

УДК 631.371

UDC 631.371

4.3.1. Технологии, машины и оборудование для агропромышленного комплекса (технические науки, сельскохозяйственные науки)

4.3.1. Technologies, machinery and equipment for the agro-industrial complex (technical sciences, agricultural sciences)

**АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ
ПРЕДОХРАНИТЕЛЬНЫХ КЛАПАНОВ ДЛЯ
ВЫСОКОПРОИЗВОДИТЕЛЬНЫХ
ДВИГАТЕЛЕЙ**

**ANALYSIS OF MODERN SAFETY VALVES
FOR HIGH-PERFORMANCE ENGINES**

Жбанов Никита Сергеевич
к.т.н., доцент кафедры
РИНЦ SPIN-код= 7241-6650
*Рязанский институт (филиал) Московского
Политехнического университета, Рязань, Россия*

Zhbanov Nikita Sergeevich
Cand.Tech.Sci., associate professor of the department
RSCI SPIN-code= 7241-6650
*Ryazan Institute (branch) of the Moscow Polytechnic
University, Ryazan, Russia*

Чернышев Алексей Дмитриевич
к.т.н., заведующий кафедрой
РИНЦ SPIN-код= 5899-2853
*Рязанский институт (филиал) Московского
Политехнического университета, Рязань, Россия*

Chernyshev Alexey Dmitrievich
Cand.Tech.Sci., head of department
RSCI SPIN-code= 5899-2853
*Ryazan Institute (branch) of the Moscow Polytechnic
University, Ryazan, Russia*

Официн Сергей Иванович
к.п.н., доцент кафедры
РИНЦ SPIN-код= 6149-3490
*Рязанский институт (филиал) Московского
Политехнического университета, Рязань, Россия*

Officin Sergey Ivanovich
Cand.Ped.Sci., associate professor of the department
RSCI SPIN-code= 6149-3490
*Ryazan Institute (branch) of the Moscow Polytechnic
University, Ryazan, Russia*

Масолов Илья Олегович
магистрант
*Рязанский институт (филиал) Московского
Политехнического университета, Рязань, Россия*

Masolov Ilya Olegovich
Master's student
*Ryazan Institute (branch) of the Moscow Polytechnic
University, Ryazan, Russia*

В настоящее время особое внимание уделяется высокопроизводительным двигателям, способным обеспечить работу оборудования в разных отраслях производства. Для обеспечения соответствия требованиям надежности, двигатели оборудуются предохранительными устройствами – клапанами. Предохранительный клапан является одним из наиболее важных узлов двигателя и имеют различные конструктивные решения. При разработке предохранительного клапана учитывается ряд конструктивных аспектов, удовлетворение которых способствует созданию устройства отвечающего требованиям и обладающий высоким уровнем надежности и эффективности. Для наилучшего понимания процесса работы клапана и его конструкции, проведен анализ современных предохранительных клапанов картерных газов. Исходя из проведенного анализа следует сделать вывод, что наибольшую значимость в работе устройства имеет пламегасящий элемент. Конструкция и материал из которого выполнен пламегаситель оказывает прямое влияние на выход потока пламени, а так же

Currently, special attention is being paid to high-performance engines capable of operating equipment in various industries. To ensure compliance with reliability requirements, the engines are equipped with safety devices – valves. The safety valve is one of the most important components of the engine and has various design solutions. When developing a safety valve, a number of design aspects are taken into account, the satisfaction of which contributes to the creation of a device that meets the requirements and has a high level of reliability and efficiency. For the best understanding of the valve operation process and its design, an analysis of modern crankcase gas safety valves has been carried out. Based on the analysis, it should be concluded that the flame extinguishing element is of the greatest importance in the operation of the device. The design and material of which the flame arrestor is made has a direct effect on the output of the flame flow, as well as on the decrease in temperature due to heat transfer from the crankcase gases to the surface of the flame arrestor. The flame extinguishing elements of the safety devices under study are characterized by high throughput and heat

