

M236188

НА ДОМ
НЕ ВЫДАЕТСЯ

Министерство высшего и среднего специального образования СССР

Московское
ордена Ленина и ордена Трудового Красного Знамени
высшее техническое училище имени Н. Э. Баумана

Дмитрий Леонидович ЛЕЗИН

На правах рукописи

ИССЛЕДОВАНИЕ УПРУГИХ
И УПРУГО-ПРЕДОХРАНИТЕЛЬНЫХ ПРОФИЛЬНЫХ
МУФТ

(05.02.02. — Машиноведение и детали машин)

Автореферат
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Работа выполнена в Московском высшем техническом училище имени Н. Э. Баумана.

Научный руководитель —
доктор технических наук, профессор ИВАНОВ М. Н.

Официальные оппоненты:
доктор технических наук, профессор АЛЕКСАНДРОВ М. П.,
доктор технических наук, доцент КРАЙНЕВ А. Ф.

Ведущее предприятие — ВНИИ редуктор г. Киев.

Автореферат разослан «29» июля 1974 г.

Защита диссертации состоится
на заседании Совета конструкторов
та МВТУ им. Н. Э. Баумана по адресу:
Бауманская ул., д. 5.

Ваши отзывы на автореферат
и диссертацию, прошу направить
напечатанные печатями, просим напечатать

С диссертацией можно ознакомиться
в библиотеке МВТУ им. Н. Э. Баумана.

Ученый секретарь Совета,
к. т. н., доцент

M 236 188

Механические муфты, т.е. есть устройства для соединения валов или других вращающихся деталей и передающих крутящий момент без изменения его величины и направления, относятся к важнейшим узлам машин. В последнее время появилось несколько конструкций упругих и упруго-предохранительных муфт, которые можно объединить в одну группу по принципу действия и ряду специфических особенностей: упругая муфта Дели немецкой фирмы Демаг; упруго-предохранительная муфта по а.с. № 244027 (автор Иванов М.Н.); предохранительная муфта по патенту ГДР № 74 679. Эти муфты основаны на принципе передачи крутящего момента за счёт сил, возникающих при взаимодействии полумуфт (в виде кулачков различного профиля) с упругими элементами, и имеют некоторые существенные достоинства. Однако внедрение профильных муфт (так будем в дальнейшем называть эту группу муфт) в промышленность сдерживается из-за отсутствия в литературе аналитических зависимостей и методик, позволяющих рассчитывать их на необходимый момент, а также из-за недостаточного объёма экспериментальных исследований.

Отсюда цель реферируемой работы:

1. Получить аналитические соотношения для определения величины крутящего момента, передаваемого муфтами, в зависимости от конструктивных параметров.
2. Провести теоретические исследования с целью выявления оптимальных конструктивных параметров, обеспечивающих передачу муфтой наибольшего момента.
3. Установить критерии работоспособности и разработать методику расчёта основных деталей муфт.
4. Исследовать компенсационные и предохранительные свойства муфт.
5. Полученные теоретические зависимости проверить экспериментально.

6. Произвести сравнительный анализ исследуемых и наиболее распространённых упругих и предохранительных муфт.

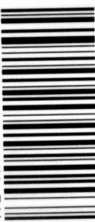
Исследовались упругие муфты Дели и упруго-предохранительные муфты по а.с. № 244027, причём основной объём исследований приходился на последние. По муфтам Дели проводились в основном теоретические исследования, эксперимен-

ФУНДАМЕНТАЛЬНАЯ

М В Т У
им. Н. Э. Баумана
БИБЛИОТЕКА

1

НТБ МГТУ им. Н. Э. Баумана



тально проверялась лишь методика расчёта упругих элементов.

