

## ПОДБОР ВЕНТИЛЯТОРНОЙ ГОРЕЛКИ\*

Любая вентиляторная горелка является составной и неотъемлемой частью оборудования по производству тепла - теплогенератора. Эффективность и долговечность работы теплогенератора во многом зависит от правильного подбора горелочного устройства.

Подбор горелки необходимо начать со сбора информации о теплогенераторе, на который предполагается установка, и о системе топливоподачи. Потребуется следующая информация:

- Полная или полезная тепловая мощность теплогенератора;
- Аэродинамическое сопротивление теплогенератора;
- Тип теплогенератора;
- Вид и характеристики топлива;
- Тип регулирования установленной мощности;
- Высота над уровнем моря и средняя температура воздуха в месте установки горелки.

### Полная или полезная тепловая мощность теплогенератора

Полная тепловая мощность представляет собой тепловую энергию, которая образуется при сжигании топлива в камере сгорания теплогенератора в единицу времени.

Полезная тепловая мощность представляет собой тепловую энергию, которую теплогенератор может фактически передать в систему теплоснабжения в единицу времени.

Обычно тепловая мощность измеряется в кВт или ккал/ч.

Разница между полной и полезной тепловой мощностью - это та часть тепловой энергии, которая теряется с уходящими дымовыми газами и через изоляцию теплогенератора.

Отношение полезной тепловой мощности к полной тепловой мощности называется коэффициентом полезного действия теплогенератора (КПД) и выражается в процентах:

$$\eta_{100\%} = \frac{Q_{\text{полезное}}}{Q_{\text{полное}}} \times 100\%$$

Обычно производители теплогенераторов указывают в технической документации на теплогенератор значения полезной тепловой мощности и КПД. Если КПД теплогенератора неизвестен, его можно принять равным 0,9 (для современных теплогенераторов европейского производства). Таким образом можно определить значение полной тепловой мощности:

$$Q_{\text{полное}} = \frac{Q_{\text{полезное}}}{0,9}$$

Если из всех параметров нам известна только производительность по пару, которая обычно выражается в килограммах в час или в тоннах в час, полную тепловую мощность парового котла можно рассчитать по следующей формуле:

$$Q_{\text{полное}} = \frac{G_v C_p (T_{\text{пар}} - T_{\text{вода}}) + G_v C_{\text{LATVAP}}}{\eta}$$

где:

$G_v$  - массовый расход пара (кг/с);

$C_p$  - удельная теплоемкость при постоянном давлении (кДж/кг °С);

$T_{\text{пар}}$  - температура пара (°С);

$T_{\text{вода}}$  - температура воды (°С);

$C_{\text{LATVAP}}$  - скрытое тепло, затрачиваемое на испарение воды (кДж/кг);

$\eta$  - КПД парогенератора.

### Аэродинамическое сопротивление теплогенератора

По принципу работы теплогенераторы можно разделить на два типа:

1. работающие под небольшим или нулевым разрежением в камере сгорания (негазоплотные);
2. у которых при работе давление в камере сгорания выше атмосферного (газоплотные).

\* Подробно эта тема рассмотрена в нашем издании "Азбука горения". Информацию о нем спрашивайте в Представительстве "RIELLO S.p.A."

## подбор вентиляторной горелки

В негазоплотных теплогенераторах поток участвующего в горении воздуха и поток продуктов сгорания зависят от тяги, создаваемой дымоходом. Тяга, как известно, возникает в результате разницы температур дымовых газов и внешнего воздуха и/или благодаря системе принудительного дымоудаления.

В теплогенераторах обоих типов участвующий в горении воздух подается вентилятором, который в горелках моноблочного типа встроен непосредственно в саму горелку.

Производительность теплогенератора сильно зависит от его аэродинамического сопротивления. Теоретически при увеличении сопротивления по тракту дымовых газов теплообмен интенсифицируется и, как следствие, увеличивается КПД теплогенератора. Однако, чтобы преодолеть такое сопротивление, приходится увеличивать мощность вентилятора и, соответственно, - стоимость теплофикационной установки.

Значение аэродинамического сопротивления (сопротивление камеры сгорания) указывается в технической документации на теплогенератор.

### Тип теплогенератора

При выборе горелки очень важно знать конструкцию теплогенератора и геометрические параметры его камеры сгорания. В большинстве случаев теплогенераторы имеют одну из двух конструкций:

- с прямым ходом дымовых газов (3-х ходовые теплогенераторы);
- с инверсионным ходом дымовых газов (2-х ходовые теплогенераторы).

