



ИССЛЕДОВАНИЕ ПРИЧИН ВЗРЫВОВ В КАРТЕРАХ СУДОВЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

К.В. Метёлкин, студент,
В.Г. Кузькин, канд. техн. наук, профессор,
ФГБОУ ВО «Калининградский государственный
технический университет»

Приведен анализ причин взрывов паров масла в картере судовых дизелей, дано описание экспериментального стенда и методики определения пределов температур воспламенения исследуемой смеси паров масла.

дизель, картер, температура самовоспламенения масла, предохранительный клапан, взрыв, экспериментальный стенд, низкотемпературная зона, крейцкопф

В результате барботаж масла, происходящего внутри картера при работе дизеля, и повышенной температуры образуется парообразная смесь масла с воздухом. Возникновение пламени в горючей смеси паров масла с воздухом, происходящее под влиянием постороннего источника зажигания, называется воспламенением.

Кратковременное воспламенение, самопроизвольно прекращающееся сразу после появления пламени вследствие недостаточной скорости парообразования или отсутствия кислорода, называют вспышкой.

Вспышка и воспламенение масла или другой горючей жидкости обуславливаются, прежде всего, физическими свойствами данной жидкости, скоростью испарения (упругостью паров), т.е. способностью к образованию горючей смеси [1, 2].

Температура самовоспламенения масла или топлива во многом зависит от химического состава, так как самовоспламенению предшествует процесс так называемых предпламенных реакций, при которых молекулы углеводородов окисляются в перекиси, альдегиды, кислоты и т.д.

На температуру самовоспламенения масел (табл. 1) также влияют давление и состав газовой среды. Например, содержание кислорода или примесь инертных газов.

Таблица 1 – Температура самовоспламенения смазочных масел в газовой среде различного состава

Состав газовой среды	Температура самовоспламенения масла, °С		
	Компрессорное	Моторное	Турбинное
Воздух	495	490	470
30%O ₂ + 70%CO ₂	445	435	420
21%O ₂ + 79%CO ₂	Выше 520		
40%O ₂ + 60%CO ₂	430	420	360
50%O ₂ + 50%CO ₂	405	385	330
Кислород	280	275	265

Воспламенение паров масла в картере дизеля может произойти только при образовании горючей смеси определенной концентрации и наличии источника зажигания (перегретая деталь, искры от заедания деталей и т.д.).

В практике эксплуатации дизелей известны многочисленные случаи взрывов паров масла в картерах дизелей, приводящих к их разрушению и человеческим жертвам. Некоторые из них представлены в табл. 2 [3, 4].

Таблица 2 – Частота и причины взрывов в картерах судовых дизелей

Характеристика двигателя			Количество взрывов	Причина взрыва
Тип	Тактность	Мощность Ne, л.с.		
Судовой	2	2000	2	Задир поршня
–	2	900	1	Задир рамовых подшипников
Судовой	2	900	1	Задир подшипника продувочного насоса (взрыв в ресивере продувочного воздуха)
–	2	1700	1	Поломка зубьев шестерни
–	2	1700–6000	2	Задир подшипника распределительного вала
–	2	6000	1	Задир подшипника масляного насоса
–	2	2000	1	Задир поршня
–	2	1350	15	Задир поршня, рамовых и шатунных подшипников
–	4	4000–5000	18	Задир поршня
–	4	7500	2	Задир подшипника промежуточной шестерни

Было замечено, что во время работы дизелей в картере возникало разряжение, создаваемое отсосом воздуха в продувочный насос, с целью уменьшения утечек масла из картера, что могло способствовать взрыву паров масла.

Экспериментальные работы показали, что взрыв в картере возможен только при наличии так называемой «горячей точки», вызываемой нарушением нормальной работы поршня или поршневого пальца, втулки рабочего цилиндра, форсунки, штока поршня, головного подшипника, крейцкопфа и других деталей.

При работе дизеля объем картера заполнен воздухом, парами масла и масляным туманом, который образуется при механическом распыливании масла при ударах о движущиеся детали.

