

УДК 629.11.012 (075.8)

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГРАФИЧЕСКИМ СПОСОБОМ ОБЪЕМА ПНЕВМОГИДРОАККУМУЛЯТОРА РЕКУПЕРАТИВНОЙ СИСТЕМЫ ЛЕСНОЙ МАШИНЫ DEFINITION OF VISUAL MANNER OF VOLUME ACCUMULATORS RECUPERATIVE OF FOREST MACHINE

Е.А. Тарасов, Воронежская государственная лесотехническая академия, ул. Тимирязева, 8, Воронеж, Россия, 394047, тел.: +7 (910) 732-01-18, e-mail: bertolt@mail.ru

E.A. Tarasov, Voronezh State Forestry Engineering Academy, Timiryazev st., 8, Voronezh, Russia, 394047, tel.: +7 (910) 732-01-18, e-mail: bertolt@mail.ru

Применение совершенных рекуперативных систем на лесных машинах — одно из перспективных направлений снижения расхода энергии энергоресурсов, что в наше время весьма актуально. Представлена методика определения объема пневмогидравлического аккумулятора для рекуперативной системы лесной машины графическим методом.

Ключевые слова: рекуперативные системы, насосно-аккумуляторный гидропривод, пневмогидроаккумулятор

Defining a graphical way of accumulator regenerative system of forest machines Emphasized that the use of advanced recuperative systems on forest machines — one of the promising areas to reduce energy consumption, which in our time is very important. A method for determining the volume of pneumohydraulic battery for regenerative system of forest machine graphical method.

Key words: recuperative system, hydraulic pump and battery, air-hydraulic accumulator.

В связи с резким ростом цен на энергоресурсы, одним из основных путей повышения эффективности лесных почвообрабатывающих агрегатов (ЛПА) стала экономия топлива. Перспективное направление решения этой проблемы — использование в гидроприводах ЛПА совершенных рекуперативных систем (РС) (рис. 1).

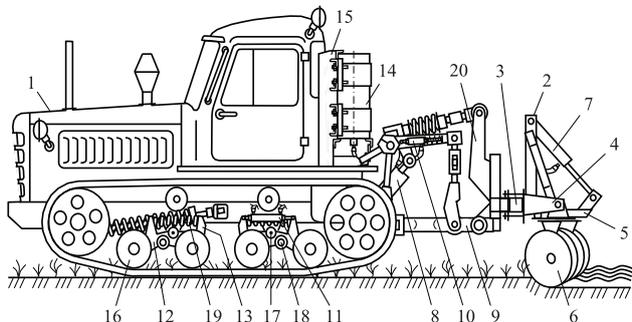
В Воронежской государственной лесотехнической академии разработаны три работающие независимо друг от друга РС энергии: гидравлического предохранителя рабочих органов почвообрабатывающего орудия, ходовой части и навесного механизма трактора [1]. Принцип работы всех

РС основан на насосном эффекте, проявляющемся при функционировании их гидроцилиндров с помощью системы дросселей и обратных клапанов.

Первая из перечисленных РС рекуперировывает энергию при движении ЛПА на лесных объектах, когда агрегат неизбежно испытывает значительные вертикальные нагрузки и перемещения. При этом последние поглощаются упругой системой ходовой части трактора, в частности его амортизаторами. В этом случае аккумулялирование рабочей жидкости в пневмогидравлическом аккумуляторе (ПГА) осуществляется с помощью амор-

тизаторов, дросселей и обратных нормально закрытых клапанов (рис. 2, а).

Вторая РС обеспечивает возвращение энергии в ПГА при демпфировании гидропривода навесного механизма в периоды, когда гидрораспределитель устанавливается в положения «Нейтральное» или «Опускание». Здесь роль насосного узла выполняет подпружиненный мультипликатор давления (рис. 2, б).