Для теплогенераторов обоих типов производитель должен указывать в технической документации минимальную длину головки горелки, необходимую для создания оптимальных условий процесса горения. Это значение определяется в испытательной лаборатории экспериментальным путем. При отсутствии этих данных с большой долей вероятности можно принимать, что:

- для 3-х ходовых теплогенераторов край головки горелки не должен находиться ближе внутренней плоскости фронтальной стены камеры сгорания;
- для 2-х ходовых теплогенераторов край головки горелки не должен находиться ближе той точки, где дымовые газы совершают свой второй поворот; в противном случае пламя горелки затягивается в дымогарные трубы, вызывает их перегрев и преждевременное разрушение.

Горелки RIELLO максимально приспособлены для адаптации длины головки к различным типам теплогенераторов. В горелках серии Gulliver (BS, BSD, BKG, BGD) предусмотрен подвижный фланец горелки, с помощью которого можно варьировать длину головки горелки в некотором диапазоне. Почти все серии горелок RIELLO поставляются в версиях со стандартной или удлиненной головкой. Причем, для получения промежуточной длины головки (между стандартной и удлиненной) предусмотрена специальная ограничительная вставка (см. раздел "Дополнительные принадлежности").

Определив длину головки горелки, следует проверить соответствие геометрических параметров камеры сгорания и факела горелки. При работе на максимальной мощности факел горелки не должен соприкасаться со стенками камеры сгорания. В противном случае может произойти локальный перегрев стенки и преждевременный выход ее из строя. В испытательной лаборатории RIELLO получены графики зависимости геометрических параметров факела от мощности горелки.

В качестве геометрических характеристик производители теплогенераторов указывают в своей технической документации длину и диаметр камеры сгорания.

Для упрощения процедуры подбора горелки к теплогенераторам в этом каталоге на стр. 445 представлены таблицы подбора горелок RIELLO к водогрейным котлам RIELLO и водогрейным котлам некоторых отечественных производителей. В таблицах уже учтена длина головки, требуемая для данной модели котла.

### Вид и характеристики топлива

Обычно на этапе подбора горелки вид используемого топлива уже известен. Для выбора горелки и системы топливоподачи потребуется следующая информация:

#### Для газообразного топлива

- низшая теплотворная способность топлива ( $\text{ккал/нм}^3$  или  $\text{кДж/нм}^3$ );
- динамическое давление газа в месте присоединения питающего газопровода.

Подобную информацию можно получить в местной газоснабжающей организации.

#### Для жидкого топлива

- низшая теплотворная способность жидкого топлива ( $\text{ккал/кг}$  или  $\text{кДж/кг}$ );
- кинематическая вязкость жидкого топлива ( $^\circ\text{E}$  или  $\text{сСт}$  или  $\text{мм}^2/\text{с}$  при определенной температуре).

Подобную информацию можно получить у поставщика жидкого топлива.



### Тип регулирования установленной мощности

Перед выбором модели горелки необходимо определиться с типом регулирования ее мощности.

Существуют следующие типы регулирования:

- одноступенчатый;
- двухступенчатый или трехступенчатый;
- двухступенчатый прогрессивный или модуляционный.

Для водогрейных котлов системы отопления целесообразно использовать следующие типы регулирования:

- одноступенчатый (при полной тепловой мощности котла не более 100 кВт);
- двухступенчатый (при полной тепловой мощности котла от 100 до 4000 кВт);
- модуляционный (при полной тепловой мощности котла свыше 4000 кВт).

Для промышленных теплогенераторов могут использоваться горелки с любыми типами регулирования. Выбор делается в зависимости от конкретной производственной необходимости и экономической целесообразности. На стр. 11 представлены некоторые области применения горелок RIELLO.

### Высота над уровнем моря и средняя температура воздуха в месте установки горелки

Влияние этих факторов на рабочий диапазон горелки подробно рассмотрено в пособии "Азбука горения", изданном Представительством концерна "RIELLO S.p.A." в 2002 г. Опыт показывает, что в большинстве случаев этими факторами можно пренебречь, приняв, что горелка установлена на высоте 100 м над уровнем моря и работает при атмосферном давлении 1013,5 мбар и температуре воздуха 20 °С. Однако при значительном отличии реальных параметров от вышеозначенных при выборе горелки следует учесть влияние этих факторов.

