

РАЗРАБОТКА ИНЕРЦИОННО-ПРУЖИННОГО СИНХРОНИЗАТОРА И ПРЕДПОСЫЛКИ К ЕГО ПРИМЕНЕНИЮ В ТРАНСМИССИИ ТЯГОВО-ТРАНСПОРТНЫХ МАШИН

¹Цереня А.А., ¹Грибков Ю.А., ¹Шапилевич С.С., ²Миронов Д.Н.

¹УО «Военная академия Республики Беларусь», Минск

²Белорусский национальный технический университет, Минск

Введение

Работа фрикционного синхронизатора коробки передач тягово-транспортной машины происходит в напряженном режиме. Это объясняется тем, что он должен уравнивать угловые скорости звеньев, моменты инерции которых велики. Поэтому включение таких синхронизаторов требует больших затрат энергии. На легковых автомобилях переключение передач происходит легко и четко, так как моменты инерции включаемых звеньев малы.

Инерционные синхронизаторы впервые были применены на автомобилях фирмы Джeneral Моторс [1]. Они были разработаны в нескольких вариантах и получили название синхро-мэш. Оснащались ими легковые автомобили различных марок. После этого инерционные синхронизаторы получили широкое применение по всему миру, причем в различном конструктивном исполнении.

Конструкции инерционных синхронизаторов разнообразны. Однако любая из них в качестве обязательных имеет элементы трения и блокировки. Вспомогательными являются элементы упругой связи, которые способствуют установке деталей системы в нейтральное положение и одновременно не препятствуют блокировке системы, разблокировке и включению передачи.

Элементы трения могут выполняться несколькими вариантами. Это конструкции одноконусные, многоконусные и многодисковые. Общим для этих конструкций является диссипация (рассеяние) энергии при синхронизации и даже при разблокировке синхронизатора.

Предложенный дисковый синхронизатор [2] и испытанный экспериментальный образец показал способность автоматически выполнять подготовленные операции перед включением необходимой передачи. Автор полностью отказался от применения стандартных, существующих систем блокировки и фиксации (элементов упругой связи). В этой связи пришлось применять пакеты дисков трения, которые сжимаются сначала при небольшом перемещении зубчатой муфты. Этого перемещения оказалось достаточным для сжатия рабочих пружин с помощью винтовых лунок с шариками. Происходит полное выравнивание угловых скоростей синхронизируемых звеньев. По окончании выравнивания угловых скоростей начинается с помощью рабочих пружин деблокировка (разблокировка) системы. При этом шарики в винтовых лунках несколько поворачивают звено (шестерню) относительно ступицы. Зубчатая муфта освобождается от действия запирающего устройства и ее зубья оператор легко вводит в зацепление с зубьями на венце шестерни.

В этом полуавтоматическом синхронизаторе происходит двукратное преобразование вращательного движения в поступательное и наоборот, хотя и без участия оператора происходит как синхронизация, так и разблокировка системы. Применение дисков трения усложняет синхронизатор.

Нами предпринимаются попытки создания синхронизатора с использованием «напрямую» кинетической энергии за счет начальной разности угловых скоростей или вала с установленной на нем шестерни на подшипниках или вала (первичного) и вто-

ричного в потенциальную [3, 4]. Потенциальная энергия после синхронизации обеспечивает деблокировку системы, а окончательно передача включается оператором. В синхронизаторе полностью сохранены стандартные элементы блокировки и фиксации, а элементы трения заменены упругоподатливыми элементами. Этот синхронизатор двухсторонний с двумя блоками синхронизации.

В статье рассматривается дальнейшее развитие конструктивной схемы синхронизатора [5], работающего за счет превращения кинетической энергии разности угловых скоростей синхронизируемых звеньев в потенциальную энергию синхронизации, а затем превращения потенциальной энергии в энергию деблокировки синхронизатора.

Кроме того, рассматриваются ключевые вопросы выбора параметров упругоподатливых элементов и вычисления времени синхронизации при различных угловых скоростях синхронизируемых звеньев.

Основная часть

Инерционно-пружинный синхронизатор выполняется на базе стандартного инерционного синхронизатора. При этом сохранены блокирующие и фиксирующие элементы. Зубчатая же муфта оснащается упругоподатливыми элементами (пружинами), которые и осуществляют поглощение кинетической энергии синхронизируемых звеньев. Эта энергия переходит в потенциальную, обеспечивающую после синхронизации разблокировку синхронизируемых звеньев, после которой оператор включает необходимую передачу. Конструктивная схема инерционно-пружинного синхронизатора показана на рис. 1, 2, 3.

