

УДК 628.49: 697.334

ПРОЦЕССНАЯ МОДЕЛЬ НАРУШЕНИЯ ТЕПЛОВОЙ УСТОЙЧИВОСТИ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОЙ СЕТИ ГАЗОСНАБЖЕНИЯ

Пашенцев А.И.¹, Гармидер А.А.², Пивовар Д.С.³, Пашенцева Л.В.⁴

¹ КФУ им. В.И. Вернадского, Институт «Академия строительства и архитектуры»

² КФУ им. В.И. Вернадского, Институт экономики и управления

295015 г. Симферополь ул. Севастопольская, 21/4 e-mail: An111net@mail.ru

³ КФУ им. В.И. Вернадского, Институт «Академия строительства и архитектуры»

295493 г. Симферополь, ул. Киевская, 181, e-mail: darya.pivovar.99@mail.ru

⁴ КФУ им. В.И. Вернадского, Институт «Академия строительства и архитектуры»

295493 г. Симферополь, ул. Киевская, 181, e-mail: lar11isa@mail.ru

Аннотация. Обоснована процессная модель нарушения тепловой устойчивости распределительной сети газоснабжения (РСГ), которая представлена в виде структурно-логической схемы. Обоснованы варианты запуска реакции нарушения тепловой устойчивости распределительной сети газоснабжения в зависимости от величины кинетической энергии на момент соударения молекул газа. Представлены условия протекания экзотермической и эндотермической реакции газа. Уточнено понятие процессной модели, катализатора и энергии активации процесса нарушения тепловой устойчивости РСГ.

Ключевые слова: процессная модель, тепловая устойчивость, катализатор, активный центр, кинетическая энергия.

ВВЕДЕНИЕ

Эксплуатация распределительных сетей газоснабжения осуществляется в условиях воздействия внешних факторов, оказывающих негативное влияние на их работу, что может проявиться в накоплении и проявлении негативных эффектов в виде нештатных ситуаций: изменение плотности природного газа, увеличение скорости движения природного газа, увеличение потерь давления природного газа в виду разгерметизации оборудования РСГ, нарушение гидравлического режима РСГ. Результатом действия негативных эффектов является снижение расхода газа потребителям, что вызвано действием внешнего катализатора, что может привести к нарушению технологического процесса для промышленных предприятий и снижению уровня комфорта помещений жилых и административных зданий. Кроме того, при движении газовой смеси по распределительной сети газоснабжения происходит выделение теплоты в результате соударения молекул газа, что вызвано действием внешнего катализатора. В этом случае протекает химическая реакция, представляющая собой изменение концентрации реагирующих веществ. При этом важными условиями, влияющими на скорость протекания реакции являются: концентрация реагирующих веществ, температура. Следствием этого является образование активных центров реакции газовой смеси, что может привести к превышению температуры газовой смеси над температурой стенки трубы и нарушению тепловой устойчивости распределительной сети газоснабжения. Исключить накопление негативных эффектов при эксплуатации РСГ можно при условии разработки процессной модели нарушения их тепловой устойчивости, что позволит заблаговременно оценить возможности их проявления и принять меры по предупреждению возникновения нештатных ситуаций.

ЦЕЛЬ И ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ

Целью данной статьи является разработка процессной модели нарушения тепловой устойчивости распределительной сети газоснабжения. Для достижения поставленной цели решены задачи: дано авторское видение понятий процессной модели, энергии активации, катализатора начала процесса нарушения тепловой устойчивости РСГ; обоснованы особенности и принципы процессной модели нарушения тепловой устойчивости РСГ, представлена структурно-логическая схема модели нарушения тепловой устойчивости распределительной сети газоснабжения с обоснованием условий протекания экзотермической и эндотермической реакции газа, представлена характеристика стадий процессной модели с приведением математических выражений.

АНАЛИЗ ПУБЛИКАЦИЙ, МАТЕРИАЛОВ, МЕТОДОВ

Системы теплогазоснабжения в процессе эксплуатации обеспечивают подачу перемещаемой среды потребителям, обеспечивая комфортные условия для жизнедеятельности человека. Однако в

процессе транспортировки перемещаемой среды происходит передача части теплоты от теплоносителя – воды, теплопроводам систем теплоснабжения (внешние тепловые сети), теплопроводам систем отопления (внутридомовые трубопроводы), от газа газопроводам в результате нарушения молекулярных связей, что может привести к проявлению энергии активации.