При наличии «горячей точки» происходит интенсивное испарение капель масла с образованием смеси паров масла и воздуха, концентрация которой находится между верхним и нижним пределами воспламеняемости.

Взрываемость паров масла зависит от формы картера, силы искрового разряда, давления, температуры, размера частиц масла, концентрации масла в воздухе и турбулентности среды.

Для определения взрывоопасности нормальной среды в картере дизеля, температуры нагретых частей, при которых происходит воспламенение паров масла, и нахождения средств ослабления силы взрыва для защиты дизеля от разрушения проводился ряд экспериментально-исследовательских работ [3, 4].

Для определения температур воспламенения масляного тумана, являющегося наиболее вероятной взрывной средой в картере, может быть применена специальная установка, показанная на рис. 1.

Во время проведения экспериментов масляный туман определенного состава пропускается через трубки, изготовленные из различных материалов, нагретых до определенной температуры. При этом отмечается наличие или отсутствие воспламенения.

Для нахождения пределов температур воспламенения исследуемой смеси паров масла изменяется температура трубки, по которой пропускается исследуемая смесь.

Концентрация смеси (весовое отношение воздуха и паров масла) характеризуется изменением состава масляного тумана. Испытание проводится следующим образом:

1. Масло при постоянной температуре 490–500 °С нагнетается в наклонный испарительный муфель 7 из нержавеющей стали диаметром 3,18 мм, где интенсивно испаряется в

струе азота. Выходящая смесь охлаждается струей кислорода 1, что приводит к концентрации паров масла в виде тумана.

2. Объемное количество азота и кислорода подбирается так, чтобы при смешении образовывался газ, аналогичный воздуху, а подача масла регулировалась до получения нужной концентрации масляного тумана, после чего смесь в течение 15 с продувается через нагревательный муфель 2 по зажигательной трубке 4 с выходом в атмосферу. Прохождение масляного тумана по трубке обеспечивает наиболее благоприятный контакт смеси с металлом.

