

УДК 631.371

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

УТОЧНЕНИЕ ТИПОРАЗМЕРНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ОСНОВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ МОДЕРНИЗИРОВАННОГО ПРЕДОХРАНИТЕЛЬНОГО КЛАПАНА

Жбанов Никита Сергеевич

к.т.н., доцент кафедры

РИНЦ SPIN-код= 7241-6650

Рязанский институт (филиал) Московского Политехнического университета, Рязань, Россия

На основе проведенного анализа существующих конструкций предохранительных устройств, был спроектирован пламегаситель предохранительного клапана дизельного двигателя. Основной, принципиальной отличительной особенностью предлагаемого предохранительного устройства является комбинированная конструкция пламегасителя. 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. 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. Для дальнейшего исследования вопроса эффективности и надежности, предлагаемого устройства, необходимым является уточнение типоразмерных характеристик элементов конструкции, в том числе пламегасителя. Особого внимания заслуживает перфорированная лента и пружина, а именно их основные параметры. В результате проведенных расчетов был подобран оптимальный тип перфорации пламегасителя модернизированного предохранительного клапана. В рассматриваемом случае для обеспечения требуемой площади проходного сечения принята к использованию в конструкции перфорация типа Sev 2/2,5 \approx 65 мм². Для удовлетворения основного требования, а именно, моментального срабатывания клапана при превышении давления в картере на 0,02 МПа, для пружины были подобраны оптимальные параметры. Радиус колец приняли равными: 32 мм для большего кольца и 11 мм для меньшего, модуль сдвига составил 8000 кг/мм², при этом оптимальным является 4,5 витка 3мм проволоки Б-2-3,0 (ГОСТ 9389-75). Имеющихся материалов достаточно для разработки конструкторской

UDC 631.371

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

SPECIFICATION OF THE STANDARD-SIZE CHARACTERISTICS OF THE MAIN ELEMENTS OF THE UPGRADED SAFETY VALVE

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

Based on the analysis of the existing safety device designs, a flame arrester for the safety valve of a diesel engine was designed. The main, fundamental distinguishing feature of the proposed safety device is the combined design of the flame arrester. In this case, the 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. Due to the use of an upgraded flame extinguishing segment in the design, maximum heat exchange between the carriage gases and the flame extinguisher elements is ensured, while their temperature and velocity at the outlet of the valve are reduced. For further investigation of the issue of efficiency and reliability of the proposed device, it is necessary to clarify the standard-dimensional characteristics of the structural elements, including the flame arrester. The perforated tape and the spring deserve special attention, namely their main parameters. As a result of the calculations, the optimal type of perforation of the flame arrester of the upgraded safety valve was selected. In the cases under consideration, a Sev 2/2.565 mm² type perforation has been adopted for use in the design to ensure the required cross-sectional area. To meet the basic requirement, namely, the instantaneous operation of the valve when the crankcase pressure is exceeded by 0.02 MPa, optimal parameters were selected for the spring. The radius of the rings was assumed to be 32 mm for the larger ring and 11 mm for the smaller one, the shear modulus was 8000 kg/mm², while 4.5 turns of 3mm wire B-2-3.0 (GOST 9389-75) is optimal. The available materials are sufficient for the development of design documentation and the further creation of an experimental sample of the proposed safety device

документации и дальнейшего создания
экспериментального образца, предлагаемого
предохранительного устройства