Изучение научной литературы по вопросу тепловой устойчивости позволило прийти к выводу, что данный вопрос является актуальным практически для всех технических систем теплогазоснабжения, что можно объяснить специфическими особенностями их работы в периоде времени по перемещению рабочей среды и физическими свойствами перемещаемой среды (газ, теплоноситель-вода). Поэтому исследование целесообразно проводить, используя подход взаимности, подразумевающий проведение интерпретации разных систем ТГВ в начальной стадии изучения и непосредственно РСГ на конечной стадии исследования.

Российский ученый О.Л. Золотов предлагает понимать под тепловой устойчивостью систем отопления «способность системы к пропорциональному изменению теплоотдачи отопительных приборов при изменении параметров теплоносителя, вызванных воздействием внешних факторов окружающей среды» [1, с. 121]. Здесь акцент делается на технические характеристики отопительных приборов, способных обеспечить требуемый тепловой поток в зависимости от изменения внешних факторов. На наш взгляд достичь этого можно при условии обеспечения приборного узла автоматическими регуляторами, позволяющими регулировать мощность теплового потока с учетом температуры наружного воздуха. Такой подход позволяет обеспечить рациональный расход тепловой энергии и достичь экономии ресурсов как теплоснабжающей организации, так и потребителя теплоты.

Российский ученый Г.А. Звягинцев предлагает понимать под тепловой устойчивостью здания «свойство здания поддерживать относительное постоянство температуры при изменяющихся тепловых воздействиях» [2, с. 39]. В этом случае акцент делается на теплотехнические особенности ограждающих конструкций здания, где с учетом их физических свойств проведены расчеты и полученные результаты позволяют определить требуемую толщину слоя изоляции, что позволяет сохранить комфортные условия в помещении при условии подачи в здания теплоносителя расчетных параметров.

Учитывая, что тепловая устойчивость свойственна для большинства систем теплогазоснабжения, российский ученый Н.П. Купин предложил классическое определение, которое имеет универсальный характер, так как применимо к многим системам ТГВ. В частности ученый отмечает, что под тепловой устойчивостью целесообразно понимать «способность отдельных токоприемников теплоты сохранять установленный для них расход теплоносителя при изменении расхода другим токоприемником» [3, с. 86]. Здесь акцент делается на зависимость взаимодействия разных токоприемников теплоты, при этом параметры сохранения расхода должны находиться в некотором диапазоне, не вызывающем разрегулирование токоприемника. Нужно обратить внимание, что ученый в основу обоснования своей точки зрения положил количественное регулирование, предусматривающее изменение расхода теплоносителя при сохранении температуры постоянной.

Как видим из краткого обзора понятийного аппарата тепловой устойчивости разных систем ТГВ им присуща специфичность обоснования ввиду технических особенностей работы и функционального предназначения.

Российский ученый А.М. Кигушин считает, что основным параметром, способствующим повышению выделения теплоты при движении газа по трубопроводу является его температура. В этой связи ученый предлагает рассматривать тепловую устойчивость распределительных газовых сетей как «способность системы нивелировать процесс выделения теплоты при движении газа, вызванный повышением его температуры» [4, с. 43]. В данном случае под нивелированием можно понимать процесс использования технических средств и оборудования для снижения температуры газа до нормативно необходимой.

Российский ученый Е.Р. Каменев считает, что обеспечение тепловой устойчивости РСГ возможно при поддержании на заданном уровне согласно расчетных данных давления и температуры газа. В частности отмечает, что данный показатель можно представить, как «способность системы нейтрализовать процесс изменения режимных условий движения газа по трубопроводу» [5, с. 39]. Здесь можно заменить теоретическую связь между давлением и температурой газа, что повышает требования к достижению тепловой устойчивости распределительных сетей газоснабжения.

Российский ученый Г.И. Леонов считает, что обоснование сущности тепловой устойчивости возможно только с позиции внутримолекулярных связей газа. В частности ученый отмечает, что данное явление можно охарактеризовать как «способность системы нивелировать протекание экзотермической реакции, которая сопровождается выделением активной энергии достаточной для разрушения внутримолекулярных связей» [6, с. 89]. Здесь дается четкое направление на протекание именно

экзотермической реакции, однако остается вопрос о величине активной энергии, которая способна вызвать разрушение внутримолекулярных связей.