Этот синхронизатор осуществляет синхронизацию или первичного вала 2 с шестерней низшей передачи 3 или (для примера) первичного вала 2 и вторичного вала 4 с сидящей на нем втулкой 5 со шлицами включения прямой передачи.

В обойме 8 зубчатой муфты 9 находятся пружины 10. Они имеют разные жесткости: пружина большей жесткости закреплена на одном из сухариков 21 (рис. 2) и имеет меньшую длину, чем вторая пружина меньшей жесткости, установленная в сухариках 20 под небольшим натягом. Сухарики 21 контактируют с язычками 11. Варианты I и II этих контактов показаны на рис. 2.

Ребра язычков оснащены жестко установленными на них направляющими пальцами 17 включения синхронизатора, в котором находится пружина 18 с пальцем включения синхронизатора. В кольцах синхронизатора 14 предусмотрены окна, имеющие диаметры больше диаметров направляющих пальцев 17. Пальцы 20 при включении синхронизатора входят в окна 19 дисков 6, 7, установленных на шестерне 3 и на втулке 5, соединенной с вторичным валом 4.

Зазоры в нейтральном положении между торцами пальцев включения синхронизатора 20 и дисками 6, 7 составляют 1,5–2,0 мм.

При подаче силового импульса, например, влево, вилка синхронизатора сдвинет вместе с зубчатой муфтой 9 обойму 8 и ребра язычка 13 тоже влево.

Как только пальцы включения синхронизатора 20 войдут в окна 19 диска 6, начинается блокировка зубчатой муфты 9 блокирующими пальцами 15, так как угловые скорости вращения диска 6 и зубчатой муфты 9 разнятся.

Выравнивание угловых скоростей диска 6 и муфты 9 осуществляется за счет поглощения пружинами 10 (упругоподатливыми элементами) кинетической энергии вращающихся масс. Выравнивание осуществляется посредством язычков 11, контактирующих с сухариками 21 (рис. 2), которые в свою очередь контактируют с пружинами 10.

При равенстве угловых скоростей шестерни 3 и вала 2 произойдет разблокировка муфты 9 с помощью пружин 10, при этом шарики фиксаторов освободят фиксирующие

пальцы 16 и муфта передвинется влево, включая низшую передачу. Аналогично включается вправо и прямая передача.

Процесс включения передач с помощью фрикционных синхронизаторов отличается от процесса включения передач с помощью инерционно-пружинных синхронизаторов только этапами синхронизации и деблокировки.

