

УДК 631.371

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

МОДЕРНИЗИРОВАННЫЙ ПРЕДОХРАНИТЕЛЬНЫЙ КЛАПАН ВЫСОКОПРОИЗВОДИТЕЛЬНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Жбанов Никита Сергеевич
к.т.н., доцент кафедры

РИНЦ SPIN-код= 7241-6650
*Рязанский институт (филиал) Московского
Политехнического университета, Рязань, Россия*

Процесс функционирования высокопроизводительных двигателей сопровождается накоплением легко воспламеняемых масляных паров в картере. При попадании искры в зону сосредоточения паров, происходит их немедленное воспламенение. Для предотвращения взрыва и обеспечения бесперебойного функционирования двигателя, принято оборудовать его предохранительными устройствами – клапанами. Исследуя работу предохранительных устройств зарубежных производителей, было установлено, что все они соответствуют стандартам надежности, но при этом имеют не лучшие эксплуатационные показатели. В ходе исследований было установлено, что объем выходящей в момент срабатывания клапана энергии превышает оптимальные значения, что приводит к избыточному снижению давления и температуры в картере. Для наилучшего сохранения энергии внутри контура устройства, предлагается модернизация пламегасителя. Предложена совмещенная схема пламегасителя в конструкции предохранительного клапана. Под совмещенной или комбинированной схемой в данном случае следует понимать, применение перфорированной ленты совместно с плоскими пластинами в конструкции пламегасителя. Таким образом, выходящий поток энергии будет проходить последовательно сквозь установленную перпендикулярно потоку ленту, а затем сквозь расположенные параллельно потоку плоские пластины. Применение обновленного сегмента позволит увеличить площадь теплопоглощающей поверхности. Проведенный тепловой расчет для модернизированного клапана позволил установить, что повышение давления в картере в процессе функционирования двигателя составляет 4,8%, при этом, максимальное давление сгорания составляет 205,95 бар. Процесс срабатывания предохранительного устройства, характеризуется сбросом избыточного давления, в установленных объемах. Исходя из проведенных расчетов использование модернизированного

UDC 631.371

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

UPGRADED SAFETY VALVE FOR HIGH- PERFORMANCE ENGINES

Zhbanov Nikita Sergeevich
Cand. Sci. Tech., associate professor of the
department

RSCI SPIN-code= 7241-6650
*Ryazan Institute (branch) of the Moscow Polytechnic
University, Ryazan, Russia*

The process of operation of high-performance engines is accompanied by the accumulation of highly flammable oily vapors in the crankcase. When a spark enters the vapor concentration zone, it ignites immediately. To prevent an explosion and ensure the smooth functioning of the engine, it is customary to equip it with safety devices – valves. Examining the operation of safety devices from foreign manufacturers, it was found that all of them meet reliability standards, but at the same time they do not have the best performance. In the course of research, it was found that the volume of energy released at the time of valve actuation exceeds the optimal values, which leads to an excessive decrease in pressure and temperature in the crankcase. For the best possible conservation of energy inside the device circuit, an upgrade of the flame arrestor is proposed. A combined flame extinguisher circuit in the safety valve design is proposed. In this case, a combined or combined scheme should be understood as the use of perforated tape together with flat plates in the design of a flame extinguisher. Thus, the outgoing energy flow will pass sequentially through a ribbon installed perpendicular to the flow, and then through flat plates located parallel to the flow. The use of the updated segment will increase the area of the heat-absorbing surface. The thermal calculation performed for the upgraded valve allowed us to establish that the increase in pressure in the crankcase during engine operation is 4.8%, while the maximum combustion pressure is 205.95 bar. The process of actuation of the safety device is characterized by the release of excess pressure in the set volumes. Based on the calculations performed, the use of an upgraded safety valve is able to prevent explosions in the crankcase and ensure uninterrupted operation of the engine. At the same time, increasing the heat absorption capacity of the flame extinguishing elements of the valve can qualitatively improve the engine operation process and increase its efficiency by 5-10%. Due to the fact that the design of the flame arrestor has undergone some changes as a result of the modernization of the safety valve, the use of perforated tape is possible with the

предохранительного клапана способно предотвратить взрывы в картере и обеспечить бесперебойное функционирование двигателя. При этом, повышение теплопоглощающей способности пламегасящих элементов клапана, способно качественно улучшить процесс функционирования двигателя и повысить его КПД на 5-10%. Ввиду того, что конструкция пламегасителя в результате модернизации предохранительного клапана претерпела некоторые изменения, использование перфорированной ленты возможно с уточнением типоразмерных характеристик. В дальнейшем, планируется подобрать оптимальный для конкретного устройства тип перфорации, а также уточнить параметры и характеристики выпускной пружины, а также клапана в целом

specification of standard-sized characteristics. In the future, it is planned to select the type of perforation that is optimal for a particular device, as well as to clarify the parameters and characteristics of the exhaust spring, as well as the valve as a whole