1 — трактор; 2 — лесной дисковый культиватор с гидравлическим предохранителем; 3 — рама культиватора; 4 — рама секции дисковой батареи; 5 — поворотная стойка дисковой батареи; 6 — дисковая батарея; 7 — гидроцилиндр предохранителя культиватора; 8 — гидроцилиндр навесного механизма; 9 — звенья механизма навески трактора; 10 — подпружиненный мультипликатор давления навесного механизма трактора; 11 — мультипликатор давления РС каретки; 12 и 13 — внешний и внутренний балансиры каретки; 14 — ПГА; 15 — кронштейн крепления ПГА; 16 — опорный каток; 17 и 18 — оси качания внутреннего и внешнего балансиров каретки; 19 — пружина каретки; 20 — автоматическая сцепка

Рис. 1. Устройство экспериментального образца лесного почвообрабатывающего агрегата с рекуперативным гидроприводом

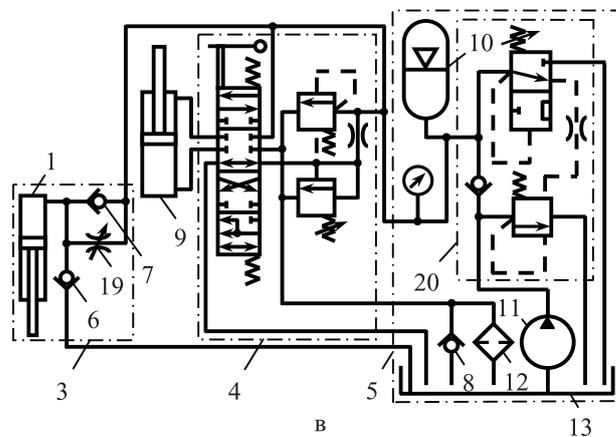
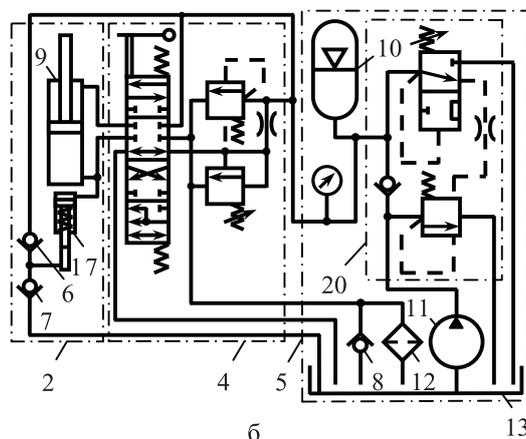
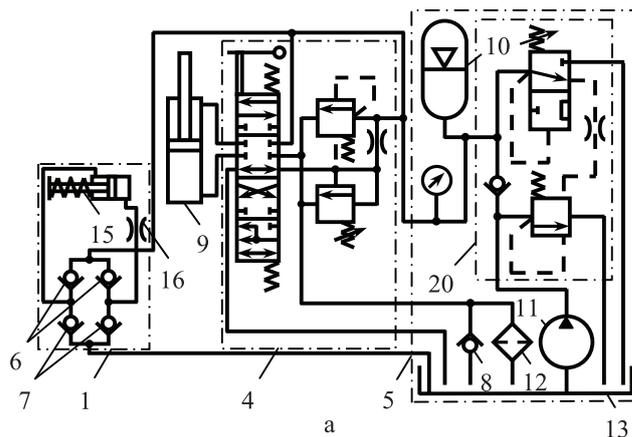
Третья РС аккумулирует энергию, затрачиваемую трактором на преодоление рабочими органами почвообрабатывающего орудия неперерезаемых препятствий (пней, валунов, крупных корней и т. п.). При этом стойка с рабочими органами отклоняется вверх относительно рамы орудия, а поршень гидроцилиндра предохранительного механизма вытесняет рабочую жидкость в ПГА. После преодоления рабочими органами препятствия поршень гидроцилиндра возвращается в исходное состояние под воздействием ранее запасенной энергии в ПГА, причем эта вытесненная рабочая жидкость компенсируется в гидроцилиндре предохранительного механизма с помощью насоса агрегируемого трактора (рис. 2, в) [2].

Важнейшим элементом РС, в основном определяющим ее эффективность, является пневмогидравлический аккумулятор (ПГА), используемый для полного или частичного замещения функций насоса и обеспечения нормального функционирования гидроцилиндра навесного механизма трактора (рис. 1). Упругим элементом ПГА является сжатый нейтральный газ (азот или аргон) [3].

Для получения наибольшего эффекта от предлагаемой РС, например механизма навески трактора, необходимо определить основные параметры ПГА. К ним относятся: давление предварительной зарядки (P_0), маневровый объем (V_m), диапазон рабочих давлений $P_1—P_2$. При известных параметрах РС определяется время зарядки ПГА. В конечном итоге его расчет сводится к определению конструктивного объема V_k . Объем ПГА для остальных РС рассчитывается аналогичным образом.

