

ЛЕСОЭКСПЛУАТАЦИЯ

УДК 630*377

ДИНАМИЧЕСКАЯ НАГРУЖЕННОСТЬ
ЗАХВАТНО-СРЕЗАЮЩЕГО УСТРОЙСТВА
ВАЛОЧНОЙ МАШИНЫ

А. В. ЖУКОВ, И. П. МАЙКО, М. К. АСМОЛОВСКИЙ

Белорусский технологический институт

Рубки ухода, являясь одним из основных лесохозяйственных мероприятий, позволяют получать значительный объем древесины.

Повышение существующего уровня их механизации требует создания новых более эффективных машин, исключающих применение ручного труда при заготовке древесины. С этой целью в БТИ была создана узкозахватная валочная машина на базе трактора МТЗ-82 (рис. 1) с захватно-срезающим устройством (ЗСУ).

ЗСУ, состоящее из ножей силового резания и захватов с приводом от гидроцилиндров, устанавливается на трехточечную навеску трактора. Вместо верхней тяги навески использован гидроцилиндр, служащий для наклона ЗСУ в продольной плоскости машины при пакетировании деревьев. Привод ЗСУ подключен к гидравлической системе трактора и управляется из кабины. Гидроцилиндры привода захватов и гидроцилиндры ножей соединены параллельно и управляются одной секцией распределителя, что позволило сократить число операций и не подвергать изменениям гидравлическую систему базовой машины. Гидравлическая схема ЗСУ представлена на рис. 2.

Производственные испытания данной машины показали, что особенности конструкции как базового трактора, так и ЗСУ, а также специфика выполняемых операций существенно влияют на их динамическую нагруженность, а через нее — на работоспособность и эффективность использования машины.

Технология работы состоит из следующих операций: подход к дереву, захват его с одновременным срезанием, отрыв дерева от пня, перемещение его на необходимое расстояние и укладка на грунт. В процессе выполнения операций особый интерес представляет работоспособность гидросистемы и нагруженность технологического оборудования.

Для изучения характера и количественных показателей изменения давления в гидросистеме и нагруженности ЗСУ валочной машины был

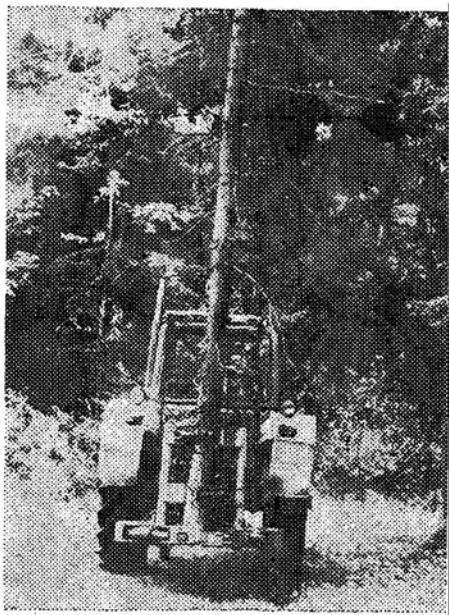


Рис. 1

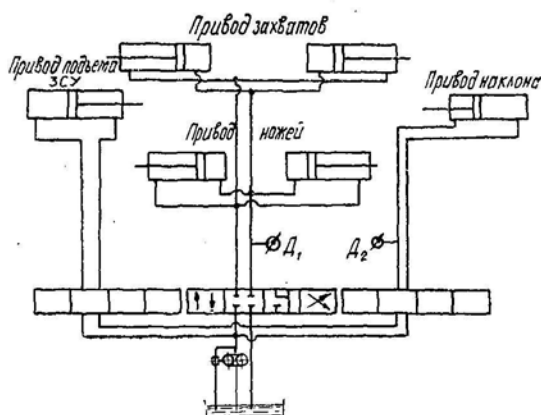


Рис. 2

проведен специальный эксперимент, в процессе которого регистрировали целый ряд параметров, в том числе деформации конструкции ЗСУ и давления в магистралях привода.

