}$	5,521	5,39–5,66
		$p_{г/р}$	3,544	3,46–3,63
15	Т-75+КРН-4,2, подъём культиватора, прогретое масло, срабатывает предохранительный клапан	$p_{у}$	2,604	2,54–2,67
		$p_{сл}$	0,642	0,62–0,66
		$p_{нап}$	6,070	5,92–6,22
16	Т-75+ПН-4-35, подъём плуга, прогретое масло, срабатывает автоматическое устройство возврата золотника в нейтральное положение	$p_{у}$	4,714	4,60–4,83
		$p_{сл}$	1,783	1,74–1,83
		$p_{нап}$	8,780	8,57–9,0
17	Т-75+СУ-24+СП-11, подъём сошников сеялки, прогретое масло, срабатывает предохранительный клапан	$p_{у}$	4,122	4,02–4,23
		$p_{сл}$	1,603	1,56–1,65
		$p_{нап}$	4,423	4,31–4,53
		$p_{г/р}$	5,197	5,07–5,32
18	Т-75+СУ-24+СП-11, опускание сошников сеялки, прогретое масло, срабатывает предохранительный клапан	$p_{у}$	4,296	4,20–4,40
		$p_{сл}$	0,151	1,47–1,55
		$p_{нап}$	0,797	7,0–7,35
		$p_{г/р}$	2,713	2,64–2,78
19	Т-75+КПН-4А+СН-75, подъём культиваторов, прогретое масло, срабатывает предохранительный клапан	$p_{у}$	3,840	3,74–3,94
		$p_{сл}$	0,760	0,74–0,78
		$p_{нап}$	7,046	6,87–7,22
20	Т-150+ППЛ-10-25, подъём лущильника, срабатывает предохранительный клапан	$p_{у}$	5,575	5,61–5,90
		$p_{н}$	8,630	8,41–8,84
		$p_{сл}$	1,291	1,26–1,33
		$p_{нап}$	8,990	8,77–9,21
		$p_{г/р}$	8,036	7,84–8,23
21	Т-150+ПЛН-6-35, подъём плуга, прогретое масло, срабатывает предохранительный клапан	$p_{у}$	6,462	6,30–6,62
		$p_{н}$	7,623	7,44–7,81
		$p_{сл}$	0,180	0,11–0,25
		$p_{нап}$	8,613	8,40–8,82
		$p_{г/р}$	7,869	7,68–8,06
22	Т-150+ПН-5-35, подъём плуга, срабатывает предохранительный клапан	$p_{у}$	7,108	6,93–7,28
		$p_{н}$	9,945	9,70–10,19
		$p_{сл}$	0,854	0,83–0,89
		$p_{нап}$	8,057	7,86–8,25
		$p_{г/р}$	8,336	8,13–8,54
23	Т-150+ПН-5-35, подъём плуга, прогретое масло, срабатывает предохранительный клапан	$p_{у}$	7,742	7,55–7,93
		$p_{н}$	9,292	9,07–9,51
		$p_{сл}$	0,771	0,75–0,79
		$p_{нап}$	7,620	7,43–7,81
		$p_{г/р}$	8,260	8,06–8,46
24	Т-150+ПЛН-6-35, подъём плуга, прогретое масло, срабатывает автоматическое устройство возврата золотника в нейтральное положение	$p_{у}$	6,309	6,15–6,46
		$p_{н}$	8,925	8,71–9,14
		$p_{сл}$	0,774	0,75–0,80
		$p_{нап}$	8,297	8,09–8,50
		$p_{г/р}$	6,865	6,70–7,03
25	Т-150+ПН-5-35, подъём плуга, прогретое масло, срабатывает автоматическое устройство возврата золотника в нейтральное положение	$p_{у}$	3,823	3,73–3,92
		$p_{н}$	5,909	5,76–6,06
		$p_{сл}$	0,798	0,77–0,82
		$p_{нап}$	6,134	5,98–6,29
		$p_{г/р}$	4,827	4,71–4,95
26	Т-150+ПН-5-35, подъём плуга, срабатывает автоматическое устройство возврата золотника в нейтральное положение	$p_{у}$	4,778	4,66–4,90
		$p_{н}$	7,658	7,47–7,85
		$p_{сл}$	1,458	1,42–1,50
		$p_{нап}$	6,002	5,85–6,15
		$p_{г/р}$	5,621	5,48–5,76
27	К-701+ПН-8-35, подъём плуга, прогретое масло, срабатывает автоматическое устройство возврата золотника в нейтральное положение	$p_{у}$	4,494	4,38–4,61
		$p_{н}$	4,941	4,81–5,06
		$p_{сл}$	0,162	0,40–0,24
		$p_{нап}$	7,697	7,51–7,89

