

Далее исследовалась нагруженность кузова сниженной металлоемкости. По сравнению с исходным вариантом нагруженность лонжерона изменилась незначительно. Снизить напряжения в конструкции удалось за счет правильной ориентации швеллера верхней обвязки поворотом его на  $90^\circ$  (рис. 2, б). Это дало возможность сделать конструкцию равнопрочной.

На основании проведенных исследований разработаны следующие рекомендации: изменение профиля сечения лонжерона заменой вместо сдвоенного швеллера № 12 одинарным швеллером, защищенным листом; переход от швеллера № 12 к швеллеру № 10 для верхнего пояса обвязки; изменение места расположения средних поперечин; исключение из конструкции средней верхней поперечины и боковых раскосов.

УДК 630\*323.2.002.5-114

В.А. ФЕНЧАК, канд. техн. наук,  
В.Е. ОСКЕРКО, А.Ю. ШАТАЛОВ,  
Е.В. СЕМЕНОВА (ЦНИИМЭ)

## СОБСТВЕННЫЕ ЧАСТОТЫ КОЛЕБАНИЙ ПОДАЮЩИХ МЕХАНИЗМОВ СУЧКОРЕЗНЫХ МАШИН

При проектировании подающих механизмов сучкорезных машин главная задача — обеспечить эти механизмы эксплуатационной надежностью и долговечностью. Осуществить данную задачу можно на основе детального исследования динамических процессов, происходящих в узлах и деталях подающих механизмов на рабочих режимах. Такое исследование позволяет выбрать конструктивные и рабочие характеристики отдельных элементов и узлов подающих механизмов оптимальными с точки зрения долговечности.

При эксплуатации сучкорезных машин в элементах механических систем механизмов возможны следующие виды колебательных явлений: свободные (собственные), вынужденные колебания, переходные процессы, параметрические колебания и автоколебания. Необходимость расчета собственных частот колебаний механической системы подающего механизма обусловлена стремлением избежать совпадения частот возмущающих сил с частотами собственных колебаний системы, другими словами, избежать резонансных явлений. Резонансные колебания могут отрицательно влиять на рабочие характеристики подающего механизма, т. е. динамические нагрузки в элементах механической системы могут достичь опасных с точки зрения долговечности значений, а иногда и их прочности [1].

Подающие механизмы сучкорезных машин представляют собой сложную взаимосвязанную систему. Из расчетной схемы вальцевого пневмошинного подающего механизма сучкорезной машины СМ-11 с электромеханическим приводом (рис. 1) видно, что она имеет вид симметричной разветвленной цепи. На рис. 2 дана расчетная схема подающего механизма сучкорезной машины ЛП-30Г с гидрообъемным приводом.

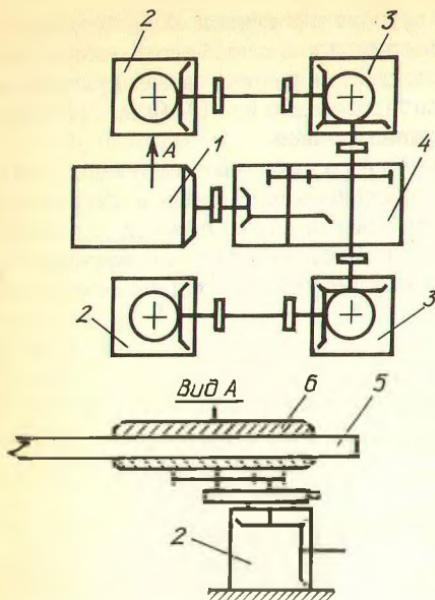


Рис. 1. Расчетная схема подающего механизма сучкорезной машины СМ-11:

1 – электродвигатель постоянного тока ДП-42; 2 – конический редуктор; 3 – конически-угловой редуктор; 4 – конически-цилиндрический редуктор КЦ-300; 5 – хлыст (древесный ствол); 6 – пневматическая шина 1300×530 – 533.