Измерительная аппаратура состояла из многоканального светолучевого осциллографа и тензоусилителя, размещавшихся в кабине трактора. Давление рабочей жидкости в магистрали пакетирования и магистрали захвата — срезания измеряли с помощью тензометрических датчиков выносного типа (рис. 2). Деформация элементов несущей конструкции ЗСУ и усилия в гидроцилиндре пакетирования определяли наклеенными на них тензорезисторами КФ5П1-15-200.

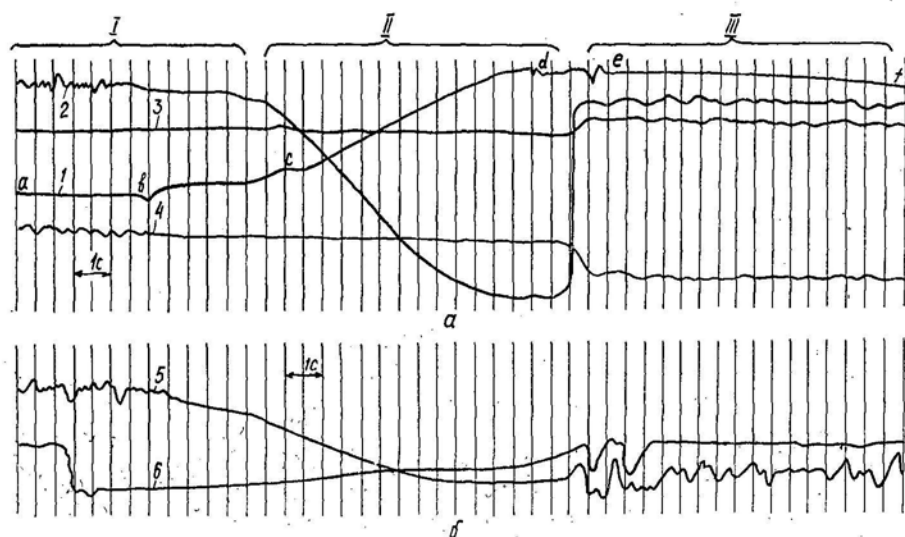


Рис. 3. Образцы осциллограмм с записью процессов, происходящих при срезании дерева (сосна, диаметр 24 см): а — в ЗСУ; б — в навесной системе ЗСУ; 1 — изменение давления в магистрали захвата — срезания; 2 — напряжения в опорной плите срезующего устройства; 3, 4 — напряжения соответственно в стойке соединения захватного и срезующего устройств и в кронштейне навески ЗСУ; 5 — усилия на гидроцилиндре наклона ЗСУ; 6 — изменение давления в магистрали гидроцилиндра наклона ЗСУ

На рис. 3, а, б приведены образцы осциллограмм с записью процессов, происходящих при выполнении рабочих операций валочной

машиной, начиная с момента подъезда и захвата дерева (участок I); срезания (участок II) и удержания срезанного дерева при отезде от пня (участок III). Отрезок *ab* кривой 1 (рис. 3, *a*) соответствует отсутствию давления при наводке ЗСУ на дерево; отрезок *bc* — захвату дерева при почти неизменном давлении (ножи срезающего устройства в это время находятся в контакте с деревом). Обжатие дерева с одновременным срезанием после обхвата происходит при возрастании давления в магистрали (отрезок *cd*). Процесс срезания дерева (сосна, диаметр 24 см) заканчивается (отрезок *de*) при давлении 13,2 МПа, время срезания 7 с. Анализ полученных результатов указывает на зависимость давления и времени резания от породы и диаметра деревьев. Так, при срезании березы диаметром 21 см максимальное давление резания составило 14,8 МПа при времени резания 6 с. Время срезания зависит также от темпа нарастания давления в гидросистеме.

