



IMPROVEMENT OF THE CALCULATION METHOD OF CRITERIA FOR ASSESSING THE STRESS-STRAIN STATE OF CYLINDER HEADS OF DIESEL LOCOMOTIVES

Kasimov Obidzhon Toirdzhonovich¹

Turdimurodov Bobir chori ugli²

¹candidate of technical sciences, associate professor of the Department of "Locomotives and locomotive equipment",

²doctoral student (of Ph) of the Department of "Locomotives and locomotive equipment", State Transport University, Uzbekistan, Tashkent

<https://doi.org/10.5281/zenodo.17473192>

ARTICLE INFO

Received: 24th October 2025

Accepted: 28th October 2025

Online: 29th October 2025

KEYWORDS

Diesel engines of diesel locomotives, cylinder heads of diesel locomotives, stress-strain state of cylinder heads of diesel locomotives, algorithm, program for the MATHCAD 15 programming environment.

ABSTRACT

The article presents a calculation method for the criteria for assessing the stress-strain state of cylinder heads of diesel locomotives, numerical studies were carried out in the MATHCAD 15 programming environment.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ РАСЧЕТНОЙ МЕТОДИКИ КРИТЕРИЕВ ОЦЕНКИ НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОГО СОСТОЯНИЯ КРЫШЕК ЦИЛИНДРОВ ТЕПЛОВОЗНЫХ ДИЗЕЛЕЙ

Касимов Обиджон Тоирджонович¹

Турдимуродов Бобир чори угли²

¹доктор (PhD) технических наук, доцент кафедры "Локомотивы и локомотивное хозяйство",

²докторант (of Ph) кафедры "Локомотивы и локомотивное хозяйство", Ташкентский государственный транспортный университет, Узбекистан, Ташкент
<https://doi.org/10.5281/zenodo.17473192>

ARTICLE INFO

Received: 24th October 2025

Accepted: 28th October 2025

Online: 29th October 2025

KEYWORDS

Дизели тепловозов, головки цилиндров дизелей тепловозов, напряженно-деформированное состояние головок цилиндров дизелей

ABSTRACT

В статье представлена расчетная методика критериев оценки напряженно-деформированного состояния крышек цилиндров тепловозных дизелей, численные исследования проведены в среде программирования MATHCAD 15.



*тепловозов, алгоритм,
программа для среды
программирования
MATHCAD 15.*

Целью научных исследований, представленных в данной статье, является повышение эксплуатационной надежности дизелей тепловозов путем обоснования основных критериев оценки технического состояния напряженно-деформированного состояния крышек цилиндров дизелей тепловозов на железных дорогах республики Узбекистан.

Крышка цилиндра - одна из наиболее сложных деталей двигателя. Это обусловлено тем, что она выполняет несколько различных функций: замыкает силовую схему блока цилиндров, обеспечивает требуемые параметры газообмена и соответствующий уровень закрутки заряда (что немаловажно в крупногабаритных двигателях), а также отводит часть тепла в систему охлаждения от камеры сгорания. Поэтому совершенствование расчетных методик и критериев оценки работоспособности в условиях роста удельных нагрузок на крышку представляет значительный интерес [1,2].

Частые выходы из строя крышек цилиндров приводят к неплановым постановкам тепловозов в ремонт. Изучение численного влияния данных факторов на напряженно-деформированное состояние металла крышек цилиндров позволит обоснованно разрабатывать мероприятия по продлению их срока службы [3,4].

Крышка цилиндра – одна из наиболее нагруженных деталей дизеля. На неё действуют механические и термические напряжения от давления газов, перепада температур и монтажных усилий. Большая жесткость крышки в зоне днища, значительный перепад температур в радиальном и осевом направлениях вызывают в днище большие температурные напряжения. Напряжения от сил давления газов и монтажных усилий относительно невелики ($6 \div 10\%$). Неравномерная жесткость днища приводит к тому, что деформация сжатия при работе дизелей концентрируется в наиболее податливой части - в межклапанных перемычках. В результате процесса релаксации, появляющегося при работе дизеля, часть упругой деформации сжатия переходит в пластическую. При этом в межклапанных перемычках холодной крышки появляются напряжения изгиба и кручения. Величина напряжений зависит от температурного состояния днища, распределения жесткости по сечению, материала, времени работы крышки и отложения накипи и присадки в полости охлаждения. Большая жесткость крышки обеспечивается ее высотой. В современной практике она находится в пределах $(0,6 \div 1,0) D_{ц}$ [3,4,5].