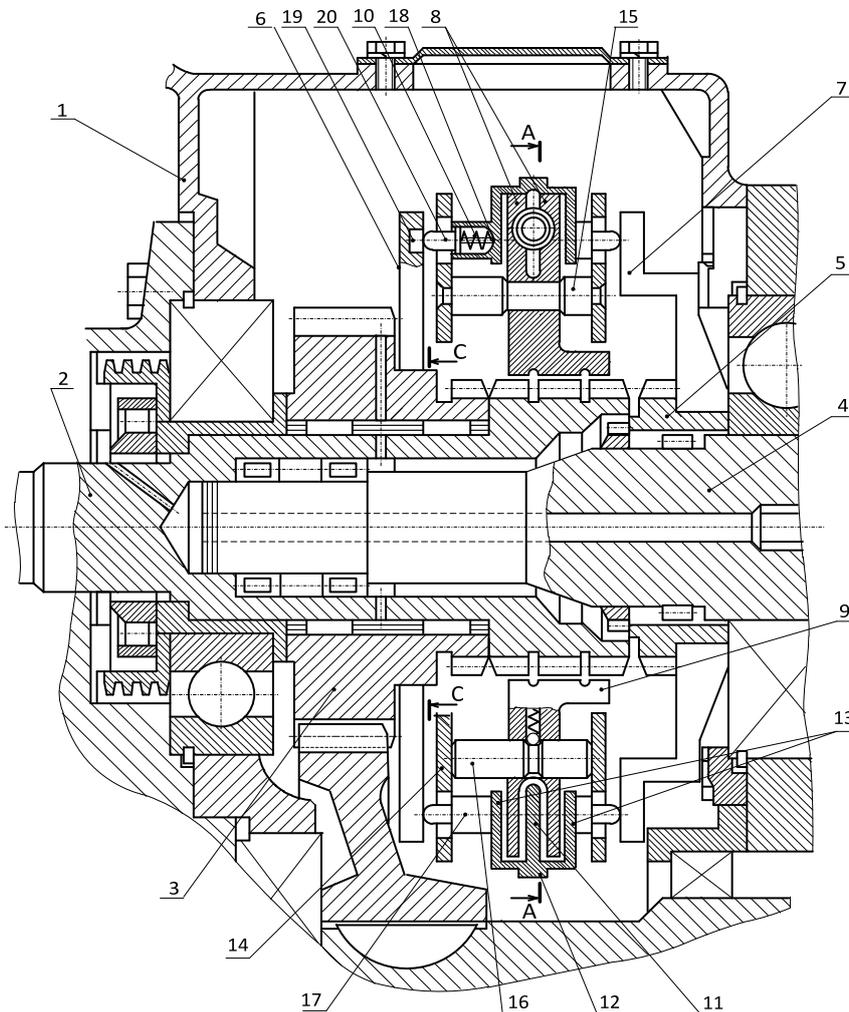


Рис. 1. Продольный разрез инерционно-пружинного синхронизатора ступенчатой трансмиссии тягово-транспортного средства:

- 1 – крышка коробки передач; 2 – ведущий вал (первичный вал); 3 – шестерня нижней передачи;*
- 4 – вторичный вал; 5 – втулка со шлицами включения прямой передачи (блокировки первичного и вторичного валов); 6, 7 – диски; 8 – обойма; 9 – зубчатая муфта;*
- 10 – пружины включения синхронизатора (упругоподатливые элементы); 11 – язычок;*
- 12 – синхронизирующий диск; 13 – ребра язычка; 14 – кольца синхронизатора;*
- 15 – блокирующие пальцы; 16 – фиксирующие пальцы;*
- 17 – направляющие пальцев включения синхронизатора;*
- 18 – пружина пальца включения синхронизатора; 19 – окна дисков 6, 7;*
- 20 – палец включения синхронизатора*

В инерционно-пружинном синхронизаторе конусные кольца заменены кольцами 14, через окна которых свободно проходят направляющие 17 пальцев включения 20. Эти пальцы при синхронизации входят в окна дисков 6, 7, которые жестко соединяются с синхронизируемыми звеньями – или шестернями или валами. Причем, если позволяет диаметр шестерни, можно сделать окна и в них, то есть тогда шестерня будет играть

роль и диска 6. Блокировка зубчатой муфты и колец 6, 7 и их фиксация осуществляются так же, как и во фрикционном синхронизаторе.