При достижении в магистрали гидросистемы максимального давления может произойти автоматическое отключение распределителя при давлении 12,5...13,5 МПа. Поэтому в завершающей стадии резания на отрезке *de* кривой 1 заметны всплески, соответствующие придерживанию рукоятки распределителя. Окончание срезания характеризуется разрывом перемычки между ножами, распределитель отключается автоматически при освобождении рукоятки, после чего давление в магистрали остается почти постоянным при некотором снижении за счет утечек рабочей жидкости в гидросистеме трактора (отрезок *ef*). В среднем падение давления в этой магистрали составляет 0,08 МПа в 1 с. Поэтому при транспортировании дерева на значительное расстояние необходимо периодическим включением распределителя поддерживать давление в магистрали захвата для обеспечения надежного удержания срезанного дерева.

Наиболее нагруженными элементами в конструкции ЗСУ являются опорные плиты срезающего устройства, между которыми находятся режущие органы и гидроцилиндры их привода. При срезании характер изменения напряжений (рис. 3, *a*, кривая 2) на краю плиты в зоне установки стойки трубчатого профиля подобен изменению кривой 1 давления до момента окончания резания. В момент разрушения перемычки в результате устранения связи дерева с пнем напряжения резко снижаются, после чего стабилизируются и при движении машины колеблются около некоторого среднего положения, обусловленного статической нагрузкой от массы дерева. Максимальные напряжения при срезании различных деревьев достигали 45,5 МПа. Напряжения в элементе трубчатого профиля, соединяющего захватное устройство со срезающим, незначительны (кривая 3, рис. 3, *a*) как при срезании, так и в дальнейшем при транспортировании, где, как и для кривой 2, имеет место колебательное изменение напряжений.

Повышение напряжений до 22 МПа в кронштейне соединения штока гидроцилиндра с ЗСУ появляется лишь после срезания дерева, когда вся его масса переходит на ЗСУ (кривая 4).

Из осциллограммы, приведенной на рис. 3, *b*, видно, что в момент контакта ЗСУ с деревом значительные нагрузки испытывают рычаги навесной системы. Усилия в гидроцилиндре наклона ЗСУ (кривая 5) носят периодический, граничащий с ударами характер, при этом давление рабочей жидкости внутри гидроцилиндра (кривая 6) возрастает до 9,2 МПа. Анализ данного явления при срезании деревьев различных пород и диаметров указывает на целесообразность введения упруго-демпфирующего элемента в конструкцию навески ЗСУ на трактор, что снизит динамическую нагруженность системы и положительно скажется на стабилизации процесса резания.

Целесообразность введения упруго-демпфирующих звеньев диктуется также тем, что при срезании деревьев различных пород имелись случаи заклинивания ножей, особенно при увеличении жесткости звеньев соединения ЗСУ с трактором. Это наиболее заметно при срезании наклонных деревьев большого диаметра, особенно деревьев твердых пород.

В момент движения ВПМ с деревом, т. е. отъезда от пня, колебательные изменения силовых факторов нагружения, которые видны из осциллограммы (участок III, рис. 3, а, б), происходят вследствие раскачки дерева вместе с ЗСУ. Одна из причин этого — наличие зазоров в навеске, что отрицательно влияет на динамику машины. Поэтому необходимо, с одной стороны, свести до минимума зазоры в соединениях звеньев, с другой, обеспечить некоторую податливость навесной системы, подобрав ее оптимальную жесткость.

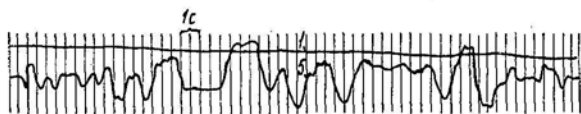


Рис. 4. Осциллограмма изменения усилия на штоке гидроцилиндра наклона ЗСУ при транспортировании дерева (1, 5 — соответствуют обозначениям на рис. 3, а, б)

Из рис. 4 видно, что колебательный характер имеют усилия, возникающие на штоке гидроцилиндра наклона ЗСУ в результате раскачивания вертикально транспортируемого дерева при движении трактора по неровностям лесного волока (пасеки) и от касания за ветви стоящих на границе волока деревьев. Изменение усилий на штоке в начале движения происходит с частотой 1,5 Гц, которая соответствует преобладающей частоте воздействия со стороны волока.

