

## СЕПАРАТОРЫ «ALFA LAVAL» ДЛЯ ОЧИСТКИ КАРТЕРНЫХ ГАЗОВ

М.Н. Березин  
ОАО «Альфа Лавль Поток»

Компания «Alfa Laval» является мировым лидером в сфере технологий теплопередачи, сепарации и работы с жидкими и газообразными средами.

Системы «Alfa Laval», интегрированные в дизельные и газовые двигатели для горнодобывающей, железнодорожной, энергетической и других отраслей промышленности по всему миру, обеспечивают требуемые эксплуатационные качества в течение всего срока службы двигателей.

В статье приводится описание сепараторов масляного тумана Alfdex и Pure Vent, которые поддерживают максимальную производительность турбокомпрессоров и охладителя наддувочного воздуха в замкнутых системах вентиляции картеров.

### Картерные газы — проблема

Картерные газы образуются в двигателе в результате смешивания продуктов горения топлива, прорывающихся в картер из камеры сгорания через неплотности сопряжения поршень—цилиндр и масляного тумана, образующегося в картере в результате слива смазочного масла из подшипников кривошипно-шатунного механизма, смазываемых под давлением. По составу они представляют собой химически агрессивную взрывоопасную аэрозольную структуру, которая накапливается в картере под избыточным давлением. Для предотвращения увеличения давления в картере и обеспечения безаварийной работы двигателя картерные газы должны непрерывно удаляться. Они могут быть удалены в окружающую среду или направлены во впускной коллектор. В современных дизельных двигателях рециркуляция обычно является единственным возможным решением, так как выброс картерных газов непосредственно в окружающую среду будет запрещен в большинстве стран. Рециркуляция картерных газов во впускную систему двигателя обеспечивает их сжигание в камере сгорания вместе с топливом. Однако если подавать во впускной коллектор дизельного двигателя, без очистки используя так называемую закрытую систему вентиляции картера, то могут возникнуть неполадки в работе систем впуска и наддува, так как эти газы содержат аэрозоль масла и сажу. Надежность работы клапанного механизма, а

также эффективность турбокомпрессора и промежуточного охладителя воздуха резко падает из-за нагарных отложений.

### Решение Alfdex

Сепаратор масляного тумана Alfdex — это уникальный продукт, который реализует технологию центробежной сепарации для очистки картерных газов в системе вентиляции картера дизельных двигателей. Он отделяет капли масла и сажу от картерных газов и возвращает в масло в систему смазки. Очищенные газы могут быть направлены во впускной коллектор или в атмосферу.

Конструкция Alfdex сочетает уникальный опыт «Alfa Laval» в разработке промышленных центробежных сепараторов и ноу-хау Haldex, которая является стабильным поставщиком для мировой автомобильной промышленности. Сепараторы Alfdex разработаны для дизельных двигателей объемом 5–16 л.

Сепаратор масляного тумана Alfdex является неразборным и не требует технического обслуживания во время срока службы двигателя.

**Принцип работы и конструкция.** Картерный газ проходит через вращающийся пакет тарельчатых дисков, где под действием центробежных сил происходит отделение масла и частиц сажи от газа. Скорость вращения пакета тарельчатых дисков составляет от 6000 до 9000 об/мин, поэтому загрязненные аэрозолем и сажой картерные газы подвергаются центробежному ускорению, которое достигает  $25\,000\text{ м/с}^2$ , т. е.  $2500\text{ g}$ , под действием которого капли масла отделяются от газа. Конструкция сепаратора приведена на рис. 1. Привод пакета тарельчатых дисков осуществляется