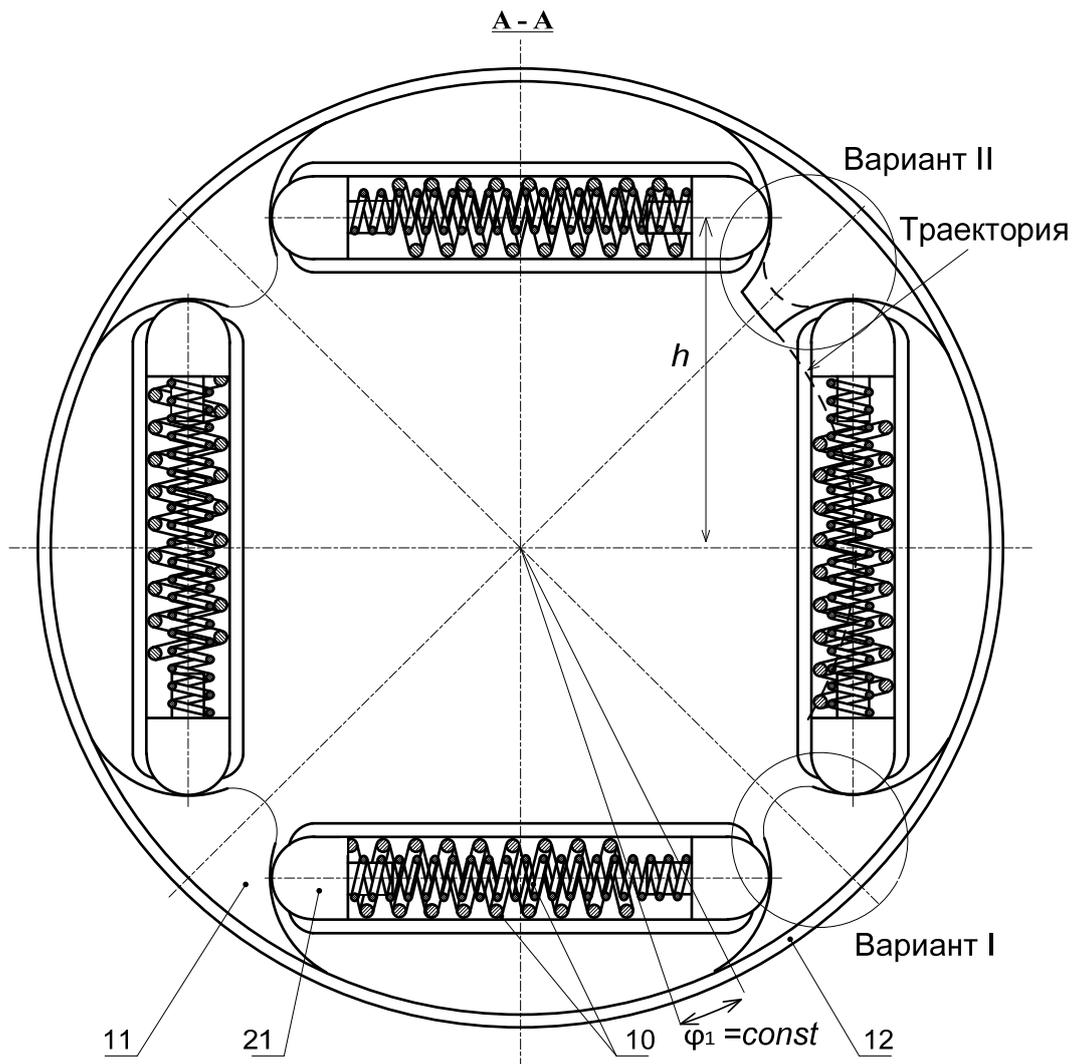


Рис. 2. Поперечный разрез инерционно-пружинного синхронизатора ступенчатой трансмиссии тягово-транспортного средства:
 21 – сухарики включения синхронизатора; φ_1 – угловая разность длин пружин включения упругоподатливых элементов (остальные позиции на рис. 1)

После выравнивания частот вращения синхронизируемых звеньев, блокирующее действие пальцев 15 заканчивается. В том числе, заканчивается и фиксирующее действие пальцев 16 – муфта движется по шлицам вала 2. Происходит включение нужной передачи. Синхронизация и десинхронизация осуществляется пружинами 10.

Расчет параметров упругоподатливых элементов, то есть жесткой и менее жесткой пружин, начинается с определения момента синхронизации, который аналогичен моменту трения синхронизатора [6] по формуле

$$M_c = \frac{J_1 \Delta \omega_{\text{нач}}}{t}, \quad 1)$$

где M_c – момент синхронизации; J_1 – суммарный момент инерции, приведенный к синхронизируемому звену, связанному с первичным валом; $\Delta \omega_{\text{нач}}$ – начальная разность угловых скоростей синхронизируемых звеньев; t – время синхронизации.