Насосно-аккумуляторный гидропривод может функционировать в различных режимах [2]. При выборе и расчете основных параметров ПГА принимаем наиболее эффективный вариант использования РС, когда $Q = Q_{пра}$ и определяем маневровый объем исходя из рабочего объ-

ема гидроцилиндра навесного механизма и количества циклов его работы.



1 — система рекуперации ходовой части трактора, на примере каретки подвески; 2 — система рекуперации механизма навески трактора; 3 — система рекуперации предохранителя почвообрабатывающего орудия; 4 — гидрораспределитель; 5 — насосно-аккумуляторный узел; 6, 7 и 8 — клапаны обратные; 9 — гидроцилиндр навесного механизма стэнда; 10 — пневмогидроаккумулятор; 11 — насос; 12 — фильтр; 13 — гидробак; 14 — манометр; 15 — амортизатор; 16 — дроссель нерегулируемый; 17 — мультипликатор давления; 18 — гидроцилиндр предохранителя рабочих органов навесного орудия; 19 — дроссель регулируемый; 20 — клапан разгрузочный автоматический

Рис. 2. Гидравлические схемы РС: а — ходовой части трактора, на примере каретки подвески; б — механизма навески трактора; в — предохранителя почвообрабатывающего орудия

Длину мерного пути и количество включений гидроцилиндра навески трактора на подъем определили следующим

образом. Поскольку в соответствии с требованиями ГОСТ 18149-85 при испытании сельскохозяйственной техники длина учетного гона должна составлять 100—200 м, приняли ее среднее значение равное 150 м. Длина мерного пути для ЛПА равна 5000 м [3]. Считаем, что на пути движения агрегата отсутствуют нераскорчеванная вырубка и препятствия высотой более 50 см от поверхности почвы. При этом среднее количество включений навесного гидроцилиндра на подъем составит 34 [4].

Навесной механизм трактора ДТ-75М оснащен серийным гидроцилиндром со следующими параметрами: $D_{гип} = 110$ мм; $d_{шт} = 40$ мм; $l_{шт} = 250$ мм. Максимальный объем жидкости, вытесненный гидроцилиндром в ПГА при опускании навески с орудием, равен $V = S_{пор} \cdot l_{шт}$, где $S_{пор}$ — площадь поршня, определенная из выражения $S_{пор} = D_{гип}^2 / 4$.

В численном выражении объем гидроцилиндра и маневровый объем V_m ПГА, необходимый для работы навесного механизма на всем протяжении мерного пути без участия насоса, составит 2,37 дм³ и 80,58 дм³ соответственно. Установлено, что минимальное давление (P) в напорной гидромагистрали, необходимое для подъема навесного механизма за требуемое время, составляет 60,0 кгс/см².

Кроме того, навесной механизм трактора для повышения выходного давления имеет дополнительный подпружиненный гидроцилиндр ($D_{гип} = 50$ мм; $d_{шт} = 32$ мм; $l_{шт} = 200$ мм), соединенный с силовым посредством гибких рукавов. Его расчет аналогичен предыдущему, и соответственно объем вытесняемой в ПГА жидкости составляет 0,22 дм³ за один максимальный ход. Общее количество энергии, накопленной в ПГА при прохождении мерного пути, составит 7,48 дм³. В этот объем не входит жидкость, накопленная в ПГА при незначительных колебаниях орудия во время его транспортирования на вырубку. Считаем, что получаемый от этого эффект компенсируется инерционностью гидропривода, сопротивлением прохода гидромагистралей, утечками и т. д.

Из приведенных данных следует, что гидроцилиндр навески ЛПА является одновременно и потребителем и источником гидравлической энергии, причем в неравной степени. Разность в соответствующих объемах составляет 73,1 дм³ или почти 91%. Расчеты показали, что эффект применения РС на навесном механизме трактора существует и составляет более 9%, но его недостаточно для обеспечения автономной работы гидроцилиндра навески от насоса.

Расчет конструктивного объема ПГА V_k навесного механизма трактора проводим аналогично предохранителю почвообрабатывающего орудия из условия наименьшего конструктивного объема V_k [4]. Тогда при наибольшем маневровом объеме (V_m) принимаем величину начального давления газа $P_0 = 60,0$ кгс/см² (минимальное давление, необходимое для гарантированного подъема навески с орудием).