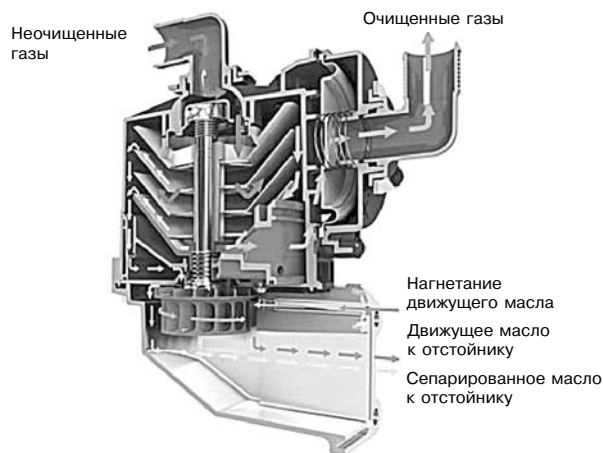


Рис. 1. Конструкция сепаратора

гидравлической турбиной, приводимой смазочным маслом двигателя. Сопло формирует и направляет струю масла к турбине, после чего приводное масло возвращается в масляный поддон. Отделенное от потока картерных газов масло также сливается обратно в маслосборник или картер. Очищенный газ из выпускного отверстия агрегата подается во впускной коллектор двигателя. Пакет тарелок одновременно с работой в качестве сепараторного модуля выполняет функции вытяжного вентилятора, выкачивающего газы из картера, что исключает увеличение давления в системе. Клапан контроля внутреннего давления обеспечивает поддержание давления в картере в заданном рабочем диапазоне вне зависимости от изменений давления во впускном коллекторе.

*Предохранительный клапан* необходим, если подключение линии чистого газа осуществляется на участке между воздушным фильтром и турбиной. Клапан обеспечивает автоматическое ограничение давления на выходе из сепаратора так, чтобы давление на входе в сепаратор не падало ниже — 2000 Па, когда давление в воздухозаборном коллекторе значительно выше — 5000 Па.

*Размер сопла* приводного масла определяет расход масла из системы смазки двигателя.

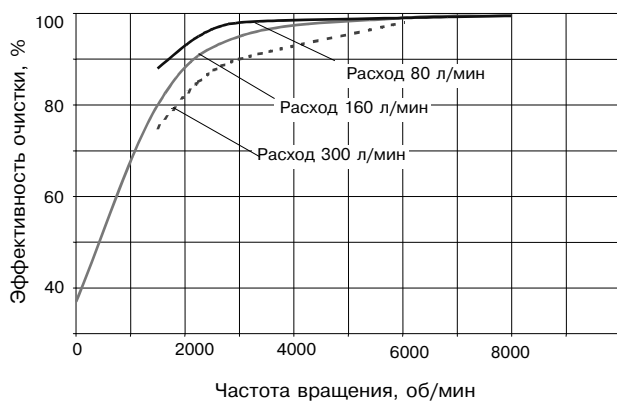


Рис. 2. Зависимость эффективности очистки от частоты вращения при различных расходах

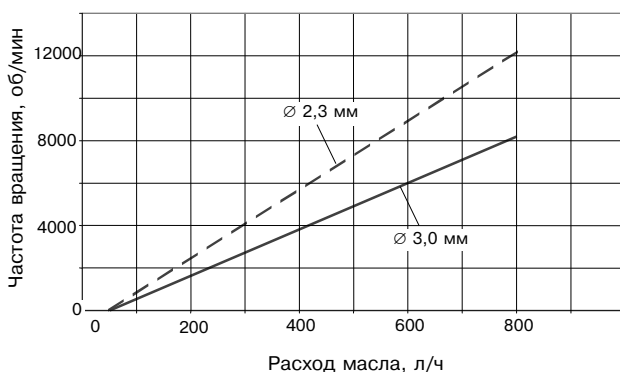


Рис. 3. Зависимость частоты вращения от расхода масла для различных сопел

Использование сопла большего размера увеличивает скорость вращения сепаратора, но это может привести к разгрузке системы смазки двигателя, вызывая некоторое падение давления в системе.

Эффективность очистки зависит главным образом от скорости вращения дисков, но также и от других факторов, таких как расход картерного газа и его состав, а также размер частиц сажи и масла.

На рис. 2 и 3 представлены диаграммы для иллюстрации зависимости эффективности очистки газов от скорости вращения сепаратора. Диаграммы построены для моторного масла при температуре 100 °С.