### Особенности систем топливоснабжения и подбора горелок на различных видах топлива

#### Газовые горелки

Для работы газовой горелки необходимым и обязательным условием является наличие газовой арматуры. Это устройство обеспечивает безопасную подачу газа на горелку в необходимом количестве с требуемым давлением. А также обеспечивает надежное отключение газа при возникновении аварийной ситуации. Подробнее о газовой арматуре можно узнать в разделе "Дополнительное оборудование для газовых и комбинированных горелок" на стр. 127. Эксплуатация газовых горелок без газовой арматуры запрещена.

При включенной горелке вибрация от работающего вентилятора передается через жесткое соединение на подающий газопровод. Длительное вибрационное воздействие может стать причиной возникновения неплотности в соединительных элементах газопровода. Рекомендуется разделять газовую горелку с газовой арматурой и подающий газопровод специальной антивибрационной вставкой, которая представляет собой гофрированный участок трубопровода соответствующего диаметра.

#### Подбор газовой арматуры к газовой или двухтопливной горелке

Для подбора газовой арматуры (мультиблока или рампы) к горелке нам потребуется следующая информация:

1. *Максимальная мощность горелки* (обычно равна полной тепловой мощности  $Q_{пол}$  теплогенератора см.стр. 21)
  2. *Модель горелки* (определяется исходя из максимальной мощности горелки и требуемого типа регулирования мощности)
  3. *Аэродинамическое сопротивление теплогенератора при максимальной мощности* (указывается в технических характеристиках теплогенератора)
- В качестве примера рассмотрим подбор газовой рампы для двухступенчатой горелки **RS 130**, устанавливаемой на водогрейный котел RIELLO модели **RTQ 1000**.

Технические характеристики котла RTQ 1000:

*Полная тепловая мощность - 1277 кВт.*

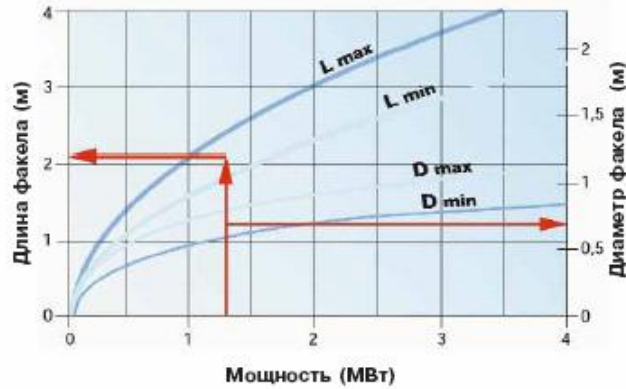
*Аэродинамическое сопротивление - 6,8 мбар.*

*Минимальная длина головки горелки - 270 мм.*

*Длина камеры сгорания - 2050 мм.*

*Диаметр камеры сгорания - 800 мм.*

## подбор вентиляторной горелки



В первую очередь следует убедиться, что данная модель горелки может использоваться с котлом RTQ 1000.

Проверим соответствие геометрических параметров факела горелки и камеры сгорания котла.

По графику определяем среднюю длину и диаметр факела при максимальной мощности горелки.

$L_{\text{факела}} - 2,1 \text{ м}$

$D_{\text{факела}} - 0,7 \text{ м}$

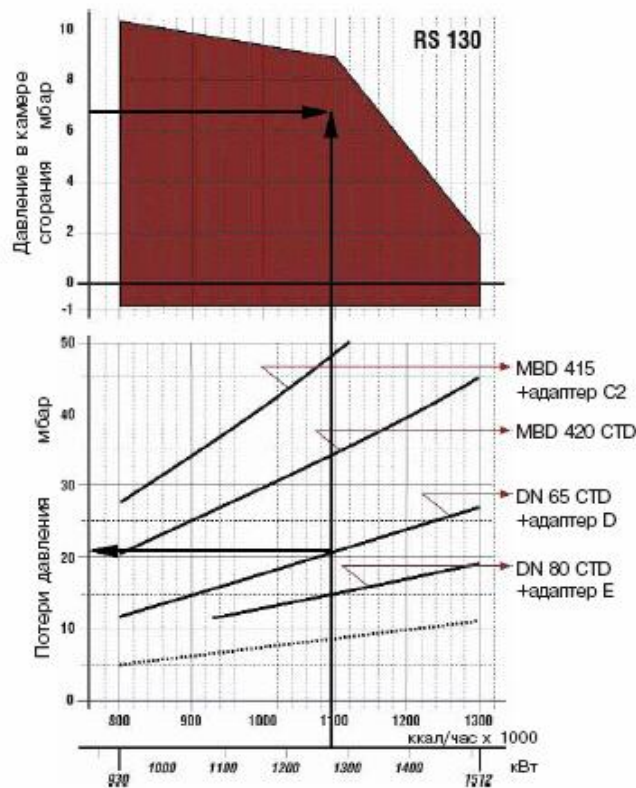
Эти данные не превышают размеров камеры сгорания.