К конструкции всех типов цилиндрических крышек предъявляются следующие требования: достаточная жесткостью и прочность под действием давления газа в цилиндре; малые термические напряжения и местные перегревы отдельных ее частей; обеспечивать максимальные проходные сечения впускных и выпускных

клапанов; удобство демонтажа, осмотра и регулировки клапанного механизма; технологичность конструкции и малая трудоемкость.

Выполнить все требования часто довольно сложно, так как многие из них взаимно противоречивы. Например, для улучшения наполнения стремятся увеличить диаметр отверстия под впускной клапан, что при прочих равных условиях ведет к уменьшению ширины межклапанной перемычки, повышает температурные напряжения в ней и затрудняет получение равной прочности в элементах днища головки. Дополнительный рост температурных напряжений в межклапанной перемычке возможен в результате ухудшения охлаждения, обусловленного уменьшением сечения канала для прохода охлаждающей жидкости между стенками соседних газоздушных каналов (рисунок 1).

На рисунке 1 представлен характер усталостного разрушения межклапанной перемычки крышки цилиндра дизеля типа 1А-5Д49 [6]. Из него видно, что усталостные трещины строго перпендикулярны продольной оси межклапанной перемычки. Очевидно, что подобный характер разрушений вызван воздействием механических нагрузок от влияния пульсирующего давления паровых газов в цилиндре дизеля.

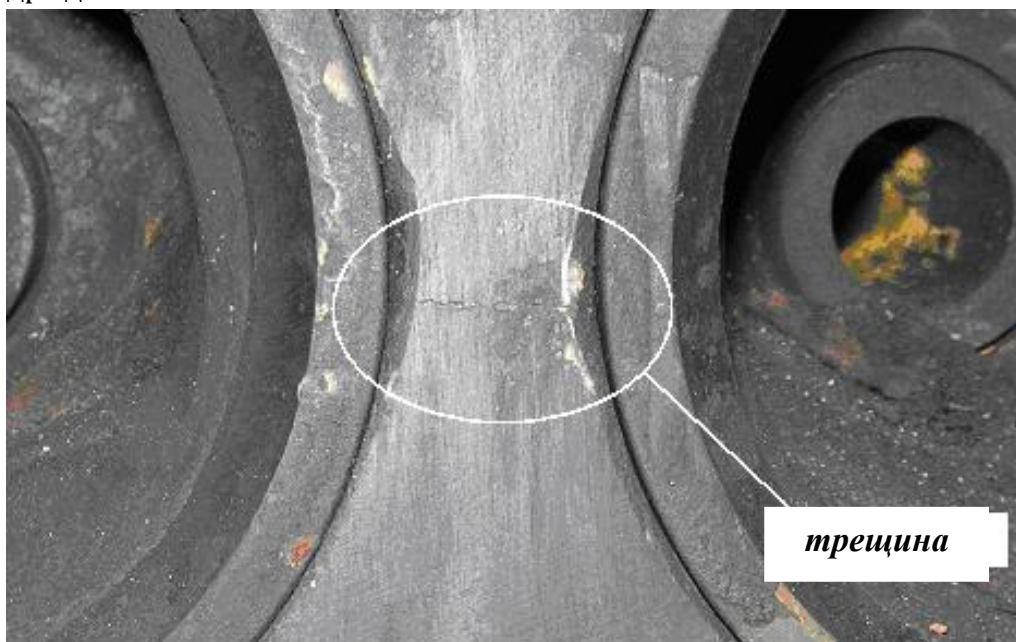


Рисунок 1. Характер усталостного разрушения межклапанной перемычки крышки цилиндра дизеля типа 1А-5Д49.

Основные факторы, влияющие на напряженно-деформированное состояние крышек цилиндров тепловозных дизелей [6,7]:

1). *механическое воздействие*: давление паровых газов в цилиндре создает высокие механические нагрузки на головку цилиндров тепловозных дизелей, вызывая деформации и концентрацию напряжений в критических точках;

2). *термическое воздействие*: высокая температура от сгорания топлива и теплоотвод в систему охлаждения создают значительные термические напряжения и температурные градиенты;



3). *конструктивные особенности*: форма головки цилиндров тепловозного дизеля, расположение клапанов, форсунок и других элементов, которые также влияют на распределение напряжений и деформаций;

4). *материал головки*: прочность, теплопроводность и термическая стойкость материала (например, чугуна) являются ключевыми факторами, определяющими способность головки сопротивляться нагрузкам;

5). *режим работы дизеля*: частые пуски и остановки, а также неравномерный нагрев и охлаждение, могут усиливать циклические температурные нагрузки.