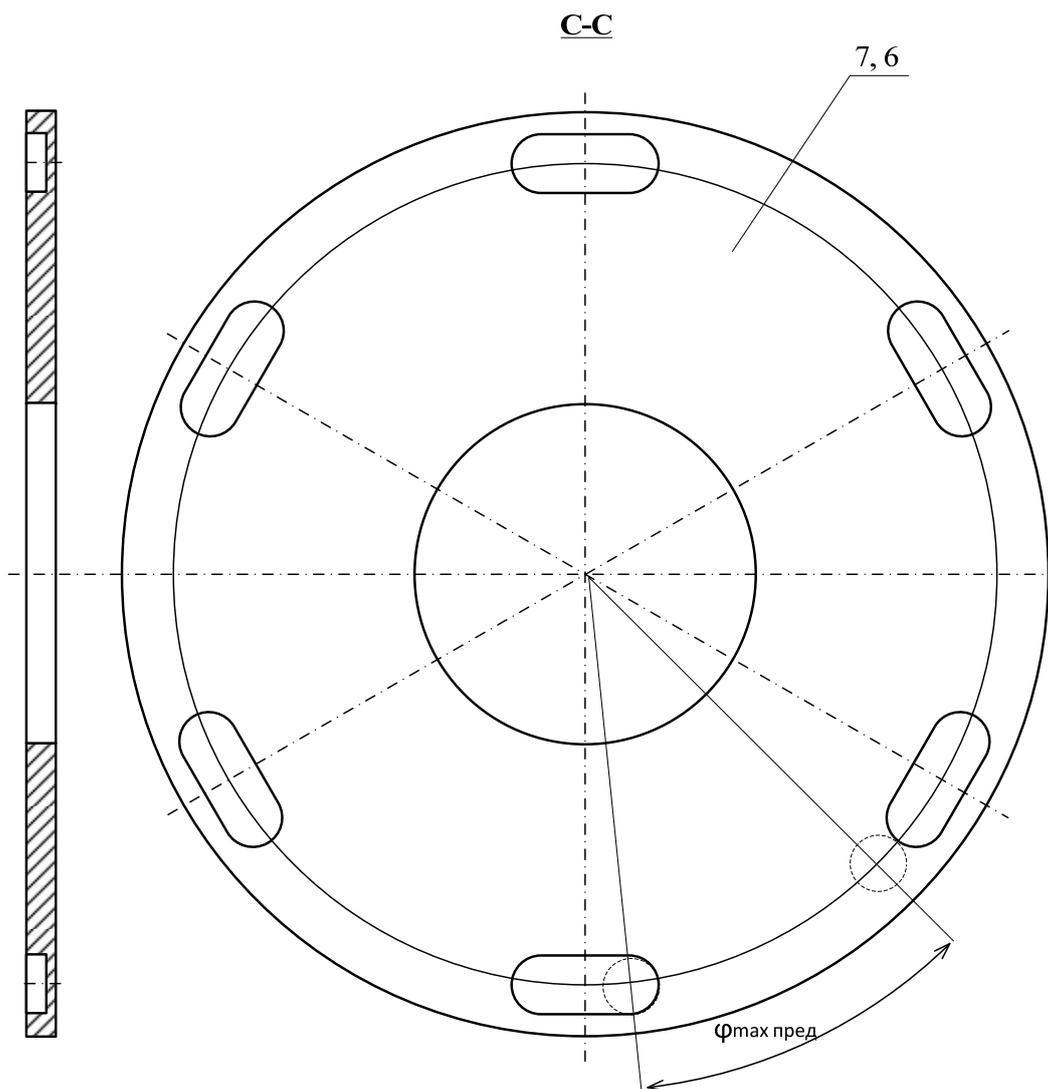


Рис. 3. Диск:

$\varphi_{\max \text{ пред}}$ – максимальный угол предварительного включения синхронизатора
(остальные позиции на рис. 1, 2)

Определяя по рис. 2 число упругоподатливых элементов ($n = 4$) и расстояние h от оси каждого упругоподатливого элемента до центра синхронизатора, находим необходимую рабочую нагрузку каждого упругоподатливого элемента

$$P = \frac{M_c}{n \cdot h}, \quad 3)$$

В упругоподатливом элементе на жесткую пружину рабочую нагрузку принимаем 75–80 %, а на длинную пружину – 25–20 %.

Далее задаемся диаметром жесткой пружины и ее проволоки и определяем ее параметры [7]. То же самое совершаем и с менее жесткой пружиной.

Пример определения параметров пружин приведен в табл. 1, составленной по рекомендациям в работе [7].

В табл. 1 даны формулы для вычисления параметров упругоподатливых элементов и приведены вычисленные их величины при $M_c = 300$ Нм мощного синхронизатора включения раздаточной коробки грузового четырехосного тягача.

Таблица 1

№ п/п	Наименование параметра	Формула вычисления параметра	Размерность	Составляющие упругоподатливых элементов	
				Жесткая пружина	Менее жесткая пружина
1.	Диаметр пружины	D	мм	40	20
2.	Диаметр подвески	d	мм	5	2,5
3.	Число рабочих витков	i	-	5	20
4.	Число опорных витков	$i_{оп}$	-	3	2
5.	Индекс пружины	$C = \frac{D}{d}$	-	8	8
6.	Коэффициент	$K = \frac{4c + 2}{4c - 3}$	-	1,172	1,172
7.	Допускаемые напряжения	$[\tau]$	МПа	400	400
8.	Осадка пружины	$\lambda = \frac{8Pc^3i}{\sigma d}$	мм	21,4	42,89
9.	Модуль сдвига	G	МПа	$8 \cdot 10^4$	$8 \cdot 10^4$
10.	Проверка d	$d = 1,373 \sqrt{\frac{\kappa PD}{[\tau]}}$	мм	5	2,5
11.	Длина пружины в свободном состоянии	$L = \lambda + 1,1d \cdot (i + i_{оп} - 1)$	мм	54,4	102,73
12.	Рабочая нагрузка (усилие пружины)	$P = 0,392 \frac{d^3}{\kappa D} [\tau]$	Н	418	104,708

При $M_c = 300$ Нм, числе упругоподатливых элементов $n = 6$ и плече $h = 100$ мм (рис. 2) каждый упругоподатливый элемент должен развить усилие $P = 500$ Н. Жесткая пружина развивает 418 Н, а мягкая 104,708 Н. Всего к окончанию синхронизации получаем 522,708 Н, то есть усилие в 22,708 Н можно не развивать. Удаляем 4 рабочих витка у длинной пружины. Тогда длина L менее жесткой (длинной) пружины составит примерно 80 мм.