на снижение температуры, обусловленное теплоотдачей от картерных газов к поверхности пламегасителя. Пламегасящие элементы исследуемых предохранительных устройств характеризуются высокой пропускной и теплообменной способностью. При этом не следует исключать возможность совершенствования пламегасителя, для достижения оптимальных показателей работы клапана. Для наилучшего сохранения тепла внутри контура устройства, предлагается скомбинировать плоские пластины и перфорированную ленту в конструкции пламегасителя, и установить их последовательно друг за другом. Таким образом предполагается добиться наилучших эксплуатационных показателей, за счет максимальной суммарной теплоотдачи картерных газов к элементам пламегасителя

exchange capacity. At the same time, the possibility of improving the flame arrester should not be excluded in order to achieve optimal valve performance. To best preserve heat inside the circuit of the device, it is proposed to combine flat plates and a perforated tape in the design of the flame arrester, and install them sequentially one after the other. Thus, it is expected to achieve the best operational performance due to the maximum total heat transfer of crankcase gases to the flame arrester elements

Ключевые слова: МАШИНОСТРОЕНИЕ, ДВИГАТЕЛИ, ПРЕДОХРАНИТЕЛЬНЫЙ КЛАПАН

Keywords: MECHANICAL ENGINEERING, ENGINES, SAFETY VALVE

<http://dx.doi.org/10.21515/1990-4665-207-024>

Введение

В настоящее время особое внимание уделяется высокопроизводительным двигателям, способным обеспечить работу оборудования в разных отраслях производства.

Для обеспечения требований надежности и эффективности функционирования, двигатели объем картера которых превышает $0,6 \text{ м}^3$, оборудуются предохранительными устройствами – клапанами.

Предохранительный клапан является одним из наиболее важных узлов двигателя. В процессе функционирования двигателя в картере накапливаются легковоспламеняемые масляные пары, при попадании искры в зону сосредоточения паров, происходит их немедленное воспламенение. Главной задачей предохранительного клапана является сброс избыточного давления, а так же предотвращение прорыва воздуха в процессе функционирования двигателя.

Ввиду того, что отечественные устройства не в полной мере удовлетворяют требованиям надежности, перед современными учеными

<http://ej.kubagro.ru/2025/03/pdf/24.pdf>

была поставлена задача, по организации импортозамещения. Интерес представляли предохранительные клапаны Южной Кореи и Австрии обладающие наилучшими эксплуатационными показателями. Реализовать запущенный процесс импортозамещения, в условиях нынешней обстановки, в полной мере не удалось, в следствии отказа от сотрудничества ранее озвученных стран производителей. Для выполнения поставленной ранее задачи, было принято решение по модернизации действующего предохранительного клапана, комбинированного, среднеоборотного двигателя.

Оборудование двигателя предохранительным устройством сопряжено не только с разработкой конструкции клапана, но и с уточнением количества рекомендуемых к установке устройств, которое определяется исходя из типоразмерных характеристик конкретного двигателя.

Одним из основных параметров двигателя влияющих на количество устанавливаемых клапанов, является размер цилиндров. При диаметре до 250 мм, минимальным является наличие одного предохранительного клапана, на каждом конце картера. При диаметре 300мм и более, предусматривается установка одного предохранительного клапану напротив каждого кривошипа.

Важным параметром является площадь проходного сечения. Регламентируется, как суммарная площадь, которая должна составлять не менее 115 см^2 , так и площадь сечения каждого отдельно взятого клапана, и должна составлять 45 см^2 и более.

