

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО
СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ УССР

ДНЕПРОПЕТРОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ 300-ЛЕТИЯ ВОССОЕДИНЕНИЯ УКРАИНЫ С РОССИЕЙ

К. В. КРАСИЛЬНИКОВ

**ВЛИЯНИЕ
ПЕРИОДИЧЕСКИХ ВОЗМУЩЕНИЙ
НА РАБОТУ УПРУГИХ ОБЪЕКТОВ,
НЕСУЩИХ ПОДВИЖНУЮ НАГРУЗКУ**

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

диссертации на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук

Научный руководитель профессор Ю. А. ШЕВЛЯКОВ

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО
СПЕЦИАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ УССР

ДНЕПРОПЕТРОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ 300-ЛЕТИЯ ВОССОЕДИНЕНИЯ УКРАИНЫ С РОССИЕЙ

К. В. КРАСИЛЬНИКОВ

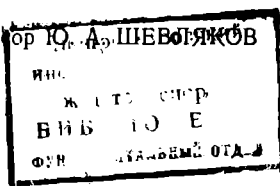
2232a

ВЛИЯНИЕ
ПЕРИОДИЧЕСКИХ ВОЗМУЩЕНИЙ
НА РАБОТУ УПРУГИХ ОБЪЕКТОВ,
НЕСУЩИХ ПОДВИЖНУЮ НАГРУЗКУ

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

диссертации на соискание ученой степени
кандидата физико-математических наук

Научный руководитель професс



Днепропетровск

1964

НТБ
ДНУЖТ

Работа выполнена в Днепропетровском государственном университете.
Отзыв на автореферат просьба направлять по адресу: Днепропетровск,
Шевченковская, 59, Госуниверситет, физический факультет,
ученому секретарю.

Защита диссертации состоится 6 октября 1964 г.

Автореферат разослан 8 сентября 1964 г.

НТБ
ДНУЖТ

Во многих областях современной техники встречаются конструкции, рабочей частью которых являются гибкие упругие элементы. Сюда могут быть отнесены транспортные подъемные установки, использующие стальные канаты, подвесные дороги и мосты. Гибкие элементы являются основным рабочим органом многих измерительных приборов, напр., шлейфовых, осциллографов и др.

Настоящая работа посвящена исследованию влияния периодических возмущений на работу гибких направляющих устройств шахтных подъемных установок, несущих подвижные инерциальные нагрузки. Полученные результаты могут быть использованы для исследования переходных процессов и в других установках и конструкциях, рабочим органом которых являются гибкие элементы.

В работе рассматриваются следующие источники периодических возмущений, действующих на гибкие направляющие устройства (гибкие проводники):

1. Вследствие эллиптичности или эксцентricности шкива, через который пробегает подъемный канат, в канате возникают определенные поперечные колебания, которые сообщают поднимаемому грузу (клету) и соединенным с ним гибким проводникам боковые возмущения;

2. Верхние концы гибких проводников закрепляются на вершине копра, представляющего собой упругое сооружение башенного типа; под действием вибраций подъемных машин и других источников вершина копра совершает колебания [6], которые возбуждают колебания верхних концов гибких проводников.

В работе использованы технические данные, приведенные в монографии В. Д. Белого [3].

В качестве основной модели для математической формулировки задачи использована модель двухнитевой проводниковой установки, предложенная в работах академика АН УССР Г. Н. Савина и О. А. Горошко [1], [2].

Исходя из этой модели, задача динамики гибких направляющих устройств сводится к системе слабо-нелинейных интегро-дифференциальных уравнений, описывающих поперечно-поворотные колебания гибких направляющих устройств с подвижным грузом вида