Ключевые слова: МАШИНОСТРОЕНИЕ, ДВИГАТЕЛИ, ПРЕДОХРАНИТЕЛЬНЫЙ КЛАПАН

Keywords: MECHANICAL ENGINEERING, ENGINES, SAFETY VALVE

<http://dx.doi.org/10.21515/1990-4665-208-005>

Введение

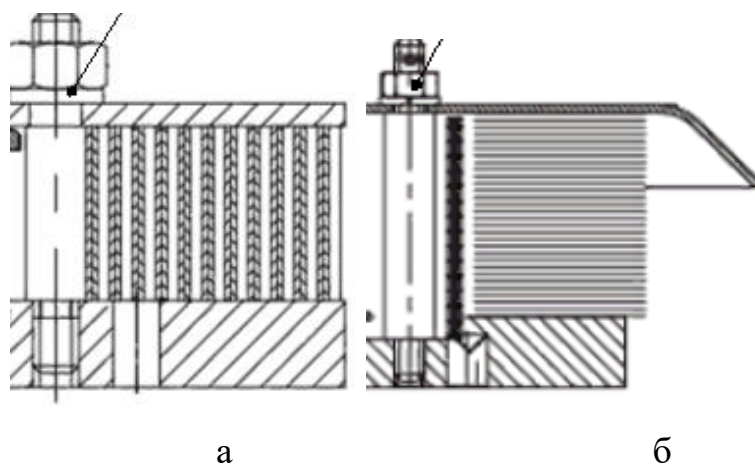
В настоящее время особое внимание уделяется высокопроизводительным двигателям, способным обеспечить работу оборудования в разных отраслях производства. В процессе функционирования двигателя в картере накапливаются легко воспламеняемые масляные пары, при попадании искры в зону сосредоточения паров, происходит их немедленное воспламенение. Для предотвращения взрыва и обеспечения бесперебойного функционирования двигателя, принято оборудовать его предохранительными устройствами – клапанами. Количество рекомендуемых к установке устройств определяется исходя из типоразмерных характеристик конкретного двигателя. Главной задачей предохранительного клапана является сброс избыточного давления, а также предотвращение прорыва воздуха в процессе функционирования двигателя. Предохранительные клапаны имеют различные конструктивные решения, которые строго регламентируются. При разработке предохранительного клапана учитывается ряд конструктивных аспектов, удовлетворение которых

<http://ej.kubagro.ru/2025/04/pdf/05.pdf>

способствует созданию устройства отвечающего требованиям надежности и эффективности. Для наилучшего понимания процесса работы клапана и его конструкции, проведен анализ конструкций современных предохранительных клапанов картерных газов.

Материалы и методы

В среднеоборотных двигателях наибольший интерес представляют клапаны фирм Hoerbiger Wien 98EVO и Prosave ERV-98V имеющие сходную конструкцию. Основное отличие состоит в пламегасящем элементе, сквозь который в процессе функционирования происходит выход избыточной энергии. 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. В то время как у клапана Hoerbiger Wien 98EVO пламегасящий элемент выполнен преимущественно из плоских пластин, расположенных параллельно потоку газа у клапана Prosave ERV-98V пламегасящий элемент устанавливается перпендикулярно потоку газа и выполняется из перфорированной ленты. 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, было установлено, что в процессе эксплуатации двигателей, оснащенных данными предохранительными устройствами, отказов не было зафиксировано.



а-Prosave ERV-98V; б-Hoerbiger Wien 98EVO

Рисунок 1 – Пламегасящий элемент предохранительного клапана

Рассматриваемые предохранительные устройства зарубежных производителей соответствуют стандартам надежности, но при этом имеют не лучшие эксплуатационные показатели. В ходе исследований было установлено, что объем выходящей в момент срабатывания клапана энергии превышает оптимальные значения, что приводит к избыточному снижению давления и температуры в картере.

Для наилучшего сохранения энергии внутри контура устройства, предлагается модернизация пламегасителя. Ранее исследованные пламегасящие элементы доказали свою надежность и эффективность. Исходя из этого рациональным является использование идентичных или подобных элементов с измененной конфигурацией.