Для расчета конструктивного объема (V_k) предлагается использовать графический метод решения задачи, который отличается большей наглядностью и универсальностью [5]. Решение проводится с помощью графика на

рис. 2. В координатной плоскости ($P — V/V_m$) строятся характеристики мощности ПГА при разных значениях начального объема давления газа (P_0). Например, на рис. 2 приведены несколько характеристик ПГА для изотермического ($n = 1,0$) процесса. При необходимости на графике могут быть нанесены подобные характеристики для любых значений P_0 и n .

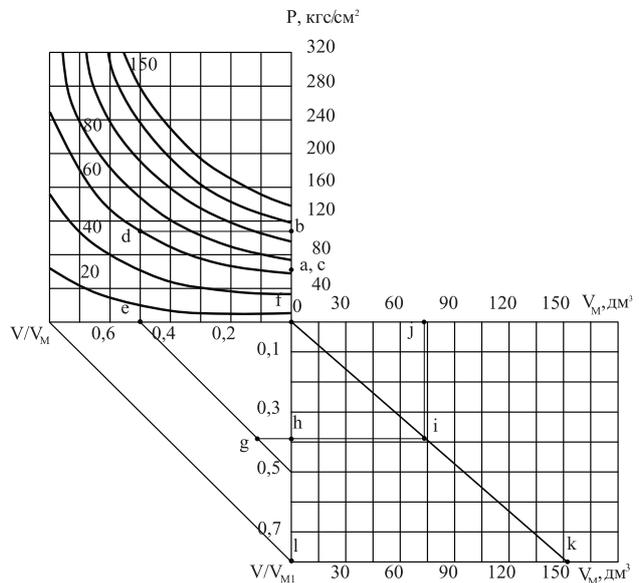


Рис. 3. Номограмма к определению конструктивного объема ПГА РС навесного механизма почвообрабатывающего агрегата

Определим графическим способом конструктивный объем V_k ПГА для заданных параметров: $P_0 = 60,0$ кгс/см²; $P_1 = 60,0$ кгс/см²; $P_2 = 110,0$ кгс/см²; $V_m = 73,1$ дм³; $n = 1$.

Параллельно оси V/V_m через точки *a* и *b* (соответственно значения P_1 и P_2) проводятся прямые до пересечения с соответствующей характеристикой мощности ПГА. Через точки пересечения *c* и *d* проводят линии, перпендикулярные оси V/V_m . Отрезок $e — f$ равен отрезку $0 — h$ на оси V/V_m (Δefg равнобедренный) и представляет собой относительную величину располагаемого объема V/V_m ПГА в диапазоне давлений $P_1 … P_2$. Через точку *i* с координатами полученного значения V/V_m и заданного $V_m = 73,1$ дм³ проводим от начала координат луч $0 — i$ до пересечения с осью V_k , проведенной параллельно оси V_m . Отсечаемый отрезок $k — l$ в масштабе шкалы V_m даст искомое значение конструктивной емкости ПГА. В нашем случае $V_k = 154$ дм³.

Точность описанного графического метода определения взаимосвязанных параметров будет зависеть главным образом от выбранного масштаба используемых графиков и вполне достаточна при проектировании РС для ЛПА. ■

Литература

1. Тарасов Е.А. Совершенствование параметров ходовой части, навесного механизма и предохранителя, обеспечивающих топливную экономичность лесохозяйственных агрегатов / Дис. ... к. т. н.: 05.21.01 — Воронеж, 2007. — 175 с.
2. Посметьев В.И., Тарасов Е.А., Посметьев В.В. Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ. Программа для исследования функционирования системы рекуперации энергии на лесном почвообрабатывающем агрегате / Правообладатель ВГЛТА. — № 2006613263; зарегистрировано в Реестре программ для ЭВМ 15.09.2006.
3. Посметьев, В.И., Тарасов А.Е., Кухарев В.С. Перспективные рекуперативные системы для гидроприводов лесных почвообрабатывающих агрегатов // Наука и образование на службе лесного комплекса. Сб. науч. тр., т. 2 / Воронеж. — ВГЛТА, 2005. — С. 132—136.
4. Посметьев В.И. Обоснование перспективных конструкций предохранителей для рабочих органов лесных почвообрабатывающих орудий: монография — Воронеж: ВГЛТА, 2000. — 248 с.
5. Шерман Э.Б. Исследование насосно-аккумуляторного гидропривода рабочих органов землеройно-транспортных машин циклического действия / Дис. ... к. т. н.: 05.184 — Омск, 1970. — 152 с.