Проверим, попадают ли характеристики котла в рабочую область горелки. Проведя вертикальную линию из точки, соответствующей полной тепловой мощности котла, до значения аэродинамического сопротивления, видим, что рабочая точка попадает в рабочий диапазон горелки.

На диаграмме видно, что при требуемой мощности с горелкой **RS 130** можно использовать любую представленную на диаграмме газовую арматуру.

Для определения минимально необходимого давления газа перед газовой рампой определим суммарные потери давления для любой газовой рампы (например **DN 65 CTD**).

Суммарные потери на газовой рампе и головке горелки при максимальной мощности составляют 21 мбар. Поскольку представленная диаграмма рассчитана для газа G20 (100% метан), необходимо ввести поправку на используемый нами газ.



## подбор вентиляторной горелки

Потери давления на газовой рампе для используемого нами газа можно рассчитать по формуле:

$$\Delta P = \Delta P_{G20} \left( \frac{W_{G20}}{W} \right)^2$$

где:

$W_{G20}$  и  $W$  - числа Воббе (высшие), соответственно, газа G20 и используемого Вами газа;  
 $\Delta P_{G20}$  и  $\Delta P$  - потери давления на газовой рампе, соответственно, для газа G20 и для используемого Вами газа.

Число Воббе является одной из характеристик качества газа. Значение этого параметра можно узнать в местной газоснабжающей организации.

Для природного газа, используемого в Москве, значение числа Воббе (высшего) составляет примерно - 11500 ккал/нм<sup>3</sup>.

Для газа G20 значение числа Воббе (высшего) составляет примерно - 12451 ккал/нм<sup>3</sup>.

Таким образом, потери на газовой рампе, рассчитанные по диаграмме, необходимо скорректировать на коэффициент 1,17.

$$\Delta P = 21 \times 1,17 \approx 24,5 \text{ мбар}$$

К потерям давления на газовой рампе необходимо добавить величину аэродинамического сопротивления теплогенератора 6,8 мбар. и 1 мбар (резерв).

В итоге величина минимального необходимого динамического давления газа перед газовой рампой составит около 32 мбар.

Теперь необходимо проверить диапазон работы пружины стабилизатора давления газа. Стандартно устанавливается пружина, обеспечивающая давление на выходе из стабилизатора не более 25 мбар. Нам необходимо определить давление, которое будет поддерживаться на выходе из стабилизатора при максимальной мощности горелки. Искомая величина давления равна суммарным потерям давления от точки выхода из стабилизатора давления до точки выхода дымовых газов из котла.

$$H_{\text{вых}} = H_{\text{б.к.}} + H_{\text{г.г.}} + H_{\text{с.к.}}$$

где:

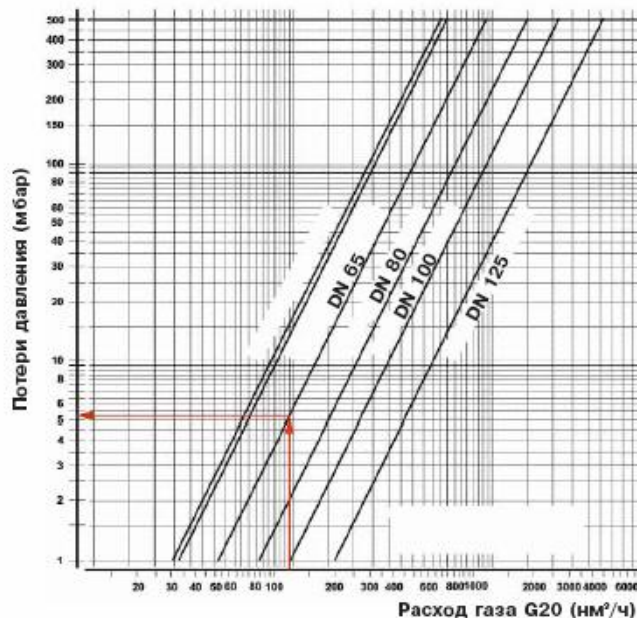
$H_{\text{вых}}$  - давление на выходе из стабилизатора;

$H_{\text{б.к.}}$  - потери давления на блоке клапанов (входит в состав газовой арматуры);

$H_{\text{г.г.}}$  - потери давления на головке горелки;

$H_{\text{с.к.}}$  - аэродинамическое сопротивление теплогенератора.

