

С.А. Голякевич, доц., канд. техн. наук  
(БГТУ, г. Минск);

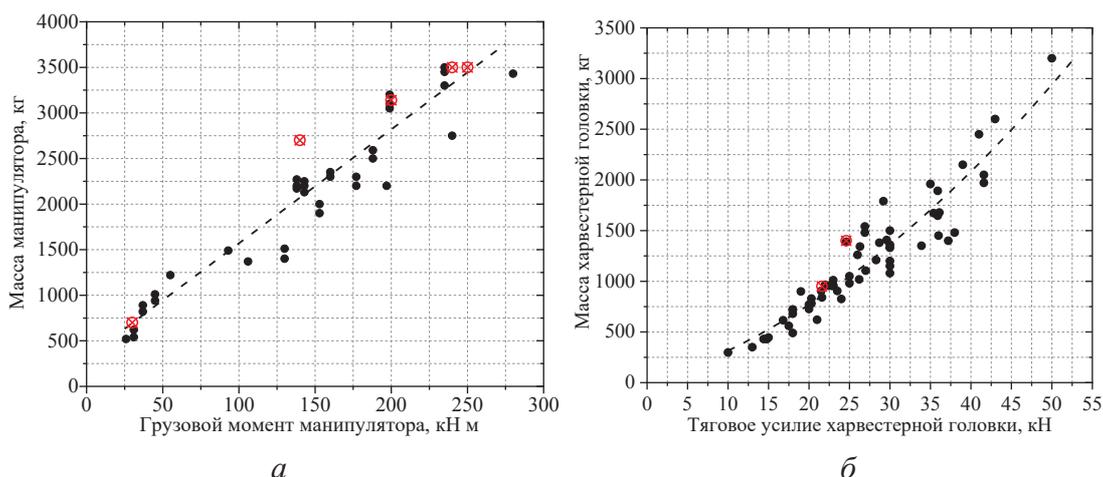
А.А. Герман, 1-й зам. ген. конструктора  
(ОАО «Амкодор – УКХ», г. Минск);

П.Н. Перфильев, зав. кафедрой, доц., канд. техн. наук  
(САФУ, г. Архангельск, Россия);

Р. А. Карсюк, гл. инженер  
(Логойский лесхоз, г. Минск)

## КОРРЕЛЯЦИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ МНОГООПЕРАЦИОННЫХ ЛЕСНЫХ МАШИН

Так, около 97% всех манипуляторов харвестеров представляют собой комбинированные шарнирно-рычажные конструкции с телескопическим звеном и механической синхронизацией движений стрелы и рукояти. Такое движение обеспечивается использованием параллелограммной схемы управления в различных вариантах взаимного размещения гидроцилиндров (пример – рис. 1). Вне зависимости от выбранной схемы гидроцилиндр 1 задает направление следования точки подвеса харвестерной головки под заданным углом к горизонту, подъем и опускание всего манипулятора целиком, а гидроцилиндр 2 обеспечивает перемещение этой точки в заданном направлении по траектории близкой к прямой линии (большой радиус кривизны траектории в продольной вертикальной плоскости). При этом на схеме рис. 1 применяется отличный от других вариант качающегося согласующего звена.



**Рисунок 1 – Зависимости массы манипуляторов харвестеров (а) и харвестерных головок (б) от их базовых технических характеристик**

Вне зависимости от выбранной схемы гидроцилиндр 1 задает направление следования точки подвеса харвестерной головки под за-

данным углом к горизонту, подъем и опускание всего манипулятора целиком, а гидроцилиндр 2 обеспечивает перемещение этой точки в заданном направлении по траектории близкой к прямой линии (большой радиус кривизны траектории в продольной вертикальной плоскости).

Оставшиеся манипуляторы харвестеров в равной степени представлены шарнирно-рычажными конструкциями с телескопическим звеном и без него с «классическим» размещением гидроцилиндров управления стрелой и рукоятью без использования синхронизирующего параллелограмма и конструкциями телескопического типа.

С коэффициентом детерминации  $R^2 = 0,917$  связь между массой манипулятора харвестера и его грузовым моментом описывается корреляционной зависимостью:  $m_{ман\_х} = 12,5 \cdot M_{гр} + 319,7$  в независимости от производителя (рис. 1).

