

Научная статья
УДК 621.867.2

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОВЫХ ЗАЗОРОВ В ГАЗОРАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОМ МЕХАНИЗМЕ АВТОТРАКТОРНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Антон Вячеславович Дьяченко

ФГБОУ ВО Брянский ГАУ, Брянская область, Кокино, Россия

Аннотация. Статья посвящена тепловым зазорам в газораспределительном механизме автотракторных двигателей. А именно, тому, как изменяются тепловые зазоры в реальных условиях в различных состояниях и на различных тепловых режимах двигателя. Как изменяются результаты измерений тепловых зазоров в зависимости от методики измерения, как это объясняется. Как изменяются тепловые зазоры со временем в процессе эксплуатации. От каких факторов зависит выше перечисленное. Были проведены собственные измерения тепловых зазоров на холодных и прогретых до рабочей температуры двигателях с разной конструкцией газораспределительного механизма: ВАЗ-2111 автомобиля ВАЗ-21099 и Д-243 трактора МТЗ-82. Полученные данные проанализированы, сопоставлены с данными из других источников и даны объяснения полученным результатам. Сделаны следующие выводы. Следует различать тепловые зазоры на холодном неработающем двигателе, тепловые зазоры на прогревом, но остановленном двигателе и тепловые зазоры на работающем и прогревом до рабочей температуры двигателе. Тепловые зазоры на прогревом, но остановленном двигателе могут быть как меньше, так и больше чем на холодном двигателе в зависимости от конструкции и материалов деталей газораспределительного механизма. Для работоспособности двигателя важны тепловые зазоры на работающем двигателе, а не на прогревом и остановленном. Тепловые зазоры на работающем и прогревом двигателе могут не только уменьшаться, но и увеличиваться по сравнению с холодным двигателем в зависимости от конструкции и материалов деталей газораспределительного механизма. Таких конструктивных решений конструкторам двигателей следует избегать. Универсальным решением может быть применение гидрокомпенсаторов.

Ключевые слова: тепловые зазоры, газораспределительный механизм, клапанный механизм, привод клапанов, автотракторный двигатель, трактор.

Для цитирования: Дьяченко А.В. Исследование тепловых зазоров в газораспределительном механизме автотракторных двигателей // Вестник Брянской ГСХА. 2026. № 1 (113). С. 75-79.

Original article

INVESTIGATION OF THERMAL CLEARANCES IN THE VALVE TRAIN MECHANISM OF AUTOMOTIVE AND TRACTOR ENGINES

Anton V D'yachenko

Bryansk State Agrarian University, Bryansk Region, Kokino, Russia

Abstract. This article is dedicated to thermal clearances in the valve train of automotive and tractor engines. Namely, how thermal clearances change under real conditions in different states and at various engine thermal regimes. How the results of thermal clearances measurements change depending on the measurement technique, how this is explained. How thermal clearances change over time during operation. What factors determine the above. Own measurements of thermal clearances were carried out on cold engines and engines warmed up to operating temperature, with different valve train designs: VAZ-2111 of the VAZ-21099 car and D-243 of the MTZ-82 tractor. The obtained data were analyzed, compared with data from other sources, and explanations for the results were provided. The following conclusions were drawn. It is important to distinguish between thermal clearances in a cold, non-operating engine, thermal clearances in a warmed-up but stopped engine, and thermal clearances in an operating engine warmed up to operating temperature. Thermal clearances in a warmed-up but stopped engine can be both smaller and larger than in a cold engine, depending on the design and materials of the valve train components. For engine operability, thermal clearances in a running engine are crucial, not those in a warmed-up and stopped engine. Thermal clearances in an operating and warmed-up engine can not only decrease but also increase compared to a cold engine, depending on the design and materials of the valve train components. Engine designers should avoid such design solutions. A universal solution could be the use of hydraulic lifters.

Key words: thermal clearances, valve train mechanism, valve mechanism, valve actuator, automobile and tractor engine, tractor.

For citation: D'yachenko A.V. Investigation of thermal clearances in the valve train mechanism of automotive and tractor engines // Vestnik of the Bryansk State Agricultural Academy. 2026. No. 1 (113). P. 75-79.

Введение. Во время работы двигателя клапаны нагреваются до высокой температуры, и становится существенным тепловое удлинение стержня клапана. Для компенсации теплового удлинения стержня клапана в клапанном механизме оставляют небольшой зазор (0,10...0,50 мм), который необходимо периодически проверять и поддерживать в заданных пределах.

