

УДК 631.0.33:634.958

ПОВЫШЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ
ХАРАКТЕРИСТИК ГИДРОПРИВОДА ПРИ РУБКАХ УХОДА

П. И. Попиков, Р. В. Юдин

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный
лесотехнический университет имени Г. Ф. Морозова»

e-mail: romanyudin1@yandex.ru

Одним из важнейших лесоводственных мероприятий в процессе выращивания и эксплуатации насаждений являются рубки ухода. В различные периоды жизни они включают: осветление и прочистку с вырубкой отдельных экземпляров деревьев, обрезку боковых ветвей и сухих вершин, обрезку кустарников и т.д. [1, 2, 5, 6].

После проведения рубок ухода из лесной полосы необходимо удалить порубочные остатки и отдельные деревья. Выполнить это можно с помощью таких механизмов как стогометатель-погрузчик СНУ-550 или агрегат на базе трактора МТЗ-82, включающий фронтально размещенный подборщик-погрузчик ПП-2,1 [3], а на задней гидравлической навеске трактора трелевщик ПТН 0,8 «Муравей» (рис. 1).



a



б

a – подборка порубочных остатков и трелевка деревьев;
б – имитация погрузки порубочных остатков орудием ПП-2,1

Рисунок 1 – Агрегат для удаления порубочных остатков из лесной полосы

В технологический цикл работы подборщика-погрузчика ПП-2,1 входит ряд операций с определенной затратой времени на их выполнение: заезд агрегата в междурядье лесополосы – $t_{з.аг.}$; опускание подборщика в рабочее положение – $t_{он.под.}$; сбор порубочных остатков – $t_{сб.н.о.}$; подъем заполненного подборщика с земли – $t_{под.}$; выезд из междурядья – $t_{в.}$; подъезд к транспортному сред-

ству – $t_{nod.m.c.}$; выгрузка порубочных остатков в транспортное средство – $t_{за.з.}$; вывод подборщика-погрузчика в транспортное положение – $t_{mp.n.}$.

Время, затраченное на цикл работы по сбору порубочных остатков в лесополосе, вывозу их оттуда и выгрузке на транспортное средство будет равно:

$$T = t_{з.аг.} + t_{он.нод.} + t_{сб.н.о.} + t_{нод.} + t_{в.} + t_{nod.m.c.} + t_{за.з.} + t_{mp.n.} . \quad (1)$$

В свою очередь длительность каждого индивидуального элемента цикла зависит от воздействия определенных факторов, а именно: от размера порубочных остатков – диаметра $D_{n.o.}$ и длины – $l_{n.o.}$, угла их расположения – α в междурядье или закрайке, конструктивных параметров подборщика-погрузчика (его вместимости – W , веса G и др.), параметров гидропривода (давления P и расхода Q рабочей жидкости), скорости перемещения агрегата – V , и т. д.

Тогда производительность технического средства за технологический цикл можно найти по формуле:

$$P_y = 1 / T \text{ или } P_y = 1 / t . \quad (2)$$

На основании этого можно записать функционал:

$$t_i = F (D_{n.o.}, l_{n.o.}, \alpha, W, G, P, Q, V, \dots) . \quad (3)$$

Откуда, цикловая производительность технического средства может быть определена из выражения:

$$P_y = 1 / F(D_{n.o.}, l_{n.o.}, \alpha, W, G, P, Q, V, \dots) . \quad (4)$$

Анализ формулы (4) показывает, что если параметры $D_{п.о.}$, $l_{н.о.}$ и α не зависят от конструкции устройства, а W и G постоянны, то параметры P , Q и V можно менять в процессе работы или при модернизации гидропривода, а значит влиять на производительность технического средства. На данный момент почти все машины, применяемые в лесном хозяйстве, оснащены гидравлическим оборудованием, поэтому повышение эксплуатационных характеристик гидропривода позволит повысить эффективность и производительность лесных машин.

Во время трелевки возникают большие динамические нагрузки, вследствие движения трактора по неровностям рельефа, и колебаний трелеваемой пачки. Эти нагрузки негативно воздействуют на гидропривод навесной системы трактора и захватного устройства, что ведет к снижению надежности и произ-

водительности работы агрегата.