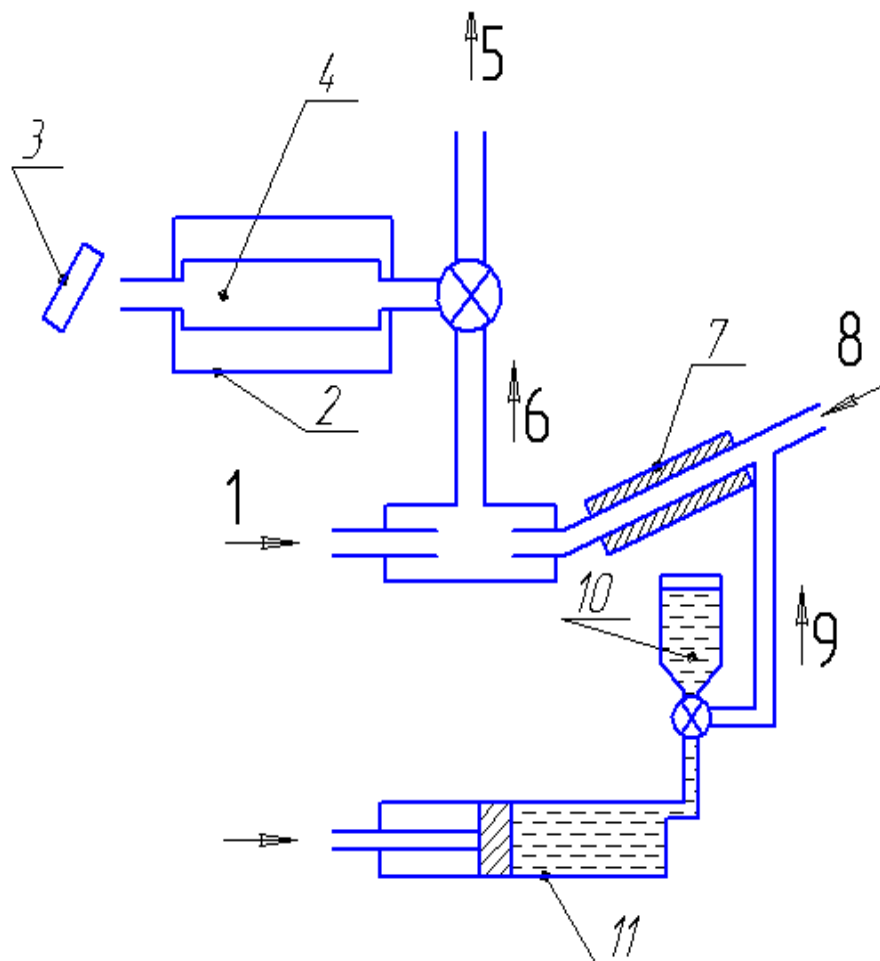


Рисунок 1 – Схема установки для определения температур воспламенения масляного тумана:

- 1– подача кислорода; 2 – нагревательный муфель;
 3 – зеркало; 4 – зажигательная трубка; 5– выход в атмосферу; 6 – масляный туман;
 7 – испарительный муфель; 8 – подача азота; 9 – подача масла;
 10 – масляный резервуар; 11 – насос

3. Зажигательные трубки, изготовленные из чугуна и фосфористой бронзы, имеют длину 305, наружный диаметр 38,1, толщину стенки трубок 3,2 мм.

При нагреве трубок в муфеле 2 температура поддерживается с точностью $\pm 2^\circ\text{C}$ по длине и определяется четырьмя термопарами, расположенными с равными интервалами по длине.

4. После определения пределов воспламенения по концентрации смеси при заданной температуре опыты повторяются при каждом снижении температуры на 10°C .

Испытания, проведенные на подобной установке, показали, что существуют две температурные зоны возможного воспламенения: низкотемпературная зона в пределах

270–350°С и высокотемпературная – выше 400°С. В интервале 350–400°С воспламенения не наблюдалось.

Воспламенение паров масла в низкотемпературной зоне происходило в течение нескольких секунд, в то время как в высокотемпературной зоне время воспламенения значительно меньше.

Явление задержки воспламенения в низкотемпературной зоне объясняет причину взрыва паров масла после остановки дизеля. Детали, нагретые при задирах до температуры 350–400°С, вызывают испарение масла и образование взрывоопасного тумана. После остановки дизеля происходит охлаждение детали до низкотемпературной зоны воспламенения масла 270–350°С, при которой и происходит взрыв.

Для борьбы с повышением давления газов в картере или ресивере на лючках дизелей устанавливаются автоматические предохранительные клапаны, которые открываются вследствие образования в картере дизеля повышенного давления.

Предохранительные клапаны должны быть быстродействующими, герметичными, взаимозаменяемыми, долговечными в работе и иметь минимальное сопротивление для выходов газов.

Рассмотрим одну из наиболее удачных конструкций клапанов, применяемых на судовых дизелях.