Ключевые слова: МАШИНОСТРОЕНИЕ,
ДВИГАТЕЛИ, ПРЕДОХРАНИТЕЛЬНЫЙ
КЛАПАН

Keywords: MECHANICAL ENGINEERING,
ENGINES, SAFETY VALVE

<http://dx.doi.org/10.21515/1990-4665-209-017>

Введение

В настоящее время повсеместное применение получают высокопроизводительные двигатели. Их использование является рациональным как в областях энергетики и транспорта, так и в области сельского хозяйства и перерабатывающей промышленности. Анализируя вопрос применения двигателей в агропромышленном комплексе следует отметить, что наибольшее распространение получили двигатели внутреннего сгорания используемые в наземных транспортно – технологических средствах. При этом, уступая по объемам, имеет место применение стационарных, высокопроизводительных двигателей – генераторов. Область применения высокопроизводительных двигателей обширна, а мощность двигателя подбирается исходя из производственных нужд. Подобные двигатели успешно применяются в оборудовании для орошения полей, при этом более мощные двигатели способны обеспечить бесперебойное функционирование доильных залов, а некоторые генерируют энергию, в объемах, достаточных для поддержания в рабочем состоянии автономно функционирующих ферм.

Отрасль двигателестроения, безостановочно развивается, к основным векторам совершенствования следует отнести: повышение мощностных характеристик, а также увеличение энергоемкости двигателей.

За последние годы выбросы в атмосферу превысили критическую отметку. Значительная доля от общего объема выбросов приходится на

отработавшие в процессе функционирования двигателей газов. Исходя из этого, особо остро стоит вопрос экологичности.

Следует отметить, что одним из приоритетных направлений остается вопрос повышения надежности. В настоящий момент современными учеными разработано огромное количество устройств для поддержания работоспособности и бесперебойного функционирования двигателей.

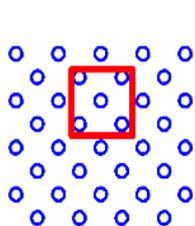
Предохранительные устройства разных конфигураций, обладающие разными конструктивными особенностями, получили широкое применение в двигателестроении. Особый интерес представляют предохранительные клапаны высокопроизводительных двигателей, обеспечивающих выброс накопленной, избыточной энергии.

Материалы и методы

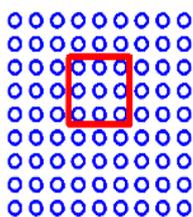
На основе проведенного анализа существующих конструкций предохранительных устройств, был спроектирован пламегаситель предохранительного клапана дизельного двигателя. Основной, принципиальной отличительной особенностью предлагаемого предохранительного устройства является комбинированная конструкция пламегасителя. 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. 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.

Для дальнейшего исследования вопроса эффективности и надежности, предлагаемого устройства, необходимым является уточнение

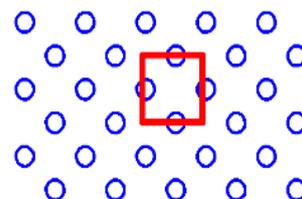
типоразмерных характеристик элементов конструкции, в том числе пламегасителя. Особого внимания заслуживает перфорированная лента и пружина, а именно их основные параметры. Рассматривая перфорированную ленту как элемент конструкции, следует отметить, что площадь проходного сечения является одним из основных параметров, влияющих на пропускную способность пламегасящего элемента, и эффективность работы клапана в целом. Исходя из этого первостепенной задачей является подбор оптимального вида перфорации пламегасящего элемента.



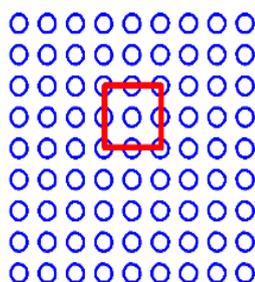
а



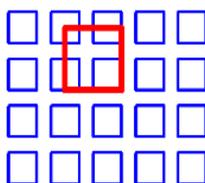
б



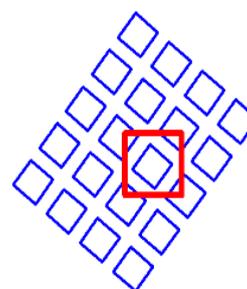
в



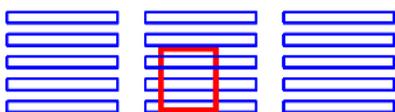
г



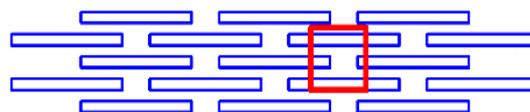
д



е



ж



з



а - тип RV; б - тип RG; в - тип RV; г - тип RG; д - тип Qg;
 е - тип Qd; ж - тип Lge; з - тип Lve; и - тип
 Треугольники; к - тип Sev