Увеличение теплового зазора приводит к увеличению ударных нагрузок, появлению стуков в механизме газораспределения. Увеличение регулировочного зазора существенно сказывается на возрастании скорости посадки клапана (выше 0,8 м/с), что приводит к появлению ударных нагрузок в момент посадки клапанов в седла. В этом случае увеличиваются контактные напряжения в паре «фаска клапана – седло», приводящие к возрастанию темпов изнашивания пары, появлению деформации клапана (в виде «тюльпана») и существенному увеличению нагрузки на детали узла крепления пружин на клапанах, прежде всего на сухари. Возможны смятие фиксирующих поясков сухарей, рассухаривание, и в редких случаях – обрыв стержня клапана по уровню канавок под пояски сухарей [1].

При очень малых установочных зазорах, на работающем и прогретом двигателе зазор будет полностью выбран, и не будет обеспечиваться герметичность камеры сгорания, двигатель не будет развивать полную мощность, клапаны будут перегреваться, что может повлечь прогар фасок. Наиболее опасно уменьшение зазора для выпускного клапана. Клапан в этом случае раньше открывается и позже закрывается, время перетекания горячих газов через малую щель увеличивается, а время, когда клапан закрыт и должен охлаждаться, отдавая тепло через седло, сокращается. Уменьшенный зазор – наиболее частая причина прогорания рабочих фасок. [2].

Материалы и методы. Тепловые зазоры в газораспределительных механизмах измерялись на двигателях ВАЗ-2111 (автомобиль ВАЗ-21099) и Д-243 (трактор МТЗ-82). В отличие от стандартных методик [3], [4], кроме измерений тепловых зазоров на холодных двигателях, были проведены измерения на двигателях прогретых до рабочей температуры. Применялись следующие приборы и инструменты: верный набор щупов от 0,05 до 1,0 мм; прибор КИ-9918 с индикатором часового типа; набор гаечных ключей.

Результаты исследований и их обсуждение. Может возникнуть вопрос - зачем его исследовать, ведь рекомендуемый тепловой зазор в ГРМ определяется и устанавливается заводом изготовителем. Речь идет о том, как изменяется тепловой зазор в реальных условиях в различных состояниях и на различных тепловых режимах двигателя. Как изменяется результат измерений теплового зазора в зависимости от методики измерения, т.е. «на холодную» или «на горячую», как это объясняется. От каких факторов зависит выше перечисленное.

На рисунке 1 приведены наиболее распространенные конструкции ГРМ и места контроля теплового зазора в них.

В теории тепловой зазор «на холодную» должен быть больше чем «на горячую». На работающем прогретом до рабочей температуры двигателе клапаны прогреваются до высоких температур: впускные до 300...500⁰С, выпускные до 600...800⁰С. В результате чего стержень клапана удлиняется и зазор (рисунок 1) уменьшается (в идеале до нуля).

Однако в Интернете можно встретить ряд статей и видеороликов [5,6], где их авторы демонстрируют обратную ситуацию – при измерении теплового зазора на прогретом двигателе, последний становится больше, а не меньше. Авторы этих роликов прогревают двигатель до рабочей температуры, затем выключают двигатель и, не дав ему остыть, измеряют зазор «на горячую», демонстрируя, что вопреки ожиданиям и теории тепловой зазор на прогретом двигателе увеличивается, а не уменьшается.

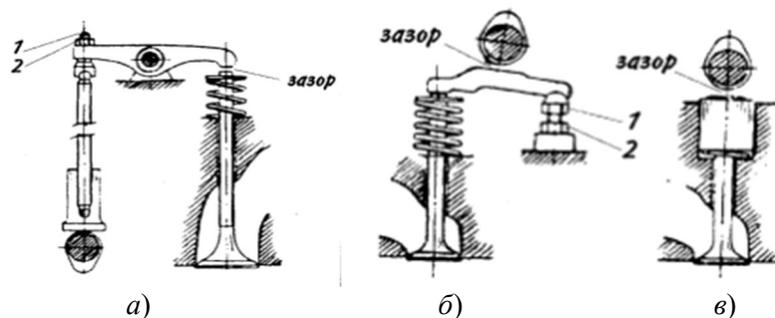


Рисунок 1 – Распространенные виды ГРМ и места контроля теплового зазора: а – с нижним расположением распредвала и приводом клапанов через штанги и коромысла; б – с верхним расположением распредвала и приводом клапанов через рокеры; в – с расположением кулачков распредвала непосредственно над клапанами и приводом клапанов через цилиндрические толкатели; 1 – регулировочный винт; 2 – контргайка

На базе кафедры технических систем в агробизнесе, природообустройстве и дорожном строительстве Брянского ГАУ были проведены собственные измерения тепловых зазоров «на холодную» и «на горячую» на двух двигателях с разной конструкцией ГРМ: ВАЗ-2111 автомобиля ВАЗ-21099 и Д-243 трактора МТЗ-82 (рисунок 2).