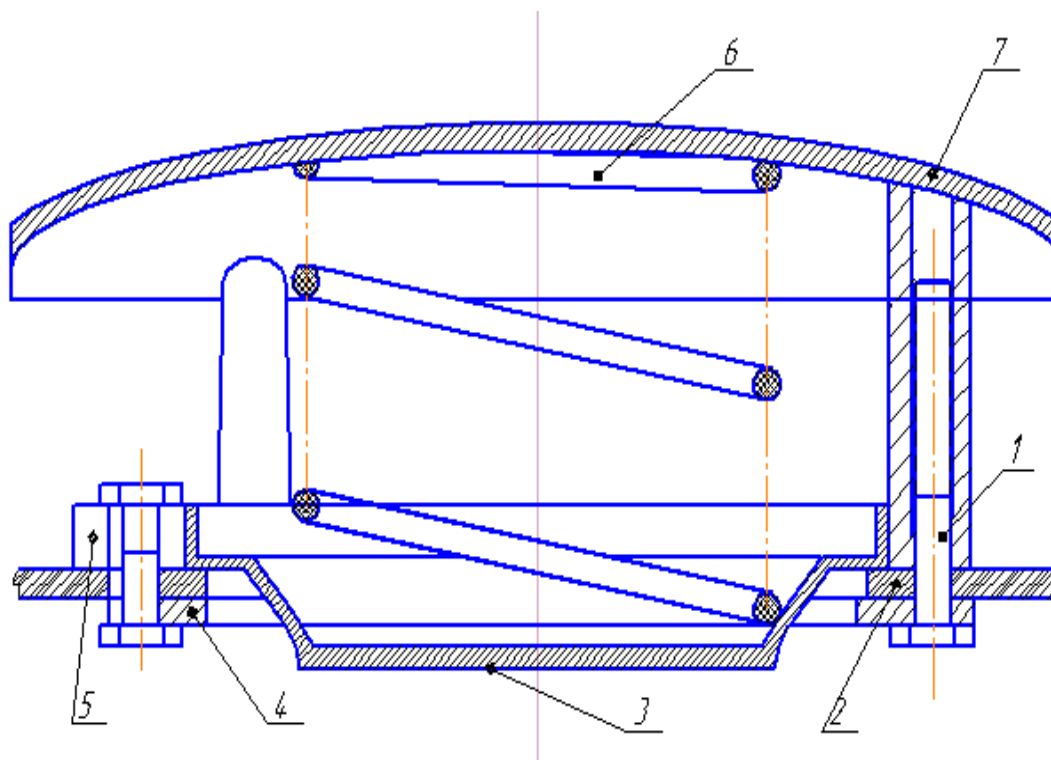


Рисунок 2 – Предохранительный клапан пружинного типа с отражателем дизеля 7ДКРН70/120:

1 – установочные шестигранные болты; 2, 4 – уплотнительные кольца; 3 – клапан;
5 – лючок картера; 6 – нажимная пружина; 7 – отражатель

На рис. 2 показан предохранительный клапан пружинного типа с отражателем дизельного двигателя 7ДКРН70/120 мощностью 5400 л.с. при 115 об/мин (теплоход «Великий Устюг»).

Клапан состоит из нажимной пружины 6, лючка 5, отражателя 7, клапана 3, уплотнительных колец 2, 4 и шести установочных шестигранных болтов 1.

Когда в картере дизеля давление газа достигает величины $P_{ВЗР}$, превышающей затяг пружины 6, клапан открывается и газ устремляется по образовавшейся кольцевой щели

между седлом и клапаном в отражатель 7, а затем в машинное отделение. Опыт эксплуатации двигателей 7ДКРН70/120 показал надёжность и эффективность работы предохранительных клапанов этой конструкции, которая может быть рекомендована и для других однопоршневых дизелей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Возницкий, И.В. Судовые двигатели внутреннего сгорания: в 2 т. / И.В. Возницкий. – Санкт-Петербург: Моркнига, 2010. – Т. 2: Теория и эксплуатация двигателей. – 282 с.
2. Фока, А.А. Судовой механик. Справочник: в 3 т. / А.А. Фока. – Одесса: Феникс, 2010. – Т. 2. – 1029 с.
3. Кане, А.Б.// Борьба со взрывами в картерах судовых дизелей / А.Б. Кане. – Ленинград: Судостроение, 1969. – 200 с.
4. Борьба со взрывами в картерах двигателей внутреннего сгорания / Информационный сборник / ЦНИИМФ. – Ленинград, 1956. – Вып. 4 (26). – 179 с.

INVESTIGATION THE EXPLOSIONS CAUSES IN CRANKCASES OF SHIP DIESEL ENGINES

K.V. Metyolkin, Student, Kaliningrad State Technical University
V.G. Kuzkin, Candidate of Engineering Sciences, Professor,
Kaliningrad State Technical University,
sudfac@yandex.ru

The article presents an analysis of the causes of the oil vapor explosions in the crankcase of 4-stroke diesel engines. Describes the experimental stand and methodology for determining the limits of the test mixture ignition temperature of oil vapors.

diesel, housing, auto-ignition temperature of the oil, a safety valve, an explosion, an experimental stand, the low temperature zone, the crosshead