Вывод формулы времени синхронизации осуществляем исходя из теоремы об изменении кинетической энергии материальной системы [8]: полная производная кинетической энергии по времени равна сумме мощностей всех внешних и внутренних сил, приложенных к системе. Для синхронизации, при отсутствии внешних сил, эта теорема представлена так

$$\frac{d\left(\frac{J\Delta\omega^2}{2}\right)}{dt} = \frac{c\varphi^2\Delta\omega}{2}, \quad (3)$$

где J – момент инерции синхронизирующего звена; $\Delta\omega$ – текущее значение разности угловых скоростей включаемых звеньев: $\Delta\omega = |\omega_1 - \omega_2|$; ω_1 и ω_2 – текущие значения угловых скоростей включаемых (синхронизируемых) звеньев; t – время; c – суммарная жесткость всех упругоподатливых элементов; φ – текущее значение угла сжимаемого упругоподатливого элемента (рис. 2).

Дифференцируем левую часть уравнения (3)

$$J \frac{d\Delta\omega}{dt} = \frac{c\varphi^2}{2};$$

$$Jd\Delta\omega = \frac{c\varphi^2}{2} dt, \quad (4)$$

но $\varphi = \Delta\omega t$.

Тогда

$$Jd\Delta\omega = \frac{c \cdot \Delta\omega^2 t^2}{2} dt.$$

Разделяем переменные

$$J \frac{d\Delta\omega}{\Delta\omega^2} = \frac{ct^2}{2} dt. \quad (5)$$

Интегрируем правую и левую части

$$J \int_{\Delta\omega}^0 \frac{d\Delta\omega}{\Delta\omega^2} = \frac{c}{2} \int_0^t t^2 dt, \quad (6)$$

Согласно свойству интегрирования, получим

$$-J \int_0^{\Delta\omega} \frac{d\Delta\omega}{\Delta\omega^2} = \frac{c}{2} \int_0^t t^2 dt.$$

Результат решения

$$-J \cdot \left(-\frac{1}{\Delta\omega} \right) \int_0^{\Delta\omega} = \frac{ct^3}{6} \int_0^t + B. \quad (7)$$

Постоянную интегрирования B находим при $t=0$ и $\omega = \infty$.

Согласно правилам Штальца и Логиталья [9] получим

$$\lim_{\Delta\omega \rightarrow \infty} \left(\frac{1}{\Delta\omega} \right) = 0 \quad \text{и} \quad \lim_{t \rightarrow 0} \frac{t^3}{6} = 0.$$

Тогда: $0 = 0 + B$ и $B = 0$.

Из (7) находим время синхронизации для синхронизатора с одной пружиной в каждом упругоподатливом элементе

$$t = \sqrt[3]{\frac{6J}{c \cdot \Delta\omega_{\text{нач}}}} = 1,817 J^{0,33} \cdot c^{-0,33} \cdot \Delta\omega^{-0,33}. \quad (8)$$

Для примера определим время синхронизации при включении третьей передачи со второй на тракторе МТЗ-100 по формуле (8).

Приведенный момент инерции J_1 определялся как на бифиляре, так и по расчетам согласно чертежей деталей, и равен $0,91 \text{ Нм}\cdot\text{с}^2$. Жесткость всех упругоподатливых элементов $c = 17,6 \text{ Нм/рад}$. Момент синхронизации $M_c = 11,1 \text{ Нм}$ при заданном «пороге синхронизации» $t = 0,4 \text{ с}$. Разность (перед включением) угловых скоростей синхронизируемых звеньев $\Delta\omega_{\text{нач}} = 30 \text{ с}^{-1}$.

Тогда время синхронизации

$$t = \sqrt[3]{\frac{6 \cdot 0,91}{17,6 \cdot 30}} = 0,218 \text{ с}.$$

То есть, время синхронизации примерно в 2 раза меньше «порога синхронизации», равного $0,4 \text{ с}$.