Российский ученый А.И. Макаров считает возможным обосновать сущность тепловой устойчивости РСГ с позиции протекания цепной реакции, что делает его точку зрения более совершенной ввиду необходимости ряда факторов. В частности ученый отмечает, что тепловая устойчивость РСГ характеризуется как «способность системы нивелировать цепной процесс выделения теплоты при движении газа, вызванного ввиду изменения скорости реакции, которое вызвано изменением концентрации реагирующих веществ, температуры и наличием катализаторов» [7, с 187].

Тогда принимая во внимание указанное выше представим авторскую точку зрения относительно объекта исследования, которое явилось результатом синтеза точек зрения российских ученых. Тепловая устойчивость РСГ представляет собой способность системы нивелировать процесс выделения теплоты, обеспечивая при этом газом снабжение распределительной сети низкого и среднего давления согласно режима максимального потребления и соблюдения заданного перепада давления.

ОСНОВНОЙ РАЗДЕЛ

Процессную модель можно рассматривать как совокупность последовательных стадий выполнения, которых направлено на достижение конечного результата. В этом определении достаточно важное значение имеет последовательность, что предусматривает выполнение каждой последующей стадии после выполнения предыдущей. При этом результаты, полученные на каждой стадии, могут иметь разный эффект и диаметрально отличаться как по знаку, так и по характеру влияния на реализацию последующей стадии. В этой связи акцентируем внимание на возможные сочетания взаимного влияния по-стадийных результатов процессной модели:

1. Позитив → позитив, т.е. позитивный результат на предыдущей стадии процессной модели способствует получению позитивного результата на последующей стадии, что в конечном итоге приводит к получению общего позитивного итогового результата. В этом случае абсолютное значение итогового результата достигает максимума и свидетельствует о достижении максимального позитивного эффекта. Здесь величина приращения итогового результата настолько значительна, что позитивные изменения в функционировании объекта исследования визуально и материально ощутимы.

$$\mathcal{E}_{n1} \rightarrow \mathcal{E}_{n2} \rightarrow \mathcal{E}_{n3} \rightarrow \mathcal{E}_{nn} \rightarrow \max; \quad (1)$$

2. Негатив → негатив, т.е. негативный результат на предыдущей стадии процессной модели способствует получению негативного результата на последующей стадии, что в конечном итоге приводит к получению общего негативного итогового результата. В этом случае абсолютное значение итогового результата достигает минимума и свидетельствует о достижении минимального позитивного эффекта. Здесь величина приращения итогового результата настолько незначительна, что позитивные изменения в функционировании объекта исследования визуально и материально не ощутимы. Можно говорить, что действия или мероприятия, которые проходили на стадиях процессной модели не привели к улучшению работы объекта исследования.

$$\mathcal{E}_{n1} \rightarrow \mathcal{E}_{n2} \rightarrow \mathcal{E}_{n3} \rightarrow \mathcal{E}_{nn} \rightarrow \min; \quad (2)$$

3. Позитив → негатив, т.е. позитивный результат на предыдущей стадии процессной модели способствует получению негативного результата на последующей стадии, что в конечном итоге приводит к получению общего негативного итогового результата. В этом случае действия процессной модели проходят достаточно сложно, возможны накопления негативных эффектов на ее последующей стадии величина, которой значительна и превосходит величину позитивных эффектов накопленных на предыдущей стадии. Поэтому происходит процесс поглощения негативным эффектом позитивного, а итоговый негативный результат зависит от сопоставления абсолютных величин эффекта. Если негативный по-стадийный эффект существенно превышает позитивный по-стадийный, то итоговый результат будет характеризоваться большой величиной негатива.

$$\mathcal{E}_{n1} \rightarrow \mathcal{E}_{n1} \rightarrow \mathcal{E}_{n2} \rightarrow \mathcal{E}_{n2} \rightarrow \mathcal{E}_{n3} \rightarrow \mathcal{E}_{n3} \rightarrow \min/n; \quad (3)$$

4. Негатив → позитив, т.е. негативный результат на предыдущей стадии процессной модели способствует получению позитивного результата на последующей стадии, что в конечном итоге приводит к получению общего позитивного итогового результата. В этом случае действия процессной модели проходят достаточно сложно, возможны накопления позитивных эффектов на ее последующей стадии величина, которой значительна и превосходит величину негативных эффектов накопленных на предыдущей стадии. Поэтому происходит процесс поглощения позитивным эффектом негативного, а итоговый позитивный результат зависит от сопоставления абсолютных величин эффекта. Если позитивный по-стадийный эффект существенно превышает негативный по-стадийный, то итоговый результат будет характеризоваться большой величиной позитива.