Анализ данных позволил определить среднестатистическое давление в гидросистеме тракторов при работе со шлейфом рассмотренных почвообрабатывающих и посевных машин. Так, при использовании Т-150 оно составляет 6,4 МПа; К-700 – 6,3 МПа; МТЗ-80 – 6,4 МПа; Т-4 – 8,4 МПа; Т-40 – 4,6 МПа; К-701 – 3,9 МПа. В зависимости от вида почвообрабатывающих и посевных машин среднестатистическое давление в гидросистеме тракторов составило: при вспашке – 5,8 МПа; при культивации – 5,1 МПа; при дисковании – 4,8 МПа; при посеве – 3,9 МПа.

Заключение

При выполнении полевых работ давление в гидроприводе машинно-тракторных агрегатов на основе навесных почвообрабатывающих и посевных машин составляет: в насосе ($p_{н}$) – 6,4–6,8 МПа; в

распределителе ($p_{г/р}$) – 6,8–7,1 МПа; в напорной полости гидроцилиндра ($p_{нап}$) – 6,3–6,6 МПа.

Можно утверждать, что потери давления только в гидросистеме трактора составляют 1,5–1,6 МПа или 22,0–23,5 % от давления развиваемого насосом.

Полученные результаты исследований могут быть использованы при совершенствовании гидропривода машинно-тракторных агрегатов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Пархоменко, Г. Г. Машины для глубокой обработки почвы в засушливых условиях юга России / Г. Г. Пархоменко, В. Б. Рыков, В. И. Таранин // Техника и оборудование для села. – 2005. – №9. – С. 15–16.

2. Пархоменко, Г. Г. Комбинированные агрегаты для основной обработки почвы в засушливых условиях / Г. Г. Пархоменко, В. . Рыков // Достижения науки и техники АПК. – 2005. – №7. – С. 38–39.

3. Пархоменко, Г. Г. Исследование процесса трансформации почвообрабатывающих рабочих органов / Г.Г. Пархоменко // Механізація та електрифікація сільського господарства. – 2013. – Т. 1. – №98. – С. 142–150.

4. Божко, И. В. Особенности безотвальной послойной обработки почвы в засушливых условиях / И. В. Божко, Г. Г. Пархоменко // Агротехника и энергообеспечение. – 2014. – № 1(1). – С. 25–30.

5. Патент №2486730 РФ, МПК A 01 B 35/00, A 01 B 35/20, A 01 B 39/20. Устройство для безотвальной обработки почвы / А. Н. Медовник, С. А. Твердохлебов, Г. Г. Пархоменко, Е. А. Светлова, И. А. Утка; Заявитель и патентообладатель: ФГБОУ ВПО Кубаснкий ГАУ. – №2012107466/13, Заявл. 28.02.2012, Опубл. 10.07.2013, Бюл. №19.

6. Пархоменко, Г. Г. Сравнительная оценка энергетических показателей плуга садового чизельного с различными вариантами рабочих органов / Г. Г. Пархоменко, С. А. Твердохлебов // Вестник МичГАУ. – 2012. – №3. – С. 152–156.

7. Пархоменко, Г. Г. Экспериментальное исследование глубокорыхлителя для обработки почвы в междурядьях многолетних насаждений / Г. Г. Пархоменко, А. Н. Медовник, С. А. Твердохлебов // Международный технико-экономический журнал. – 2011. – № 3. – С. 76–78.

8. Божко, И. В. Кольцевой рабочий орган для обработки почвы / И. В. Божко, Г. Г. Пархоменко // Состояние и перспективы развития сельскохозяйственного машиностроения: материалы 7-й Междунар. науч.-практ. конф. В рамках 17-й международной агропромышленной выставки «Интерагромаш-2014» (г. Ростов-на-Дону, ВЦ «Вертолэкспо», 25–28 февраля 2014 г.). – Ростов-н/Д: Донской ГТУ, 2014. – С. 78–81.