Формула определения t в работе [3] некорректна, так как в ней отсутствует $\Delta\omega_{\text{нач}}$. В формуле (8) жесткость упругоподатливых элементов c определяется экспериментально, так как она носит нелинейный характер при синхронизации. Поэтому ее необходимо линеаризовать прямой линией методом наименьших квадратов. Такая «корректировка» жесткости пружин упругоподатливых элементов компенсирует неизбежные изменения в ходе синхронизации плеча h при сжатии пружин.

Плечо h при этом считается неизменным.

Парадокса в формуле (8) нет – чем больше $\Delta\omega_{\text{нач}}$, тем больше угловое замедление (угловое ускорение со знаком минус) синхронизируемых звеньев, то есть синхронизация осуществляется быстрее.

При двух пружинах в упругоподатливых элементах время синхронизации вычисляем с помощью метода суперпозиции.

Введем обозначения: $\Delta\omega_1$ – угловая скорость при работе внутренней пружины (рис. 2); c_1 – суммарная жесткость внутренних менее жестких пружин; c_2 – суммарная жесткость внешних менее жестких пружин; t_0 – время синхронизации при работе внутренней пружины (на угле φ_1); t_2 – время синхронизации при работе всех пружин; Φ – угол обхвата в свободном состоянии упругоподатливого элемента (одного); φ_1 – угол обхвата внутренней пружины в свободном состоянии (рис. 2); $\Delta\omega$ – текущее значение угловой скорости; t_1 – время синхронизации, когда работает только менее жесткая пружина.

В предположении, что упругоподатливые элементы оборудованы только менее жесткой пружинкой, время синхронизации определится по формуле

$$t_0 = \sqrt[3]{\frac{6J}{c_1 \cdot \Delta\omega_{\text{нач}}}}. \quad (9)$$

Из известной формулы

$$\varphi = \frac{\varepsilon t_0^2}{2}, \quad (10)$$

найдем угловое замедление (угловое ускорение со знаком минус, знак минус опускаем)

$$\varepsilon = \frac{2\varphi}{t_0^2}. \quad (11)$$

Но «самостоятельно» менее жесткая пружина работает только на дуге φ_1 (рис. 2). Значит, на этом участке синхронизируется только угловая скорость

$$\Delta\omega_1 = \varepsilon t_1. \quad (12)$$

Так как

$$\varphi_1 = \frac{\varepsilon t_1^2}{2}, \quad (13)$$

то

$$t_1 = \sqrt{\frac{2\varphi_1}{\varepsilon}}. \quad (14)$$

Тогда время синхронизации синхронизатора, оборудованного упругоподатливыми элементами с двумя пружинами, найдем по общей формуле

$$t = t_1 + t_2 = \sqrt{\frac{2\varphi_1}{\varepsilon}} + \sqrt[3]{\frac{6J}{(c_1 + c_2) \cdot (\Delta\omega_{\text{нач}} - \Delta\omega_1)}}. \quad (15)$$

Развернем формулу (15), подставив в нее известные первоначально величины. Из формул (9) и (11) находится ε

$$\varepsilon = \frac{2\varphi}{\sqrt[3]{\frac{6J}{c_1 \cdot \Delta\omega_{\text{нач}}}}}. \quad (16)$$

Подставляя ε в формулу (14) найдем t_1

$$t_1 = \sqrt{\left(\frac{\varphi_1}{\varphi_2}\right) \cdot \sqrt[3]{\frac{c_1 \cdot \Delta\omega_{\text{нач}}}{6J}}}, \quad (17)$$

Текущее значение угловой скорости $\Delta\omega_1$ находим из формулы (12)

$$\Delta\omega_1 = \frac{2\varphi}{\sqrt[3]{\frac{6J}{c_1 \cdot \Delta\omega_{\text{нач}}}}} \cdot \sqrt{\frac{\varphi_1}{\varphi}} \cdot \sqrt{\frac{1}{\sqrt[3]{\frac{6J}{c_1 \cdot \Delta\omega_{\text{нач}}}}}}. \quad (18)$$

Формула (15) в известных величинах переписывается

$$t = \sqrt{\frac{\varphi_1}{\varphi}} \cdot \sqrt[3]{\frac{6J}{c_1 \cdot \Delta\omega_{\text{нач}}}} + \sqrt[3]{\frac{6J}{(c_1 + c_2) \cdot \left(\Delta\omega_{\text{нач}} - \frac{2\sqrt{\varphi - \varphi_1}}{\sqrt[3]{\frac{6J}{c_1 \cdot \Delta\omega_{\text{нач}}}}} \right)}}. \quad (19)$$

Для оценки времени включения передачи используется угол $\varphi_{\text{max предв}}$ (рис. 3).