Во введении даётся кратко описание устройства и принципа действия исследуемых профильных муфт. В основу для исследований упруго-предохранительных муфт по а.с. № 244027 были положены два типа муфт: с металлическими (рис.1а) и резиновыми (рис.1б) упругими элементами. Муфты состоят из полумуфты 1, выполненной в виде кулачка с внутренней рабочей поверхностью и полумуфты 2, в ступице которой закреплены плоские пружины 3 (муфта с металлическими упругими элементами) или пальцы 4 (муфта с резиновыми упругими элементами). На свободном конце пружины вращается жесткий ролик 5, на пальце - ролик в виде резино-металлического шарнира 6. Профиль кулачка может быть различным, в зависимости от требований, предъявляемых к муфте. Наиболее рациональным, по нашему мнению, является профиль, при котором рабочий участок для каждого ролика выполняется двумя дугами окружностей радиусов z и R (рис.1, вариант I), причём $z < R$. Дуги окружностей z и R в пределах одного рабочего участка пересекаются в точке C , а участки плавно сопрягаются друг с другом в точке C_1 . Для реверсивных муфт профиль кулачка - круговой цилиндр с симметричными впадинами (вариант II).

Под нагрузкой ролики обкатываются по дуге радиуса z , упругие элементы деформируются и в месте контакта ролика с кулачком возникает нормальная сила Q_i . Величина этой силы, а также её плеча l_i относительно центра муфты, является некоторой функцией угла относительно поворота полумуфты φ_i . При нагрузке большей, чем допускает муфта, ролики проходят положение C и будут обкатываться по всему контуру кулачка до тех пор, пока не будет устранена перегрузка.

Глава 1 посвящена теоретической разработке следующих вопросов.

1. Профилирование рабочих поверхностей муфт.

Для упруго-предохранительных муфт по а.с. № 244027 с кулачком по варианту I (рис.1) было установлено, что наиболее целесообразно центр окружности радиуса R расположить на максимальном радиусе - векторе кулачка, повернутом по направлению вращения муфты на угол $\beta = \frac{4\pi}{z}$ относительно центра окружности радиуса z . Здесь z - число рабочих участков