9. Патент №2231241 РФ, МПК A 01 B 35/32, A 01 B 39/28. Способ регулирования параметров колебаний вибрационных рабочих органов почвообрабатывающих машин и устройство для его осуществления / В. П. Богданович, Г. Г. Пархоменко, В. Б. Рыков, В. Н. Щиров; Заявитель и патентообладатель: ГНУ ВНИПТИМЭСХ. – №2001133493/12, Заявл. 07.12.2001, Опубл. 27.06.2004, Бюл. №18. – 6 с.

10. Пархоменко, Г. Г. Теория глубокорыхлителя. Расчёт взаимодействия рабочих органов с почвой в засушливых условиях / Г. Г. Пархоменко, В. Н. Щиров. – Saarbrücken: LAP LAMBERT Academic Publishing, 2013. – 80 с.

11. Пархоменко, Г. Г. Определение тягового сопротивления почвообрабатывающих машин / Г. Г. Пархоменко, В. Н. Щиров // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2011. – №8. – С. 23–24.

12. Пархоменко, Г. С. Моделирование на ПЭВМ по программному комплексу «МВТУ» усовершенствованной силовой САР трактора МТЗ-80 / Г. С. Пархоменко, С. Г. Пархоменко, Г. Г. Пархоменко // Материалы XLIII Международной научно-технической конференции (г. Челябинск, Челябинский ГАУ, 29–31 января 2004 г.). – Челябинск, 2004. – Ч.3. – С. 22–26.

13. Пархоменко, С. Г. Метод структурного моделирования систем автоматического регулирования эксплуатационных режимов работы почвообрабатывающих агрегатов / С. Г. Пархоменко, Г. Г. Пархоменко // Труды ГОСНИТИ. – 2017. – Т. 126. – С. 55–61.

14. Пархоменко, С. Г. Параметрическая оптимизация комбинированной следяще-силовой системы автоматического регулирования пахотного агрегата / С. Г. Пархоменко, Г. Г. Пархоменко // Повышение эффективности использования ресурсов при производстве сельскохозяйственной продукции – новые технологии и техника нового поколения для растениеводства и животноводства: сб. науч. докладов XVIII Междунар. науч.-практ. конф. (г. Тамбов, ФГБНУ ВНИИТиН, 23–24 сентября 2015 г.). – Тамбов, 2015. – С. 18–22.

15. Пархоменко, С. Г. Моделирование следящих систем почвообрабатывающих агрегатов / С. Г. Пархоменко, Г. Г. Пархоменко // Тракторы и сельхозмашины. – 2017. – №1. – С. 22–31.

16. Пархоменко, Г. С. Моделирование в программном комплексе «МВТУ» динамики мобильных сельскохозяйственных машин и нелинейных следящих систем / Г. С. Пархоменко, С. Г. Пархоменко, Г. Г. Пархоменко // Совершенствование технологий и средств механизации полеводства: межвузовский сборник научных трудов к 75-летию академии (г. Зерноград, АЧГАА). – Зерноград, 2005. – С. 86–92.

17. Пархоменко, Г. С. Методика параметрической оптимизации в программном комплексе «МВТУ» комбинированной следяще-силовой САР пахотного агрегата с трактором класса 1,4 / Г. С. Пархоменко, С. Г. Пархоменко, Г. Г. Пархоменко // Совершенствование технических средств в растениеводстве: Межвузовский сборник научных трудов/ ФГБОУ ВПО АЧГАА. – Зерноград, 2010. – С. 3–12.

18. Пархоменко, Г. С. Моделирование на ПЭВМ следящей системы с нелинейным колебательным объектом регулирования / Г. С. Пархоменко, С. Г. Пархоменко, Г. Г. Пархоменко // Достижения науки – агропромышленному производству: Материалы Юбилейной XLV Междунар. науч.-техн. конф. (г. Челябинск, Челябинский ГАУ, 2–3 марта 2006 г.). – Челябинск, 2006. – Ч.4. – С. 34–38.

19. Пархоменко, С. Г. Моделирование следящих систем почвообрабатывающих агрегатов / С. Г. Пархоменко, Г. Г. Пархоменко // Тракторы и сельхозмашины. – 2017. – №1. – С. 22–31.

20. Пархоменко, С. Г. Повышение энергоэффективности мобильных почвообрабатывающих агрегатов / С. Г. Пархоменко, Г. Г. Пархоменко // Инновации в сельском хозяйстве. – 2016. – №3 (18). – С. 40–47.

21. Факторы, влияющие на значение рабочего давления в гидроприводе машинно-тракторного агрегата / Ю. М. Сисюкин, Н. А. Коптева, В. П. Богданович. – Зерноград, 1981 – 24 с.