$$\mathcal{E}_{n1} \rightarrow \mathcal{E}_{n1} \rightarrow \mathcal{E}_{n2} \rightarrow \mathcal{E}_{n2} \rightarrow \mathcal{E}_{n3} \rightarrow \mathcal{E}_{n3} \rightarrow \max/n; \quad (4)$$

Количество стадий процессной модели нарушения тепловой устойчивости распределительной сети газоснабжения зависит от ряда причин среди, которых можно назвать:

- сложность изучаемого процесса, вызванная спецификой работы РСГ и разными физико-химическими свойствами природного газа, их изменением под воздействием факторов окружающей среды и эксплуатационных факторов;
- необходимость детализации стадий процессной модели для обоснования происходящих изменений в результате движения природного газа по распределительной сети газоснабжения, что можно осуществить, используя методику имитационного моделирования;
- возможность абстрагироваться от внешних возмущений ввиду недостатка информации о реальном их влиянии на происходящие изменения в результате движения природного газа по РСГ на определенной стадии;
- недостаточность материально-технического обеспечения для проведения объективного исследования ввиду недостатка лабораторной базы и условий проведения эксперимента;
- необходимость применения научного аппарата имитационного моделирования, позволяющего с определенной долей достоверности провести прогноз развития событий на определенной стадии движения природного газа по распределительной сети газоснабжения.

Как видим присутствует достаточно много причин, указывающих на необходимость детализации процессной модели нарушения тепловой устойчивости распределительной сети газоснабжения, что можно осуществить применяя некоторый подход. С точки зрения авторов таковым является паритетный, который позволяет представить процессную модель с точки зрения составляющих компонент единого механизма изучения объекта исследования. Здесь делается акцент на паритетность, что предполагает выделение некоторых особенностей в построении процессной модели, а именно:

- количество стадий должно быть конечным, т.е. сама модель имеет начало и окончание;
- начало процессной модели возможно под воздействием некоторого внешнего возмущения в качестве, которого выступает катализатор;
- окончание процессной модели подразумевает получение итогового результата, который подвержен анализу и заключению;
- процессная модель состоит из стадий, которые характеризуются наличием определенных связей между собой, в данном случае последовательными. Это означает, что каждая последующая стадия модели развивается под воздействием результата, полученного на предыдущей стадии.

Нужно отметить, что целью процессной модели нарушения тепловой устойчивости распределительной сети газоснабжения является упорядочение и выделение действий, происходящих на каждой стадии с тем, чтобы выявить особенности накопления негативного эффекта, приводящего к нарушению способности РСГ нивелировать процесс выделения теплоты при движении природного газа.

Реализация процессной модели соответствует принципам:

- научности, что предусматривает построение данной модели на основе некоторого подхода, позволяющего обосновать происходящие изменения на каждой стадии при движении природного газа. В нашем случае модель построена с использованием подходов: логического и паритетного. Если первый предусматривает ее построение на основе последовательно соединенных стадий с возрастающей сложностью решаемых задач по мере приближения к конечной стадии, то второй предусматривает изучение изменений на каждой стадии с точки зрения выявления особенностей накопления негативных эффектов.

- последовательности, что предусматривает установление прямых связей между стадиями, где результат изменения состояния природного газа при его движении в РСГ на предыдущей стадии оказывает прямое влияние на формирование результатов на последующей другой стадии. При этом модель не допускает нарушения последовательных связей, что может привести к искажению итогового результата на заключительной стадии модели.

-результативности, которая предусматривает, что каждая стадия модели завершается определенным результатом, имеющим определенную трактовку, а именно: положительный – результат, который позволяет перейти к изучению последующей стадии; позитивный – результат, который требует уточнения и анализа ввиду получения значения не отвечающего принципу логики; отрицательный – результат, идущий «вразрез» с результатами, полученными на предыдущих стадиях и указывающий на сложность происходящих изменений при движении газа на этой стадии; негативный результат, требующий уточнения сочетаний установленных связей между факторами, влияющими на протекающие процессы на определенной стадии.