Рисунок 2 – Проведение измерений тепловых зазоров: *а* – на двигателе ВАЗ-2111 (автомобиль ВАЗ-21099); *б* – на двигателе Д-243 (трактор МТЗ-82)

Результаты измерений приведены в таблицах 1 и 2. В таблицах номера цилиндров и порядок расположения клапанов приведены в соответствие с их геометрическим расположением на данных двигателях. Для двигателя ВАЗ-2111 легкового автомобиля ВАЗ-21099 с конструкцией ГРМ по схеме, приведенной на рисунке 1, *в*, были получены такие же результаты, как и у авторов из Интернета (таблица 1). Этому есть следующее объяснение.

Таблица 1 – Тепловые зазоры на двигателе ВАЗ-2111 (автомобиль ВАЗ-21099)

Величина теплого зазора, мм	Цилиндры (клапаны)							
	1-й цилиндр		2-й цилиндр		3-й цилиндр		4-й цилиндр	
	вып	вп	вп	вып	вып	вп	вп	вып
«на холодную»	0,25	0,15	0,15	0,25	0,25	0,15	0,15	0,25
«на горячую»	0,30	0,20	0,20	0,30	0,30	0,20	0,20	0,30
нормативный	0,35	0,20	0,20	0,35	0,35	0,20	0,20	0,35

*Измерения проводились набором щупов с точностью 0,05 мм

Таблица 2 – Тепловые зазоры на двигателе Д-243 (трактор МТЗ-82)

Величина теплого зазора, мм	Цилиндры (клапаны)							
	4-й цилиндр		3-й цилиндр		2-й цилиндр		1-й цилиндр	
	вып	вп	вп	вып	вып	вп	вп	вып
«на холодную»	0,41	0,35	0,36	0,40	0,40	0,36	0,34	0,41
«на горячую»	0,38	0,33	0,33	0,36	0,37	0,33	0,32	0,39
нормативный	0,30	0,25	0,25	0,30	0,30	0,25	0,25	0,30

*Измерения проводились с помощью прибора КИ-9918 с индикатором часового типа с точностью 0,01 мм (точность прибора в сборе 0,05 мм)

При нагреве в размерах увеличивается не только стержень клапана, но и другие детали КШМ и ГРМ, входящие в данную размерную цепочку (рисунок 1). Это в общем случае блок цилиндров, головка цилиндров с ее отдельными элементами (постели распредвала, стойки коромысел, опоры рокеров), толкатели, штанги. Расширение выше перечисленных деталей может приводить как к уменьшению, так и к увеличению зазора в приводе клапана. Вклад расширения этих деталей в уменьшение или увеличение теплового зазора зависит от конструкции ГРМ и материала этих деталей.

Время, за которое остывают те или иные детали, зависит от их материала, массивности и перепада температур детали с окружающей средой. Клапаны маленькие детали, нагревающиеся до высоких температур: впускные до 300...500⁰С, выпускные до 600...800⁰С. Головка блока очень массивная деталь и нагревается до температур 100...120⁰С (до 150⁰С у двигателей с воздушным охлаждением). За время пока экспериментатор выключает двигатель, открывает капот, снимает клапанную крышку и начинает измерение зазоров, клапан успевает существенно остыть и укоротиться. Головка блока довольно долго держит свою температуру и увеличившиеся размеры. Важным нюансом является то, что в современных бензиновых двигателях легковых автомобилей, в том числе переднеприводных автомобилей ВАЗ, применяют головки блока цилиндров из алюминиевого сплава, а алюминий имеет вдвое больший коэффициент теплового расширения, чем сталь и чугун. Кроме того, в конструкциях,

где распредвал расположен в алюминиевой головке (алюминиевых постелях), на зазор существенное влияние оказывает, не только увеличение высоты головки, но и расширение (увеличение диаметра) постелей распредвала. При этом распредвал, поджатый кулачками открытых в данный момент клапанов, смещается в сторону увеличения зазора в приводе закрытых в этот момент клапанов. Поэтому результаты измерения теплового зазора на прогревом, но остановленном двигателе оказываются больше чем на холодном. На работающем и прогревом до рабочей температуры двигателя зазоры, очевидно, будут меньше. Однако, это невозможно зафиксировать данными приспособлениями.

