

С. П. Мохов, канд. техн. наук, доцент; В. В. Хайновский, канд. техн. наук, ст. преподаватель; М. К. Асмоловский, канд. техн. наук, доцент, В. А. Коробкин, д-р техн. наук, гл. конструктор ОКБ МТЗ

## ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ ХАРВЕТЕРА 4К4 ДЛЯ РУБОК УХОДА

In article is executed analysis to designs and parameter of the technological equipment one-module harvester. The regression analysis parameter hydraulic manipulator and harvester of the head are Executed. They are built regression dependency, reflecting mutual influence main parameter technological equipment, on the grounds of what is realized choice for installing on designed machine hydraulic manipulator and harvester of the head.

**Введение.** Технологическое оборудование одномодульных харвестеров включает гидроманипулятор и валочно-сучкорезно-раскряжевую головку. Зарубежные модели данных агрегатов, устанавливаемые на все отечественные харвестеры (три модели харвестера – РУП «МТЗ», одна – ОАО «Амкодор»), отличаются значительным разнообразием конструкции и параметров. Известно, что параметры технологического оборудования лесной машины должны соответствовать параметрам базового шасси, а лесная машина в целом должна иметь четко ограниченную сферу рационального использования.

С целью разработки рекомендаций по выбору той или иной конструкции и параметров технологического оборудования одномодульного харвестера был выполнен анализ конструкций и технических характеристик харвестерных головок и манипуляторов большинства известных мировых производителей данного типа оборудования.

**1. Обоснование параметров харвестерной головки (харвестерного процессора).** Харвестерный процессор может быть циклического (механизм протаскивания импульсного типа) или непрерывного действия (механизм протаскивания вальцового или гусеничного типа).

Вальцы могут оснащаться резиновыми демпферами крутильных колебаний, а также быть обрешеченными с одетыми металлическими цепями. Механизм протаскивания импульсного типа применен в головках PATU 410 SH и PATU 560 SH, в них дерево поротаскивается пошагово при помощи захватных рычагов и сучкорезных ножей.

В качестве срезающего механизма головок для валки дерева и его последующей раскряжевки на сортименты наиболее широкое распространение получили цепные консольные пилы с гидравлическими приводами вращения ведущей звездочки и подачи пилы.

Значительно реже в качестве срезающего механизма на харвестерах применяются ножевые срезающие устройства или дисковые пилы. При этом ножевые устройства (известны харвестерные головки харвестеров Makeгі 33 T и Makeгі 34 T) применяются в основном для заготовки тонкомерных деревьев [1]. При этом за

счет срезаания ствола дерева под углом к его оси устраняется расслоение древесины в зоне срезаания. Фирма Pinox производит харвестерные головки с дисковым пильным механизмом.

Харвестерные головки для срезаания сучьев могут быть с набором от трех до шести клиновидных ножей силового резания, изогнутых по дуге и наилучшим образом копирующих профиль ствола по окружности, а также с шарнирным набором ножей типа «браслет».

Сучкорезные ножи не всегда используют в виде захватов, например, с целью снижения негативного влияния на качество заготовленной древесины часть ножей переводятся в плавающую позицию.

В некоторых конструкциях головок под основными захватными рычагами устанавливают дополнительные рычаги с вальцами, имеющие индивидуальный привод и возможность быть снятыми с головки. Такая схема позволила не только обеспечить надежное удержание дерева, но и повысить усилие протаскивания (Ponsse 550 (Premio) с 26 кН до 34 кН).

В гидросистеме привода рычагов устанавливается гидроаккумулятор давления, позволяющий выравнивать давление и снижать нагрузки, вызванные неровностями ствола при обрезке сучьев.

В настоящее время харвестерные головки выпускаются целым рядом зарубежных производителей, наиболее известные из которых следующие: AFM-Forest, Keto, Lako (Финляндия), Log-Max (Швеция), Ponsse, Waratah, Valmet, John Deere (Финляндия), Caterpillar (США) SP Maskiner, PATU, Foresteri, Pinox, Logset, Silvatek, Tapio, Davco, Denharco, Fabtek, Hahn, MachinaTech, Risley, Rotobec, Woodking и т. д.

Был выполнен анализ параметров и конструктивных особенностей более 150 моделей харвестерных головок.