Графики на рис. 3 соответствуют данным для одного малого ( $\varnothing 2,3$  мм) и одного большого ( $\varnothing 3,0$  мм) сопла, но оптимальный размер сопла должен всегда выбираться вместе с представителями Alfdex.

В общем случае предпочтительный рабочий диапазон частоты вращения должен быть выше 5000 об/мин.

Пакет тарельчатых дисков работает как вытяжной вентилятор, что закономерно приводит к незначительному разрежению на входе в сепаратор. Изменение давления на входе в сепаратор в зависимости от частоты вращения и расхода масла приведено на рис. 4.

**Монтаж.** Имеется два основных варианта исполнения сепаратора: вариант для установки на блоке или автономный вариант с подсоединением посредством шлангов для обеспечения масляного привода и слива (рис. 5).

На автономном модуле имеется три монтажных отверстия для установки агрегата на двигателе. При монтаже сборка нижнего корпуса может быть повернута в любом направлении относительно верхнего корпуса. Входное устройство впуска газа и выпускные патрубки также могут быть развернуты в любом направлении. Для

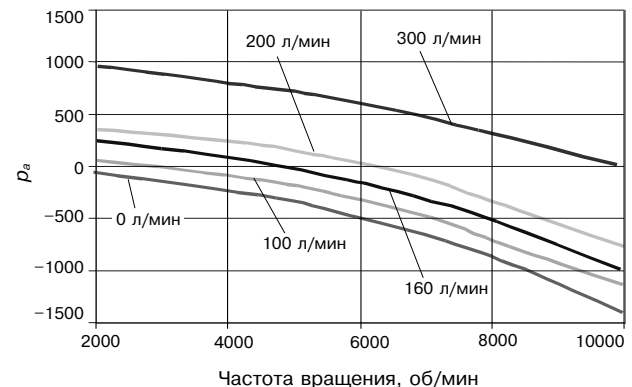


Рис. 4. Изменение давления перед сепаратором в зависимости от скорости вращения для разных расходов

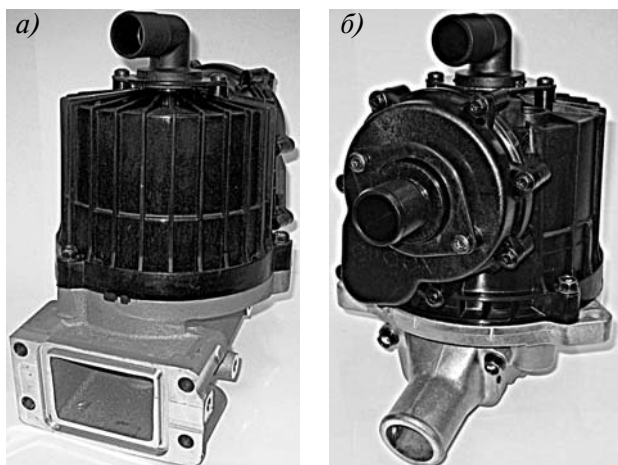


Рис. 5. Варианты исполнения сепаратора:  
а — для установки на блоке; б — автономный

Таблица 1

### Технические характеристики сепараторов Alfdex

Эксплуатационный диапазон температуры окружающего воздуха, °С	от -40 до +125
Температура масла, °С	от -40 до +130
Максимальное давление масла, бар	8
Минимальная рабочая температура масла (в зависимости от типа масла), °С	~0
Температура газа, °С	от -40 до +130
Максимальное отклонение:	
монтаж на блок	±30°
автономный	±20°
Расход газа, постоянный, л/мин	160
Максимальный расход газа, кратковременный (в зависимости от типа монтажа), л/мин	≥ 240
Максимальный перепад давления $\Delta p$ между точкой выпуска газа и точкой возврата приводного масла, Па	500

варианта установки на блоке конструкция нижнего корпуса разрабатывается и изготавливается с учетом требований заказчика.

Технические характеристики сепаратора приведены в табл. 1.