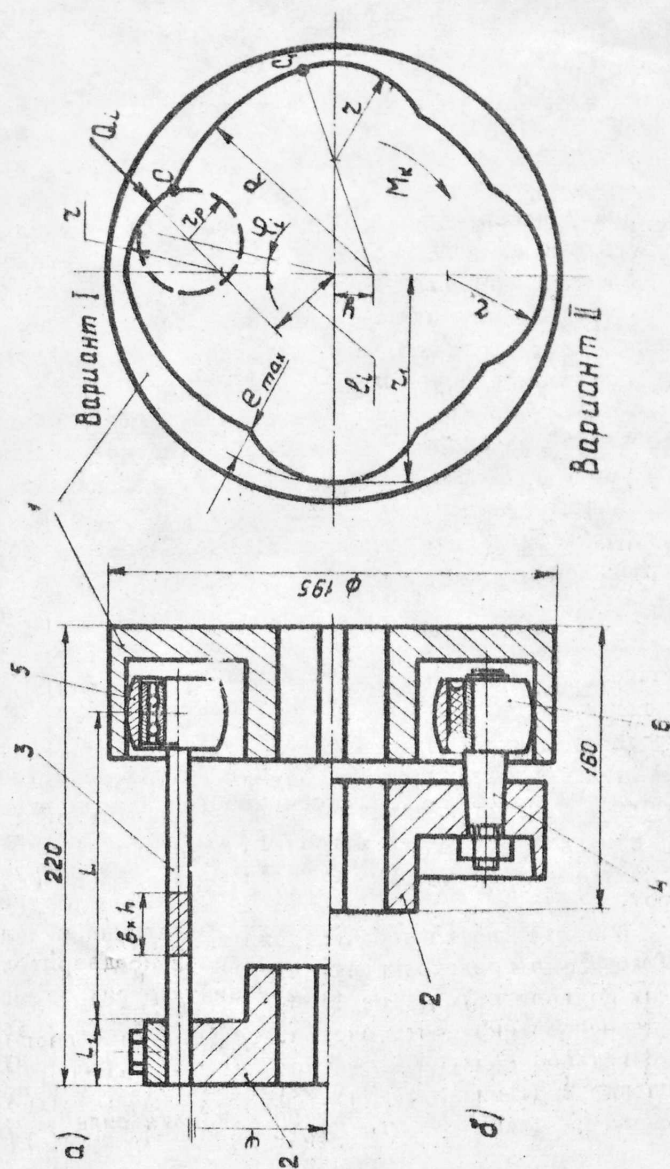


Рис. 1

профиля, кулачка (число роликов). Такое положение центра окружности φ обеспечивает небольшую величину ϵ_i , а тем самым и небольшую величину обратного момента после срабатывания муфты от перегрузки. Приведены формулы для расчёта y и R .

В муфтах Дея упругий элемент в виде пакета витых гильзовых пружин деформируется за счёт относительного поворота двух рабочих поверхностей (рис.2). Основные размеры муфты — ϵ , ϵ_1 , ϵ_p и e_{max} должны быть определённым образом взаимосвязаны. При установлении этой связи исходили из следующего: силы Q_i в местах контакта пакета пружин с внутренним и внешним кулачками при любых φ_i должны лежать в диаметральной плоскости упругого элемента или быть близки к ней. В противном случае возникают силы "выталкивания" упругого элемента в расширяющуюся полость, а в месте контакта появляются касательные силы и напряжения, что будет неблагоприятно сказываться на работоспособности контактирующих поверхностей и может привести к проскальзыванию упругих элементов по профилям кулачков, неравномерному нагружению упругих элементов и появлению дополнительных радиальных нагрузок на опоры валов.

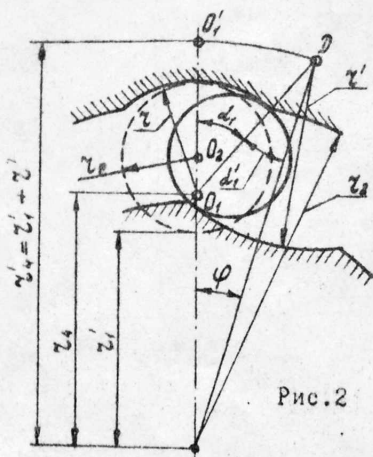


Рис.2

2. Вывод аналитических зависимостей для определения величины передаваемого момента M_k в зависимости от конструктивных параметров.

При выводе расчётных зависимостей для определения M_k были приняты следующие допущения: а) без нагрузки ($M_k = 0$) ролики и упругие элементы вставлены в кулачки без зазора и предварительной деформации упругих элементов; б) деформация упругих элементов при нагружении муфты происходит только в направлении действия сил Q_i ;

в) соединяемые муфтой валы жестки; г) жесткость упругих элементов C постоянна при любых φ_i .

Для упруго-предохранительных муфт M_k и φ_i при обкатывании роликов по дуге z профиля кулачка определяется из выражений:

$$M_k = z C l_i e_i = z C z_4 \sin(\chi_i - z_s); \quad (1)$$

$$\varphi_i = \alpha z c \sin \frac{\chi_i \sin \alpha_i}{z_3},$$

где $0 < \alpha_i \leq \alpha_1$; $\chi_i = -z_4 \cos \alpha_i + \sqrt{z_3^2 - z_4^2 \sin^2 \alpha_i}$; $\alpha_1 = \alpha z c \cos \frac{z_2^2 - z_4^2 - z^2}{2 z_4 z}$;

$$z_2 = z_1 - e_{\max}; \quad z_3 = z_1 - z_p; \quad z_4 = z_1 - z; \quad z_s = z_1 - z_p.$$

Аналогичные выражения получены и для случая обкатывания роликов по дуге радиуса R и при повороте его относительно точки C , причём при обкатывании роликов по дуге муфта передаёт небольшой отрицательный (обратный) момент. Максимальный момент M_{np} муфта передаёт при положении ролика в точке C на дуге радиуса z или в начале поворота ролика относительно точки C .