Так, модельный ряд харвестерных головок фирмы «Waratah» представлен сериями НТН 200, 400 и 600; включает 10 типоразмеров (16 моделей), обеспечивающих обработку деревьев в комле от 47 до 133 см. Компания «Keto» выпускает широкий параметрический ряд харвестерных головок восьми типоразмеров для обработки деревьев диаметром 30...90 см. Осо-

бенностью их конструкции является наличие двух дублирующих друг друга систем отмера длины: от механизма подачи и измерительного колеса. Компания AFM-Forest производит харвестерные головки для тропических и северных лесов. Модельный ряд представлен шестью типоразмерами (тринадцать изделий), обеспечивающими обработку деревьев диаметром от 50 до 94 см. Харвестерные головки AFM 80 Magnum рекомендуется устанавливать на экскаваторы весом от 25 до 40 т, AFM 58 Husky, AFM 55 Husky, AFM 60 подходят к экскаваторам весом 14-22 т, AFM 45 Corona, AFM 50 Corona, AFM 60 L и другие можно устанавливать как на лесную машину, так и на экскаватор весом 12-17 т. Компания John Deere (ранее Timberjack) выпускает харвестерные головки четырех типоразмеров: от самой маленькой H732 до самой мощной H762C и H480, адаптированной для монтажа на экскаваторное шасси. Фирма Log-Max выпускает харвестерные головки серий 3000, 5000, 7000, 9000 и 1200, обеспечивающие обработку деревьев от 50 до 89 см. Отличительной особенностью этих головок является наличие регулируемых гидромоторов, обеспечивающих изменение силы прижима сучкорезных ножей и тягового механизма подачи в зависимости от внешних нагрузок. Фирма Ponsse выпускает три модели харвестерных головок H53, H60 и H73, позволяющих обрабатывать деревья диаметром от 52 до 72 см. Харвестерные головки Caterpillar используются для рубок главного пользования (диаметр обрабатываемых деревьев 55...69 см). Модельный ряд определен четырьмя типоразмерами (четырьмя изделиями от НН 55 до НН 75). В головках применяется запатентованная система центрирования ствола обрабатываемого дерева между вальцами механизма подачи. Харвестерные головки фирмы Valmet (девять моделей) позволяют обрабатывать деревья от 47 до 65 см. Харвестерные головки «SP Maskiner AB» совместимы с харвестерами известных мировых производителей, таких, как John Deere, Valmet, Ponsse, и большинством экскаваторов. Модельный ряд определен четырьмя типоразмерами, позволяющими обрабатывать деревья от 53 до 80 см. Особенностью их конструкции является наличие двух дублирующих друг друга систем отмера длины. Модельный ряд харвестерных головок фирмы «PATU» представлен сериями 300, 400 и 500 RH и SH; включает 7 типоразмеров (7 моделей), обеспечивающих обработку деревьев в комле от 40 до 105 см. Механизм протаскивания импульсного типа применен в головках «PATU 410 SH» и «PATU 560 SH», а в остальных – вальцового типа. Компания «FORESTERI» предлагает харвестерные головки с рабочим диаметрами от 45 до 75 см, включает 4 типоразмеров (5 моделей). Компания

«Logset» выпускает харвестерные головки 4 типоразмеров (7 моделей), обеспечивающих обработку деревьев диаметром от 47 до 73 см. Кроме основной серии, все модели имеют несколько вариантов исполнения протяжного узла: две двухосные каретки со смонтированными на нее гусеницами, две каретки с четырьмя роликами и традиционный вариант с двумя роликами. Как и большинство производителей, компания «Lako Forest» стала устанавливать на свою продукцию третий протяжной ролик. Каждая из четырех головок модельного ряда теперь выпускается в более мощной модификации, о чем говорит маркировка HD (Heavy Duty – сверхмощная). В настоящее время производятся харвестерные головки «PREMIО», созданные специально для тяжелых условий на лесосеках всего мира. Компания предлагает харвестерные головки с рабочими диаметрами от 50 до 95 см, включает 7 типоразмеров (10 моделей).

