

УДК 621.436

**Влияние компоновочной схемы и режимов работы двигателя  
на работу ременного привода агрегатов**

**М.Д. Ханнанов, Л.И. Фардеев**

НТЦ ПАО «КАМАЗ»

**В.В. Румянцев**

Набережночелнинский институт Казанского Федерального Университета

**Influence of the layout scheme and engine operating modes to the work of  
the belt drive units**

**M.D. Khannanov, L.I. Fardeev**

R&D Center of KAMAZ PTC

**V.V. Romyancev**

Naberezhnye Chelny, Institute of Kazan Federal University

*Аннотация: при растущих требованиях потребителей к техническим характеристикам АТС и водителей к комфорту количество навесных агрегатов на двигателе и их потребляемая мощность увеличиваются. Для большинства современных ДВС приведение в действие агрегатов осуществляется с помощью ременного привода. Ремень привода агрегатов выполняет ответственную функцию. Он должен обеспечить надежную, без проскальзывания, передачу крутящего момента двигателя от коленчатого вала к навесным агрегатам, обеспечивающим нормальную работу систем двигателя и автомобиля. Кроме этого ременный привод двигателя должен быть спроектирован с учетом компоновки моторного отсека автобуса или грузового автомобиля с целью удобства сборки и сервисного обслуживания.*

*Надежность и ресурс ременного привода агрегатов зависит от множества различных факторов, в частности - от выбора компоновочной схемы привода и режимов работы двигателя.*

*В статье представлены результаты испытаний ременного привода агрегатов в составе двигателя КАМАЗ V8ЧН 12,0/13,0, которые проводились на различных нестационарных режимах работы двигателя с различными вариантами компоновочных схем ременного привода агрегатов. Особое внимание при проведении испытаний было уделено способу натяжения ремня: ручное либо автоматическое. Основными объектами испытаний были ремень и устройство его натяжения.*

*Ключевые слова: ременный привод агрегатов, ремень, устройство натяжения ремня, режимы работы двигателя, компоновочная схема, колебания ремня.*

*Abstract: severization of consumers' requirements fo the technical characteristics of vehicles and drivers' requirements for comfort leads to a bigger amount of add-on units on the engine and increase of power demand. For most modern internal combustion engines actuation units is carried out by means a belt drive. Belt drive of units perform a vital function. The belt drive unit is to ensure a reliable, less creeping, engine torque transfer from a crankshaft to all add-on units ensuring the normal operation of the engine and vehicle systems. Apart from that a belt drive of units needs to be designed based on engine packaging for either a bus or a truck to ease its assembly and maintenance.*

*Reliability and life-time of belt drive units depend on a number of various factors, in particular selection of a belt drive layout pattern and engine operation modes.*

*Further in the section you will see engine test data for KAMAZ V8ЧН 12,0/13,0 engine that have been carried out in different nonsteady operation modes of engine having various layout patterns of belt drive units. In the course of tests much attention has been directed to a belt tensioning approach, i.e. ei-*

*ther manual or automated. Key test subjects have been the belt and a belt tensioner.*

*Key words: belt drive of units, belt, belt tensioner, engine operation modes, layout scheme, belt vibrations.*

## **Введение**

Наиболее чувствительным агрегатом к изменению условий движения автомобиля является двигатель, что приводит к постоянной смене его режимов работы. Нестационарные режимы, характеризующиеся изменением частоты вращения коленчатого вала двигателя и нагрузки, являются преобладающими при эксплуатации автомобилей и составляют от всего времени движения:

- примерно 95% - при интенсивном городском движении;
- около 85-90% - при движении по грунтовым дорогам;
- 30-35% - на загородных усовершенствованных автомобильных дорогах.

По статистике, при нестационарных режимах работы двигателя, в сравнении с установившимися, износ двигателя и его компонентов в среднем возрастает в 3-4 раза [1].

Кроме этого, циклический процесс сгорания в поршневых двигателях вызывает значительную неравномерность вращения коленчатого вала: на такте зажигания коленчатый вал ускоряется, а на такте сжатия и на такте выпуска - замедляется. Эта неравномерность передаётся через ременный привод на все вспомогательные агрегаты двигателя [2].

История ременного привода в автомобилестроении насчитывает уже более полувека. И, несмотря на достаточную проработку конструктивных схем и поиск рациональных условий работы ременных механизмов передачи момента, исследования в данной области и поиск новых решений продолжают [3, 4, 5, 6].