Потеря давления на блоке клапанов определяется с помощью диаграммы. На диаграмме изображена зависимость потери давления от расхода газа через блоки клапанов различных типоразмеров.





## подбор вентиляторной горелки

Максимальный расход газа через блок клапанов определяется по формуле:

$$G_{\text{max}} = \frac{Q_{\text{полное}}}{HTC} \quad (\text{нм}^3/\text{ч})$$

где:

$Q_{\text{полное}}$  - максимальная мощность горелки (нм<sup>3</sup>/ч);

HTC - низшая теплотворная способность газа (ккал/нм<sup>3</sup>).

Диаграмма построена для газа G20, и в расчетах мы будем использовать значение низшей теплотворной способности для этого типа газа - 8600 ккал/нм<sup>3</sup>.

Таким образом, максимальный расход газа в нашем примере составит:

$$G_{\text{max}} = \frac{1277 \times 859}{8600} \approx 128 \text{ нм}^3/\text{ч}$$

По диаграмме находим потери на блоке клапанов с условным проходом Ду 65 - 5,5 мбар. Скорректируем эти потери для природного газа, используемого в Москве:

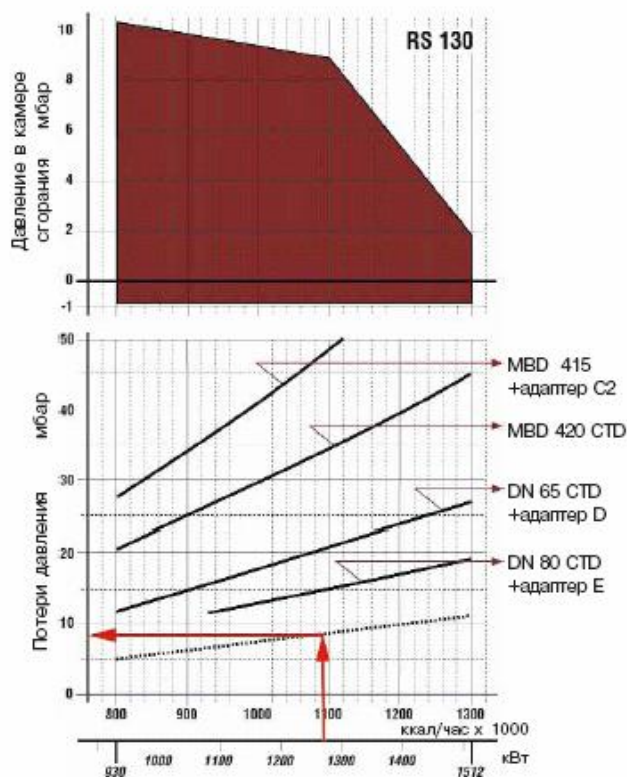
$$H_{\text{б.к.}} = 1,17 \times 5,5 \approx 6,4 \text{ мбар}$$

Потери давления на головке горелки определяются по диаграмме подбора газовых рамп.

Пунктирная линия на диаграмме является графиком потерь давления на головке горелки. По диаграмме находим величину потерь - 8 мбар.

Скорректируем эти потери для природного газа, используемого в Москве:

$$H_{\text{з.г.}} = 1,17 \times 8 \approx 9,4 \text{ мбар}$$



Таким образом, давление на выходе из стабилизатора давления в нашем примере составит:

$$H_{\max} = 6,4 + 9,4 + 6,8 = 22,6 \text{ мбар}$$

Эта величина не превышает стандартно установленную в 25 мбар. В противном случае следовало бы заменить пружину стабилизатора. Для подбора пружины обратитесь к подразделу "Дополнительное оборудование" к газовым рампам DN стр. 137.

Теперь проверим длину головки горелки. Длина стандартной головки составляет 280 мм. Эта величина превышает минимально допустимую для котла RTQ 1000. Следовательно, горелку со стандартной длиной головки использовать можно.