Для расчета собственных частот колебаний элементов рассматриваемых механических систем проведем их схематизацию, в результате чего получим расчетные динамические схемы подающих механизмов (рис. 3), где  $I_{\text{зп}}$  – мо-

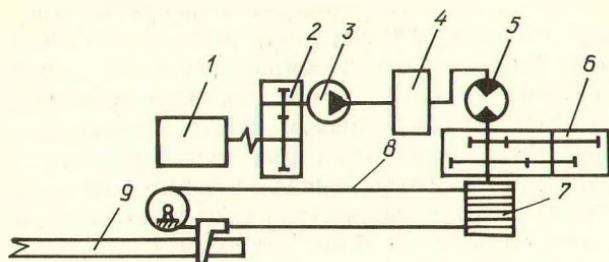


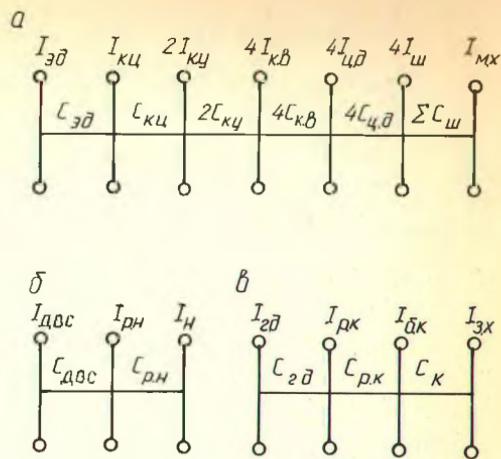
Рис. 2. Расчетная схема подающего механизма сучкорезной машины ЛП-30Г:

1 – двигатель внутреннего сгорания СМД-14; 2 – редуктор насосов; 3 – насос 210.25.16.20В; 4 – гидроаппаратура; 5 – гидродвигатель 210.25.16.20В; 6 – редуктор канатно-блочной системы; 7 – барабан канатно-блочной системы; 8 – канатно-блочная система с захватом; 9 – хлыст

мент инерции электродвигателя;  $I_{\text{кц}}$  – момент инерции конически-цилиндрического редуктора, приведенный к валу электродвигателя;  $I_{\text{ку}}$  – момент инерции конически-углового редуктора, приведенный к валу электродвигателя;  $I_{\text{к.в}}$  – момент инерции вертикальной конической передачи и малой шестерни открытой цилиндрической передачи, приведенный к валу электродвигателя;  $I_{\text{ц.д}}$  – момент инерции цилиндрической открытой передачи и диска колеса;  $I_{\text{ш}}$  – момент инерции беговой и части резинокордной оболочки ши-

Рис. 3. Расчетные динамические схемы подающих механизмов сучкорезных машин:

а – СМ-11; б – ЛП-30Г (I участок);  
в – ЛП-30Г (II участок)



ны;  $I_{M_x}$  – момент инерции поступательно движущейся массы хлыста, приведенный к валу электродвигателя;  $C_{э.д}$  – жесткость валов упругого участка электродвигателя;  $C_{кц}$  – жесткость валов конически-цилиндрического редуктора, приведенная к валу электродвигателя;  $C_{ку}$  – жесткость валов конически-углового редуктора, приведенная к валу электродвигателя;  $C_{кв}$  – жесткость конически-вертикальной передачи, приведенная к валу электродвигателя;  $C_{ц.д}$  – жесткость открытой цилиндрической передачи и диска колеса, приведенная к валу электродвигателя;  $C_{ш}$  – суммарная крутильная и продольная жесткость всех шин, приведенная к валу электродвигателя;  $I_{двс}$  – момент инерции двигателя внутреннего сгорания (ДВС);  $I_{р.н}$  – момент инерции редуктора насосов, приведенный к валу ДВС;  $I_n$  – момент инерции насоса, приведенный к валу ДВС;  $I_{пп}$  – момент инерции редуктора канатно-блочной системы, приведенный к валу гидродвигателя;  $I_{б.к}$  – момент инерции барабана канатно-блочной системы, приведенный к валу гидродвигателя;  $I_{з.х}$  – момент инерции захвата и хлыста, приведенный к валу гидродвигателя;  $C_{двс}$  – жесткость валов упругого участка ДВС;  $C_{р.н}$  – жесткость валов редуктора насосов, приведенная к валу ДВС;  $C_{пп}$  – жесткость валов упругого участка гидродвигателя;  $C_{р.к}$  – жесткость валов редуктора канатно-блочной системы, приведенная к валу гидродвигателя;  $C_k$  – жесткость каната, приведенная к валу гидродвигателя.