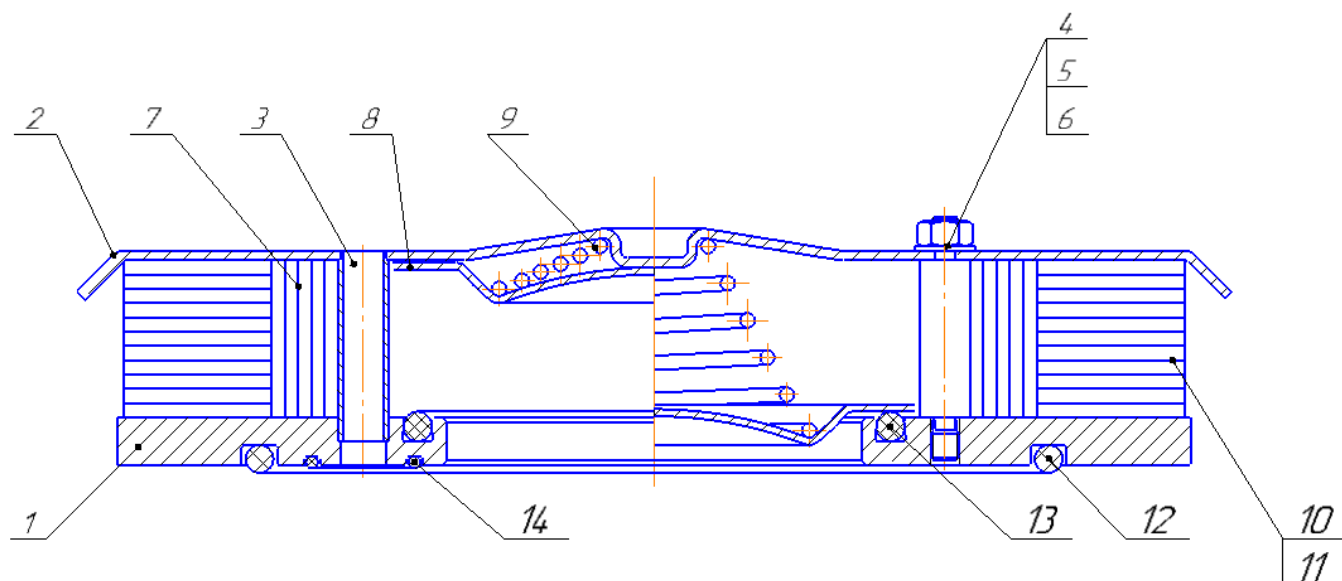
Основная задача модернизации состоит в увеличении суммарной площади теплопоглощающей поверхности, а ее выполнение позволит сохранить энергию в элементах пламегасителя. Снизить температуру и предотвратить выход энергии за пределы контура устройства. Таким образом коэффициент полезного действия предохранительного клапана будет близок к оптимальному.

Результаты исследования

Главной задачей предохранительного устройства является выпуск избыточной энергии. Как говорилось ранее, выход пламени происходит сквозь пламегаситель. При его проектировании следует учитывать, что пламя, выходящее из картера, не должно выходить за пределы контура пламегасителя, а должно концентрироваться (накапливаться) внутри него, за счет теплоотдачи от картерных газов к поверхности пламегасителя. Пламегасители предохранительных устройств представленных, на рисунке 1 не в полной мере удовлетворяют требованиям теплопоглощающей способности. Добиться повышения этого показателя, возможно за счет использования комбинированного сегмента в конструкции пламегасителя, обладающего наибольшей суммарной площадью теплопоглощающей поверхности.

Под комбинированной схемой в данном случае следует понимать, применение перфорированной ленты совместно с плоскими пластинами в конструкции пламегасителя. Таким образом, выходящий поток энергии будет проходить последовательно сквозь установленную перпендикулярно потоку ленту, а затем сквозь расположенные параллельно потоку плоские пластины. Применение обновленного сегмента позволит увеличить площадь теплопоглощающей поверхности. Следует отметить, что в зазорах между пластинами уложена проволочная сетка для наибольшей теплоемкости пламегасителя. Конструкция клапана представлена на рисунке 2.

За счет использования в конструкции модернизированного пламегасящего сегмента, обеспечивается максимальный теплообмен между каретными газами и элементами пламегасителя, при этом снижается их температура и скорость на выходе из клапана.



1 - Фланец; 2-Крышка; 3-Втулка; 4-Шпилька; 5-Гайка; 6-Пружина тарельчатая; 7-Обойма; 8-Тарелка клапана; 9-Пружина; 10-Диск; 11-Сетка; 12-Кольцо уплотнительное; 13-Кольцо уплотнительное; 14-Кольцо уплотнительное

Рисунок 2 – Модернизированный предохранительный клапан

При давлении 0,02 МПа происходит срабатывание клапана, сопровождающееся открытием тарелки и выпуском горячих газов.