$$\begin{aligned}
 U(x,t) = & - \int_0^{l_0} K(x,s) \frac{q}{g} \left[\frac{\partial^2 U(s,t)}{\partial t^2} - \frac{l_0 - s}{l_0} d \cos \Theta \left(\frac{\partial \Theta}{\partial t} \right)^2 \right] ds - \\
 & - \frac{1}{2} K(x, l_0 - l) \frac{Q}{g} \frac{d^2}{dt^2} \left[U(l_0 - l, t) + \frac{1}{l_0} d \cos \Theta \right] + \frac{EF}{2l_0 T_0} \int_0^{l_0} \left(\frac{\partial U}{\partial x} - \right. \\
 & \left. - \frac{d}{l_0} \cos \Theta \right)^2 dx \int_0^{l_0} K(x,s) \frac{q}{g} \left[\frac{\partial^2 U(s,t)}{\partial t^2} - \frac{l_0 - s}{l_0} d \cos \Theta \left(\frac{\partial \Theta}{\partial t} \right)^2 \right] ds + \\
 & + \frac{EF}{2l_0 T_0} \int_0^{l_0} \left(\frac{\partial U}{\partial x} - \frac{d}{l_0} \cos \Theta \right)^2 dx K(x, l_0 - l) \frac{Q}{g} \frac{d^2}{dt^2} \left[U(l_0 - l, t) + \right. \\
 & \left. + \frac{1}{l_0} d \cos \Theta \right]
 \end{aligned}$$

где: $U(x,t)$ — поперечные смещения проводников,
 $\Theta(t) = \nu$ — частота внешнего возмущения,
 Q — вес подвижного груза,
 q — вес единицы длины проводника,
 $l(t)$ — расстояние поднимаемого груза от нижнего основания,
 l_0 — длина проводников,
 T_0 — начальное натяжение проводников,
 $K(x,S)$ — ядро интегро-дифференциального уравнения.

$$K(x,S) = \begin{cases} \frac{s(l_0 - x)}{l_0 T_0} & s \leq x \\ \frac{x(l_0 - s)}{l_0 T_0} & s \geq x \end{cases}$$

К исследованию интегро-дифференциального уравнения в данной работе применены асимптотические методы Н. Н. Боголюбова и Ю. А. Митропольского [4], [5] в сочетании с вариационным методом Б. Г. Галеркина [7].

Работа состоит из трех глав и содержит 109 страниц.

В первой главе рассматривается задача о поперечных колебаниях шахтного подъемного каната переменной длины, на нижнем конце которого подвешен груз Q , а верхний конец при наличии эллиптичности или эксцентриситетности копрового шкива или направляющего барабана совершает гармонические колебания. Эта задача рассмотрена для двух случаев: первый случай, когда груз Q движется по жестким направляющим; второй случай, когда груз Q движется по гибким направляющим и совершает поперечные колебания вместе с этими направляющими.

Во второй главе рассматриваются поперечные колебания проводников с заземленными концами, сопровождающиеся их удлинением с изменением продольного натяжения. Вследствие этого колебания заземленных на концах проводников носят нелинейный характер. Определяются условия, при которых может иметь место независимость отдельных собственных тонов колебаний натянутых и заземленных на концах проводников, а также условия, при которых может происходить перераспределение энергий колебаний собственных тонов вследствие нелинейности движения. Сравнивается динамическая устойчивость направляющих устройств с заземленными концами с устойчивостью свободно растянутых проводников.

В третьей главе рассмотрена задача о влиянии вибрации верхних концов заземленных проводников на свободные колебания проводников и на их колебания, когда по ним движется груз.

В результате исследований в работе получены следующие результаты:

1. При поперечных колебаниях струны (каната) переменной длины под действием вибрации одного из ее концов установлено, что в первом приближении амплитуды колебаний струны остаются постоянными, хотя общая энергия колебаний при уменьшении длины $l_0 - l(t)$ возрастает как $\frac{1}{l_0 - l(t)}$.

2. Поперечная сила, действующая со стороны каната (струны) переменной длины на направляющие приспособления, также возрастает при изменении его длины как $\frac{1}{l_0 - l(t)}$.

НТБ
ДНУЖТ
5

3. Исследован процесс последовательного перехода через резонансы собственных тонов каната переменной длины. Оценены численно на конкретном примере всплески амплитуд колебаний с частотами собственных тонов при прохождении через резонанс на частоте колебаний конца каната. Показано, что при выходе из резонансного состояния амплитуда колебания резонирующего тона возвращается к дорезонансному значению.