При неоптимальных факторах эксплуатации, влияющих на напряженно - деформированное состояние крышек цилиндров тепловозных дизелей могут произойти [6,7]:

1). *появление трещин*: возникают из-за превышения предела прочности материала под действием термических и механических нагрузок, особенно в местах концентрации напряжений;

2). *деформация головки цилиндров тепловозного дизеля*: может привести к нарушению герметичности, прогибам и изгибам, что негативно сказывается на работе клапанного механизма и уплотнений;

3). *снижение надежности*: ухудшение герметичности и появление трещин могут привести к выходу дизеля тепловоза из строя и снижению его общей надежности.

При неоптимальных факторах эксплуатации, влияющих на напряженно - деформированное состояние крышек цилиндров тепловозных дизелей могут произойти:

1). *появление трещин*: возникают из-за превышения предела прочности материала под действием термических и механических нагрузок, особенно в местах концентрации напряжений;

2). *деформация головки цилиндров тепловозного дизеля*: может привести к нарушению герметичности, прогибам и изгибам, что негативно сказывается на работе клапанного механизма и уплотнений;

3). *снижение надежности*: ухудшение герметичности и появление трещин могут привести к выходу дизеля тепловоза из строя и снижению его общей надежности.

На основании сделанного систематизированного обзора научно-технической литературы установлены основные пути решения проблем по напряженно-деформированному состоянию крышек цилиндров тепловозных дизелей [1÷7]:

1). *оптимизация конструкции*: применение компьютерного моделирования, (например, методом конечных элементов или методом итераций с применением матричного метода Гаусса) для анализа и оптимизации формы головки, расположения клапанов и других элементов для равномерного распределения напряжений;

2). *использование передовых материалов*: применение высокопрочных чугунов и других сплавов с улучшенной термической стойкостью и прочностью.



3). *применение уплотнений*: разработка и использование специальных уплотнений, способных компенсировать температурные деформации и сохранять герметичность;

4). *оптимизация теплового режима*: контроль температуры охлаждающей жидкости и улучшение системы охлаждения для снижения температурных градиентов.

References:

1. Володин А.И. Локомотивные энергетические установки: Учебник для вузов / А. И. Володин [и др.]; ред. А. И. Володин. -М.: Желдориздат, 2002. -715 с.
2. Ролле И.А. Повышение ресурса крышек цилиндров тепловозных дизелей. // 05.22.07: Диссертация ... кандидата технических наук, Петерб. гос. ун-т путей сообщ.- Санкт-Петербург, 2006.- 130 с.
3. Валиев М.Ш. Определение технического состояния двигателя внутреннего сгорания пассажирских локомотивов с помощью диагностических средств. // Universum: технические науки : электрон. научн. журн. 2023. 8(113). URL: <https://7universum.com/ru/tech/archive/item/15901> **DOI - 10.32743/UniTech.2023.113.8.15901**
4. Валиев М.Ш. Диагностирование тепловозных дизелей по параметрам рабочего процесса. Материалы VII между-народной научно-практической конференции «Trans-Mech-Art-Chem». Москва. - 2010. - С. 49-50.
5. Хамидов О.Р., Кудратов Ш.И., Юсупов А.Р. Расчет прочности крышек цилиндра локомотивных энергетических установок. // Journal of Advanced Research and Stability. 2022-yil, № , С. 221-230.
6. Кудратов Ш.И., Турдимуродов Б.Ч., Ахмедова А.Г. Lokomotiv issiqlik kuch qurilmalari dizelining tirsakli vali va uning hisobi. // Journal of Advanced Research and Stability. 2022-yil, Volume 02, Issue 02, P. 213-220. <https://www.sciencebox.uz>
7. Кудратов Ш.И., Турдимуродов Б.Ч. Назначение, неисправности и диагностика топливной аппаратуры дизелей 10Д100./ // Development and innovation online journal. August 2022-yil, part 2. С. 105-122. <https://sites.google.com/view/imxu>