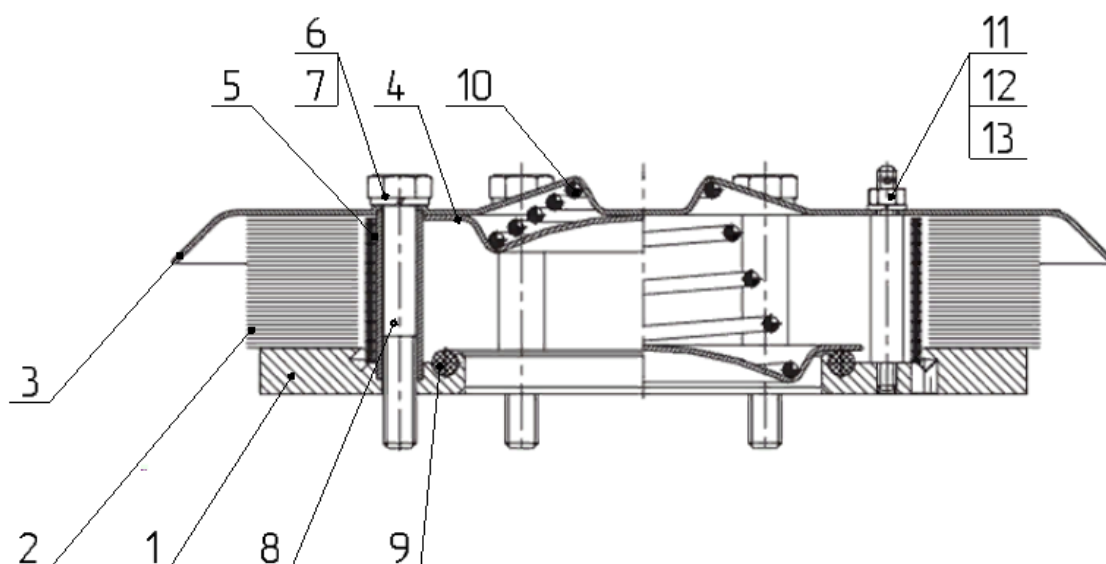
Предохранительные клапаны имеют различные конструктивные решения, которые строго регламентируются. При разработке предохранительного клапана учитывается ряд конструктивных аспектов, удовлетворение которых способствует созданию устройства отвечающего требованиям надежности и эффективности.

Материалы и методы исследования

Накопление легковоспламеняемых масляных паров ведет к их воспламенению, в следствии попадания искры. Обеспечение моментального открытия клапана при избыточном давлении, является главной конструктивной задачей стоящей перед разработчиками предохранительного устройства.

Для наилучшего понимания процесса работы клапана и его конструкции, проведен анализ конструкций современных предохранительных клапанов картерных газов. В среднеоборотных двигателях наибольшее распространение получили клапаны фирм Hoerbiger Wien 98EVO и Prosave ERV-98V.

Все вышеперечисленные клапаны прошли сертификацию и успешно применяются на дизель-генераторах. На рисунке 1 представлен клапан фирмы Hoerbiger Wien 98EVO.

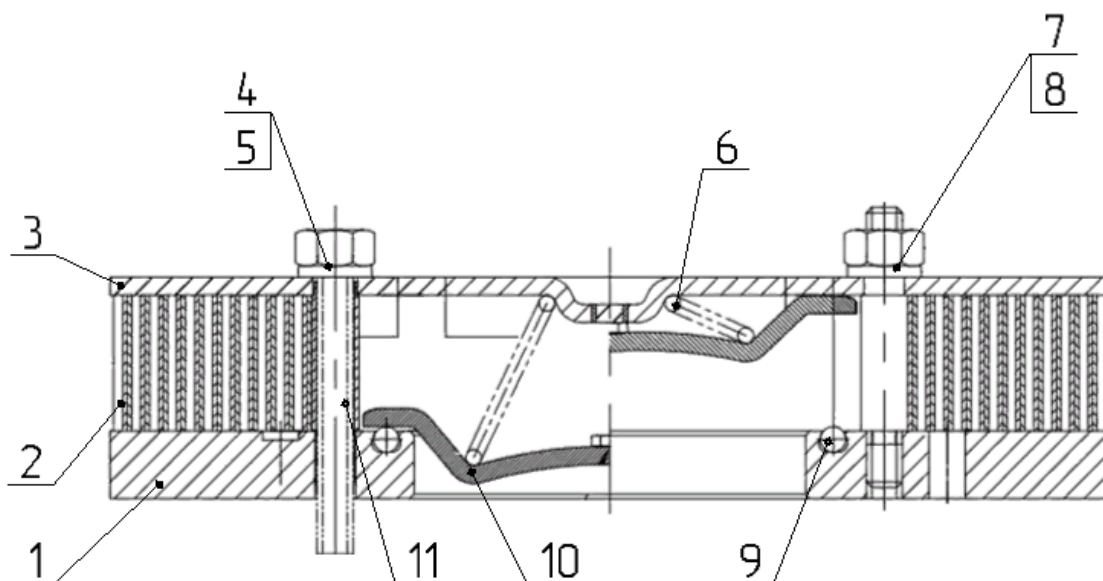


1 - Фланец; 2-Диск; 3-Крышка; 4-Тарелка клапана; 5-Обойма; 6-Болт; 7, 12 - Шайба; 8-Втулка; 9-Кольцо уплотнительное; 10-Пружина; 11-Шпилька; 13-Гайка.