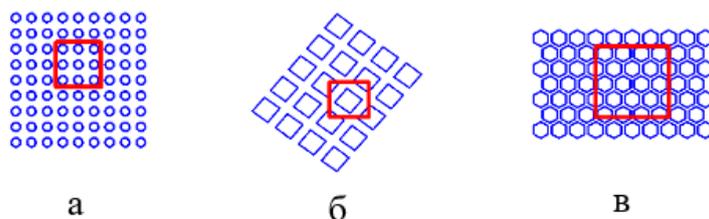
Рисунок 1 – Типы перфорации пламегасящего элемента

На рисунке 1 представлены основные, рекомендуемые типы перфорации. Для получения наиболее объективных результатов, анализировались перфорации разных типов, обладающие различными размерными характеристиками. Главным критерием при выборе оптимального, из представленных на рисунке 1, типа перфорации, является обеспечение требуемой площади проходного сечения отверстий, которая не должна быть меньше площади проходного сечения клапана. Кроме того, следует учитывать так же трудоемкость процесса изготовления, которая у всех типов перфорации различна. Не менее важной задачей при разработке предохранительного клапана является, проектирование пружины, посредством которой происходит выпуск избыточной энергии из картера и подаче его к пламегасящим элементам предохранительного устройства. Конструкция предохранительного клапана предполагает сужение пружины от основания, находящегося на уровне фланца, к ее вершине, базирующейся у крышки устройства. Таким образом геометрически, пружина имеет коническую форму, с отсеченной вершиной. Исходя из этого необходимым является уточнение радиуса нижнего и верхнего кольца, а также диаметра проволоки. На ряду с этим, существенным является число витков пружины. Не корректный выбор количества витков

может привести к выходу сверхнеобходимого объема энергии, в том числе за пределы корпуса устройства. Так же, может сложиться противоположная ситуация, при которой, выход пламени будет затруднен или невозможен, в этом случае накопленное давление в картере может спровоцировать взрыв.

Результаты исследования

Как отмечалось ранее, тип перфорации является одним из наиболее важных параметров, влияющих на пропускную способность пламегасителя. Главным критерием при выборе перфорации является обеспечение оптимальной площади проходного сечения. В рассматриваемом сегменте оптимальной будет считаться перфорация, характеризующаяся минимальным сопротивлением при выходе энергии из картера, обеспечивающая беспрепятственное протекание процесса теплообмена. Для дальнейших исследований в данной области и определения оптимального варианта, из представленных на рисунке 1 перфораций выбирали три разных по своей конфигурации типа. Выбор базировался на проведенном ранее статистическом анализе применения перфорации в машиностроении. К дальнейшему исследованию приняли перфорации представленные на рисунке 2, которые получили широкое применение в различных областях промышленности. Кроме того, следует отметить, наименьшую стоимость изготовления данных типов перфорации в сравнении с остальными вариантами.



а-RV Ø3/2,5/2,5; б-RG Ø2/3,5/3,5; в-Sev2/2,5

Рисунок 2 - Выбранные типы перфорации

Для выбранных типов перфорации был проведен расчет диаметра проходного сечения для выявления оптимального варианта. Расчет проводили по формуле 1.

$$S_{bl} = \pi \cdot d_{\pi} \cdot h_{\pi} \cdot S_{\text{перф}} \quad (1)$$

где

d_{π} – диаметр витка ленты;

h_{π} – высота перфорационной ленты;

$S_{\text{перф}}$ – площадь проходного сечения листа.