Расчёт по (1) даёт несколько завышенное значение момента, передаваемого муфтами с металлическими упругими элементами, так как при выводе формулы не учтено изменение расчётной деформации упругого элемента e_i и его жесткости C вследствие податливости заделки упругого элемента в ступице полумуфты, поворота ролика со сферической поверхностью, косоуго изгиба упругого элемента и некоторые другие факторы. В реферируемой работе получены зависимости для учёта перечисленных факторов

При статических испытаниях муфт по рис. 16 был обнаружен интересный эффект смещения пальца 4 относительно оси внешней обоймы ролика 6 в сторону, противоположную действию окружной силы, что приводит к увеличению плеча действия силы относительно оси муфты. Вследствии этого при обкатывании роликов по дуге R при благоприятном соотношении размеров кулачка величина l_i может оставаться положительной и муфта не будет передавать обратного крутящего момента.

Для муфт Дели получены следующие аналитические зависимости (рис. 2):

$$\chi'_i = \sqrt{z_4'^2 - z_4^2 \sin^2 \alpha_i} - z_4 \cos \alpha_i;$$

$$\varphi_i = \arcsin \frac{\chi_i \sin \alpha_i}{z_4};$$

$$M_k = z_0 z_4 \sin \alpha_i (2 z_p + \chi'_i - z - z'). \quad (2)$$

Здесь $0 < \alpha_i \leq \alpha$, и муфта передаёт максимальный момент при $\alpha_i = \alpha$.

3. Коэффициент точности срабатывания муфт по а.с. № 244027.

Коэффициент точности срабатывания $\beta_{тч}$ является основным показателем работы предохранительной муфты. Из выражения (1) видно, что точность срабатывания муфты зависит от погрешностей $c_{н.тохи}$ θ , которые в свою очередь определяются погрешностями изготовления элементов муфты и рассеиванием модуля упругости E материала упругого элемента. Полагая, что все первичные погрешности независимы, случайны и подчиняются распределению Гауса и применяя квадратичное суммирование погрешностей, получены следующие расчётные формулы для определения $\beta_{тч}$ муфт с металлическими упругими элементами (записаны в порядке, удобном для расчёта):

$$\varepsilon_c = \sqrt{9\varepsilon_h^2 + \varepsilon_E^2 + 9\varepsilon_l^2}; \quad (\delta\psi)_{лун} = \delta\psi(L + L_1);$$

$$\alpha_1 = \sqrt{z_3^2 - z_4^2 \sin^2 \alpha_i}; \quad \delta_{B_2}' = \sqrt{\delta_{B_2}^2 + (\delta\psi)_{лун}^2};$$

$$\delta_{z_p}' = \sqrt{\delta_{z_p}^2 + 0,65 \delta_{\text{нec}}^2}; \quad \Delta\alpha_1 = \sqrt{2\delta_{\beta}^2 + \left[\frac{(\delta\psi)_{лун}}{z_3}\right]^2};$$

$$\delta_B = \left\{ \left(\frac{1}{\alpha_1} z_3 \right)^2 [(\delta_{B_2}')^2 + \delta_{B_3}^2] + \left(\frac{1}{2\alpha_1} \sin^2 \alpha_i + \cos \alpha_i \right)^2 \delta_{z_4}^2 + \right. \\ \left. + \left(\frac{1}{2\alpha_1} z_4 \sin 2\alpha_i \cdot \Delta\alpha_1 \right)^2 + (z_4 \sin \alpha_i \cdot \Delta\alpha_1)^2 + \delta_{z_2}^2 + (\delta_{z_p}')^2 \right\}^{1/2};$$

$$\theta = \alpha_1 - z_4 \cos \alpha_i - z_5; \quad \varepsilon_e = \frac{\delta_e}{\theta}; \quad \varepsilon_M = \sqrt{\frac{\varepsilon_B^2 + \varepsilon_\theta^2}{Z}};$$

$$\beta_{тч} = \frac{1 + \varepsilon_M}{1 - \varepsilon_M}.$$

Здесь h, L, L_1, ψ — см. рис. 1; $B_2 = z_3 - B_3$; $B_3 = \frac{h}{2}$;

$\delta_{\psi}, \delta_{B_2}$ — половина поля допуска на выполнение величин ψ, B_2 ...

