

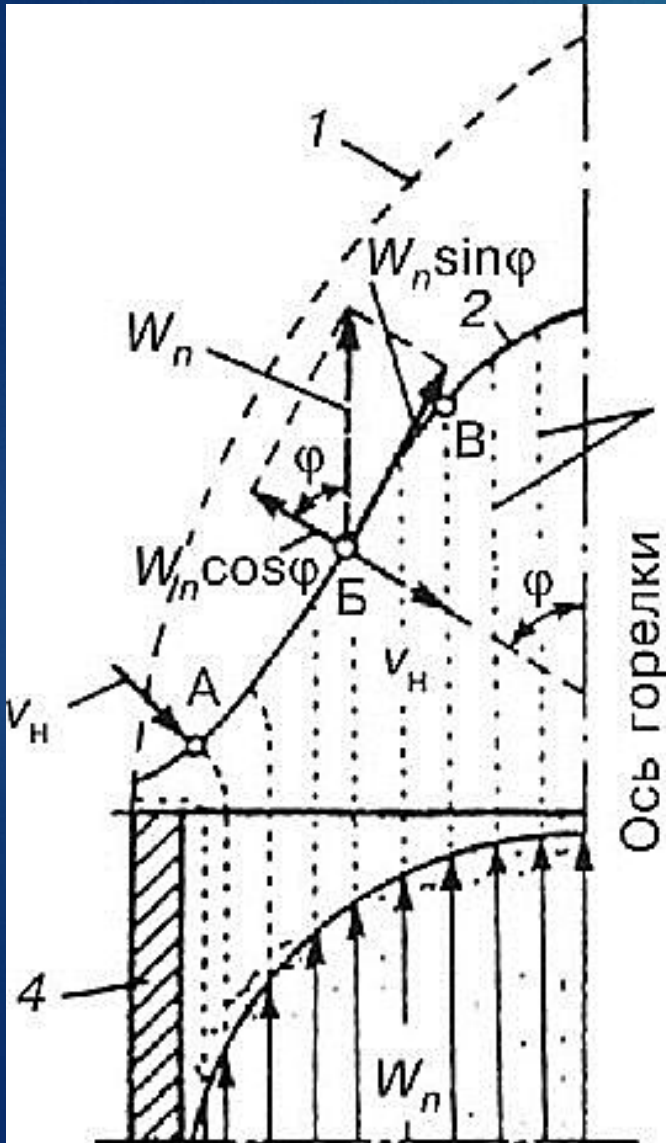
СТАБИЛИЗАЦИЯ ПЛАМЕНИ ГОРЕЛКИ, ОТРЫВ И ПРОСКОК

Условия устойчивой работы горелок.

Стабилизация пламени в топке. Отрыв и проскок

- ▶ Наличие устойчивого пламени является важнейшим условием надежной и безопасной работы агрегата. При неустойчивом горении пламя на определенных режимах может проскочить внутрь горелки или оторваться от нее. В обоих случаях это может привести к загазованию топки и газоходов и взрыву газозоудшной смеси при последующем повторном розжиге.
- ▶ Мощность кольцевой поджигающей зоны, а следовательно, и устойчивость всего факела горелки зависят от состава смеси: чем больше в ней горючего газа, тем надежнее поджигающий пояс и меньше вероятность отрыва факела. При прочих равных условиях наибольшую устойчивость имеет диффузионный факел, когда из устья горелки выходит только газ.

Схема горения ламинарного потока газовой смеси



- / — внешний (наружный) конус;
- 2 — внутренний конус;
- 3 — линии тока;
- 4 — корпус горелки