Рисунок 1 — Клапан фирмы Hoerbiger Wien 98EVO (Австрия)

Предохранительный клапан данной конфигурации крепится жестко к поверхности картера. В процессе функционирования происходит выброс избыточного давления сквозь диски, установленные с двух сторон клапана. Диски выполняют роль пламегасящего элемента, состоят преимущественно из плоских пластин, расположенные параллельно потоку газа.

Клапан Prosave ERV-98V изображенный на рисунке 2, аналогично с ранее рассмотренным клапаном крепится к корпусу жестко и имеет сходную конструкцию. Однако пламегасящий элемент в данном клапане выполнен из перфорированной ленты намотанной перпендикулярно потоку газов.

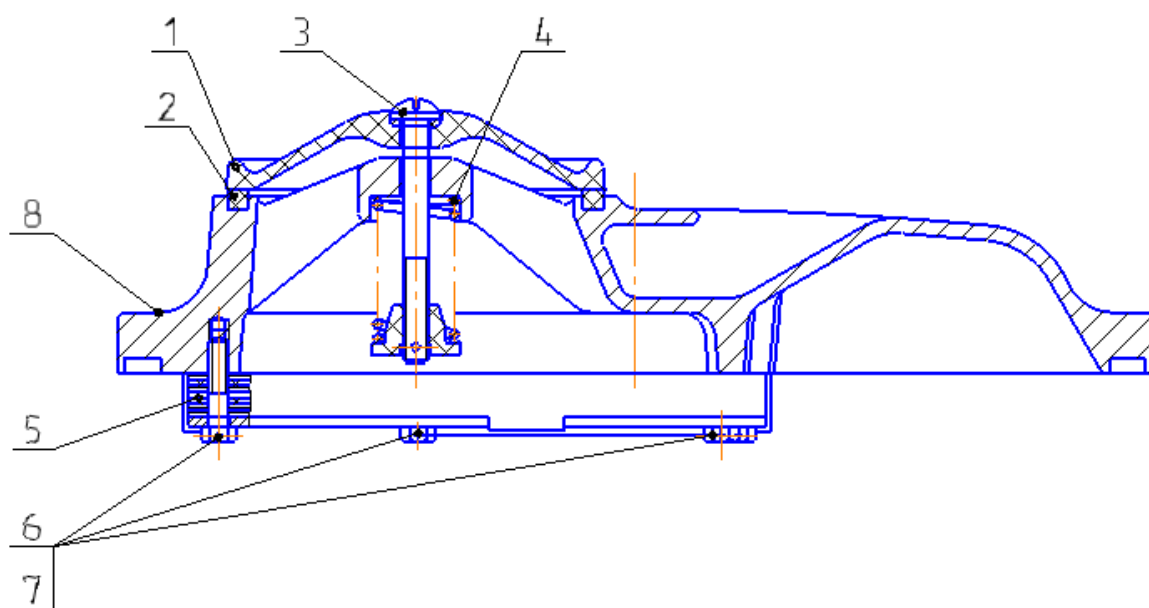


1-Фланец; 2-Пламегасящий элемент; 3-Крышка; 4-Болт; 5-Шайба; 6-Пружина; 7-Шпилька; 8-Гайка; 9-Кольцо уплотнительное; 10-Тарелка клапана; 11-Втулка.

Рисунок 2 — Клапан Prosave ERV-98V (Южная Корея)

Исходя из проведенного анализа двух предохранительных клапанов следует сделать вывод, что наибольшую значимость в работе устройства имеет пламегасящий элемент. Конструкция и материал из которого выполнен пламегаситель оказывает прямое влияние на выход потока пламени, а вместе с тем и на снижение температуры, обусловленное теплоотдачей от картерных газов к поверхности пламегасителя.