Одним из вариантов решения данной проблемы является применение рекуперативного гидропривода, что повышает эффективность работы и производительность трелевочных хватных устройств. Устройство для бесчокерной трелевки леса содержит (рис. 2) раму 1, хват 2 с двумя челюстями 3 и гидроцилиндром 4. Челюстной хват смонтирован на навесной системе трактора 5, включающей верхнюю 6 и нижнюю 7 тяги, а также гидроцилиндр 8. Хват 2 посредством двухшарнирного звена 9 связан с одним из концов двуплечего рычага 10, который шарнирно закреплен на раме 1. Между вторым свободным концом двуплечего рычага 10 и рамой 1 шарнирно установлен дополнительный гидроцилиндр 11 для рекуперирования энергии колебаний челюстного хвата. Между рамой 1 и двуплечим рычагом 10 установлены пружины 12, фиксирующие двуплечий рычаг 10 в нейтральном положении и обеспечивающие ему повороты из этого положения в обе стороны под воздействием знакопеременных нагрузок со стороны хвата 2. Для предотвращения поломок пружин 12 и гидроцилиндра 11 в крайних положениях двуплечего рычага 10 предусмотрены ограничительные шпильки 13. Использование в устройстве двухшарнирного звена 9 позволяет снизить нагрузки на звенья навесного механизма при маневрировании трактора на вырубке. Кроме этого повышается эффективность удержания пачки деревьев за счет обеспечения поворота хвата 2 относительно горизонтальной оси двухшарнирного звена 9 и лучшего сцепления рабочих поверхностей челюстей 3 с комлевой частью трелеваемых деревьев.

Гидропривод трелевочного устройства состоит из рекуперативной системы 14, гидроцилиндра 4 челюстного хвата, гидроцилиндра 8 навесного механизма трактора, гидрораспределителя 15 и насосно-аккумуляторного узла 16. Рекуперативная система 14 устройства включает гидроцилиндр 11 с соединительными гибкими трубопроводами 17 и 18, а также обратные клапаны 19 и 20. Насосно-аккумуляторный узел 16 включает насос 21, гидробак 22, фильтр 23, обратный клапан 24, гидроаккумулятор 25 и разгрузочного автоматического клапана 26. Последний включает в себя обратный 27, разгрузочный 28 и предохранительный 29 клапаны. Все системы гидропривода соединены между собой напорной 30 и сливной 31 гидромагистралями. Трелевочное устройство работает следующим образом. Трактор 6 с поднятым хватом 2 и раскрытыми челюстями 3 задним ходом перемещается в положение, при котором хват 2 находится над комлевой частью срезанных деревьев.

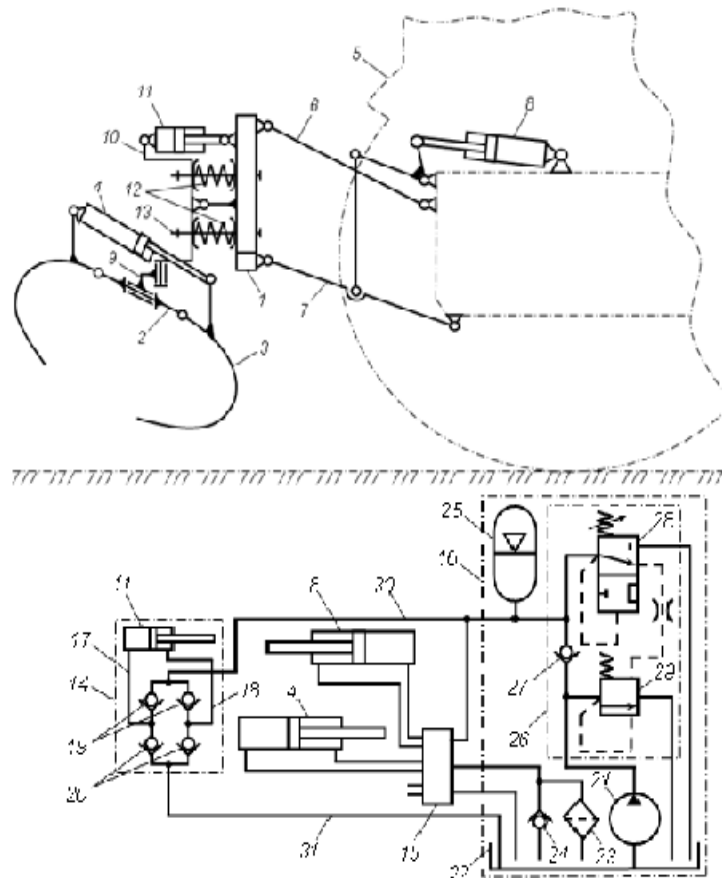


Рисунок 2 – Схемы кинематическая и гидравлическая энергосберегающего устройства для бесчokerной трелевки леса