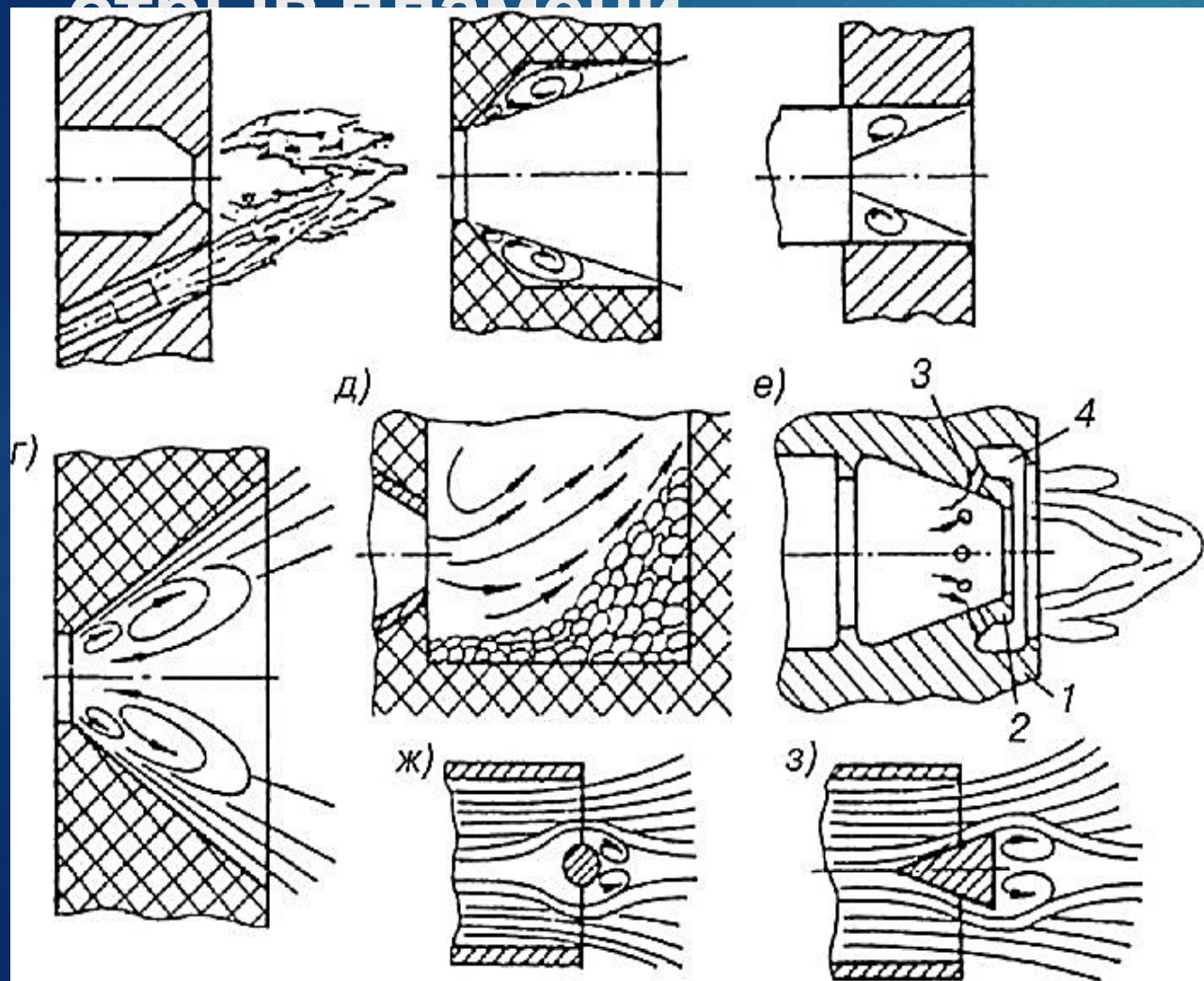
При устойчивом горении частично подготовленной смеси пламя (см. рис.) состоит из двух конусов — наружного 1 и внутреннего 2. Последний представляет собой поверхность, в которой выгорает та часть горючего, которая обеспечена первичным воздухом, имеющимся в смеси. В зоне горения, т.е. на поверхности внутреннего конуса, развивается высокая температура, и она выделяется на фоне синеватого внешнего конуса своим зеленовато-голубоватым цветом. Основание внутреннего конуса располагается от обреза устья на расстоянии, примерно равном толщине зоны горения, которая образует поверхность конуса (для смеси метана с воздухом — около 0,6 мм). Остальная часть горючего догорает в наружном конусе (иногда называемом мантией) за счет кислорода, диффундирующего в него из окружающей среды.