В зависимости от конструктивного решения агрегатного привода и режимов работы двигателя ускорение и замедление инертных масс агрегатов может привести к таким нежелательным явлениям в приводе, как повышенный шум, вибрации, проскальзывание, износ и обрыв ремня и поломка агрегатов и выход из строя самого двигателя. Недаром при расчете начального натяжения ремня используется коэффициент, учитывающий характер нагрузки и режимы работы ременной передачи [7]. Учет факторов, влияющих на потери в ременной передаче, позволит повысить КПД передачи и срок её службы [8].

### **Цель и объекты испытаний**

С целью оценки влияния режимов работы двигателя и выбора наиболее оптимальной схемы ременного привода были проведены стендовые испытания двигателя КАМАЗ V8ЧН 12,0/13,0 с поликлиновым 10-ручьевым ремнем привода водяного насоса и генератора.

Поликлиновые ремни сочетают гибкость плоских ремней и высокую тяговую способность клиновых ремней. Рабочая поверхность расположена по всей ширине ремня, что обуславливает высокую нагрузочную способность. Благодаря высокой гибкости поликлиновые ремни допускают применение шкивов малых диаметров: передоточные отношения до  $i < 15$ , а скорость ремня до 65 м/с [9].

Испытания проводились на различных нестационарных режимах работы двигателя со следующими вариантами компоновочных схем ременного привода агрегатов:

Вариант № 1. Серийная схема - с одним обводным роликом на участке «шкив коленчатого вала – шкив генератора» и ручной регулировкой натяжения (рис. 1).

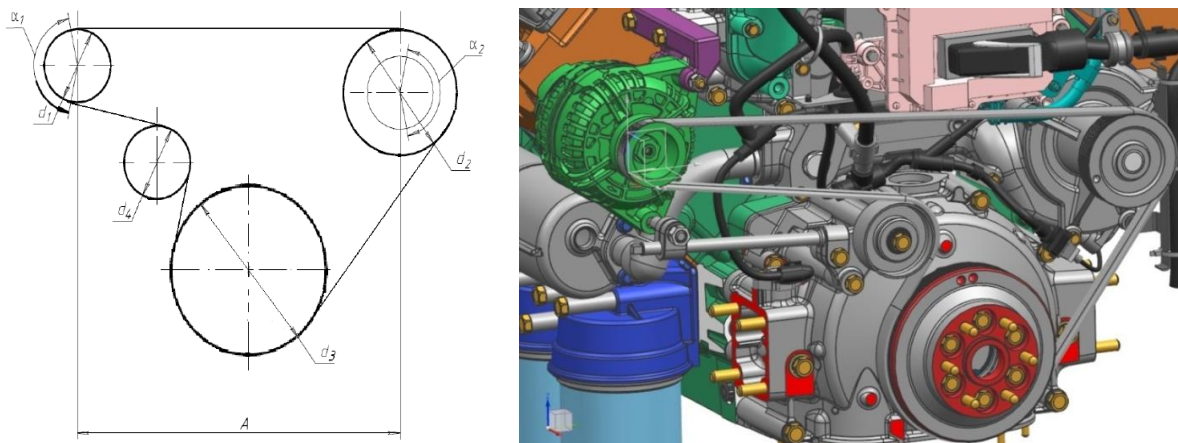


Рисунок 1 – Серийная схема ременного привода двигателя КАМАЗ:  
 $d_1=64\text{мм}$  – шкив генератора;  $d_2=100\text{мм}$  – шкив водяного насоса;  
 $d_3=185\text{мм}$  – шкив коленчатого вала;  $d_4=80\text{ мм}$  – обводной ролик

Вариант № 2. Схема с двумя обводными роликами на ветках «шкив коленчатого вала – шкив генератора», «шкив генератора – шкив водяного насоса» и ручной регулировкой натяжения (рис. 2а)

Вариант № 3. Схема с одним обводным роликом на ветке «шкив генератора – шкив водяного насоса» и устройством автоматического натяжения ремня (рис. 2б).