$\delta_{\text{нес}}$ — несоосность оси ролика с осью упругого элемента;
 $\varepsilon_h, \varepsilon_L, \dots$ — относительные погрешности величин $h, L, \dots$.

Расчёты, выполненные по вышеизложенной методике, показывают, что точность срабатывания муфт высокая.

В 1 главе рассмотрено также влияние скорости вращения на показатели работы муфт по а.с. № 244027.

Глава 2 посвящена разработке рекомендаций по проектированию и выбору оптимальных конструктивных параметров муфт.

1. Упруго-предохранительные муфты с металлическими упругими элементами.

Основным элементом муфты, от которого зависит величина передаваемого момента, является упругий элемент с закреплённым на конце роликом. Максимально допустимая сила $[Q]$, а значит и M_k , определяется несущей способностью подшипников, на которых вращаются ролики.

Допускаемая нагрузка на ролик с парой подшипников в опоре и с учётом осевых нагрузок, неравномерности распределения нагрузки между подшипниками и телами качения, возможных динамических нагрузок — определится из выражения $[Q] = Q_0$, где Q_0 — статическая грузоподъёмность одного подшипника по каталогу.

Выведена целесообразная форма сечения упругого элемента — прямоугольник с отношением ширины к высоте $\delta/h = 2 + 4$.

Как было установлено в главе 1, величина M_k зависит от z , C и следующих размеров z , z_1 , z_p и z_{max} , причём $C = \frac{[Q]}{z_{\text{max}}}$. Анализ, проведенный для выявления оптимальных соотношений размеров и параметров муфты при зафиксированном значении z_1 , показал следующее: а) предельный момент $M_{\text{пр}}$ растёт с увеличением размеров роликов, величина которых $(z_p)_{\text{max}}$ ограничивается условиями их размещения; б) $M_{\text{пр}}$ не зависит от z , если $z \leq z_{\text{max}}$. Величина z_{max} определяется из условия передачи муфтой предельного момента при положении роликов на луге вблизи точки C (рис. 1). При $z > z_{\text{max}}$ наблюдается уменьшение $M_{\text{пр}}$. С целью уменьшения контактных напряжений в месте соприкосновения роликов с кулачком желательно иметь $z \approx z_{\text{max}}$; в) $M_{\text{пр}}$ увеличивается также с ростом z и z_{max} . С ростом z_{max} примерно пропорционально увеличивается и длина упругого элемента;

г) величина обратного момента ($-M$), возникающего в муфте после срабатывания её от перегрузки, возрастает с увеличением z , e_{max} и z ; д) угол упругого закручивания полумуфт до момента срабатывания увеличивается с ростом z и e_{max} и уменьшается с ростом z .

С учётом сказанного были построены графики и номограммы для определения оптимальных размеров и параметров муфт с требуемой характеристикой. На рис. 3 приведены графики для расчёта муфт с роликами на подшипниках по ГОСТ 7242-54 и упругими элементами из стали 70С2А ($\delta/h = 3$).