Следует отметить, что при расчетах, диаметр витка ленты для всех типов перфорации был идентичен и составлял 133,5мм, вместе с тем, высота ленты так же была равнозначной для всех образцов и составляла 33 мм. Данные показатели обусловлены типоразмерными характеристиками предохранительного устройства. В результате проведенного расчета были получены данные, определяющие диаметр проходного сечения витка для трех типов перфорации.

Основываясь на полученных данных, была построена сравнительная диаграмма, представленная на рисунке 3, демонстрирующая, что площадь проходного сечения листа оказывает влияние на диаметр проходного сечения витка, который является основным показателем, влияющим на теплоприёмную способность пламегасителя в целом.

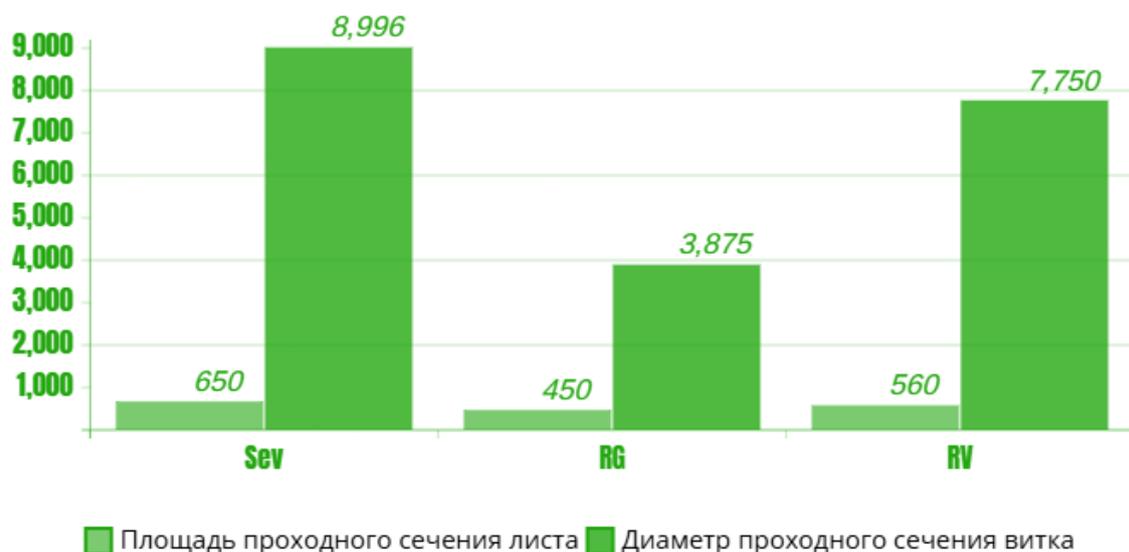


Рисунок 3 – Сравнительная диаграмма основных параметров разных типов перфорации

В рассматриваемом случае имеет место прямая корреляция значений, то есть с увеличением площади сечения листа, происходит увеличение площади сечения витка. Исходя из этого и с учетом полученных в результате расчетов данных, для проектируемой конструкции клапана мы выбираем тип перфорации Sev $2/2,5 \approx 65 \text{ мм}^2$, так как остальные типы не обеспечивают требуемую площадь проходного сечения.

Пружина, являющаяся частью пламегасящего элемента предохранительного клапана двигателя, определяется качественными, количественными и типоразмерными показателями. Учитывая, что процесс выпуска газов не изменился, а параметры выпуска, соответственно, остались прежними, кардинальных изменений в типоразмерные характеристики пружины не требовалось. На рисунке 4 представлен эскиз пружины для модернизированного предохранительного клапана.