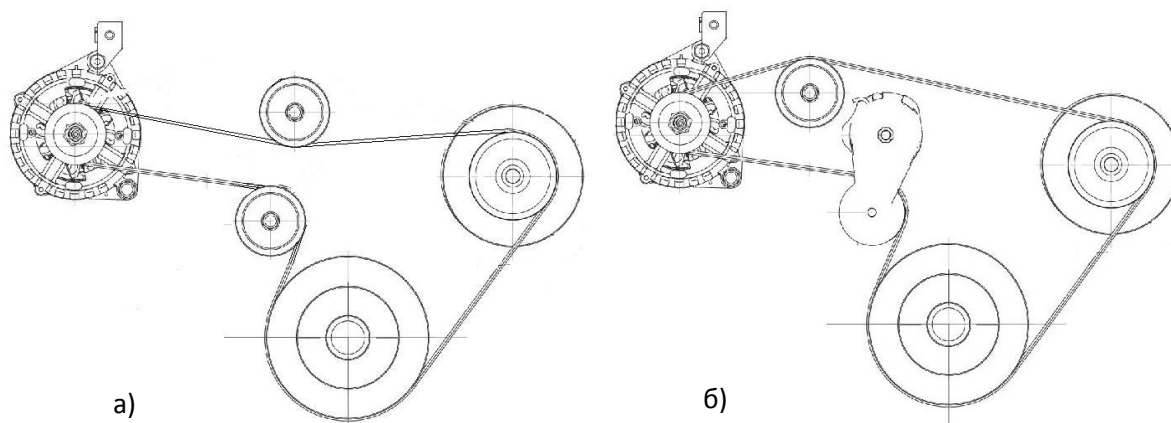


Рисунок 2 – Варианты схем ременного привода

Обводные ролики применяются для изменения траектории движения ремня (по соображениям компоновки), увеличения угла обхвата (это особенно необходимо в случае шкивов с маленьким диаметром, чтобы пере-

давать большие усилия), а также для гашения нежелательных вибраций на определённых участках привода (например, в случае длинной ветки ремня). Применение дополнительного обводного ролика на ветке «шкив генератора – шкив водяного насоса» обусловлено значительным превышением межосевого расстояния  $A \geq 2(d_1 + d_2)$ , в результате чего на данном участке значительно возрастают колебания ремня [10].

При этом угол обхвата на участке наибольшей ветви должен быть (Рис.1):

$$\alpha = 180^\circ - \left( \frac{d_2 - d_1}{A} \right) 60^\circ \geq 120^\circ$$

Согласно [11] предварительное натяжение 10-ти ручьевого поликлинового ремня (с площадью поперечного сечения 1,66 см<sup>2</sup> и начальным напряжением 3÷4 МПа) составило 498÷664 Н.

Натяжение ремня в приводе должно быть настолько сильным, чтобы передача энергии происходила надёжно, а механические детали были подвержены минимальному износу. Чтобы обеспечить данные условия, необходимо устройство натяжения. Оно компенсирует изменения, происходящие из-за перепадов температуры, износа, удлинения ремня и сводит к минимуму проскальзывания и вибрации ремня.

Натяжения ремня можно осуществить следующими способами [12]:

- предварительным упругим растяжением ремня;
- перемещением одного из шкивов относительно другого;
- натяжным роликом;
- автоматическим устройством, обеспечивающим регулирование натяжения в зависимости от передаваемой нагрузки.

Автоматические натяжители ремней с механической амортизацией (рис. 2) используют цилиндрическую винтовую пружину или скручивающуюся пружину, чтобы создать необходимое преднатяжение ремня [13].

Эффект гашения колебаний достигается посредством механического трения. Компонентом трения длиннорычажных или короткорычажных натяжителей является плоский фрикционный диск, как и конус трения для натяжителя конусной формы. Демпфирование происходит следующим образом. Требуемое преднатяжение ремня образуется усилиями от цилиндрической винтовой пружины и плеча рычага. Осевая нагрузка пружины образуется нагрузкой в узле демпфера (пружина и пластина/конус трения). При каждом движении плечо рычага формирует относительное движение в узле демпфера, создавая трение и, следовательно, демпфирование. Преднатяжение ремня может сохраняться почти неизменным при разных режимах эксплуатации.



а) длиннорычажные      б) короткорычажные      в) конусные

Рисунок 3 – Натяжные приспособления с механической амортизацией

Натяжители ремня с гидравлической амортизацией (рис. 4) натягивают ремень с помощью нажимной пружины, расположенной в гидравлическом элементе, через рычаг и натяжной ролик. Амортизация выполняется с помощью гидравлического элемента (посредством пропускного зазора) целенаправленно и пропорционально скорости. Благодаря целенаправленной амортизации можно держать под контролем ремённые приводы со сложной динамикой (при «неровной» работе двигателя, особенно дизеля).



а) с герметизацией чехлом

б) с герметизацией штока поршня

Рисунок 4 – Натяжные приспособления с гидравлической амортизацией

Учитывая монтажное пространство и условия эксплуатации, а также тенденции применения устройств натяжения ремней в составе современных дизельных двигателей, принято решение об испытании ременного привода агрегатов с применением автоматического натяжителя с механической амортизацией.

#### **Программа и результаты испытаний**

Испытания проводились с использованием скоростной видеокамеры со скоростью съёмки  $500 \div 1000$  кадров в секунду. Были выбраны наиболее характерные для ДВС нестационарные режимы работы: пуск двигателя ( $n = 0-600 \text{ мин}^{-1}$ ), останов двигателя ( $n = 600-0 \text{ мин}^{-1}$ ), сброс оборотов ( $n = 2150-600 \text{ мин}^{-1}$ ) и «перегазовка» ( $n = 2150-1500-2150-600 \text{ мин}^{-1}$ ).