Затем с помощью одной из секций гидрораспределителя 15 включается гидроцилиндр 8 навесного механизма и захват 2 опускается на срезанные деревья и прижимает их к земле. После этого с помощью другой секции гидрораспределителя 15 включается гидроцилиндр 4 захвата 2, челюсти 3 которого сжимают комли деревьев с боков, формируя пачку. Далее включается гидроцилиндр 8 навесного механизма и происходит подъем захвата с пачкой деревьев в транспортное положение. При трелевке происходят неизбежные колебания пачки деревьев в вертикальной и горизонтальной плоскостях, в результате чего подпружиненный дву-плечий рычаг 10 совершает крутильные колебания относительно своего шарнира, закрепленного на раме 1 устройства. При этом верхний конец двуплечего рычага 10, соединенный с одним из концов гидроцилиндра 11 системы рекуперации энергии, обеспечивает возвратно-поступательное движение цилиндра относительно поршня. При вдвигании поршня в цилиндр рабочая жидкость вытесняется из поршневой полости гидроцилиндра 11 по гибкому трубопроводу 17 через обратный клапан 19 в напорную гидромагистраль 30, подзаряжая таким образом гидроаккумулятор 25. В это же время, за счет разряжения, штоковая полость гидроци-

цилиндра 11 заполняется рабочей жидкостью из гидробака 22 через сливную гидромагистраль 31, обратный клапан 20 и гибкий трубопровод 18. Аналогично, при выдвигании поршня из цилиндра, рабочая жидкость из штоковой полости гидроцилиндра 11 вытесняется в гидроаккумулятор 25 через гибкий трубопровод 18, обратный клапан 19 и напорную гидромагистраль 30, а поршневая полость за счет разряжения заполняется рабочей жидкостью из гидробака 22 через сливную гидромагистраль 31 и обратный клапан 20.

В процессе работы гидропривод трактора и устройства бесчokerной трелевки леса защищен от превышения заданной величины давления, при полностью заряженном гидроаккумуляторе 25, с помощью разгрузочного 28 и предохранительного 29 клапанов насосно-аккумуляторного узла 16. В случае недостаточной заряженности гидроаккумулятора 25 и снижения в нем давления ниже допустимого, бесперебойную работу гидропривода обеспечивает гидронасос 21 через нормально открытый обратный клапан 27. Проведенные нами исследования показали, что за счет применения рекуперативного гидропривода можно добиться уменьшения энергоемкости трелевки древесины на 22 %.

Надежность, прочность и устойчивость к динамическим перегрузкам конструкции подборщика-погрузчика порубочных остатков ПП-2,1 во многом зависит от точек присоединения гидроцилиндров механизма подъема к подвижным и неподвижным элементам технологического оборудования. Расчетная схема механизма подъема подборщика-погрузчика порубочных остатков ПП-2,1 приведена на рисунке 3. Пренебрегая потерями на трение, запишем систему дифференциальных уравнений движения стреловой группы погрузчика с учетом сил инерции и расхода рабочей жидкости в виде:

$$\begin{aligned} (J_c + ml^2) \frac{d^2\phi}{dt^2} &= \frac{\pi d_{nc}^2}{4} P b_1 \sin \beta_1 - \\ &- g(ml + m_c l_{цмc}) \cos \phi \\ Q K_t &= \frac{\pi d_{nc}^2}{4} b_1 \sin \beta_1 \frac{d\phi}{dt} + \\ &+ a_y P + K_p \frac{dP}{dt}, \end{aligned} \quad (5)$$

где Q – номинальная производительность насоса, м³/с; t – время, с; J_c – момент инерции стреловой группы относительно шарнира 0, кг · м²; m – масса груза, кг; l – вылет стрелы, м; g – ускорение сил тяжести, м/с²; b_1 – плечо приложения усилия гидроцилиндра, м; m_c – масса стреловой группы, кг; $l_{цмc}$ – расстояния от

шарнира 0 до центра масс стреловой группы, м; β_1 – текущее значение угла между осями звеньев OA и AB, град., которое определяется по формуле:

$$\sin \beta_1 = \frac{a_1 \cdot \sin(\gamma + \varphi)}{\sqrt{a_1^2 + b_1^2 - 2 \cdot a_1 \cdot b_1 \cdot \cos(\gamma + \varphi)}}; \quad (6)$$

$K_t = t / t_H$ при $t < t_H$; $K_t = 1$ при $t \geq t_H$; t_H – время нарастания расхода рабочей жидкости от 0 до номинального значения Q_H .