В заключение статьи мы предлагаем выполнить модернизацию – из многодискового инерционного синхронизатора [1] сделать инерционно-пружинный синхронизатор.

Достаточно сказать, что многодисковый инерционный синхронизатор с $M_c = 280$ Нм при коэффициенте трения между дисками $\mu = 0,5$ включается силой включения $P = 2151$ Н, а при $\mu = 0,1$ силой 3226 Н. Для включения инерционно-пружинного синхронизатора достаточно силы $P = 200$ Н.

При такой модернизации удаляются диски трения, а блокирующие и фиксирующие элементы остаются без изменения. Нажимные и упорные диски служат для размещения в них устройств включения инерционно-пружинного синхронизатора, а на периферии муфты включения размещаются упругоподатливые элементы, причем их число $n = 6$.

Эти синхронизаторы после модернизации найдут применение в раздаточных коробках тяжелых многоприводных автомобилей.

Выводы

1. Разработана конструктивная схема инерционно-пружинного синхронизатора, в котором процесс подготовки к включению зубчатой муфты сводится только к командному импульсу. Синхронизация и деблокировка осуществляются без участия оператора (водителя), а включение передачи осуществляет оператор.

2. Показан принцип выбора основных параметров упругоподатливых элементов синхронизатора.

3. Осуществлен вывод формулы времени синхронизации.

4. Теоретически установлено:

- работа синхронизатора не зависит от значений коэффициента трения;
- блокирующие элементы и фиксирующие рассчитывают по методике их расчета для фрикционных синхронизаторов;

- установлено, что быстродействие синхронизатора высокое, причем деблокировка осуществляется быстрее, так как одновременно работают при переходе потенциальной энергии в кинетическую обе пружины упругоподатливого элемента.

5. Инерционно-пружинные синхронизаторы могут найти применение, например, в раздаточных коробках тяжелых многоприводных автомобилей.

ЛИТЕРАТУРА

1. Красеньков, В.И. Синхронизаторы в ступенчатых трансмиссиях / В.И. Красеньков, В.В. Егоркин. – М.: Машиностроение, 1967. – 198 с.

2. Дисковый синхронизатор: авт. свидет. 114910 СССР, МПК F16H 57/06 / И.М. Хованов – № 593374; заявл. 24.02.1958; опубл. 01.01.1959 // Бюл. изобр. / Гос. комит. по делам изобр. и откр. СМ СССР. – 1959.

2. Цереня, А.А. Перспективы развития синхронизированных трансмиссий тягово-транспортных машин / А.А. Цереня [и др.] // Тракторы и сельхозмашины. – 2010. – № 9. – С. 47-50.

3. Цереня, А.А. Способ включения передач ступенчатых трансмиссий и устройство для его осуществления: пат. 5811 Респ. Беларусь, МПК F16D 23/06 / А.А. Цереня [и др.] заявитель Воен. акад. Респ. Беларусь. – № а 20000291; заявл. 28.03.2000; опубл. 30.12.2003 // Афiцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2003. – № 6.

4. Грибков, Ю.А. Инерционно-пружинный синхронизатор включения передач ступенчатой трансмиссии : пат. 22338 Респ. Беларусь, МПК F16D 23/06 / Ю.А. Грибков, С.С. Шатилевич, А.А. Цереня, М.П. Брель, А.С. Мезенцев; заявитель Воен. акад. Респ. Беларусь. – № а 20150236; заявл. 29.04.2015; опубл. 30.12.2016 // Афiцыйны бюл. / Нац. цэнтр інтэлектуал. уласнасці. – 2016. – № 6.

5. Гришкевич, А.И. Проектирование трансмиссий автомобилей: справочник / А.И. Гришкевич, Б.У. Булы, Г.Ф. Бутусов. – М.: Машиностроение, 1984. – 272 с.

6. Орлов, П.И. Основы конструирования: справочно-методическое пособие / П.И. Орлов. – М.: Машиностроение, 1988. – 560 с.

7. Бутенин, Н.В. Курс теоретической механики. Динамика / Н.В. Бутенин, Я.Л. Луиц, Д.Р. Меркин. – М.: Наука. Физмалит, 1979. – 272 с.

8. Богданов, Ю.С. Лекции по математическому анализу / Ю.С. Богданов. – Минск: БГУ, 1974. – 176 с.