- ▶ Увеличивая скорость потока смеси и меняя в нем α , можно видеть переход от ламинарного к турбулентному течению: вследствие появления вихревых движений и пульсаций ясно очерченный конусный фронт пламени размывается, его толщина возрастает, пламя становится неустойчивым, стремится оторваться или проскочить внутрь горелки.
- ▶ Количество первичного воздуха в газозудушной смеси является одним из основных факторов, влияющих на скорость распространения пламени. В смесях, в которых содержание газа превышает верхний предел его воспламеняемости (взрываемости), пламя вообще не распространяется. С увеличением количества первичного воздуха в смеси скорость распространения пламени увеличивается, достигая наибольшего значения при содержании воздуха около 90 % теоретически необходимого. Из этого следует, что при увеличении подачи первичного воздуха в горелку и приближении состава смеси к стехиометрическому возрастает опасность проскока пламени. Поэтому при увеличении тепловой мощности горелок обычно увеличивают сначала подачу газа, а затем воздуха, а при уменьшении нагрузки — наоборот. По этой же причине в момент зажигания горелок некоторых конструкций горение сначала идет за счет вторичного воздуха, и по мере увеличения тепловой мощности в них подают первичный воздух.

- ▶ Недопустимы как отрыв пламени (частичный и полный), так и его проскок внутрь горелки. В первом случае топка и газоходы, а иногда и помещение котельной заполняются несгоревшим газом, образуется взрывоопасная газовоздушная смесь, что при наличии источника высокой температуры может привести к взрыву. Во втором случае пламя, как и при отрыве, может погаснуть и газ начнет выходить в топку, заполняя ее и газоходы. Если горение сохранится в горелке, то из-за резкого увеличения ее сопротивления оно будет происходить с большим химическим недожогом, и продукты неполного сгорания газа, заполняющие топку и газоходы, также могут образовать взрывоопасные и токсичные (в основном за счет оксида углерода) смеси. Сама горелка вследствие перегрева может выйти из строя. Отсюда следует, что конструкция горелки должна обеспечивать устойчивость пламени без его отрыва и проскока во всем расчетном диапазоне регулирования ее тепловой мощности.

Схемы стабилизирующих устройств, предотвращающих

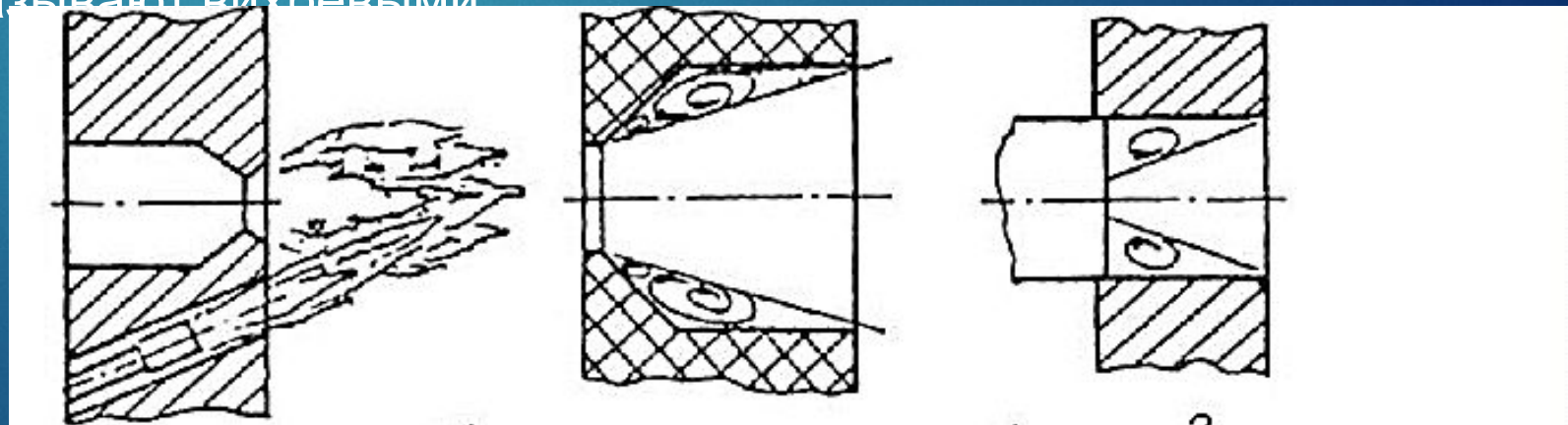
отрыв пламени



- а — пилотный факел;
- б — цилиндрический туннель с внезапным расширением;
- в — цилиндрический туннель без расширения;
- г — конический туннель;
- д — керамическая горка;
- е — кольцевой стабилизатор;
- ж, з — тела плохо обтекаемой формы (цилиндрическое, коническое)