Пламегасящие элементы исследуемых предохранительных устройств характеризуются высокой пропускной и теплообменной способностью. При этом не следует исключать возможность совершенствования пламегасителя, для достижения оптимальных показателей работы клапана. Из отечественных предохранительных устройств, для анализа был выбран клапан АО «Коломенский завод» представленный на рисунке 3.



1- Тарелка клапана; 2-Кольцо уплотнительное; 3-Винт; 4-Пружина; 5- Пламегасящие сетки; 6-Болт; 7-Проволка; 8-Корпус

Рисунок 3 — Предохранительный клапан производства
АО «Коломенский завод»

Анализируя конструкцию предохранительного клапана АО «Коломенский завод», следует отметить имеющееся радикальное отличие от ранее представленных зарубежных экземпляров. В то время как у фирм Hoerbiger Wien 98EVO и Prosave ERV-98V тарелка располагается внутри контура предохранительного клапана, у АО «Коломенский завод» тарелка устанавливается снаружи и является продолжением корпуса. Момент срабатывания клапана коломенского завода характеризуется отделением тарелки от корпуса и выбросом пламени в образовавшееся отверстие, в то время как у зарубежных клапанов выход пламени происходит свободно, сквозь пламегасящие элементы. При этом важным преимуществом устройств иностранного производства является, то что, возникающая от картерных газов к поверхности пламегасителя теплоотдача, препятствует выходу тепла за пределы контура клапана.

Для уточнения эффективности рассматриваемых предохранительных клапанов, анализу подвергался процесс работы устройств. Исследовалась работа клапана на предельных режимах работы, до отказа предохранительного устройства. Для удобства фиксации результатов эксперимент разделяли на циклы.

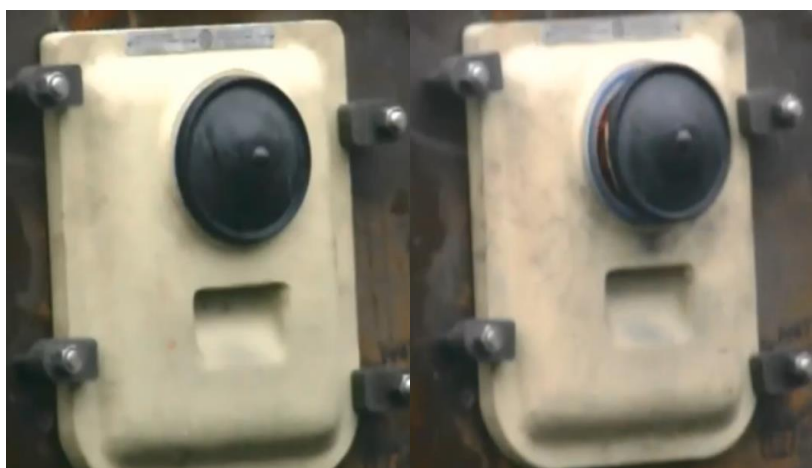
Результаты исследования

На дизель-генераторах промышленного назначения, конструкция предохранительного клапана производства АО «Коломенский завод» более 60 лет успешно применяется. При этом следует отметить, что конструкция сертификацию не прошла ввиду, возникающих отказов клапана. Проведено исследование работоспособности устройства, в результате которого было установлено, что работа клапана характеризуется бесперебойным срабатыванием в момент возникновения избыточного давления в картере.

На рисунке 4а и 4б представлен момент срабатывания клапана и отделения тарелки. На 9 цикле эксперимента зафиксирована деформация тарелки, представленная на рисунке 4в. Отказ зафиксирован на 11 цикле эксперимента. На рисунке 4в представлено полное отсоединение тарелки от конструкции клапана.