4. Рассмотрена задача о совместном колебании системы, состоящей из подъемного каната и направляющих гибких устройств. Установлено, что под действием колеблющегося подъемного каната амплитуда колебаний гибких проводников может увеличиваться на 35% от своего начального положения. Таким образом, поперечные колебания подъемного каната, возникающие вследствие неправильностей подъемных шкивов или барабанов, могут оказывать некоторое влияние на работу гибких направляющих устройств подъемной установки.

5. Исследованы слабо нелинейные поперечные колебания гибких направляющих устройств, колеблющихся как струны с заземленными концами. В результате исследований установлено, что вследствие нелинейности системы оказывается возможным переход энергии колебаний проводников с частотами низких тонов в энергию колебаний с частотами более высоких тонов. Этот переход начинается при достижении амплитудами колебаний обертонов определенного уровня. Обратный переход энергии обертонов в энергию более низких тонов оказывается вообще невозможным.

6. Так как высокочастотные колебания вследствие наличия большого числа стоячих узлов не представляет опасности для нормальной работы направляющих устройств, то развитие амплитуд колебаний обертонов подавляет колебания с частотами основных тонов и тем самым усиливает устойчивость гибких проводников.

7. Исследован характер слабо нелинейных колебаний гибких проводников с подвижным грузом с учетом вибрации их верхних концов. Для проводников с заземленными концами повышение их устойчивости при развитии колебаний с частотами обертонов также подтверждается.

Таким образом, в смысле динамической устойчивости гибкие направляющие устройства с заземленными концами оказываются более надежными по сравнению с проводниками, растянутыми концевыми грузами, хотя в эксплуатационном отношении уход за ними оказывается более сложным.

Кроме практического интереса полученные результаты могут

представлять и чисто теоретический интерес, как решение следующих новых задач о колебаниях систем с распределенными параметрами:

а) построено решение задачи о колебании струны переменной длины с одним вибрирующим концом; исследован процесс последовательного перехода собственных тонов струны переменной длины через резонанс с частотой вибрации конца;

б) исследован характер слабо нелинейных колебаний струны с заземленными концами, определены возможности перехода энергии колебаний более низких тонов в энергию колебаний более высоких тонов;

в) исследована задача колебания слабо нелинейной системы под действием подвижной инерциальной нагрузки.

Основные результаты реферируемой работы опубликованы в статьях [8], [9].

ЛИТЕРАТУРА

1. Савин Г. Н., Горошко О. А., Динамическая теория расчета шахтных подъемных канатов, Изд-во АН УССР, Киев, 1962.
2. Горошко О. А., О колебаниях гибких проводников под действием движущегося груза, ДАН УССР, № 5, 1958.
3. Белый В. Д., Канатные проводники шахтных подъемных установок, Углетехиздат, 1959.
4. Боголюбов Н. Н., Митропольский Ю. А., Асимптотические методы в теории нелинейных колебаний, ГИТЛ, 1955.
5. Митропольский Ю. А., Нестационарные процессы в нелинейных колебательных системах, Изд-во АН УССР, 1955.
6. Татарinov П. И., Экспериментальное исследование колебаний металлических шахтных копров, Прикладна механіка, т. V, в. I. 1959.
7. Бабаков И. М., Теория колебаний, Гостехиздат, 1958.
8. Красильников К. В., Особенности движения шахтных гибких направляющих (проводников) с заземленными концами, Известия высших учебных заведений, Горный журнал, № 12, 1963.
9. Горошко О. А., Красильников К. В., Поперечные колебания струны (каната) переменной длины, ДАН УССР, № 3, 1964.

НТБ
ДНУЖТ

БТ 13112. Областная книжная типография Днепропетровского областного
управления по печати, г. Днепропетровск, ул. Серова, 7. Зак. № 5000.
Тираж 200. Объем 0,5 печ. л. 29/VII 1964 г.

Сканировала Камянская Н.А.

НТБ
ДНУЖТ