– объективности, что означает соответствие полученного результата исследования на определенной стадии некоторым требованиям. В этом случае результат может быть представлен или в виде цифрового значения, или описательной части, что доказывает правильность рассуждений исследователя. Необходимо отметить, что этот принцип направлен на повышение уровня доказательной базы, что можно осуществить применяя известные подходы. В частности можно использовать расчет абсолютной и относительной ошибки для ее сравнения с лимитирующим значением. Также можно подтвердить объективность результата используя математический аппарат по расчету критериев Кохрена, Пирсона, Романовского, Колмогорова в зависимости от состава базы экспериментальных данных. практической, предусматривает возможность внедрения в реальности полученных результатов исследования, способствуя улучшению эксплуатации распределительных сетей газоснабжения. Здесь акцент должен быть сделан на разработку требований по эксплуатации РСГ с целью исключения возникновения нештатных ситуаций: предел скорости движения газа, температуры газа, давления газа.

В этой связи рассмотрим авторскую процессную модель нарушения тепловой устойчивости РСГ и проведем детальный аналитический анализ (рис. 1).

Под катализатором будем понимать наличие акцепта, способного оказать прямое влияние на ход и условия движения природного газа по распределительной сети газоснабжения. Влияние катализатора способно привести к изменению скорости движения природного газа как ее увеличить, так и уменьшить. При этом оба варианта изменения скорости движения природного газа оказывают прямое влияние на условия эксплуатации РСГ. При уменьшении скорости происходит уменьшение количества реагирующего вещества в единице объема в единицу времени. В этом случае столкновение молекул газа существенно снижается, что приводит к нивелированию процесса нарушения тепловой устойчивости РСГ и улучшению условий эксплуатации газовой сети. Однако при увеличении скорости движения природного газа происходит увеличение количества реагирующего вещества в единице объема в единицу времени. Здесь соударение молекул газа существенно увеличивается, что способствует развитию процесса нарушения тепловой устойчивости РСГ и ухудшению условий его эксплуатации. Несомненно для побуждения развития данного процесса необходим некоторый возбудитель, т.е. катализатор, который является своеобразным толчком для запуска этого процесса.

Необходимо отметить, что трубы РСГ уложены в грунте на определенной глубине и под определенным уклоном, который изменяется по длине газопровода. Само движение природного газа по РСГ происходит при наличии определенной температуры газа, что свидетельствует о наличии теплового движения как газа в целом как перемещаемой среды, так и молекул составляющих его. При этом температура газа не является постоянной величиной, она варьирует незначительно на участках газопровода. На участках РСГ с минимальной температурой газа создается благоприятная ситуация для нивелирования запуска процесса нарушения тепловой устойчивости РСГ, а на участках с высокой температурой, наоборот, возникает благоприятная ситуация для начала процесса нарушения тепловой устойчивости РСГ. При изменении условий прокладки газопровода, что может выражаться в превышении уклона заложения труб РСГ, происходит увеличение скорости движения природного газа и его отдельных молекул. При этом увеличение скорости означает повышение доли хаотичного движения молекул, что приводит к увеличению количества их соударений. Однако увеличение количества соударений молекул газа не приводит автоматически к интенсивному протеканию реакции нарушения тепловой устойчивости РСГ. Если молекулы на момент соударения между собой обладали кинетической энергией, то возможен запуск реакции нарушения тепловой устойчивости. В этом случае возможны несколько вариантов развития ситуации, которые рассмотрим достаточно подробно:

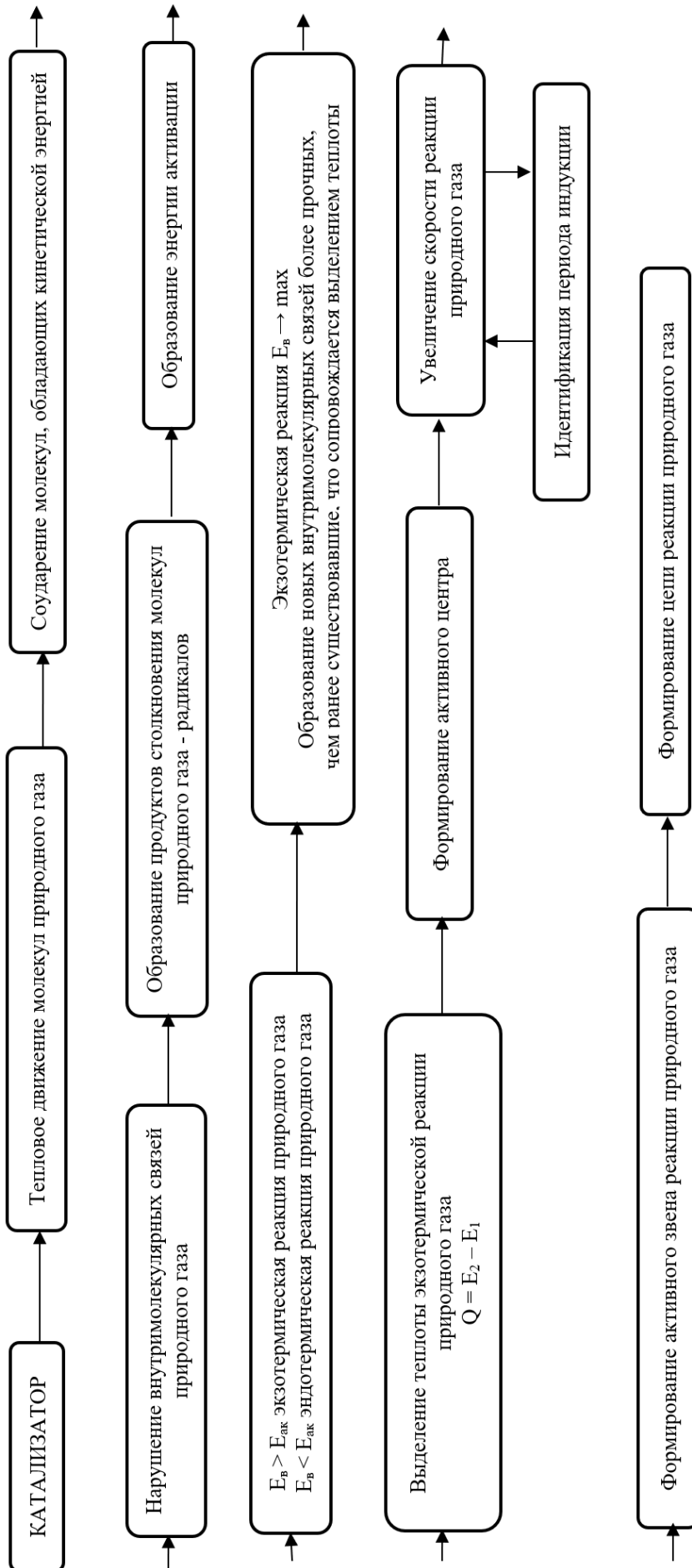


Рис. 1. Структурно-логическая схема процессной модели нарушения тепловой устойчивости распределительной сети газоснабжения

1. $E_m < E_c$ Величина кинетической энергии на момент соударения молекул газа меньше величины существующей энергии молекул – запуск реакции нарушения тепловой устойчивости не происходит.

2. $E_m = E_c$ Величина кинетической энергии на момент соударения молекул газа равна величине существующей энергии молекул – запуск реакции нарушения тепловой устойчивости не происходит.

3. $E_m > E_c$ Величина кинетической энергии на момент соударения молекул газа больше величины существующей энергии молекул – происходит запуск реакции нарушения тепловой устойчивости.

В последнем случае происходит разрушение существующих внутримолекулярных связей газа, что сопровождается выделением тепловой энергии. В этом случае протекает экзотермическая реакция с положительным тепловым эффектом. Здесь разрыв существующих молекулярных связей сопровождается процессом образования новых более прочных связей, имеющих определенную специфику:

1. Соударение молекул приводит к полному поглощению одной молекулы другой, что приводит к образованию новой молекулы, но значительно большей по размеру и она претерпевает изменение своей формы.

2. Соударение молекул приводит к разрушению одной менее крупной молекулы на определенные части – радикалы, которые в силу своего малого размера не поглощаются другой молекулой, а работают как самостоятельные конструктивные элементы.

3. Соударение молекул приводит к разрушению одной менее крупной молекулы на радикалы, которые разнородны по форме и величине, что приводит к поглощению крупных радикалов другой молекулой, мелкие радикалы функционируют как самостоятельные конструктивные элементы.