В конструкции пламегасителя предполагается применение плоских пластин, используемых фирмой Hoerbiger Wien 98EVO, или их аналогов. Так же в конструкции используется перфорированная лента, типоразмерные характеристики которой подбираются отдельно, при этом допустимо использование ленты, используемой в клапане Prosave ERV-98V.

Для подтверждения эффективности предлагаемого предохранительного клапана необходимым является проведение типового расчета, для двигателя оснащенного данным предохранительным устройством. Расчет проводили по дизельному циклу, в программном комплексе дизель РК. Расчет производился с учетом диаметра цилиндра, их числа, степени сжатия и других основных характеристик двигателя. К

представляющим интерес параметрам следует отнести: потери давления во впускном устройстве и в выхлопной системе, а также степень повышения давления в компрессоре. Полученные результаты расчета представлены на рисунке 3.

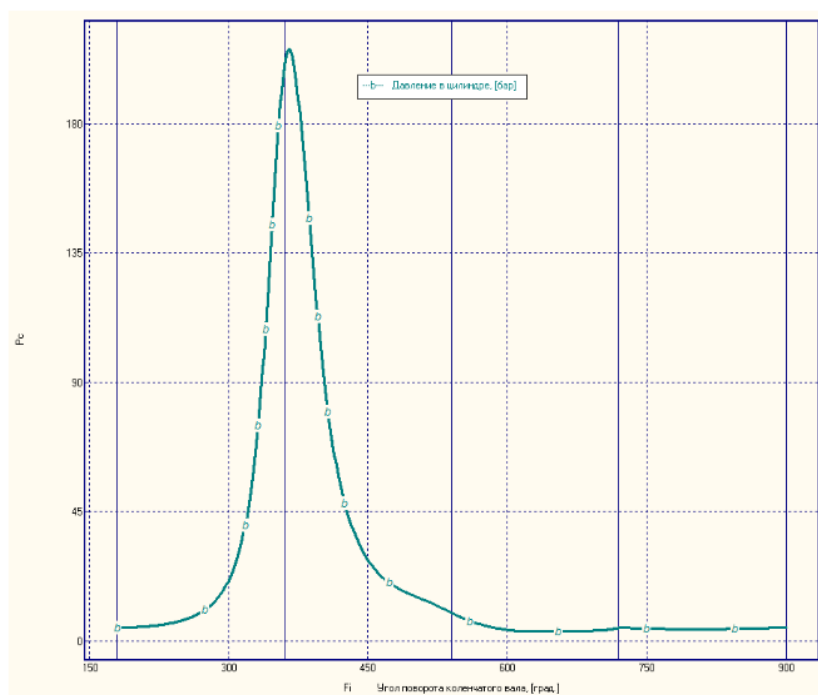


Рисунок 3- Развернутая индикаторная диаграмма двигателя 20ЧН26,5/31, полученная в программном комплексе дизель РК.

Анализируя график, представленный на рисунке 3, было установлено, что повышение давления в картере в процессе функционирования двигателя составляет 4,8%, при этом, максимальное давление сгорания составляет 205,95 бар. Процесс срабатывания предохранительного устройства, характеризуется сбросом избыточного давления, в установленных объемах. Исходя из проведенных расчетов, использование модернизированного предохранительного клапана способно предотвратить взрывы в картере и обеспечить бесперебойное функционирование двигателя. При этом, повышение теплопоглощающей способности пламегасящих элементов клапана, способно качественно

улучшить процесс функционирования двигателя и повысить его КПД на 5-10%.

Заключение

Разработан клапан способный обеспечить, своевременный выпуск избыточного давления, для обеспечения бесперебойного функционирования двигателя. Совместное использование в конструкции пламегасителя перфорированной ленты совместно с плоскими пластинами способно качественно улучшить процесс теплообмена за счет увеличения площади теплопоглощающей поверхности. Резюмирующим эффектом от использования данного предохранительного устройства станет повышение КПД двигателя на 5-10%. Ввиду того, что конструкция пламегасителя в результате модернизации предохранительного клапана претерпела некоторые изменения, использование перфорированной ленты возможно с уточнением типоразмерных характеристик. В дальнейшем, планируется подобрать оптимальный для конкретного устройства тип перфорации, а также уточнить параметры и характеристики выпускной пружины, а также клапана в целом.

Библиографический список

1. Жбанов Н.С., Чернышев А.Д., Официн С.И., Масолов И.О. Анализ современных предохранительных клапанов для высокопроизводительных двигателей // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2025.

References

1. Zhbanov N.S., Chernyshev A.D., Oficin S.I., Masolov I.O. Analiz sovremennyh predohranitel'nyh klapanov dlja vysokoproizvoditel'nyh dvigatelej // Politematicheskij setevoy jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2025.