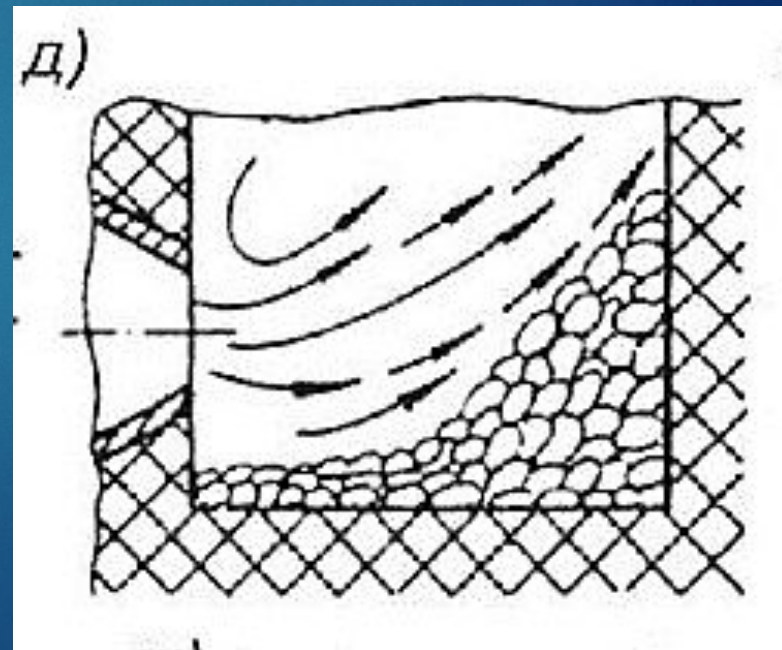
- Схема стабилизации пламени горелки факелом стационарного запального устройства приведена на рисунке. Надежность этого метода зависит в свою очередь от устойчивости запального факела. Наиболее широкое распространение в печах и котлах получили керамические туннели цилиндрической, конической, прямоугольной или щелевидной формы. В туннель обычно поступает подготовленная смесь газа с воздухом с предварительным подогревом воздуха или без него (в теплотехнических установках газ, как правило, не подогревают). В ряде случаев в туннель подают частично подготовленную газоздушную смесь или даже отдельно газ и воздух, и тогда туннель кроме своего основного назначения — стабилизировать пламя — выполняет функции смесителя. В туннель можно подавать из устья горелки прямолинейный поток газоздушной смеси, в которой все линии тока параллельны оси горелки или имеют с ней небольшой угол (при конфузном устье). Такие горелки иногда называют прямоструйными. К ним относятся, например, инжекционные горелки среднего давления. В туннель можно подавать предварительно закрученный поток газоздушной смеси. Горелки с закруткой потока, выходящего из устья, часто называют вихревыми.

а — пилотный факел;
б — цилиндрический туннель с
внезапным расширением;
в — цилиндрический туннель
без расширения;