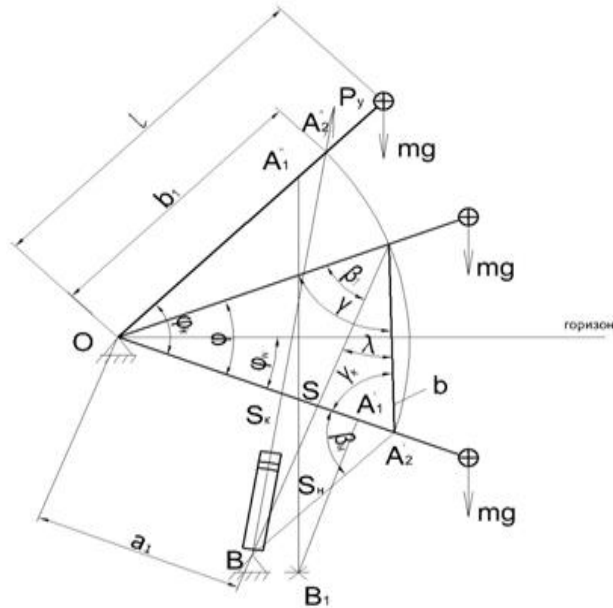


Рисунок 3 – Расчетная схема механизма подъема стрелы

Коэффициент податливости упругих элементов гидропривода рассчитывается по эмпирической зависимости, полученной экспериментальным путем, м⁵/Па:

$$K_p = \frac{10^{-5}}{7,28 \cdot P + 106}. \quad (7)$$

Подставляя в приведенные формулы разные значения длины отрезка b_1 и величины угла φ , определяем для каждого варианта длины b_1 при каких значениях угла φ сила на штоке гидроцилиндра имеет максимальную величину. Для разных вариантов длины отрезка b_1 будет иметь различное значение. Перебрав все варианты длины отрезка b_1 , что можно сделать с помощью ЭВМ, выбирают такое из них, в котором сила на штоке гидроцилиндра имеет наименьшую величину. Следует отметить, что при решении данной задачи нет необходимости изменять величину второго параметра, характеризующего положение гидроцилиндра, так как каждому конкретному значению длины b_1 соответствует при заданных начальной длины стандартного гидроцилиндра – S_H и конечной дли-

ны – S_K соответствует определенная величина a_l , что определяется анализом приведенных выше формул и легко доказывается геометрическим построением. На лучах, соответствующих крайним верхнему и нижнему положениям стрелы, откладывают величину отрезка b_l . Из полученных точек проводят окружности радиусом S_H и S_K . Нижняя точка пересечения этих окружностей и есть точка B .

Испытания описанной технологии и агрегата, проведенные на участках защитных лесных насаждений (с шириной междурядий 3,0-4,0 м, высотой деревьев 6,0-10,0 м, кустарников 1,5-2,5 м), состоящих из вяза мелколистного, клена ясенелистного, смородины золотой и жимолости, показали результаты соответствующие исходным требованиям, что указывает на эффективность проводимых работ.

Библиографический список

1 Жданов, Ю. М Совершенствование технологического оборудования агрегата для удаления порубочных остатков из лесной полосы при рубках ухода [Текст] / Ю. М. Жданов, Р. В. Юдин, В. П. Попиков, Канищев Д. А. // Лесотехнический журнал. – 2012. – № 1 (5). – С. 210-220.

2 Жданов Ю. М., Бартенев И. М. Технологии и средства механизации агролесомелиоративных работ. – Волгоград, ВНИАЛМИ, 2011. – С. 148-168.

3 Патент на полезную модель 136286 РФ, МПК А01G 23 / 00. Подборщик-погрузчик порубочных остатков [Текст] / Ю. М. Жданов, В. Н. Хорошавин ; заявитель и патентообладатель ГНУ ВНИАЛМИ – № 2013120702 / 13, заявл. 06.05.2013 ; опубл. 10.01.2014. Бюл. № 1.

4 Попиков, П. И. Оптимизация положений гидроцилиндров с учетом инерционных нагрузок и податливости гидропривода [Текст] / П. И. Попиков, А. В. Крутцких, В. П. Попиков, Р. В. Юдин // Вестник Центрально-Черноземного регионального отделения наук о лесе Российской Академии естественных наук Воронежской государственной лесотехнической академии. – 2002 . – Вып. 4, ч. 2. – С.136-14.

5 Пат. 2374824 РФ, МПК А01G3 / 00. Рабочий орган машины для подрезки крон деревьев [Текст] / В. П. Попиков, М. В. Драпалюк, Л. Д. Бухтояров ; заявитель и патентообладатель ВГЛТА. – № 2008106730 / 12 ; заявл. 21.02.2008 ; опубл. 10.12.2009.

6 Попиков, П. И. Механизация обрезки крон деревьев в лесных насаждениях [Текст] / П. И. Попиков, Л. Д. Бухтояров, В. П. Попиков, Д. А. Азаров // Лесотехнический журнал. – 2012. – № 1 (5). – С. 71-76.