По результатам анализа видеозаписей проведенных испытаний установлено, что на различных режимах работы двигателя колебания и проскальзывание ремня различны. При этом на режиме «перегазовки» двигателя колебания ремня имеют наибольшую амплитуду.

Результаты измерений амплитуд колебаний ремня на данном режиме приведены в таблице 1.



Таблица 1 – Амплитуды колебаний на участках ременного привода агрегатов двигателя:

Варианты схем	Амплитуда поперечных колебаний на участках, мм			
	Коленчатый вал - генератор	Генератор – водяной насос		Водяной насос – коленчатый вал
Серийная схема	8-9	4-5		6-7
	Коленчатый вал - генератор	Генератор – доп. ролик	Доп. ролик – водяной насос	Водяной насос – коленчатый вал
Схема с дополнительным обводным роликом	5-6	3-4	4-5	4-5
Схема с дополнительным обводным роликом и автоматическим натяжителем ремня	5-6	3-4	2-3	1-2

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По результатам проведенных испытаний установлено, что для различных режимов работы двигателя амплитуда колебаний ремня различна. На нестационарных режимах работы колебания ремня имеют наибольшую амплитуду, что приводит к большему износу ремня и компонентов привода агрегатов.

Испытания показали, что схема ременного привода агрегатов с применением обводных роликов и автоматического натяжителя ремня позволяет более оперативно реагировать на изменение режима работы двигателя. Обводные ролики обеспечивает необходимый угол обхвата и гашение нежелательных вибраций на наиболее длинных ветках ремня. А применение устройства автоматического натяжения ремня снизить пики динамических нагрузок, передаваемых на ремень, снизить проскальзывание и шумность ремня, а также компенсировать изменения, связанные с переменными режимами работы двигателя, перепадами атмосферных темпера-

тур, износом шкивов агрегатов и удлинением ремня в процессе эксплуатации.

С целью повышения долговечности ремня, снижения влияния режимов работы ДВС на работу ременного привода, а также исключения необходимости постоянного контроля за величиной натяжения ремня предлагается реализовать в составе вновь разрабатываемых двигателей КАМАЗ схему ременного привода с применением автоматического натяжного устройства и дополнительных обводных роликов.

### **Литература**

[1] Кузьмин Н.А. *Процессы и закономерности изменения технического состояния автомобилей в эксплуатации: учебное пособие* / НГТУ. – Нижний Новгород, 2001. – 106 с.

[2] Egon von Ruville GmbH. *Компоненты ременного привода*. Техническая брошюра // Billbrookdeich 112, 22113 Гамбург, Германия, 2011. - 15 с.

[3] Каджоян Ю.С. Соловьянчик В.Д., Мандругин Ю.Г., Гуль А.Н., Щеголев А.В. *Система ременной передачи с регулируемым натяжением ремня* // Патент РФ № 2224932. 2004.

[4] Багаутдинов И.Н., Александров А.Ю. *Система самонатяжения ременной передачи* // Патент РФ № 2335675. 2008.

[5] Чертов В.Г. *Устройство автоматического натяжение ремня* // Патент РФ № 2403468. 2010.

[6] Демченко Л.Т. *Натяжное устройство передачи гибкой связью* // Патент РФ 2422702. 2011.

[7] А.В. Явтушенко. *Повышение надежности клиноременных передач механических прессов*. – Восточно-Европейский журнал передовых технологий 5/7 (65), 2013. С. 59.

[8] Куликов И.М., Синявский И.М. *Повышение КПД ременных передач*. Материалы к конференции «ADVANCES IN CURRENT NATURAL SCIENCES» №7, 2011. С. 138.

[9] Коновалов А.Б., Гребенникова В.М. *Ременные передачи: учебное пособие* / СПбГТУРП. – СПб., 2011. – 106 с.

[10] Гузенков, П.Г. *Детали машин: учеб. для вузов.* – П.Г. Гузенков. – Москва.: Высшая школа, 1986. – 359 с.

[11] *Приводы машин: Справочник*/В.В. Длоугий, Т.И. Муха, А.П. Цупиков, Б.В. Януш; Под общей редакцией В.В. Длоугого. – Ленинград.: Машиностроение, Ленинградское отделение, 1982. – 383 с.

[12] Черногоров Е.П. *Механические передачи*. Челябинск.: Издательство Челябинского государственного агроинженерного университета, 2013. – 86 с.

[13] Калинин М.И. *Привод по всем правилам.* – Издательский дом «Новости Автобизнеса», № 82, 2012.