Сепараторы Alfdex были разработаны для автомобильных дизелей и в настоящее время являются новым изделием, ориентированным на охрану окружающей среды. Одной из первых началу установку масляных сепараторов Alfdex на своих грузовиках фирма «Scania» еще в 2005 г. Сегодня около 15 тыс. грузовых автомобилей в год оснащаются системами на основе этой новой технологии. Масляный сепаратор Alfdex все еще является дополнительным оборудованием. Однако ситуация, несомненно, изменится. Уже сегодня система Alfdex устанавливается на всех грузовиках «Scania», соответствующих стандарту Евро 5. Кроме фирмы «Scania» сепараторы Alfdex устанавливают на свои двигатели «Volvo», «Detroit Diesel», «Mitsubishi Fuso», «Mercedes-Benz».

### Решение Pure Vent

Агрегат PureVent представляет собой компактный центробежный сепаратор, разработанный для очистки картерных газов судовых установок и дизель-генераторах.

Принцип его работы аналогичен принципу работы системы Alfdex, которая используется для очистки картерных газов двигателей грузовиков и автобусов.

Компактная конструкция Pure Vent состоит из заключенного в алюминиевый корпус пакета тарелок, изготавливаемых из специального композиционного материала. Вращение пакета тарелок осуществляется электродвигателем.

Картерный газ поступает в основание сепаратора и проходит через пакет дисков сепаратора, где под действием центробежной силы масло и сажа отбрасываются к периферии и собираются на внутренней поверхности стенки барабана.

Очищенный картерный газ может впоследствии выпускаться в атмосферу, а собранное масло направляется на рециркуляцию для повторного использования или подвергается осушению и очистке перед повторным использованием.

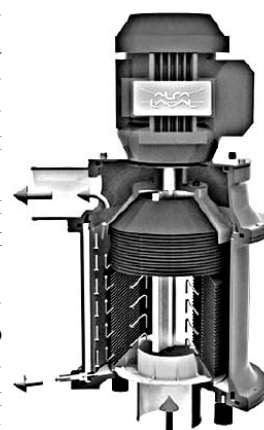
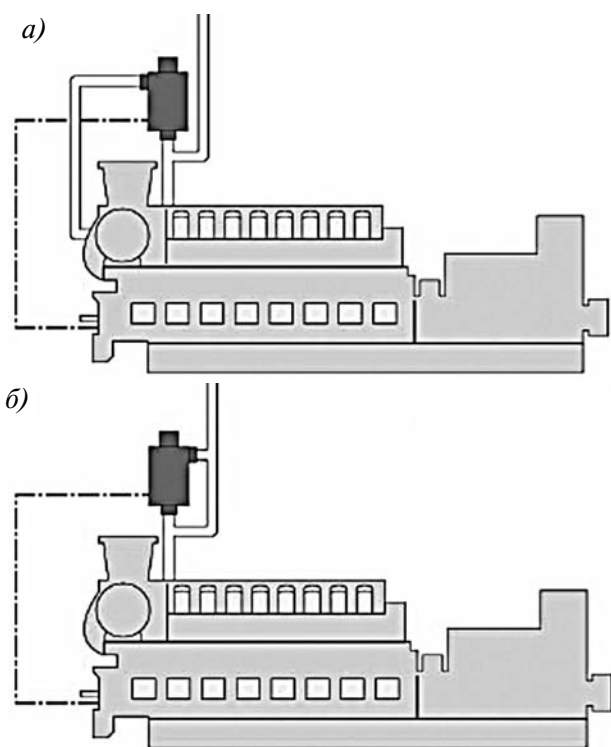


Рис. 6. Конструкция агрегата Pure Vent

Таблица 2

### Технические характеристики Pure Vent

Производительность, м <sup>3</sup> /ч	Max 800
Температура газа на входе, °С	Max 80
Номинальная производительность, м <sup>3</sup> /ч	150
Степень очистки при номинальном потоке, %	98
Уровень шума, dB (A)	78
<b>Размеры и вес</b>	
Высота × длина × ширина, мм	698×342×401
Вес, кг	39
<b>Окружающие условия</b>	
Температура окружающей среды, °С	+5 ... +50
Шкаф управления, °С	0 ... +30
<b>Электрическая система</b>	
Напряжение, В	380–480
Частота, Гц	50 или 60
Мощность, кВт	1,5
<b>Сепаратор</b>	
Частота вращения, об/мин	7200
Количество дисков	185
Корпус	Алюминий
Время разгона, с	15
Время остановки, с	60
Монтаж	Max 30° от вертикали