Нужно отметить, что количество энергии достаточной для разрушения имеющихся внутримолекулярных связей может существенно варьировать. При этом минимальная величина энергии, которая достаточна для разрушения старых внутримолекулярных связей, является энергией активации. Здесь можно выделить два вида энергии – первая затраченная энергия (кинетическая), которой обладают молекулы газа на момент соударения и вторая высвободившаяся по величине, которой также можно говорить о видовом разнообразии реакции.

Если выполняется условие :

$$E_b > E_{\text{зат}} \text{ экзотермическая реакция природного газа.} \quad (5)$$

В этом случае имеет место положительный тепловой эффект.

Если выполняется условие:

$$E_b < E_{\text{зат}} \text{ эндотермическая реакция природного газа.} \quad (6)$$

В этом случае имеет место отрицательный тепловой эффект, т.е. реакция нарушения тепловой устойчивости распределительной сети газоснабжения не получит своего развития.

При выполнении условия, описываемого выражением 5 происходит выделение теплоты количество, которой можно определить:

$$Q = E_2 - E_1; \quad (7)$$

где E_1, E_2 – количество затраченной и высвободившейся энергии при соударении молекул газа.

В этом случае наблюдается формирование активного центра, которому передается энергия реакции. На начальной стадии своего существования он вступает в реакции с радикалами, образуя неустойчивые и промежуточные соединения. Это может как способствовать формированию новых активных центров, что сопровождается увеличением скорости реакции и выделением количества теплоты характеризующая период индукции, так и рекомбинированию, т.е. самоуничтожению активного центра ввиду потери своей энергии. В процессе формирования новых активных центров наблюдается формирование цепи реакции, имеющей последовательный характер.

ВЫВОДЫ

Обоснована процессная модель нарушения тепловой устойчивости распределительной сети газоснабжения, позволившая раскрыть механизм формирования активного центра реакции газовой смеси. Это позволяет обосновать динамические процессы, которые происходят в данной сети связанные с

возникновением активного центра, что сопровождается выделением количества теплоты, способной привести к возникновению нештатной ситуации.

ПЕРСПЕКТИВЫ ДАЛЬНЕЙШИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

Целесообразно провести дискрицию процессной модели нарушения тепловой устойчивости распределительной сети газоснабжения. Это предусматривает применение регрессионного анализа для расчета уравнений регрессии – зависимости скорость движения газа → температура газа, скорость движения газа → уклон газопровода с определением прогнозной оценки, и построения графических схем образования активных центров при изменении уклона газопровода в вариативных случаях.

ЛИТЕРАТУРА

1. Золотов, О.Л. Эксплуатация систем газоснабжения и газового оборудования [Текст] / О.Л. Золотов. – Орел: Мысль, 2019. – 228 с.
2. Звягинцев, Г.А. Системы снабжения потребителей сжиженными углеводородными газами [текст] / Г.А. Звягинцев. – М: Наука, 2017. – 218 с.
3. Купин, Н.П. Теории горения газа в потоке [текст] / Н.П. Купин. – М: Инфра-М, 2018. – 278 с.
4. Кигушин, А.М. Горелки с незавершенным предварительным смешением газа с воздухом [текст] / А.М. Кигушин. – СПб: Питер, 2019. – 289 с.
5. Каменев, Е.Р. Особенности транспортирования газа [текст] / Е.Р. Каменев. – М: ТРП, 2018. – 218 с.
6. Леонов, Г.И. Регулирование давления газа в городских сетях [текст] / Г.И. Леонов. – СПб: Питер, 2020. – 260 с.
7. Макаров, А.И. Газоснабжение [текст] / А.И. Макаров. – М: Строительство, 2018. – 289 с.

PROCESS MODEL OF VIOLATION OF THERMAL STABILITY OF THE GAS DISTRIBUTION NETWORK

Pashentsev A.I., Garmider A.A., Pivovar D.S., Pashentseva L.V

V.I. Vernadsky Crimean Federal University, Simferopol, Crimea

Abstract. The process model of violation of thermal stability of the distribution network of gas supply (RSG), which is presented in the form of a structural and logical scheme, is substantiated. The variants of triggering the reaction of violation of the thermal stability of the gas distribution network are substantiated, depending on the magnitude of the kinetic energy at the time of collision of gas molecules. The conditions of the exothermic and endothermic gas reaction are presented. The concept of the process model, the catalyst and the activation energy of the process of violation of the thermal stability of the RSG is clarified.

Keywords: process model, thermal stability, catalyst, active center, kinetic energy.