Для анализа спектра собственных частот колебаний на основе уравнений Лагранжа 11-го рода рассматриваемые системы описываются следующими дифференциальными уравнениями второго порядка без учета внешних и диссипативных сил.

Для машины СМ-11:

$$\ddot{I}_{эд} \ddot{\varphi}_{эд} + C_{эд} (\varphi_{эд} - \varphi_{кц}) = 0;$$

$$\ddot{I}_{кц} \ddot{\varphi}_{кц} - C_{эд} (\varphi_{эд} - \varphi_{кц}) + C_{кц} (\varphi_{кц} - \varphi_{ку}) = 0;$$

$$\ddot{I}_{ку} \ddot{\varphi}_{ку} - C_{кц} (\varphi_{кц} - \varphi_{ку}) + C_{ку} (\varphi_{ку} - \varphi_{к.в.}) = 0;$$

$$\begin{aligned}
 \dot{I}_{\text{к.в}} \ddot{\varphi}_{\text{к.в}} - C_{\text{ку}} (\varphi_{\text{ку}} - \varphi_{\text{к.в}}) + C_{\text{к.в}} (\varphi_{\text{к.в}} - \varphi_{\text{ц.д}}) &= 0; \\
 \dot{I}_{\text{ц.д}} \ddot{\varphi}_{\text{ц.д}} - C_{\text{к.в}} (\varphi_{\text{к.в}} - \varphi_{\text{ц.д}}) + C_{\text{ц.д}} (\varphi_{\text{ц.д}} - \varphi_{\text{ш}}) &= 0; \\
 \dot{I}_{\text{ш}} \ddot{\varphi}_{\text{ш}} - C_{\text{ц.д}} (\varphi_{\text{ц.д}} - \varphi_{\text{ш}}) + C_{\text{ш}} (\varphi_{\text{ш}} - \varphi_{\text{х}}) &= 0; \\
 \dot{I}_{\text{м.х}} \ddot{\varphi}_{\text{м.х}} - C_{\text{ш}} (\varphi_{\text{ш}} - \varphi_{\text{м.х}}) &= 0.
 \end{aligned}$$

Для машины ЛП-30Г, I участок:

$$\begin{aligned}
 \dot{I}_{\text{д.в.с}} \ddot{\varphi}_{\text{д.в.с}} + C_{\text{д.в.с}} (\varphi_{\text{д.в.с}} - \varphi_{\text{п.н}}) &= 0; \\
 \dot{I}_{\text{п.н}} \ddot{\varphi}_{\text{п.н}} - C_{\text{д.в.с}} (\varphi_{\text{д.в.с}} - \varphi_{\text{п.н}}) + C_{\text{п.н}} (\varphi_{\text{п.н}} - \varphi_{\text{н}}) &= 0; \\
 \dot{I}_{\text{н}} \ddot{\varphi}_{\text{н}} - C_{\text{п.н}} (\varphi_{\text{п.н}} - \varphi_{\text{н}}) &= 0.
 \end{aligned}$$

Для машины ЛП-30Г, II участок:

$$\begin{aligned}
 \dot{I}_{\text{тд}} \ddot{\varphi}_{\text{тд}} + C_{\text{тд}} (\varphi_{\text{тд}} - \varphi_{\text{п.к}}) &= 0; \\
 \dot{I}_{\text{п.к}} \ddot{\varphi}_{\text{п.к}} - C_{\text{тд}} (\varphi_{\text{тд}} - \varphi_{\text{п.к}}) + C_{\text{п.к}} (\varphi_{\text{п.к}} - \varphi_{\text{б.к}}) &= 0; \\
 \dot{I}_{\text{б.к}} \ddot{\varphi}_{\text{б.к}} - C_{\text{п.к}} (\varphi_{\text{п.к}} - \varphi_{\text{б.к}}) + C_{\text{б.к}} (\varphi_{\text{б.к}} - \varphi_{\text{з.х}}) &= 0; \\
 \dot{I}_{\text{з.х}} \ddot{\varphi}_{\text{з.х}} - C_{\text{б.к}} (\varphi_{\text{б.к}} - \varphi_{\text{з.х}}) &= 0.
 \end{aligned}$$

Матрица жесткостей моментов инерции является симметричной.