**Рис. 7. Пример системы вентиляции картера с фильтрацией газа:**

*a* — замкнутая и *b* — открытая системы вентиляции картера

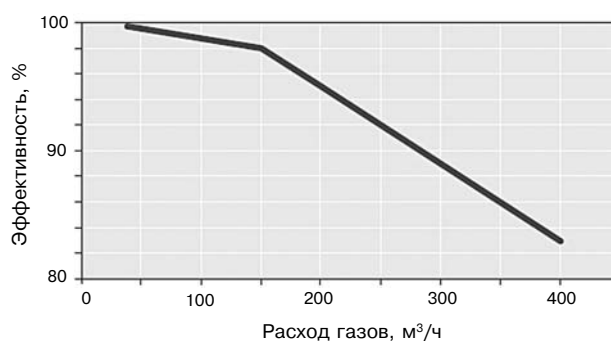
Техническая характеристика агрегатов Pure Vent приведена в табл. 2.

В дизельных или стационарных силовых установках на основе газовых двигателей очищенный картерный газ из Pure Vent выпускается как правило в атмосферу. Однако имеется также возможность направить очищенные картерные газы Pure Vent в турбокомпрессор двигателя.

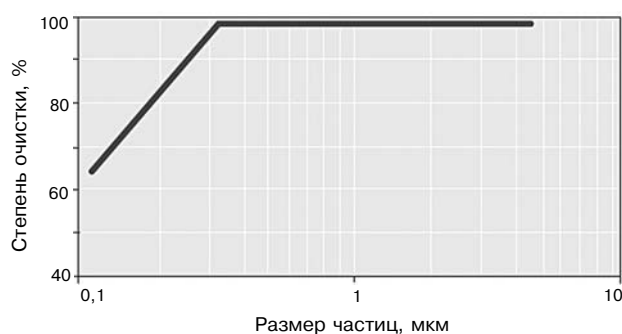
Варианты подключения агрегата Pure Vent для вентиляции картера стационарных и судовых установок приведены на рис. 7.

Высокое качество очистки картерных газов является гарантией того, что применение замкнутой системы вентиляции картера способствует повышению рабочих характеристик двигателя и исключает риск загрязнения турбокомпрессора или накопления масла в промежуточном охладителе.

На рис. 8 и 9 приведены характеристики эффективности очистки картерных газов от аэрозолей масла и сажи в зависимости от расхода очищаемого газа и геометрических размеров частиц. Приведенные данные позволят констру-



**Рис. 8. Эффективность сепарации в зависимости от расхода газа**



**Рис. 9. Степень очистки при расходе газа 90 м³/ч**

торам двигателей правильно выбрать режим работы и количество сепараторов Pure Vent для применения в системах вентиляции картера.

К преимуществам агрегатов Pure Vent относятся:

- ✓ удаление более 98 % масляного тумана;
- ✓ исключение необходимости в применении фильтров и отсутствие каких-либо масляных отходов для утилизации;
- ✓ отсутствие отрицательного воздействия на рабочие характеристики двигателя;
- ✓ компактность;
- ✓ способность к эксплуатации в течение двух лет без технического обслуживания.

Обладая 120-летним опытом работы, компания Alfa Laval является мировым лидером в сфере технологий теплопередачи, сепарации и работы с жидкими и газообразными средами.

Системы «Alfa Laval», интегрированные в дизельные и газовые двигатели для горнодобывающей, железнодорожной, энергетической и других отраслей промышленности по всему миру, обеспечивают требуемые эксплуатационные качества в течение всего срока службы двигателей.