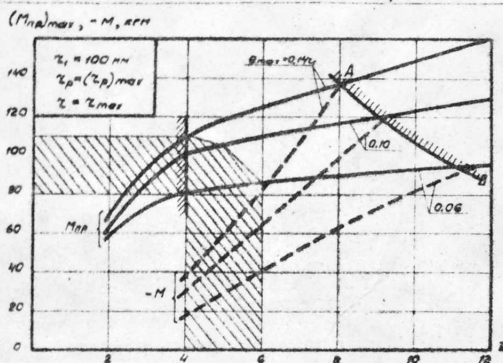


Рис. 3

На рис. 3. выделена область, в которой целесообразно использовать муфту в качестве упруго-предохранительной. Линия АВ проведена из условия "соседства" рабочих участков профиля кулачка. Применять муфты с $e_{max} > 0,14z$, нецелесообразно из-за больших осевых габаритов (длина муфты будет больше её диаметра). Внутренний габарит муфты z , при заданном предельном моменте M_p определится:

$$z, \approx 100 \sqrt[3]{\frac{M_p}{K M_{np}}} \text{ мм,}$$

где M_{np} — по графикам рис. 3; $K \approx 0,80 + 0,85$ — коэффициент для муфт по рис. 1а.

В реферируемой работе приведены рекомендации по порядку расчёта муфт при соосных и несоосных валах, при $z_p < (z_p)_{max}$, при постановке роликов в кулачок с предварительной деформацией упругого элемента δ_n и без неё.

2. Муфты с резиновыми упругими элементами.

Упругий элемент представляет собой резино-металлический шарнир. Деформация резиновой втулки шарнира под действием радиальной нагрузки носит сложный характер и расчёт жёсткости упругого элемента представляет значительные трудности. Приводимые многими авторами формулы для расчёта шарниров при статических нагрузках дают результаты, в некоторых случаях отличные друг от друга на 100%. Экспериментальная проверка подтвердила справедливость зависимостей, предложенных В.Л. Бидерманом. При динамических нагрузках задача по определению жёсткости упругого элемента, а значит и M_{pr} , ещё более усложняется из-за зависимости модуля упругости резины E от типа резины, скорости деформирования, амплитуды деформаций, частоты нагрузений и других факторов.

Установлено, что погрешность определения M_{pr} даже при статических нагрузениях может достигать 25% и более.

3. Муфты Дели.

И здесь основную трудность при проектировании представляет расчёт жёсткости упругого элемента в виде пакета гильзовых пружин. В работе приводится приближённое решение задачи. Гильзовая пружина заменяется эквивалентным разрезным кольцом, каждая половина которого нагружена в месте разреза радиальной силой $P = \frac{Q}{2}$ и по касательной силой трения $F = f P$.

Используя теорию для круговых стержней малой кривизны и исходя из равнопрочности пружин в пакете, получена зависимость для определения деформации пакета пружин из n элементов:

$$e = \frac{6 Q}{E B_0 \sum_{i=1}^n \left(\frac{h_i}{R_i} \right)^3} \cdot (\pi - 2f),$$

где $B_0 = (h_s - 0,15)(t - a) \frac{1}{\cos \beta}$ - эквивалентная ширина пакета пружин; h_s, t, β и a - число витков, шаг, угол подъёма винтовой линии средней пружины и осевой зазор между витками; h_i и R_i - толщина и средний радиус i -ой пружины.

Принятая расчётная схема, предложенная Д.Н. Решетовым, даёт результаты, довольно точно совпадающие с экспериментом. Анализ, предпринятый для выявления оптимальных соотно-

нений размеров муфт, показал следующее: а) величина максимального передаваемого момента M_{max} определяется прочностью упругого элемента; б) M_{max} растёт с увеличением толщины наружной пружины h , и числа пружин в пакете, числа элементов Z и с уменьшением ε и θ_{max} ; в) муфта передаёт наибольший момент при $\varepsilon/\varepsilon_1 \approx 0,2$ и $z = 10$; г) при проектировании муфт рекомендуется принимать: $h_1 = (0,01 + 0,02) \varepsilon_1$, число пружин в пакете $n = 3 + 5$, $\varepsilon = (0,2 + 0,3) \varepsilon_1$.

В работе приведены графики и номограммы, позволяющие быстро рассчитать муфту с требуемыми параметрами.