На основании проведенного обзора конструкций и статистической обработки основных параметров харвестерных головок получены зависимости максимального диаметра ( $d$ ) обрабатываемого дерева в комлевом срезе, массы харвестерной головки ( $M_r$ ), тягового усилия ( $T$ ), реализуемого механизмом подачи головки в процессе обработки дерева, минимальной мощности ( $N$ ) и массы базового шасси ( $M_{ш}$ ), необходимой для безопасной работы харвестерной головки. При этом также проводился подсчет квадрата смешанной корреляции по формуле

$$R^2 = 1 - \frac{\sum (Y_i - \bar{Y}_j)^2}{\left[ (\sum Y_i)^2 - (\sum \bar{Y}_j)^2 / n \right]}.$$

Полученные зависимости (на рис. 1 приведены некоторые из полученных результатов) позволяют провести корреляционный анализ параметров вновь создаваемой либо выбранной для установки на соответствующее шасси харвестерной головки, а также сравнить степень технического совершенства харвестерных головок различных производителей с позиции соответствия параметрам базового шасси.

Регрессионный анализ параметров для некоторых харвестерных процессоров производился для агрегатов, представленных на выставке «Лесдревмаш» в Москве в 2004 году [2].

Проведенный анализ показывает, что значительного разброса параметров по маркам ведущих производителей не наблюдается. Из обследованного разнообразия наибольший интерес представляют харвестерные головки Ponsse, Lako и FORESTERI.

**2. Обоснование параметров харвестерного манипулятора.** Харвестерные гидроманипуляторы могут быть телескопическими либо рычажными, включающими стрелу и рукоять. В некоторых случаях стрелу гидроманипулятора крепят к колонне, высота которой ниже колонны

гидроманипулятора форвардера вследствие необходимой кинематики движения харвестерной головки. Колонна также может быть наклонена вперед для улучшения параметров быстродействия манипулятора, небольшого увеличения его вылета и снижения металлоемкости конструкции. В конструкции (рис. 2, б) предусмотрена возможность изменения наклона колонны при помощи гидроцилиндра. Рукоять гидроманипулятора может быть выполнена телескопической, что позволяет достичь компактности конструкции манипулятора и увеличить его быстродействие при срезании деревьев, находящихся примерно на одинаковом вылете.

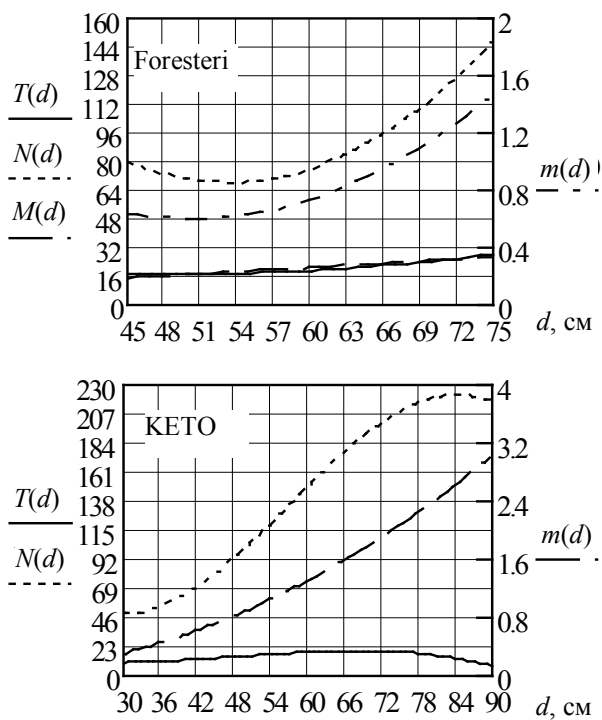


Рис. 1. Корреляционные зависимости параметров харвестерных головок некоторых производителей

Кроме рычажных гидроманипуляторов харвестеров с независимым движением стрелы и рукояти, в последнее время все чаще используются гидроманипуляторы параллельного типа, у которых гидроцилиндр подъема стрелы одновременно осуществляет и опускание рукояти, при этом харвестерная головка движется параллельно земле, что позволяет повысить удобство управления манипулятором и уменьшить время наведения харвестерной головки на дерево (Rottne, Cranab, Foresteri).

Указанная кинематика движения гидроманипулятора может быть осуществлена двумя способами: применением дополнительной тяги, связывающей четырехзвенник и гидроцилиндр подъема и опускания стрелы (рис. 2, б), либо закреплением гидроцилиндров подъема стрелы и рукояти на одной оси, расположенной у основания крепления гидроманипулятора (рис. 2, а).