**Таблица – Уравнения корреляционной связи массы харвестерных головок и номинального тягового усилия их подающего механизма**

Производитель	Уравнение связи	Диапазон тяговых усилий, кН	Тип подающего механизма	Коэффициент детерминации $R^2$
Kesla	$3,22x^2 - 46,5x + 425$	13 – 29,2	вальц.	0,976
Keto	$2x^2 - 35,32x + 471$	10 – 41	гусеничн.	0,985
Komatsu	$0,36x^2 + 38,94x - 117$ $58,05x - 374$	20,3 – 45,4	вальц.	0,939 0,938
Logmax	$63,16x - 476$	14,4 – 35,9	вальц.	0,968
AFM	$0,44x^2 + 48,35x - 300$ $72,29x - 761$	18 – 50	вальц.	0,999 0,996
SP Maskiner	$41,2x - 78$	20 – 38	вальц.	0,996
Ponsse	$3,34x^2 - 137x + 2300$	19 – 43	вальц.	0,993
Waratah	$0,86x^2 + 1,93x + 424$ $56,3x - 381$	20 – 41,6	вальц.	0,977
Совокупно	$0,67x^2 + 25,42x - 6,19$	10 – 50		0,902

Корреляционная связь тягового усилия харвестерных головок с их массой во всей совокупности конструкций и производителей выражена несколько меньше (рис. 1, б) и наиболее близко ( $R^2 = 0,917$ ) описывается зависимостью  $m_{хг} = 0,67F_{т\_хг}^2 + 25,42F_{т\_хг} - 6,19$ . Однако с более высокой точностью такая связь получена для каждого отдельного производителя (табл.). Из анализа исключены узкоспециализированные харвестерные головки, предназначенные для обрезки сучьев и одновременной окорки стволов, а также модификации серийно выпускаемых харвестерных головок. Кроме того, производитель Logset не указывает в открытых источниках информацию о величине тягового усилия своих харвестерных головок и поэтому не рассматривался.

Манипуляторы форвардеров преимущественно представлены «классическими» шарнирно-рычажными манипуляторами с телескопическими звеньями. Их максимальный вылет варьируется от 4,7 м до 10,3 м. Грузовой момент  $M_{гр\_ф}$  (кН·м) лежит в диапазоне 21–178 кН·м, причем его большие величины характерны для конструкций с вылетом от 8,1 м до 10 м. Для всей совокупности манипуляторов прослеживается характерная корреляционная связь грузовых моментов с их собственной массой  $m_{ман\_ф}$ . Так, с коэффициентом детерминации  $R^2 = 0,91$  в диапазоне 21–178 кН·м они связаны зависимостью  $m_{ман\_ф} = -0,025M_{гр\_ф}^2 + 15,9M_{гр\_ф} + 162$ . В 95% случаев отклонение массы манипулятора от данного значения не превышает 257 кг. Как правило, оно обуславливается разницей в высоте колонны, вылете манипулятора и закладываемом ресурсе его металлоконструкции.

Анализ параметров конструкций грейферных захватов форвардеров позволил установить связь между полезной площадью их сечения  $S_{гз}$  (м<sup>2</sup>) и собственной массой  $m_{гз}$  (кг). Уравнения связи получены для различных производителей на основе совокупной выборки из 92 наименований. Во внимание принимались грейферные захваты с полезной площадью сечения  $S_{гз}$  от 0,09 м<sup>2</sup> до 0,5 м<sup>2</sup> торговых марок: Palms, Farma, Kesla, Intermercato, Uniforest, Modularis, Mesera, Loglift, Cranab, Vahva, HGT, Соломбалец, Велмаш, Palfinger, Nissula, Амкодор, TajfunLiv и др. С коэффициентом детерминации  $R^2 = 0,8$  связь данных параметров определяется зависимостью  $m_{гз} = -514S_{гз}^2 + 969S_{гз} - 47$ . Верхняя и нижняя границы 95% доверительного интервала описываются выражениями  $m_{гз\_max} = -1304S_{гз}^2 + 1608S_{гз} - 96$  и  $m_{гз\_min} = 363S_{гз}^2 + 329S_{гз} + 3$  соответственно. При этом для отдельных производителей и их совокупностей характерны более выраженные связи. Так для грейферных захватов Palms и Farma в диапазоне  $S_{гз}$  от 0,09 до 0,28 м<sup>2</sup> характерна зависимость  $m_{гз} = 3051 \cdot S_{гз}^2 - 266 \cdot S_{гз} + 37$  при  $R^2 = 0,959$ .