В главе 3 приводятся результаты экспериментальных исследований опытных образцов муфт по а.с. № 244027. Были испытаны муфты по рис.1 одного габарита по диаметру, отличающиеся между собой формой профиля кулачка и числом роликов. Снятие статических характеристик муфт проводилось на крутильной машине К-50, все остальные испытания — на специально изготовленном тормозном стенде. Крутящие и изгибающие моменты замерялись с помощью тензодатчиков и записывались осциллографом Н-700 на светочувствительную бумагу.

Экспериментальные статические характеристики муфт $M_k = f(\varphi)$ хорошо согласуются с теоретическими.

Испытание на стенде проводилось с целью определения моментов срабатывания муфт $M_{пр}$ при вращающихся валах, моментов включения после срабатывания $M_{вкл}$ и под нагрузкой M_n , а также для выявления компенсационных свойств муфт.

Установлено, что $M_{пр}$ для муфт с металлическими упругими элементами в статике и при вращающихся валах ($n = 180$ об/мин) практически совпадают. Для муфт с резиновыми упругими элементами (резина марки ВИАЛ-2) отмечено резкое увеличение $M_{пр}$ с ростом скорости приложения момента — до 250%.

Моменты включения после срабатывания для муфт по рис.1а с кулачком по варианту I составляют в условиях проведения эксперимента $(0,45 + 0,55) M_{пр}$ — меньшее значение для кулачка с $\varepsilon = 45$ мм, большее с $\varepsilon = 30$ мм. Для муфт с кулачком по варианту II и $\varepsilon = 45$ мм — $M_{вкл} = 0,30 M_{пр}$. Наблюдается заметный рост $M_{вкл}$ при постановке роликов с предварительной деформацией упругого элемента σ_n . Моменты включения под

нагрузкой соответственно составляет 0,80, 0,95 и 0,87 от $M_{пр}$ и практически не зависят от δ .

В результате исследования компенсационных свойств муфт установлено: а) зависимость реактивных нагрузок на опоры от радиальных δ и угловых α смещений валов практически линейна; б) наблюдается увеличение реактивных нагрузок с ростом передаваемого крутящего момента; в) муфты допускают очень большие угловые смещения валов (до $6 + 8^\circ$) при малой нагрузке на них; г) с ростом δ отмечено снижение $M_{пр} - 3 + 4\%$ на 1 мм смещения (при $e_{max} \approx 8$ мм).

При расшифровке осциллограмм записи работы муфты установлено, что характеристика действия муфт $\gamma_{ac} = \frac{M_{ac}}{M_{пр}}$ (M_{ac} — момент, возникающий в приводе после срабатывания муфты от перегрузки) с металлическими упругими элементами в условиях проведения эксперимента равна ≈ 1 , для муфт с резиновыми упругими элементами — $\gamma_{ac} = 1,15 + 1,60$; включение муфт под нагрузкой не приводит к увеличению γ_{ac} ; величина γ_{ac} не зависит от момента инерции приводимого устройства; точность срабатывания опытных образцов муфт находится в пределах точности измерений — $1 + 2\%$.

Кратковременные испытания муфт с металлическими упругими элементами на долговечность позволяют сделать предварительный вывод о работоспособности основных элементов конструкций.

В главе 4 даётся сравнительная оценка свойств профильных и наиболее распространённых упругих, упруго-предохранительных и компенсирующих муфт. Упругие свойства муфт оцениваются по энергоёмкости, крутильной жёсткости, нелинейности характеристики и степени демпфирования; компенсирующие свойства — по радиальной жёсткости; предохранительные — по коэффициенту точности срабатывания, коэффициенту чувствительности и характеристике действия.

Основные выводы

В работе проведено исследование упругих и упруго-предохранительных профильных муфт, основанных на принципе передачи крутящего момента за счёт сил, возникающих при взаимодействии полумуфт в виде кулачков и упругих элементов.

1. Разработана методика профилирования кулачков муфт при известных: внутреннем габарите кулачка $\mathcal{Z}$, радиусе малой дуги окружности профиля кулачка $\mathcal{Z}$, величине максимальной деформации упругого элемента $\mathcal{E}_{max}$.