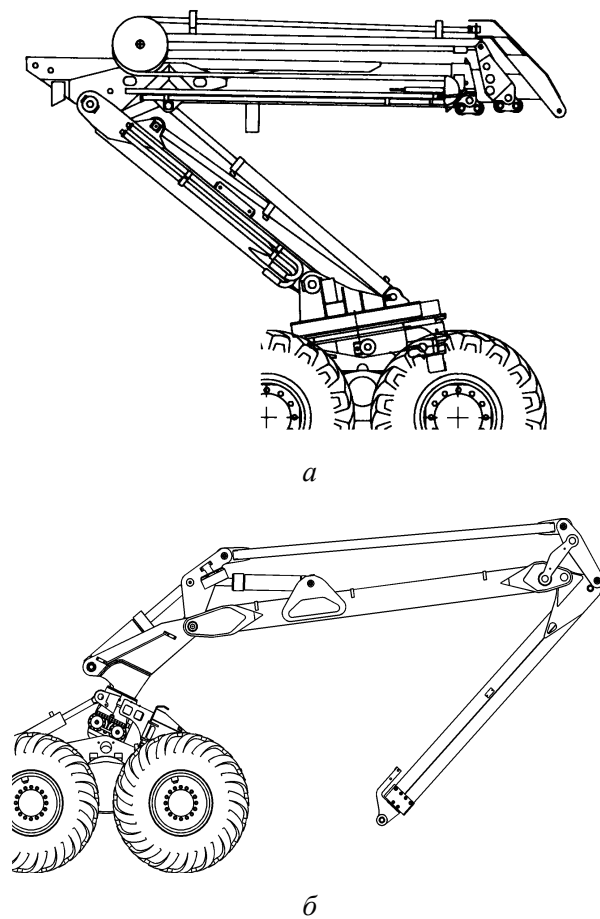


Рис. 2. Варианты харвестерных манипуляторов параллельного типа

Был выполнен анализ конструкции и параметров 70 моделей харвестерных манипуляторов. Статистически обработав основные параметры гидроманипуляторов с позиции их соответствия параметрам базового шасси, получили аппроксимирующие зависимости, отражающие взаимовлияние некоторых показателей друг на друга. Определяющими параметрами гидроманипулятора являются вылет, грузоподъемность и масса. На рис. 3 представлена регрессионная зависимость массы от максимального вылета гидроманипулятора.

Анализируя полученные зависимости массы от вылета гидроманипуляторов существующих харвестеров, видим, что масса манипуляторов при вылете стрелы 10 м колеблется в пределах 1900...2600 кг. Гидроманипуляторы Cranab имеют массу 2500...2700 кг. Наименьшей массой (1500...2000 кг) обладают манипуляторы Foresteri.

Показателем, влияющим на производительность валочно-сучкорезно-раскряжевочной машины является грузовой момент гидроманипулятора. На рис. 4 представлена зависимость грузоподъемности гидроманипуляторов различных производителей от их вылета.

Показателем, определяющим энергонасыщенность харвестера, является мощность уста-

навливаемого двигателя. На рис. 5 представлены регрессионные зависимости мощности базовой машины от вылета стрелы гидроманипулятора.

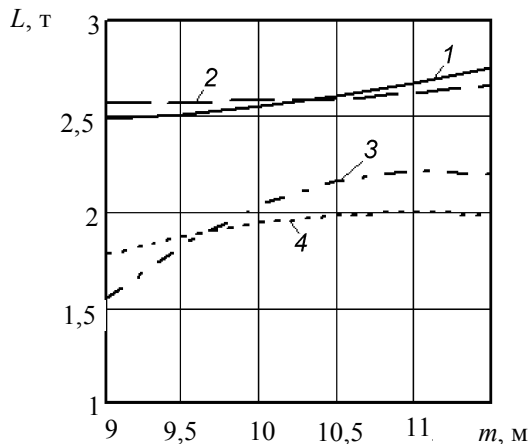


Рис. 3. Корреляционные зависимости массы гидроманипулятора от максимального вылета для различных производителей: 1 – Cranab; 2 – Waratach; 3 – Logmer; 4 – Foresteri