Таким образом, результаты следующие:

*С котлом RTQ 1000 можно использовать горелку RS 130 LP t.c. с газовой рампой DN 65 CTD и адаптером D. Минимальное давление газа на входе в рампу не должно быть меньше 32 мбар. Между газовой рампой и питающим газопроводом желательнее установить антивибрационную вставку GAF 65.*

При возможности обеспечить более высокое давление газа рекомендуется использовать газовую арматуру как можно меньшего типоразмера. Это оправдано с экономической точки зрения: она дешевле. Минимальное давление перед газовой рампой необходимо пересчитать по вышеуказанной схеме.

В качестве топлива можно использовать как природный, так и сжиженный нефтяной газ (пропан-бутан). Стандартно горелки предназначены для работы на природном газе. Для перевода на сжиженный нефтяной газ необходимо установить в головку горелки специальное приспособление (см. подраздел "Дополнительное оборудование"). Для работы на сжиженном нефтяном газе обычно требуется газовая арматура меньшего типоразмера. *За информацией для подбора газовой арматуры на сжиженный нефтяной газ обращайтесь в Представительство концерна "RIELLO S.p.A."*

### Дизельные горелки

В качестве топлива для дизельных горелок используется дизельное топливо с максимальной вязкостью 4-6 сСт при 20 °С. Для распыления топлива в головку горелки необходимо установить форсунку. В зависимости от типа горелки может быть установлено от одной до трех форсунок. Количество форсунок соответствует количеству ступеней мощности горелки. Расход топлива через форсунку зависит от пропускной способности форсунки и давления распыления, установленного при настройке на топливном насосе. При работе горелки расход топлива через форсунку остается неизменным. Выбор номинала форсунки осуществляется исходя из предполагаемого расхода топлива через нее. Обычно расход топлива при максимальной предполагаемой мощности горелки делится на количество ступеней мощности (количество форсунок) в одинаковой пропорции. Затем по полученному расходу топлива из специальных таблиц (см. раздел "Дополнительные принадлежности" к дизельным горелкам) выбираются форсунки с требуемым номиналом.

В прогрессивных и модуляционных горелках устанавливается одна специальная форсунка с игольчатым клапаном. Расход топлива через такую форсунку плавно меняется при изменении величины давления подачи топлива. Благодаря этому достигается плавность изменения мощности во всем диапазоне модулирования. Выбор номинала такой форсунки определяется по максимальному предполагаемому расходу топлива через горелку с округлением в большую сторону.

**Внимание! Форсунки не входят в комплект поставки дизельных, мазутных и двухтопливных горелок. Их следует заказывать дополнительно: в зависимости от максимальной рабочей мощности горелки.**

### Системы топливоподачи

Для каждой серии дизельных горелок в каталоге представлены возможные схемы организации подачи топлива и таблицы, по которым можно определить минимально допустимые диаметры и максимально возможные эквивалентные длины топливопроводов. При определении максимальной эквивалентной длины топливопроводов следует учитывать потери на элементах системы топливоподачи (краны, фильтры, и. т. д.).

## **подбор вентиляторной горелки**

### **Мазутные горелки**

При выборе мазутной горелки очень важно иметь точную информацию о вязкости предполагаемого к использованию мазута. Вязкость мазута значительно больше, чем у дизельного топлива. Для перекачивания и дальнейшего распыления мазута его вязкость следует понижать путем подогрева до определенной температуры. Величина этой температуры максимальной вязкости (50°E при 50°С) доходит до 60°С при перекачивании и до 160°С при распылении. Для поддержания этой температуры все элементы системы топливоподачи должны быть оснащены системами подогрева. Внутри самих горелок имеются электрические подогреватели мазута. У разных моделей горелок эти подогреватели рассчитаны на разную мощность и, следовательно, на разную исходную вязкость мазута. В технических характеристиках указывается максимально возможная для данной модели вязкость.

В данном каталоге представлены некоторые типовые схемы систем топливоподачи для мазутных горелок. В большинстве случаев применяются схемы подачи мазута через промежуточный кольцевой контур. *Подробнее о расчете систем подачи мазута и подборе оборудования для этих систем см. "Азбуку горения", изданную Представительством "RIELLO S.p.A." в 2002 г.*

Форсунки для мазутных горелок подбираются так же, как для дизельных горелок.

### **Двухтопливные горелки**

Двухтопливные горелки подбираются так же, как однотопливные по каждому виду топлива.

### **Промышленные горелки**

Для подбора промышленных моноблочных и блочных горелок рекомендуется обращаться в Представительство концерна "RIELLO S.p.A."