2. Получены аналитические соотношения для определения крутящего момента M_k , передаваемого муфтами, в зависимости от конструктивных параметров. Аналитические зависимости хорошо согласуются с экспериментом.

3. Произведено аналитическое исследование по определению оптимальных соотношений конструируемых параметров, обеспечивающих передачу муфтой наибольшего момента. Даны рекомендации по проектированию.

4. Разработана методика расчёта основных элементов муфт.

5. Исследованы основные характеристики предохранительных свойств муфт по а.с. № 244027. Получены аналитические зависимости по определению коэффициента точности срабатывания муфт.

6. Произведены экспериментальные исследования по выявлению компенсационных свойств профильных упруго-предохранительных муфт. Установлено, что величина реактивных нагрузок на валы находится практически в линейной зависимости от смещений и перекосов последних. Отмечен некоторый рост реактивных нагрузок с ростом передаваемого муфтой момента. Установлено снижение момента срабатывания $M_{пр}$ муфт с металлическими упругими элементами от величины радиальных смещений валов.

7. По результатам теоретических и экспериментальных исследований можно отметить следующие положительные качества и отличительные особенности профильных муфт по сравнению с наиболее распространёнными упругими и предохранительными муфтами:

а) профильные муфты имеют меньшие габариты и вес;

б) обладают большей энергоёмкостью — в этом отношении с ними может сравниться лишь эластичная муфта с торообразной оболочкой, которая по весу и габаритам значительно превосходит профильные;

в) имеют очень хорошие демпфирующие свойства (кроме муфт по а.с. № 244027 с металлическими упругими элементами);

г) обладают ярко выраженной нелинейностью характеристики (особенно муфты Дели);

д) упруго-предохранительные профильные муфты имеют сравнительно высокие компенсационные свойства - в этом отношении их превосходит только муфта с торообразной оболочкой;

е) муфты по а.с. № 244027 с металлическими упругими элементами обладают очень высокой точностью ограничения нагрузки (выше, чем у всех распространенных предохранительных муфт); имеют характеристику действия $f_{ac} \approx 1$.

8. Недостатки исследованных муфт:

а) резкое падение момента после срабатывания профильной упруго-предохранительной муфты от перегрузки и периодическое изменение его, если перегрузка не будет устранена, что может повлечь за собой возникновение крутильных колебаний в системе;

б) заметное влияние на передаваемый профильными упруго-предохранительными муфтами момент скорости вращения валов, начиная уже с $n = 500$ об/мин (момент растёт с увеличением скорости);

в) неудовлетворительные компенсационные свойства муфт Дели - радиальная жесткость их выше, чем у МУВП.

9. Резюмируя сказанное, можно сделать вывод о целесообразности применения профильных муфт в системах, где муфта должна обладать одновременно компенсирующими, упругими и предохранительными свойствами. Рационально применение этих муфт в системах, работающих в области резонансных частот, а также при динамических нагрузках (особенно это относится к муфтам с демпфирующей способностью). Хорошие предохранительные свойства муфт по а.с. № 244027 с металлическими упругими элементами могут быть использованы в установках, где требуется высокая точность ограничения нагрузки.

Основное содержание диссертации опубликовано в статьях:

1. Новая упруго-предохранительная муфта. Сборник трудов Новосибирского института инженеров водного транспорта. Выпуск № 83, 1972г.

2. Расчёт коэффициента точности срабатывания предохра-

нительной муфты. Сборник трудов молодых специалистов Новосибирского института инженеров водного транспорта. Выпуск №9, 1973 г.

3. Некоторые результаты исследования упруго-предохранительной муфты. "Известия ВУЗов. Машиностроение", №6, 1974 г. (в соавторстве с М.Н. Ивановым).

4. Авторское свидетельство №389315. Упругая предохранительная муфта. Бюллетень №29 от 25 июля 1973 г. (в соавторстве с М.Н. Ивановым).