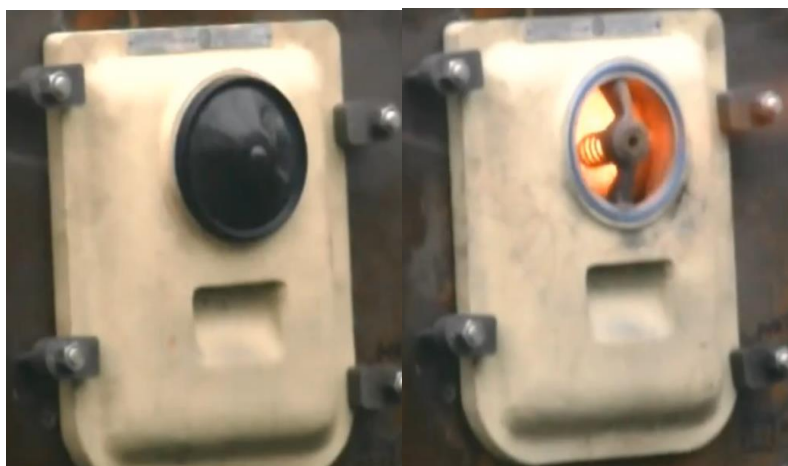
Результаты проведенного эксперимента подтверждают недостаточную надежность конструкции предохранительного устройства АО «Коломенский завод». Исходя из полученных результатов, клапан коломенского завода из дальнейших исследований был исключен.

Исследуя работу предохранительных устройств зарубежных производителей было установлено, что выход пламени возникающий при избыточном давлении в картере не наносит механических повреждений элементам клапана. Кроме того за время проведенных испытаний, отказов устройства не было зафиксировано. Тем не менее доля выводимого тепла, зачастую превышает необходимый объем, что приводит к избыточному снижению давления и температуры в картере.



а

б



В

Г

Рисунок 4 — Исследование работы предохранительного клапана
АО «Коломенский завод»

Анализируя представленные предохранительные клапаны комбинированных двигателей следует вывод, что наиболее предпочтительной является конструкция зарубежных устройств, так как они обладают наибольшей надежностью и эффективностью функционирования. К дальнейшей модернизации рекомендован клапан Hoerbiger Wien 98EVO.

Учитывая, что основной проблемой данного клапана является недостаточное сохранение тепла внутри контура устройства, объектом для дальнейшей модернизации был выбран пламегаситель предохранительного клапана. Для повышения теплоприемной способности устройства, предлагается скомбинировать плоские пластины и перфорированную ленту в конструкции пламегасителя и установить их последовательно друг за другом. Таким образом предполагается добиться наилучшего сохранения тепла, за счет максимальной суммарной теплоотдачи картерных газов к элементам пламегасителя.

Заключение

В результате проведенных испытаний было установлено не соответствие требованиям надежности отечественного предохранительного клапана. Предохранительные устройства зарубежных производителей соответствуют стандартам надежности, но при этом имеют не лучшие эксплуатационные показатели. Для наилучшего сохранения тепла внутри контура устройства, предлагается скомбинировать плоские пластины и перфорированную ленту в конструкции пламегасителя, и установить их последовательно друг за другом. Таким образом предполагается добиться наилучших эксплуатационных показателей, за счет максимальной суммарной теплоотдачи картерных газов к элементам пламегасителя.

Библиографический список

1. Демьянов Л. А. Пути повышения надежности и долговечности автотракторных двигателей/ Л. А. Демьянов, С. К. Сарафанов// — Москва: Воениздат, 1967 — 152 с.
2. Жбанов Н.С., Попков Н.Е., Чернышев А.Д., Официн С.И., Кирьяков О.В. Исследование процесса воспламенения топливно-воздушной смеси в современных двигателях // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. 2024.

References

1. Dem'janov L. A. Puti povyshenija nadezhnosti i dolgovechnosti avtotraktornyh dvigatelej/ L. A. Dem'janov, S. K. Sarafanov// — Moskva: Voenizdat, 1967 — 152 s.
2. Zhanov N.S., Popkov N.E., Chernyshev A.D., Oficin S.I., Kir'jakov O.V. Issledovanie processa vosplamnenija toplivno-vozdushnoj smesi v sovremennyh dvigateljah // Vestnik Rjazanskogo gosudarstvennogo agrotehnologicheskogo universiteta imeni P.A. Kostycheva. 2024.