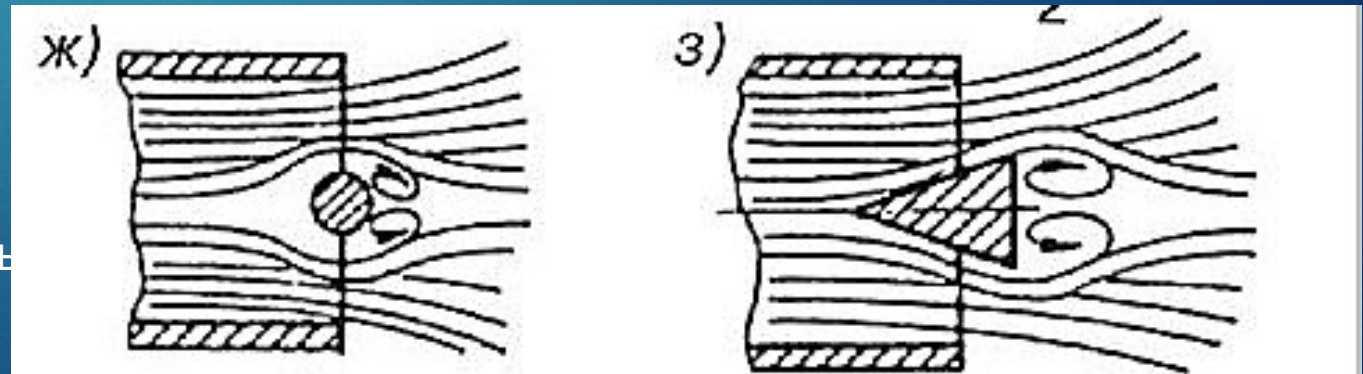
В качестве стабилизаторов пламени могут использоваться различного рода раскаленные керамические поверхности, на которые направляется газовоздушная смесь, выходящая из устья горелки (горки, рассекатели, столбики, стенки, решетки и т.п.). В этом случае керамическая поверхность располагается в топке так, чтобы ее можно было раскалить пламенем той же горелки, работающей устойчиво при недостатке воздуха. После разогрева огнеупора до температуры, достаточной для поджигания газа, количество воздуха, поступающего в горелку, увеличивается до заданного и пламя при отрыве от устья горелки стабилизируется на поверхности раскаленного до 1000—1200 °С огнеупора (рис., д). Стабилизаторы этого типа отличаются от других тем, что расположены на некотором расстоянии от устья горелки. Их стабилизирующая способность несколько меньше, чем керамических туннелей.

д — керамическая
горка



- ▶ Широкое применение получили стабилизаторы в виде тел плохо обтекаемой формы (рис.ж,з). За телом плохо обтекаемой формы, введенным в поток газовой воздушной смеси, образуется зона заторможенного движения частиц. При соответствующих поперечных размерах стабилизатора в этой зоне возникают обратные токи горячих продуктов горения, т.е. создается зона рециркуляции. Слои газовой воздушной смеси, расположенные на границе с зоной рециркуляции, подогреваются до температуры воспламенения и поджигаются, стабилизируя пламя в основном потоке. Стабилизирующая способность тела плохо обтекаемой формы зависит от его формы и размеров, наличия и размеров зоны рециркуляции, а также состава смеси (чем ближе он к стехиометрическому, тем надежнее стабилизация). Наибольшей стабилизирующей способностью обладают диски и шайбы. Следовательно, правильно сконструированный и расположенный стабилизатор в виде тела плохо обтекаемой формы может исключить отрыв пламени при достаточно высокой скорости смеси, выходящей из устья горелки. Достоинства этих стабилизаторов составляют упрощение монтажа и уменьшение габаритов газогорелочного устройства, так как отпадает необходимость в устройстве туннелей, а стабилизатор, как правило, встраивается в конструкцию горелки.

ж, з — тела плохо обтекаемой формы
(цилиндрическое, коническое)



- Этими же достоинствами обладают и кольцевые стабилизаторы (рис.е), у которых часть газовой смеси (от 5 до 10 %) отделяется от основного потока и направляется наружу не через устье, а через боковые отверстия 3. Эта часть газовой смеси, выйдя из отверстий, попадает в кольцевую полость 4, образованную наружной поверхностью огневого насадка 2 и специальным кольцом 1. Так как площадь поперечного сечения кольцевой щели значительно больше суммарной площади отверстий, то скорость смеси уменьшается до значения, при котором отрыва пламени не может произойти. Устойчивое горение газа у кольца обеспечивает надежное поджигание всей смеси, выходящей из устья горелки с большой скоростью. Кольцевые стабилизаторы могут компоноваться с горелками, выдающими газовоздушную смесь с $\alpha = 0,2—1,1$.
- К недостаткам кольцевых стабилизаторов и тел плохо обтекаемой формы можно отнести необходимость применения жаропрочного материала.

е — кольцевой
стабилизатор