Для двигателя Д-243 трактора МТЗ-82 получены другие результаты (таблица 2). Результаты измерений теплового зазора на прогревом двигателе оказались несколько меньше, чем «на холодную». Это можно объяснить другой конструкцией ГРМ (рисунок 1, а) и материалами его деталей. Данная конструкция содержит штанги толкателей – длинные детали, выполненные из стального прутка, удлинение которых при нагреве, также как и удлинение клапанов уменьшают зазор. Расширение головки его увеличивает, но головка блока двигателя Д-243 изготавливается не из алюминиевого сплава, как в предыдущем случае, а из чугуна, который имеет несколько меньший коэффициент теплового расширения, чем сталь, из которой изготовлены клапаны и штанги. Таким образом, удлинение клапанов и штанг перевешивает расширение головки, и это может сохраняться некоторое время на остановленном, но еще полностью не остывшем двигателе. Однако, здесь нужно отметить, что хотя точность измерения индикатора часового типа 0,01 мм, но точность прибора КИ-9918 в сборе по его техническим характеристикам составляет 0,05 мм. Накапливаются погрешность установки прибора на тарелку клапана, возможный перекося подвижной каретки прибора относительно неподвижной и т.д. Кроме этого, при повторной установке КШМ и ГРМ в ВМТ детали не займут абсолютно идентичного положения, как в предыдущий раз. Таким образом, полученные результаты (таблица 2) лежат в пределах погрешности прибора. Однозначно можно сказать только то, что на двигателе Д-243 тепловой зазор не увеличивается, как на двигателе ВАЗ-2111. Существовали методики измерения теплового зазора «на холодную» и «на горячую». Из-за травмоопасности и высокой погрешности измерений на прогревом двигателе от второго способа впоследствии отказались.

Величина тепловых зазоров в холодном и прогревом двигателе определяется конструкцией ГРМ и материалами его деталей. При нагреве изменяются размеры не только клапана, но и элементов КШМ и ГРМ, что может как компенсировать, так и увеличивать зазор. В ряде конструкций применяются минимальные зазоры «на холодную», которые при работе двигателя остаются практически неизменными за счёт теплового расширения деталей. В неблагоприятных случаях зазоры могут увеличиваться, вызывая шум и износ, чего следует избегать. Универсальным решением данной проблемы является применение гидрокомпенсаторов. В любом случае важен зазор на работающем двигателе. Еще в СССР были разработаны конструкции приспособлений, позволяющих измерять тепловой зазор на малых оборотах работающего двигателя, например патент Ревенко П.А. (Ревенко П.А. Устройство для проверки теплового зазора в приводе клапанов двигателя между клапаном и коромыслом. Авторское свидетельство СССР № 241698. 1968. Бюл. № 14). Приспособление крепится на оси коромысел, его измерительные рычаги совершают движения вместе с коромыслами. На практике такие приспособления распространения не получили и в продаже не встречаются.

Другим примером исследований, требующих критического осмысления, могут служить теоретические исследования, приведенные в работе [7]. По расчетам авторов в двигателе ЯМЗ-5340 с нижним расположением и приводом клапанов через штанги и коромысла (рисунок 1, а), при прогреве двигателя до рабочей температуры, рекомендуемые тепловые зазоры (0,30 мм) будут полностью исчерпаны, и клапаны окажутся приоткрытыми. Однако данные расчеты чисто теоретические, и при этом приняты следующие допущения. Тепловые зазоры зависят только от удлинения штанг и клапанов, без учета расширения других деталей - головки и блока, удлинение клапана рассчитано приблизительно (температура от тарелки к торцу стержня изменяется линейно). Подтверждающих данных из опыта эксплуатации этих двигателей не приводится.

Второй вопрос - как и почему тепловой зазор изменяется в процессе эксплуатации со временем (в долгосрочной перспективе). Это зависит от данной конкретной конструкции. Причина изменения теплового зазора со временем – износ деталей ГРМ (износ кулачков распредвала, контактных поверхностей коромысел, толкателей, смятие торца клапана). В традиционных конструкциях, выполненных по схемам, приведенным на рисунках 1 а и б, например, в двигателях тракторов, грузовых автомобилей, классических моделей ВАЗ-2101...07 наиболее интенсивно изнашиваются торец клапана и боек коромысла (рокера), и со временем тепловой зазор увеличивается. Увеличившийся зазор проявит себя в виде стука. В ГРМ современных высокотемпературных двигателей легковых автомобилей, выполненных по схеме, приведенной на рисунке 1 в, например, переднеприводных моделей ВАЗ наиболее интенсивно изнашиваются фаска клапана и его седло. Клапан «просаживается», и теп-

ловой зазор со временем уменьшается. Это более опасная ситуация. Уменьшение теплового зазора со временем никак не проявляется и может привести к неплотному закрытию клапанов и их прогоранию. Это подтверждают полученные данные (таблицы 1 и 2) – в двигателе ВАЗ зазоры меньше нормативных, в тракторном двигателе Д-243 – больше.