На ЭВМ проведены расчеты частот собственных колебаний элементов механической системы подающих механизмов машин СМ-11 и ЛП-30Г.

Таблица 1. Собственные частоты колебаний элементов подающего механизма сучкорезной машины СМ-11

Приведенные моменты инерции хлыста $I_{x_1}$ , $\text{H} \cdot \text{с}^2$	Частоты, Гц					
	$f_1$	$f_2$	$f_3$	$f_4$	$f_5$	$f_6$
$4,1 \cdot 10^{-2}$	4,72	—	—	—	—	—
$8,0 \cdot 10^{-2}$	3,37	—	—	—	—	—
$1,2 \cdot 10^{-1}$	2,42	32,45	43,22	117,0	264,2	381,4
$2,0 \cdot 10^{-1}$	2,19	—	—	—	—	—
$2,8 \cdot 10^{-1}$	1,88	—	—	—	—	—
$3,6 \cdot 10^{-1}$	1,68	—	—	—	—	—

Примечание:  $f_1$  — крутильные колебания концевых масс (электродвигатель — хлыст);  $f_2$  — крутильные колебания вала электродвигателя и промежуточного вала;  $f_3$  — крутильные колебания элементов редуктора КЦ-300;  $f_4$  — крутильные колебания элементов горизонтальной передачи конических углового редуктора;  $f_5$  — крутильные колебания элементов вертикальной передачи конических редукторов;  $f_6$  — крутильные колебания элементов открытой передачи и дисков колес.

Таблица 2. Спектр собственной частоты  $A_{23}$  (Гц) колебаний захвата и хлыста сучкорезной машины ЛП-30Г

Моменты инерции захвата и хлыста $I_{з.х.}$ , $H \cdot M \cdot C^2$	Жесткость $C_K$ , $H \cdot M / \text{рад}$				
	83	43	27	21	17
0,131	440	315	233	201	195
0,157	428	312	247	197	174
0,183	436	308	248	197	193
0,209	434	307	246	216	173
0,261	431	292	227	213	194
0,313	429	306	227	195	166

Примечание:  $f_{11}$  — крутильные колебания вала ДВС и карданныго вала;  $f_{12}$  — крутильные колебания редуктора насосов;  $f_{21}$  — крутильные колебания вала гидрордвигателя;  $f_{22}$  — крутильные колебания элементов редуктора канатно-блочной системы;  $f_{23}$  — крутильные колебания захвата и хлыста.

В табл. 1 приведены значения собственных частот колебаний основных элементов подающего механизма сучкорезной машины СМ-11 и пояснения о принадлежности их к тому или иному элементу, полученные на основе анализа векторов и по парциальным частотам.

Собственные частоты колебаний элементов подающего механизма сучкорезной машины ЛП-30Г имеют следующие значения:  $f_{11} = 2036$  Гц;  $f_{12} = 17,2$ ;  $f_{21} = 1678$ ;  $f_{22} = 261,6$  Гц. Спектр собственной частоты колебаний захвата и хлыста ( $f_{23}$ ) приведен в табл. 2. Здесь же даны пояснения о принадлежности частот к тому или иному элементу.

Отметим, что рассматриваемые механические системы относятся к разряду "полуопределенных", т. е. у них низкая частота  $f_0 = 0$  (хлыст движется поступательно как твердое тело).

Анализ полученных собственных частот колебаний показывает, что в рассматриваемых системах наблюдается широкий диапазон собственных частот. Так, у машины СМ-11 он находится в пределах 1,7–381,4 Гц, а у машины ЛП-30Г — 16,6–2036,6 Гц.

Следует также отметить, что высшая частота механической системы машин СМ-11 и ЛП-30Г не зависит от момента инерции хлыста, однако низшая их частота изменяется в зависимости от момента инерции. Для машины СМ-11 она составляет 1,68–4,72 Гц, для машины ЛП-30Г — 42–45,2 Гц.

По расчетным данным, низшая частота элементов подающего механизма ЛП-30Г значительно изменяется в зависимости от жесткости каната  $C_K$  — от 16,6 до 43 Гц.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Вейц В.Л., Кочура А.Е., Мартыненко А.М. Динамические расчеты приборов машин. Л., 1971.