В момент касания транспортируемого дерева за ветви растущих деревьев характер колебаний изменяется из-за наложения низкочастотной составляющей от собственных колебаний консольно закрепленного дерева (частота 0,25 Гц). В отдельных случаях возможно значительное увеличение амплитуды изменения усилий из-за наложения соответствующих по фазе отдельных составляющих процесса, что имеет место в конце участка движения, соответствующего осциллограмме изменения усилий на рис. 4.

Проведенные исследования показали, что по характеристикам динамических показателей узкозахватная валочная машина на базе трактора МТЗ со срезающим устройством в виде ножей может быть использована на заготовке деревьев различных пород с диаметрами у пня до 22 см и длиной до 12 м.

Нагруженность несущей конструкции ЗСУ находится в допустимых пределах, напряжения во время исследований не превышали 50 МПа.

Для снижения динамической нагруженности и металлоемкости, повышения устойчивости машины необходимо предусмотреть мероприятия, исключающие подклинивание ножей при резании путем усиления жесткости конструкции срезающего устройства, а также введением в навесную систему ЗСУ упруго-демпфирующих элементов оптимальной жесткости.

УДК 625.572.001

СВОБОДНЫЕ ПОПЕРЕЧНЫЕ КОЛЕБАНИЯ НЕСУЩЕГО КАНАТА

И. И. СЛЕПКО

Хмельницкий технологический институт

Исследованию поперечных колебаний несущих канатов посвящены работы [1, 2, 4, 6—9], в которых последний рассматривается как гибкая нить или как стержень.

Нами рассмотрены собственные поперечные колебания несущего каната однопролетной подвесной установки, как предварительно деформированного растянутого стержня с малой стрелкой провеса, в предположении, что натяжение каната $T = \text{const}$ и его собственный вес не вызывают напряжений изгиба в поперечных сечениях, т. е. в начальный момент канат работает как абсолютно гибкая нить.

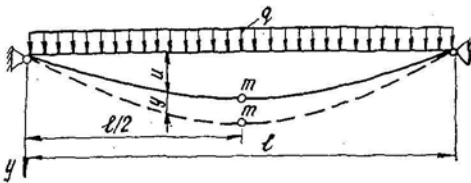


Рис. 1. Схема провисания каната

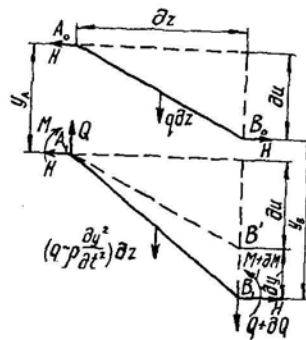


Рис. 2

Отсюда следует, что в начальный момент при $m = 0$ канат провисает по параболе (рис. 1), уравнение которой имеет вид:

$$u = \frac{q}{2H} (l - z) z, \quad (1)$$

где q — вес 1 пог. м каната;

l — длина пролета;

z — координата сечения;

H — горизонтальная составляющая натяжения каната и при расположении опор на одном уровне $H = T$.

При дополнительном нагружении каната в его сечениях возникает изгибающий момент и поперечная сила, а для каната с закрепленными концами, кроме этого, еще дополнительная осевая сила.

Вырежем из каната отрезок бесконечно малой длины, проекция которого на горизонтальную ось равна dz (рис. 2).

Запишем уравнения равновесия отрезка

$$M + Qdz - H(\delta u + \delta y) - \left(q - \rho \frac{\partial^2 y}{\partial t^2} \right) \frac{(\delta z)^2}{2} - M - \delta M = 0; \quad (2a)$$

$$\left(q - \rho \frac{\partial^2 y}{\partial t^2} \right) dz + Q + \delta Q - Q = 0, \quad (2б)$$