Кроме того, выставляемый тепловой зазор должен быть таким, чтобы небольшой зазор оставался даже на работающем прогревом до максимальной температуры двигателя. Стержень клапана устанавливается в направляющую с некоторым зазором, который неравномерно увеличивается в процессе эксплуатации. В результате этого клапан несколько смещается и перекашивается относительно первоначальной оси направляющей. При этом тарелка клапана набивает немного несоосную и перекошенную фаску в седле. Если после этого установить малый зазор, который полностью будет выбираться при прогреве двигателя, клапаны будут неплотно садиться в седла, со всеми вытекающими последствиями.

Выводы. 1. Следует различать: зазор на холодном неработающем двигателе; зазор на прогревом, но остановленном двигателе; зазор на работающем и прогревом до рабочей температуры двигателя.

2. Тепловой зазор на прогревом, но остановленном двигателе может быть как меньше, так и больше чем на холодном двигателе в зависимости от конструкции и материалов деталей ГРМ. Важен тепловой зазор на работающем двигателе, а не на прогревом и остановленном. Однако, измерить тепловой зазор на работающем двигателе стандартными доступными средствами к сожалению нельзя.

3. Тепловой зазор на работающем и прогревом двигателе может не только уменьшаться, но и увеличиваться по сравнению с холодным двигателем в зависимости от конструкции и материалов деталей ГРМ. Очевидно, что таких конструктивных решений конструкторам следует избегать.

Список источников

1. Исследование работоспособности деталей механизма газораспределения автотракторных дизельных двигателей / Б.С. Антропов, В.В. Гумённый, А.А. Рудаков, В.А. Генералов // Вестник АПК Верхневолжья. 2020. № 3 (51). С. 68-71.

2. Карапетян М.А., Гамидов А.Г., Тойгамбаев С.К. Технология восстановления деталей технологических машин. М.: ООО "Мегаполис", 2021. 136 с.

3. ВАЗ-2108i, -09i, -099i. Руководство по эксплуатации, техническому обслуживанию и ремонту. М.: Издательский дом Третий Рим, 2007. 160 с.

4. Белоконь Я.Е., Окоча А.И., Шкаровский Г.В. Тракторы «Беларус» семейств МТЗ и ЮМЗ: устройство, работа, техническое обслуживание / под ред. Я.Е. Белоконя. Чернигов: Изд-во «Ранок», 2007. 260 с.

5. Тепловые зазоры на горячем двигателе [Электронный ресурс] // Авто_Ремонт. – Режим доступа: <https://youtu.be/7u00CvhQstc>. - 13.03.25 г.

6. Как меняется зазор клапанов при нагреве на двигателе эндуро 170fmm // #Сибиряк 24 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://rutube.ru/video/830bc60344413e37dd84d035d5ea899c/?r=plwd>. - 16.03.25 г.

7. Хохлов А.А., Петряков Д.С., Петряков М.С. Расчет номограммы теплового зазора клапанов газораспределительного механизма двигателя ЯМЗ-5340 // Актуальные вопросы науки и практики: сб. науч. ст. по материалам XIII междунар. науч.-практ. конф. Уфа, 2023. С. 35-42.

Информация об авторе:

А.В. Дьяченко – кандидат технических наук, доцент кафедры технических систем в агробизнесе, природообустройстве и дорожном строительстве, ФГБОУ ВО Брянский ГАУ, avdyachenkoo@mail.ru.

Information about the author:

A.V. D'yachenko - Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Department of Technical Systems in Agrobusiness, Environmental Engineering, and Road Construction, Bryansk State Agrarian University, avdyachenkoo@mail.ru.

Автор несет ответственность за свою работу, представленные данные и плагиат.

The author is responsible for his work, submitted data and plagiarism.

Статья поступила в редакцию 14.11.2025, одобрена после рецензирования 15.12.2025, принята к публикации 12.01.2026.

The article was submitted 14.11.2025, approved after reviewing 15.12.2025, accepted for publication 12.01.2026.

© Дьяченко А.В.