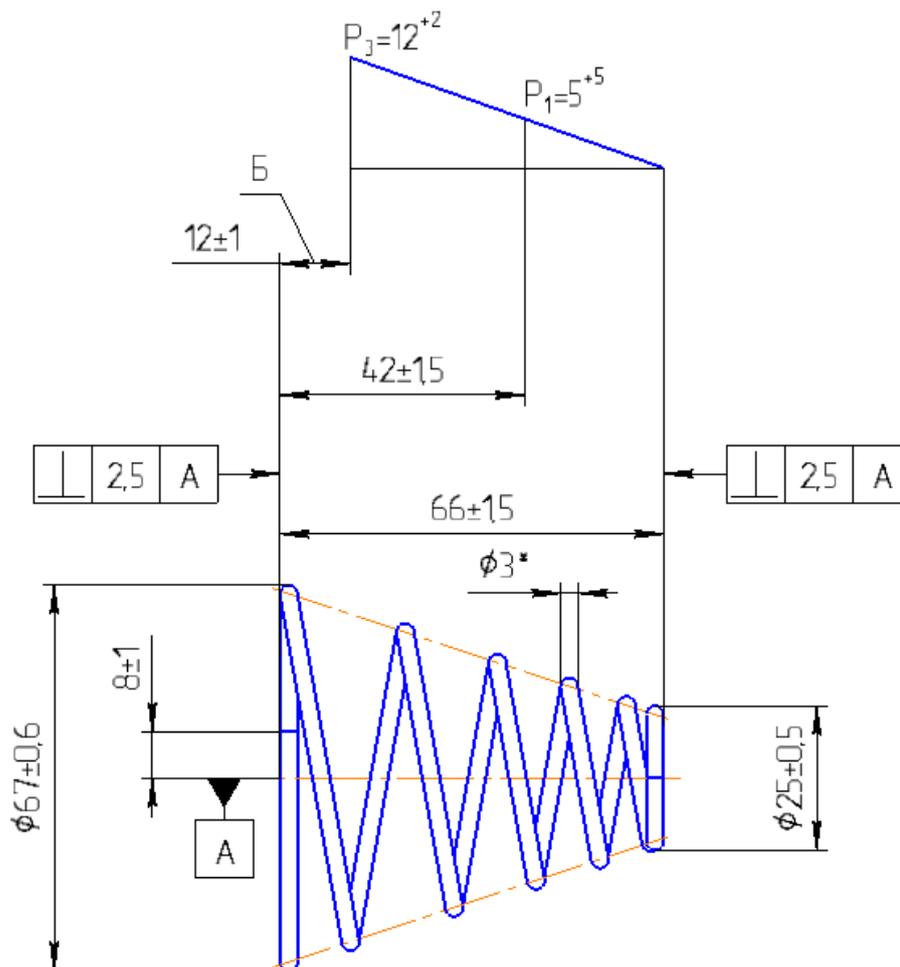


Рисунок 4 - Эскиз пружины для модернизированного предохранительного клапана

Для удовлетворения основного требования, а именно, моментального срабатывания клапана при превышении давления в картере на 0,02 МПа, для пружины были подобраны оптимальные параметры. Радиус колец приняли равными: 32 мм для большего кольца и 11 мм для меньшего, модуль сдвига составил 8000 кг/мм², при этом оптимальным является 4,5 витка 3мм проволоки Б-2-3,0 (ГОСТ 9389-75).

Заключение

В результате проведенных расчетов был подобран оптимальный тип перфорации пламегасителя модернизированного предохранительного клапана. В рассматриваемом случае для обеспечения требуемой площади проходного сечения принята к использованию в конструкции перфорация типа Sev 2/2,5 \approx 65 мм². Пружину для предохранительного клапана, решено выполнить из проволоки Б-2-3,0 32 мм. Основные параметры пружины, так же были рассчитаны, и представлены в «результатах исследования». Имеющихся материалов достаточно для разработки конструкторской документации и дальнейшего создания экспериментального образца, предлагаемого предохранительного устройства.

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.
2. Жбанов Н.С. Модернизированный предохранительный клапан 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 setevoj jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2025.
2. Zhbanov N.S. Modernizirovannyj predohranitel'nyj klapan vysokoproizvoditel'nyh dvigatelej // Politematicheskij setevoj jelektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta. 2025.