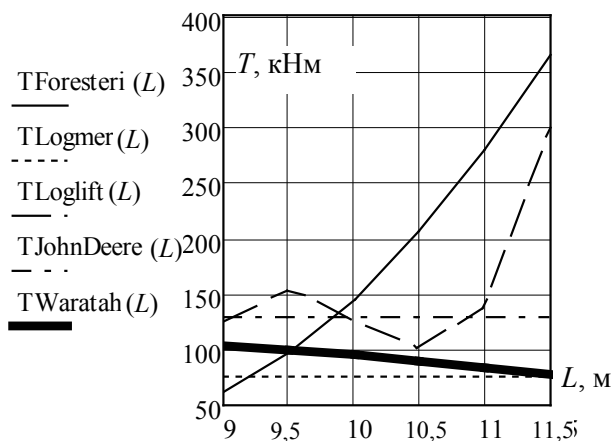


Рис. 4. Корреляционные зависимости грузового момента от вылета гидроманипулятора

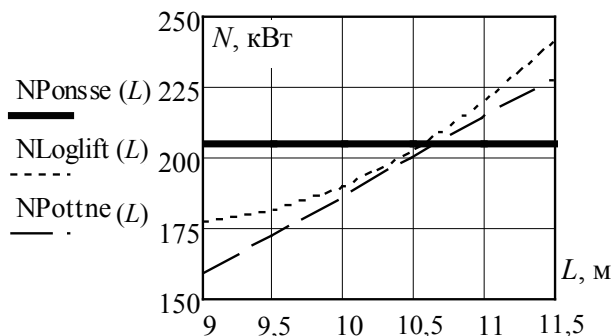


Рис. 5. Корреляционные зависимости мощности двигателя базовой машины от вылета гидроманипулятора

Мощность двигателей, устанавливаемых на харвестеры, в пределах 160...240 кВт. С расширением зоны обслуживания харвестера, т. е. с увеличением вылета гидроманипулятора от 9 до 11,5 м, мощность устанавливаемых двигателей повышается в 1,4...1,5 раза.

Одним из определяющих показателей, которые влияют на продольную и поперечную устойчивость харвестера, является его масса и распределение ее по осям машины. В зависимости от максимального вылета гидроманипулятора современные харвестеры зарубежного производства имеют следующие значения массы (рис. 6)

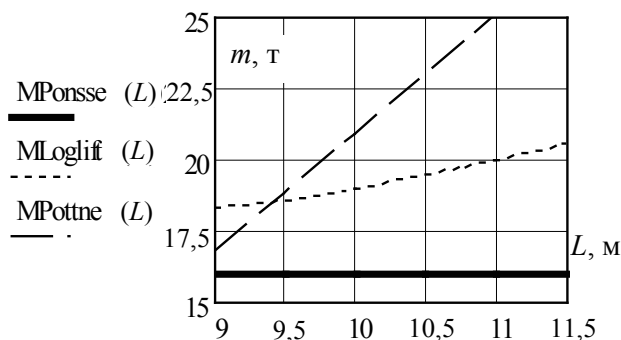


Рис. 6. Корреляционные зависимости массы базовой машины от вылета гидроманипулятора

Масса современных валочно-сучкорезно-раскряжечных машин находится в пределах 16 000...25 000 кг. У некоторых производителей харвестерной техники в связи с максимальной унификацией наблюдается тенденция, когда масса базового шасси остается постоянной независимо от того, какой гидроманипулятор на нем устанавливается (Ponsse).

**Выводы.** Построены регрессионные зависимости, отражающие взаимовлияние основных параметров технологического оборудования, на основании чего осуществлен выбор для установки на проектируемую харвестерную машину для рубок ухода гидроманипулятора Foresteri H1395 (максимальный вылет стрелы – 9,5 м, грузовой момент брутто – 132 кНм) и харвестерной головки 20RH, позволяющей производить валку деревьев диаметром до 520 мм и обрезку сучьев на диаметре до 450 мм.

### Литература

- 1 Федоренчик, А. С. Харвестеры: учеб. пособие для студентов вузов / А. С. Федоренчик, И. В. Турлай. – Минск: БГТУ, 2002. – 172 с.
- 2 Оскерко, В. Е. Лесдревмаш-2004 / В. Е. Оскерко // Строительные и дорожные машины. – 2004. – № 11. – С. 34–42.